

Francesc Daumal Domènech

Arquitectura acústica 3 - Rehabilitació



Arquitectura acústica

3 - Rehabilitació

Francesc Daumal Domènech

Arquitectura acústica 3 - Rehabilitació

Aquesta obra compta amb el suport de la Generalitat de Catalunya

Primera edició: desembre de 2007

Disseny de la coberta: Manuel Andreu

© Francesc Daumal, 2007

© Edicions UPC, 2007
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL
Jordi Girona Salgado 1-3, Edifici Omega, 08034 Barcelona
Tel.: 934 137 540 Fax: 934 137 541
Edicions Virtuals: www.edicionsupc.es
Email: edicions-upc@upc.es

Producció: Quality Impres. SL.
Comte Güell, 24-28, 08028 Barcelona

Dipòsit legal: B-56856-2007
ISBN: 978-84-8301-940-5

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del copyright, sota les sancions establertes a la llei, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment, inclosos la reprografia i el tractament informàtic, i la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec públics.

*A tots aquells que ja no poden escoltar-me,
i especialment als qui encara ho poden fer.*

“Quan la veu arriba fins a l’ànima,
es genera la virtut a la qual hem
donat el nom de música.”

Plató, *Les lleis*, llibre 2, 672 c

Unes paraules

Amb molt de gust he acceptat el repte d'introduir aquest volum 3 sobre Rehabilitació de la important obra *Arquitectura acústica*, que des del volum primer estava orientada a donar una força "poètica" a una acústica de l'arquitectura o, més ben dit, a una arquitectura de l'acústica, tan identificada amb els meus treballs sobre la nostra estimada professió.

Jacques Derrida, en el seu segon llibre (el primer era un comentari sobre l'escrit d'Edmund Husserl referent a la geometria) fonamentava la seva filosofia en una relació bàsica entre la "veu" i el "fenomen". Jo crec que ell també hauria llegit amb interès aquest llibre, en el qual el so adquireix tota la seva complexitat, per donar als espais construïts de l'arquitectura una qualitat poètica que el mateix Derrida proclamava, al final del seu llibre, quan deia: "És fonamental que la veu ompli els espais del laberint, que ressoni en ells..."

Aquest no és un llibre de filosofia, sinó d'arquitectura, però d'una arquitectura que vol estar a l'alçada d'una sensibilitat acústica molt desenvolupada. L'acústica és, doncs, aquí, un repte per a fer bona arquitectura, no una recepta de conceptes tècnics per a obeir sistemes, regles i lleis constructives. El llibre informa tècnicament, però, a més, avança la hipòtesi que l'arquitecte que conegui el so amb profunditat farà una millor arquitectura i un millor urbanisme, que no seran desagradables a l'oïda.

L'anàlisi detallada d'aquesta hipòtesi ens portaria a una introducció massa llarga, que aquí estaria fora de lloc. Dic, doncs, només que l'arquitectura s'habita amb el cos complet: oïda, tacte, vista, olor, etc., i entre tots els sentits existeix, o hauria d'existir, una comunicació arquitectònica que el propi cos i l'objecte construït han de ser capaços d'assumir.

I acabo amb una anècdota personal. L'aplaudiment més emocionant de la meua vida va ser l'any 1963 a l'Escola d'Arquitectura de Barcelona davant uns cinc-cents estudiants d'arquitectura d'Europa. Era la cloenda d'un primer congrés d'estudiants i hi vaig dir quasi exactament el mateix que ara: quan els arquitectes siguem capaços de projectar una arquitectura sensible, sincrònicament, a tots aquests sentits, voldrà dir que fem una bona arquitectura per a l'home i la dona d'avui i que, a més, facilitem una interacció social pacífica.

Josep Muntañola Thornberg, arquitecte

Índex

| | |
|--|-----|
| Introducció | 13 |
| 1 La rehabilitació acústica i la sostenibilitat | 19 |
| 1.1 La rehabilitació del camí crític de la comunicació sonora..... | 19 |
| 1.2 La rehabilitació acústica a l'arquitectura..... | 30 |
| 1.3 Processos per a la rehabilitació acústica..... | 37 |
| 1.4 Sostenibilitat acústica..... | 50 |
| 2 La rehabilitació de la poètica acústica dels espais | 53 |
| 2.1 El concepte de poètica acústica..... | 53 |
| 2.2 La rehabilitació del caràcter sonor dels espais i els elements del territori..... | 54 |
| 2.3 La rehabilitació dels itineraris sonors a les ciutats..... | 56 |
| 2.4 La rehabilitació de la poètica dels espais exteriors de l'edifici..... | 60 |
| 2.5 La rehabilitació poètica dels espais frontera de l'edifici..... | 64 |
| 2.6 La rehabilitació de la poètica interior de l'edifici..... | 68 |
| 2.7 Restaurar l'art sonor..... | 80 |
| 3 La rehabilitació de la poètica i el disseny acústic personal i col·lectiu | 83 |
| 3.1 Rehabilitació dels sons personals..... | 83 |
| 3.2 La rehabilitació de l'arquitectura personal (vestits, calçat i complements)..... | 92 |
| 3.3 La rehabilitació dels estris personals..... | 96 |
| 3.4 Rehabilitació dels sons col·lectius..... | 102 |
| 3.5 La rehabilitació dels llenguatges musicals..... | 109 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4 | La rehabilitació acústica del territori..... | 113 |
| 4.1 | L'audició de l'escala 1:250.000 a l'escala 1:5.000..... | 114 |
| 4.2 | La sectorització del territori..... | 118 |
| 4.3 | La rehabilitació de les xarxes de transport..... | 119 |
| 4.4 | La rehabilitació acústica de les indústries..... | 126 |
| 4.5 | Els abocadors i altres focus d'emissió..... | 130 |
| 4.6 | La sostenibilitat acústica del territori..... | 130 |
| | | |
| 5 | La rehabilitació acústica de les ciutats..... | 133 |
| 5.1 | L'audició de l'escala 1:5.000 a l'a 1:200..... | 136 |
| 5.2 | Els Plans generals i parcials, i els estudis de detall..... | 138 |
| 5.3 | La sectorització acústica de les ciutats..... | 139 |
| 5.4 | La rehabilitació acústica del transport públic i privat..... | 145 |
| 5.5 | La rehabilitació acústica en els sectors d'interès..... | 153 |
| 5.6 | Les ordenances acústiques..... | 160 |
| 5.7 | La rehabilitació acústica del mobiliari urbà..... | 168 |
| 5.8 | La sostenibilitat acústica de les ciutats..... | 174 |
| | | |
| 6 | La rehabilitació acústica dels edificis..... | 177 |
| 6.1 | L'audició de l'escala 1:500 a l'escala 1:50..... | 177 |
| 6.2 | Tipologia de les edificacions a restaurar..... | 182 |
| 6.3 | La planificació acústica: zonificació | 184 |
| 6.4 | Cirurgia acústica..... | 185 |
| 6.5 | Focus, vies de propagació i receptors..... | 186 |
| 6.6 | Conductes i instal·lacions..... | 201 |
| 6.7 | Millora del condicionament de l'edifici..... | 204 |
| 6.8 | Avaluació | 206 |
| | | |
| 7 | Paràmetres i tècniques de rehabilitació acústica dels locals, el mobiliari i els electrodomèstics..... | 209 |
| 7.1 | De l'escala 1:50 al detall a escala natural..... | 209 |
| 7.2 | Esquema bàsic de la rehabilitació acústica de locals..... | 210 |
| 7.3 | Els paràmetres de confort acústic | 212 |
| 7.4 | El so en el recinte..... | 216 |
| 7.5 | Els mitjans d'acció rehabilitatòria contra els sorolls en els locals..... | 234 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 8 | Aproximació tipològica de la rehabilitació acústica de sales..... | 257 |
| 8.1 | Primeres preguntes en la poètica, el disseny i la rehabilitació acústica..... | 257 |
| 8.2 | Patologia acústica de les sales especials per a la parla..... | 258 |
| 8.3 | Patologia acústica de les sales especials de la música..... | 271 |
| 8.4 | Patologia acústica de sales per a la religió..... | 280 |
| 8.5 | Patologia acústica d'altres sales..... | 282 |
| | Bibliografia..... | 289 |

Introducció

Crec que molts dels fets que hem viscut en la nostra infantesa repercuteixen, amb molta més intensitat que no pas en la maduresa, sobre les nostres actituds futures.

Així ha estat en el meu cas amb l'acústica dels espais.

Pel broc petit dels meus records, sorgeix, encara que molt tímidament, el moment conscient del meu primer contacte amb l'acústica arquitectònica. O potser hauria de dir amb la necessitat de fer la **rehabilitació acústica** dels espais.

Era un infant.

La meua família aprofitava els calorosos matins dels diumenges d'estiu per anar als banys de Mataró. Per arribar-hi des de Barcelona, ens reuníem amb una altra família al *hall* brogent de despatx de bitllets de l'Estació de França.¹

Encara no s'havien construït les andanes de rodalies, i recordo que en un dels passos que comunica aquest *hall* amb la gran nau d'arcs metàl·lics em vaig quedar bocabadat al costat d'un revisor que amb una maquineta a la mà produïa aguts "clics", mentre les petites llunes de cartró marró dels bitllets anaven a terra a reunir-se amb un munt de companyes seves i formaven sobre la dura pavimentació totes les constel·lacions imaginables.

Ningú no es va adonar, amb les presses per trobar lloc en els vagons acabats de raspallar i regar, que

jo no era en cap dels dos grups en què els meus s'havien dividit.

Tampoc ningú no s'assabentà del missatge de reclam que, un xic més tard, l'exigu sistema megafònic va propagar per les tretze grans corretges dobles de les andanes, el qual va quedar emmascarat pel soroll estentori produït per les màquines de vapor, els moviments de mercaderies, la gent escridassant-se i, sobretot, la immensa reverberació de la nau.

Aquesta informació no crec que l'entengués gaire gent, ja que al mateix temps un grup de joves que anava al vagó dels meus pares cantava a l'uníson –potser per imposar-se per sobre aquest ambient sonor dominant– i produïa encara més enrenou.

Mentrestant jo, emparat en el relatiu silenci que hi havia al despatx del cap de la estació, un cop eixugats els ulls d'haver plorat, vaig aprendre a dibuixar.

És així com he acabat essent arquitecte i acústic, a base de llàgrimes vessades després d'haver-me perdut per la mala acústica i l'arquitectura formidable de la nau, l'exigu sistema megafònic, la comunicació emmascaradora dels cants dels joves, etc.

I és així com, de cop, vaig descobrir un món exterior acústicament tan dominant, però alhora tan ric i extens, que no vaig assimilar fins que dins el silenci anecoic d'una cambra, molts anys més tard, em sorprengué de sentir tant i tan fort els meus diferents sons interns, el batec del meu cor,

el grinyolar dels meus budells, els fregadissos de la meva respiració, el cruiximent sinovial de les meves articulacions i tants d'altres sons audibles gràcies al *silenci*.

Tot això em va convidar a reflexionar sobre la incidència en el record dels ambients acústics que havia experimentat en la meva joventut.

D'altra banda, les meves experiències com a músic em van donar una visió crítica sobre les bones o les males característiques acústiques d'un gran nombre de sales d'arreu de Catalunya. En massa ocasions havíem de filtrar quasi totalment les baixes freqüències produïdes amb la guitarra baixa, o bé abaixar el nivell de volum, o cercar d'altres solucions, com ara equalitzar-me més agut a fi de fer possible la nostra actuació en aquell lloc.

La lectura dels llibres d'urbanisme, arquitectura i estètica *El paisatge urbà*, de Gordon Cullen; *Experiència a l'arquitectura* de Steen Eiler Rasmussen, i *Arquitectura, estètica, empírica*, d'Arnau Amo, i el d'acústica de K. Weisse *Acústica de los locales*, ja com a estudiant d'arquitectura, com també les lliçons d'acústica rebudes a l'ETSAB, produïren finalment l'arrelament del meu interès professional pel tema.

La rehabilitació

La **rehabilitació** és un concepte que fa referència a allò que es vol tornar a deixar amb unes condicions de qualitat i preservació de la vida. *Habilitar* vol dir tornar a donar vida i fer sostenible i, en el cas acústic, tornar a donar vida a alguna funció, a algun edifici o a alguna activitat que ja no en té, repensar-lo de nou per adequar-lo al moment actual i que alhora es pugui mantenir per molt temps sense necessitar altres rehabilitacions posteriors degudes a variacions del propi sistema (sostenibilitat). Aquest és el meu concepte de rehabilitar.

Per exemple, jo puc rehabilitar la meua veu, puc impostar la meua veu. Puc rehabilitar el so dels meus passos; per tant, puc pensar que el calçat

que faig servir no és adient i que genero uns sons en el paisatge, en les cases o en els locals que no em resulten interessants o que no em representen. Per això, he de canviar el criteri, canviar el so del calçat; en definitiva, canviar el so de la meua personalitat.

Es pot rehabilitar el so d'una sala perquè no és el necessari per a unes actuacions musicals o per a uns oradors, perquè hi ha un excés o un defecte d'absorció o de difusió, o perquè hi ha uns problemes de sorolls. Potser avui s'hi desenvolupen activitats diferents que abans no existien; per tant, aquest concepte de rehabilitació acústica òbviament no fa referència tan sols a tornar a unes condicions de vida inicial, sinó que pot ser que aquesta vida abans no hagués existit o no hagués estat com ara ens la plantejem.

Així, ja veiem que el concepte de rehabilitació és molt ampli i que el seu abast pot fer referència a la rehabilitació acústica del territori, d'una ciutat, d'un edifici o d'un local. Fins i tot podríem arribar a la rehabilitació acústica d'un estri o d'una maquinària o a la rehabilitació acústica de la nostra personalitat (de com sonem nosaltres i fins i tot la nostra manera d'expressar-nos i de comunicar-nos amb els altres que ens envolten).

Rehabilitar vol dir tenir una intenció de fer un canvi, i fer aquest canvi sonorament parlant pot ser molt important. Pot ser que el seu abast afecti la font, o fins i tot canviï la percepció del propi receptor.

Un altre punt consisteix a canviar el mateix missatge i així canviar el sentiment que es pugui produir respecte de l'origen. El so que per a alguns és soroll, per a d'altres és música. Si aconseguim que sigui música per a tothom ja no serà soroll.

L'arquitectura acústica

Així doncs, es tracta de fer aquest pensament de canvi del que avui s'anomena, de manera excessiva, *soroll* o *so negatiu* i poder tractar-ho com a *so positiu*.

Cal tornar a donar una personalitat positiva i pensar que allò que havia començat amb una **poètica** té unes intencions que cal recuperar. Recomano al lector que consulti el meu primer llibre *Arquitectura acústica 1. Poètica* d'Edicions UPC, dedicat a establir els llenguatges acústics dels espais, que va continuar després amb el segon volum *Arquitectura acústica 2. Disseny*, dedicat al camp del **disseny** i la construcció, en què buscava els estris per poder fer factible aquelles intencions. Aquest llibre de **rehabilitació** tanca la trilogia.

Han calgut uns quants anys i molts esforços per arribar a sintetitzar aquestes preocupacions respecte d'allò que s'intentava pensar (poètica), allò que es podia arribar a dissenyar i realitzar (disseny) i allò que, com que no s'ha pogut dissenyar o construir bé (o ja ha passat massa temps des que es va fer), s'ha de tornar a replantejar (rehabilitació). Aquest replantejament des del punt de vista acústic és precisament la rehabilitació necessària per a tots aquests camps que hem esmentat, dels quals tracta aquest llibre.

L'objectiu principal consisteix a **retrobar els missatges sonors** necessaris perquè la qualitat acústica dels nostres dissenys vagi acompanyada dels elements estètics, simbòlics i semiòtics necessaris en les intervencions artístiques.

Després de l'estudi sobre les bases poètiques i els mètodes de disseny, ha arribat ara l'hora de tractar de la necessària rehabilitació acústica del territori, la ciutat, els edificis i els locals que formen part del nostre patrimoni, la dels propis individus, i incorporar-hi els conceptes de la seva sostenibilitat.

És a dir, ara ens cal tornar-nos a replantejar el "com" i el "què" perquè la nova composició, la interpretació, el disseny o l'obra que s'executi respongui també als principis de la sostenibilitat, des del punt de vista acústic. I això vol dir obrir molts camins a la creativitat sonora, pensant però en la seva incidència no tan sols avui sinó també per a les generacions futures.

És evident que existiran diferents escales on aquesta repercussió serà molt diferenciada. Per exemple, pel que fa al soroll, no és el mateix l'efecte d'un anunci sonor a la TV que el d'un planejament urbanístic. El primer cas és efímer, mentre que el segon pot generar un impacte ambiental acústic molt important.

Ateses les característiques de la bibliografia existent, es fa necessària una obra que aglutini els conceptes i mètodes actuals, que ompli aquells en els quals hi ha un gran buit –com ara els aspectes més poètics de les intervencions acústiques amb els sons positius, tant els del territori com els dels més petits detalls.

Altrament, en aquest treball s'incorporen molts aspectes innovadors, tant en continguts com en metodologia, i alguna part es presenta com a suport a l'experimentació en la creació de les formes i els espais acústics.

Mantenir, rehabilitar i sostenir

En el decurs de l'obra arquitectònica hi ha una fase molt important, que és la fase posterior a la de la poètica i la construcció (passant pel disseny) de les intencions acústiques dels diferents espais. Ens trobem que cal introduir un **manteniment** d'aquestes intervencions i que, tot i fer aquest manteniment, arriba un moment en l'estat de vida de l'obra en què cal iniciar un procés de **rehabilitació**. Bé, doncs ara ens toca parlar del manteniment acústic i, òbviament, d'acord amb el títol del llibre, esmentarem tots aquells aspectes que ens obliguen a rehabilitar acústicament els espais.

Aquesta rehabilitació la tractarem en tot allò que ens pugui interessar. No ens pararem només en el local, sinó que continuarem la trajectòria iniciada als llibres de poètica i de disseny. Analitzarem les diferents escales d'actuació dels equips de disseny i alhora arribarem al petit objecte personal o als nostres comportaments acústics específics en diferents escenaris on vivim.

En aquest procés de rehabilitació, haurem de retrobar la poètica que s'ha perdut en algun moment. Aquesta poètica la podem tornar a assolir gràcies a posar novament unes intencions projectuals per tal de fer que els espais sonin no només correctament, sinó també d'acord amb els desitjos del dissenyador, en aquest cas de l'equip de la rehabilitació.

Això ho hem de fer a totes les escales d'actuació, com ara l'escala territorial, en totes les intervencions paisatgístiques, l'escala de la ciutat, l'escala, més propera a nosaltres de l'edifici, l'escala d'intervenció on som, on vivim o on fem algun acte, com és la sala.

Aquest és el cas de les sales d'audicions o les sales d'espera dels aeroports. Mentre escric això sóc a la sala d'espera de l'Aeroport de Barcelona, esperant que surti el meu vol. He passat per diferents espais dels quals es veu clarament que caldrà fer un manteniment acústic una mica més acurat.

En tot cas, el manteniment acústic o, més ben dit, la rehabilitació acústica, és totalment necessària en el gran *hall* d'accés a la terminal B de l'actual Aeroport de Barcelona. Tot i que els equips de megafonia estan disposats molt en contacte amb l'usuari i radien amb escassa energia per no excitar excessivament l'alta ressonància del local, aquesta reverberació fa que s'entenguin molt malament els missatges des de certes distàncies. És a dir, cal estar a prop de l'altaveu per a poder entendre el que ens diuen.

En parlar de rehabilitacions a gran escala, ens hem de referir a aquestes actuacions que són necessàries per a restituir les condicions que ha tingut un territori abans de l'arribada de l'ésser humà.

Si això ho considerem necessari, aleshores el que hem de fer és intentar restituir aquells sons que havien existit en aquell territori, sense que això suposi trencar la possibilitat que l'ésser humà hi pugui continuar fent les seves intervencions.

Aquestes intervencions òbviament van des d'unes escales molt grans fins a escales més reduïdes. Però a l'escala enorme del territori l'actuació ha de dirigir-se a preservar uns paratges d'interès i, per tant, ha d'estar vinculada entorn dels plans de protecció natural.

Alhora, cal que hi hagi alguna relació amb l'escala següent, constituïda per les urbanitzacions i perifèries de la ciutat, fronteres entre el territori totalment verge o selvàtic i el territori totalment dissenyat. És missió dels paisatgistes, els urbanistes, els arquitectes i els enginyers, és a dir, de tots els agents o equips pluridisciplinaris que actuen en el territori, intentar preservar aquests paisatges sonors de manera que en puguem tornar a gaudir tal com havien existit i generar-ne de nous, en els casos en què sigui possible.

Així, les actuacions a gran escala del territori, comencen amb unes decisions que els polítics han de prendre, assessorats per un equip pluridisciplinari de disseny, que defineix com ha de ser aquest territori. Hi actuen uns especialistes d'acústica, no tan sols per generar barreres i evitar l'aparició dels sons negatius, sinó sobretot per afavorir la presència dels sons positius que formaven part del territori abans de l'arribada de l'ésser humà i dels nous sons poètics dissenyats per a aquest fi. O potser ara encara és a l'inrevés?

Per tant, cal tornar a retrobar els sons fins i tot de la vegetació. No es tracta tan sols de trobar l'aïllament en localitzacions que suportin uns agents negatius i evitar els impactes ambientals de les vies de traçat ràpid, com poden ser les autopistes, les vies interurbanes, els traçats de ferrocarrils d'alta velocitat, etc., i òbviament els grans impactes sobre el territori que tenen els aeroports.

Aquesta és la missió d'aquest text: aconseguir, amb la tecnologia actual i la que puguem desenvolupar en el futur, millorar els impactes sonors i **disminuir la repercussió negativa a totes les escales de la vida**, des del territori fins als nostres sons més interiors.

Estructura del llibre

En primer lloc, el llibre es dedica a establir els conceptes de rehabilitació acústica i sostenibilitat. D'entrada, s'hi analitza, però, un aspecte molt important, la rehabilitació del **camí crític de la comunicació sonora**, on podem anar desgranant les estratègies pel que fa als components que intervenen en tot procés de comunicació parlada, cantada, musicada o establerta amb qualsevol llenguatge sonor.

Podem començar l'estudi específic rehabilitant el propi **individu**, que és l'inici i el destinatari de la comunicació sonora.

Per a la rehabilitació del **territori**, atesa la seva gran escala, s'intenten assenyalar unes intencions, que afecten sobretot l'àmbit de la política i l'ordenació del territori (reflexions referents a la filosofia de l'urbanisme).

Després parlem del **paisatge** on delimitem alguns paisatges ja més propers a nosaltres, paisatges on l'àmbit és molt més petit i on aquesta petitesa permet disposar d'estris de disseny més concrets, com els que fan referència a la disposició d'elements projectuals i constructius per protegir-los de la immisió de soroll.

A la **ciutat** és on haurem de buscar les solucions més imaginatives, perquè hem de pensar –a més de rehabilitar– en la sostenibilitat, és a dir, com mantenir aquestes condicions optimitzades i permetre que continuïn funcionant amb el temps.

Això també ens pot passar dins l'**edifici**. Rehabilitar un edifici des del punt de vista acústic vol dir, en molts casos, canviar-lo bastant per dins. La tècnica de rehabilitar un edifici per a un ús hotel·ler –per exemple– pot comportar enderrocar-lo quasi totalment, deixar-ne només l'estructura i tornar-ne a fer les distribucions i els tancaments. Per tant, aquests són aspectes que ens han de preocupar.

Un altre punt serà quan entrem dins un **local** per variar-ne els acabats. Hi ha locals que, com sabem,

presenten unes condicions acústiques nefastes. Per exemple, haurem de parlar de les rehabilitacions dels restaurants, on sembla que el soroll és un tema cabdal (avui en dia dediquem molt de temps menjant a dins d'aquests establiments i la conversa amb els altres comensals pot ser realment incòmoda i fins i tot feixuga en molts casos.

També haurem de parlar de la rehabilitació dels **estris** quotidians (com sonen aquelles coses que ens acompanyen en la vida). Aquest és un dels aspectes als quals no dediquem prou temps, però que entra dins de la rehabilitació personal del so de la nostra personalitat.

Finalment, hi figura una **bibliografia**, on s'han volgut destacar aquelles referències que poden complementar millor aquest text, i també les bases on es poden trobar alguns dels estris que ara es presenten.

Tot això serà el que tractarem en aquest llibre, dedicat tant a retrobar i mantenir l'estètica sonora, com a saber incorporar un material aïllant o a disposar un esmorteïdor en lloc seu perquè no se'ns transmeti un soroll o una vibració.

Espero que us sigui amena la lectura d'aquest text, tant com a mi em va resultar la recerca de cada aspecte i tota la seva realització material.

Agraïments

En primer lloc, agraeixo a la meua família la seva tolerància constant. A la meua **esposa** i a la meua **filla**, perquè m'han sabut donar ànims en les etapes més difícils, no tan sols del llibre. Al meu **fill**, que, de més lluny, sempre fa que pari l'orella pel que passa al món.

Voldria agrair a totes les persones i estaments que han intervingut en el procés de recollida d'informació, elaboració de textos, dibuixos i fotografies, maquetació, etc., on destaquen molts companys i amics que m'han fet suggeriments en relació amb les experiències d'aquest text i dels llibres precedents.

Òbviament, un agraïment especial a la **Universitat Politècnica de Catalunya**, que m'ha anat concedint uns ajuts sense els quals estic segur que no hauria tirat endavant aquestes obres o ho hauria fet emprant molt més d'esforç.

També cal esmentar, per descomptat, les intervencions de les entitats que han fet factible que s'arribi en aquest darrer punt. La **Sociedad Española de Acústica** i els seus membres i, en especial, l'equip del Consell Directiu, que sempre m'ha encoratjat.

Òbviament, mereixen una menció d'honor els meus col·laboradors, especialment l'**Anna Casas i Portet**, llavors becària i ara arquitecta, per les sempre valuoses reflexions i dibuixos; l'**Aïna Pérez i Verge** i la **Roser Calafell i Torras**, estudiantes de l'**ETSAB**, per continuar la tasca, i l'**Eva Crespo Sánchez**, arquitecta, que va ser un puntal extraordinari quan el llibre semblava abandonat. I a l'hora de treballar les figures, a més dels anteriors i han intervingut també la **Mireia Martín Grima** estudiant de PFC de l'**ETSAB**; **Silví Pascual i Monterrubio**, estudiant de l'**ETSAB**, **Ricardo**

Walter Valdez Cragolini i Jimena de Gortari Ludlow, arquitectes. Voldria dedicar-los a tots ells un gran aplaudiment pel seu ajut.

També voldria esmentar aquells pensaments paral·lels amb les meves intencions poètiques de disseny i de rehabilitació acústica, com són els components dels grups de recerca nacionals i internacionals (l'Institut d'Acústica del CSIC², el CRESSON de l'Escola d'Arquitectura de Grenoble) amb els quals tinc uns vincles afectius molt elevats.

I tots els acústics dels Tecniacústica i d'altres congressos que sempre m'han animat a continuar recercant en les línies més poètiques de l'acústica. Això no ha fet que m'apartés de la realitat del problema del soroll, perquè el soroll forma part de la vida. De fet, és el primer que fem quan naixem: plorem = fem **soroll**? Curiosament a tothom li agrada aquell primer soroll que produïm, l'esperem i desitgem, i tot i això no és negatiu. Però com sabem tots els pares, en els mesos i anys posteriors, hi ha moments a la nit on els plors dels infants ens produeixen molts mals de cap.

¹ Obra de l'arquitecte Francesc de P. Nebot i Torrens, l'any 1923

² En especial al José Luis Carles

1. La rehabilitació acústica i la sostenibilitat

El concepte de rehabilitació i sostenibilitat acústica ha de sorgir del que s'estableix en els dos camps de la comunicació sonora; per una part, que el missatge es pugui produir, transmetre, percebre i respondre en les condicions més òptimes i, en conseqüència, que es tractin i regulin (fins i tot amb la legislació pertinent) aquelles causes que puguin pertorbar la producció de l'emissor, la transmissió per l'arquitectura, la percepció de l'auditor i la resposta d'aquest a l'emissor.

1.1 La rehabilitació del camí crític de la comunicació sonora

Com ja sabem, els elements bàsics de la comunicació sonora són: l'**emissor**, el **missatge**, el **canal de transmissió**, l'**oient** i la **resposta** d'aquest (que constitueix la retroacció).

En el procés de rehabilitació acústica, cal veure sobre què s'ha d'actuar del **camí crític** que es presenta en aquests elements i els seus enllaços.

1.1.1 L'estat íntim i exposat

Imaginem-nos un entorn aïllat totalment de l'exterior, on no es pugui produir cap interferència aliena a l'emissor i l'oient. S'estableix llavors un procés de comunicació en estat **íntim** (fig. 1.1).

En aquest cas, l'emissor comunica un missatge a un oient mitjançant un canal de transmissió, i aquest darrer li manifesta una resposta. En l'estat íntim, no hi ha cap pertorbació que alteri aquests

components de la comunicació.

L'exemple més clar d'aquest procés és el del músic, que amb un instrument musical (músic + instrument = emissor) interpreta una obra (missatge), en un auditori (canal de transmissió) a un públic melòman (oient), que aplaudeix (resposta) (fig. 1.2).

Quan rep l'aplaudiment, el músic sap que ja s'ha establert la retroacció de forma positiva i que el camí crític de la comunicació no s'ha trencat per cap element aliè.

A la **figura 1.3** podem veure com la nova interpretació de l'artista ve ara condicionada per aquesta resposta, i això permet establir un missatge on aquesta sintonia amb el públic queda palesa.

Però, dissortadament, a la realitat hi ha tot un conjunt de focus sonors que ens poden destorbar aquest procés tan fràgil i efímer de la comunicació sonora. Per exemple, un company d'audició assegut a la primera fila ens comenta, i ho assenyala amb el dit, que la sabata del músic està descordada. Això ens afecta i ens distreu de l'audició, alhora que l'interpret nota alguns moviments estranys a l'auditori, la qual cosa també pot afectar la seva interpretació.¹

A les **figures 1.4 i 1.5** es representen els focus que considerem que són **pertorbadors** o **sorolls**. Existeixen per tot arreu: uns actuen exclusivament sobre l'emissor, altres ho fan sobre el propi missatge, d'altres tan sols sobre l'oient o bé sobre la

resposta, però n'hi ha que actuen conjuntament sobre dos o més.

Pensem que aquests focus que anomenem *sorolls* també poden ser **altres comunicacions** que s'estan establint entre altres agents, com la del company assegut a primera fila.

Hi ha diversos focus d'emissió de sons amb altres missatges, amb altres receptors i altres respostes, que òbviament poden pertorbar d'altres comunicacions en alguna fase del seu procés.

Com a exemple de pertorbació, tenim els aplaudiments que es produeixen en una aula en finalitzar l'exposició d'un conferenciant que ha fet una classe magistral. Poden afectar la intel·ligibilitat de la classe veïna, en la qual en aquell moment s'està desenvolupant un examen (no s'entenen les preguntes orals que fa el professor o la concentració dels alumnes que estan responent les preguntes disminueix).

En tots aquests casos, cal actuar amb un **procés de rehabilitació integral** (fig. 1.6), buscant horaris no simultanis, tractant els focus pertorbadors del procés de la comunicació, etc. Aquest aïllament es pot basar en el tractament d'aquest focus, però potser resulta més fàcil o econòmic l'allunyament, l'educació del focus o, senzillament, un tractament de vestit absorbent o, encara millor, jugar amb la distribució horària i separar la pertorbació de qui ha de fer, transmetre o rebre la comunicació.

De focus pertorbadors, n'hi ha de quatre tipus, encara que poden tenir la característica comuna que l'agent que els provoqui sigui el mateix. Com que en principi podrien ser causes diferenciades, distingim entre els que **afecten l'emissor**, els que **afecten el missatge**, els que **afecten l'oient** i els que **afecten la resposta**.

1.1.2 Causes de pertorbació de l'emissor

Respecte dels focus de pertorbació que afecten el focus emissor del missatge i la rehabilitació necessària, podem parlar de diferents maneres d'intervenció.

En primer lloc, hi ha aquells focus que afecten la pròpia **audibilitat** i **emissió** de l'origen (fig. 1.7). Són importants perquè incideixen en la forma en què l'emissor està sentint el seu propi discurs, el seu concert, etc. Aquest emissor pot tenir molt poc marge de maniobra per actuar-hi si no hi té cura ell mateix.

El primer de tots és la **malaltia de l'emissor**, que pot alterar la capacitat d'audició del propi intèrpret. Un senzill refredat pot comportar una manca d'audibilitat en un músic o una afonia en un conferenciant.

La rehabilitació, en molts casos, és senzilla perquè l'efecte s'anul·la quan deixa d'existir la malaltia (tret dels casos crònics en què ja han d'intervenir metges otorinolaringòlegs).²

Tot això es tractarà més endavant de forma ràpida.

D'altres focus pertorbadors de l'emissió poden ser aquells que intervenen específicament en el propi **origen** de l'emissió sonora. Per exemple, un dels membres d'un quartet de corda no està en bones condicions, o el seu instrument no està ben afinat; llavors, els altres òbviament no generen bé el missatge, a causa de la pertorbació que això els provoca.

Si un dels membres està murmurant coses, o està enfadat i fent gestos, pot també alterar el desenvolupament normal de la comunicació que volen interpretar. Aquests són, òbviament, focus pertorbadors, que cal rehabilitar de forma interna. Constitueixen uns temes de relació humana que naturalment no podem arribar a estudiar en aquest llibre de rehabilitació, però no per això n'hem d'obviar l'existència. Ben al contrari, hem de saber que això pot existir i que caldrà prendre mesures perquè no es produeixi la pertorbació (fig. 1.8).

Però si anem als focus normals de pertorbació de la font emissora, ens adonarem que quasi sempre acostumen a ser elements **aliens** (fig. 1.9).

Com que l'emissor necessita escoltar-se durant

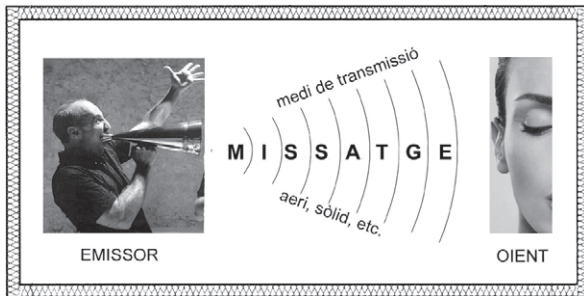


Fig. 1.1 Comunicació en estat íntim (esquema de l'autor)

Emissor: professionalitat, oratòria, arts escèniques
Missatge: interessant, influït pel medi de transmissió
Receptor: audiograma normalitzat, atenció
Resposta: genera una retroacció
 FE: focus que actua sobre l'emissor
 FM: focus que actua sobre el missatge
 FO: focus que actua sobre l'oient
 FR: focus que actua sobre la resposta

Fig. 1.4 Components de la comunicació i dels focus perturbadors (esquema de l'autor)

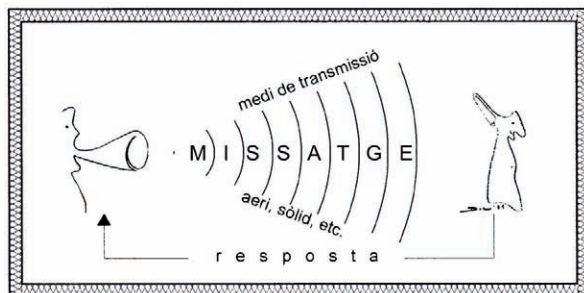


Fig. 1.2 Comunicació amb resposta (esquema de l'autor)

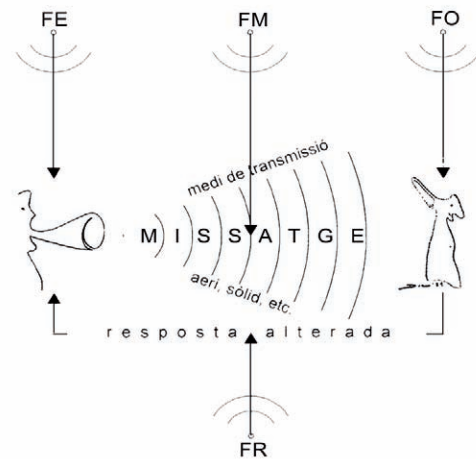


Fig. 1.5 Focus que alteren la comunicació (esquema de l'autor)

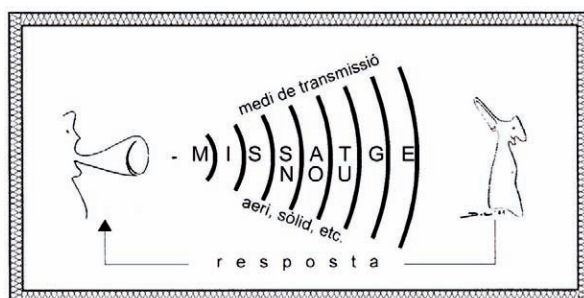


Fig. 1.3 Comunicació amb retroacció (esquema de l'autor)

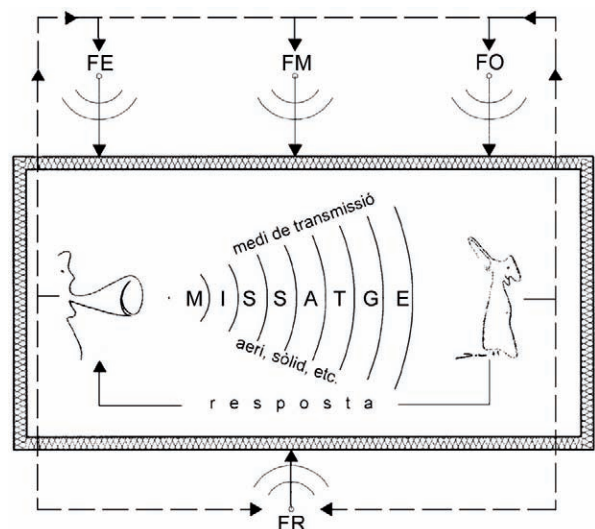


Fig. 1.6 Procés de rehabilitació integral (esquema de l'autor)

la interpretació, cal veure quina és **l'eficiència de l'audició del seu propi instrument** (vocal o musical), que es realitza per via aèria i sòlida, directa i reflectida en els materials de l'escenari i de la sala.

Si al focus sonor emissor no li arriben bé aquelles vibracions que vol percebre del seu propi instrument (com és el cas d'instruments d'emissió de notes greus, com ara els bombos, les bateries, els contrabaixos, els pianos, els xel·los, etc.), caldrà buscar uns sistemes amplificadors. Instal·lades sota els instruments, o amb altres solucions similars, acostumen a fer-se servir bases de fusta on puguin ressonar aquestes vibracions sòlides en què es propaguen les notes greus.

L'existència de **focalitzacions** en el propi origen i d'ecos negatius que es produeixin per la reflexió del so en el fons de la sala, pot pertorbar el focus d'emissió.

En el cas d'una focalització en què hi hagi un excés de concentració de sons, per exemple, a causa de la campana acústica de l'escenari o per l'existència d'un tornaveu excessivament potent, cal buscar solucions perquè potser el conferenciant s'escolta massa i acaba parlant massa fluix. En aquest cas, aquestes solucions passen per variar la **geometria** (forma) o **l'acabat** (coeficients d'absorció i difusió) d'aquells elements de l'escenari o del propi auditori.

En efecte, una altra causa negativa és **l'absència o l'excés de reverberació**. Si en un recinte hi ha una absència total de reverberació (això succeeix molt en els llavis o els espais d'acoblament entre l'escenari i la sala d'un teatre d'òpera), llavors l'interpret no s'està escoltant amb la intensitat de so necessària. Aquesta mancança de reverberació es pot variar emprant uns plànols tipus tornaveu convenientment disposats darrere del cortinatge de la boca de l'escenari. Això permet augmentar el nivell de so a la pròpia font i li fa creure que el so que està emetent ja és suficient i amb el nivell pianíssim suficient amb què el vol emetre. Sobretot permet que l'interpret no es quedi emmascarat amb la música

de l'orquestra que en aquest moment està acompanyant aquell pianíssim que canta.

Ja veiem que tot el que altera el bon funcionament del focus emissor es pot desglossar amb camps molt diversos, i segurament en aquest llibre ens en deixarem alguns.

En altres casos, pot ser que l'emissor tingui una pertorbació perquè quasi no s'escolta, atès que hi ha un **so de fons** que genera un nivell sonor molt elevat respecte del nivell de la pròpia emissió. Això es pot veure agreujat també per una mancança de reflexions dels tornaveus a l'escenari. Si aquest soroll de fons generat potser per altra gent als costats de l'escenari no es pot eliminar, hi ha la solució de disposar uns tornaveus adients per reflectir el so. D'aquesta forma, s'aconsegueix que l'emissor tingui una sensació de més presència de la seva veu en el propi origen, l'escenari.³

1.1.3 Causes de pertorbació del missatge sonor

Els focus pertorbadors del missatge són aquells que actuen no ja sobre l'origen sinó sobre la pròpia comunicació, que actuen sobre el so o la vibració que constitueix el missatge (**fig. 1.10**).

El missatge es transmet per via aèria i via sòlida, des de l'origen cap a l'oient, i per fer-ho aprofita uns canals de transmissió.

Posem-nos ara en el paper del missatge i estudiem com anem cap a l'oient i què ens passa pel camí. El primer que veiem és que el viatge el fem a través de l'**aire** i, per tant, estem sotmesos a les disciplines de la transmissió aèria (velocitat aproximada de 340 m/s, variable segons la temperatura i la humitat del lloc on es realitza la propagació).

També observem que normalment, en radiació esfèrica, perdem intensitat amb la distància, i que el decrement en decibels és:

$$\Delta L = 10 \log (r_2/r_1)^2$$

on r_2 i r_1 són les distàncies a la mateixa font sonora.

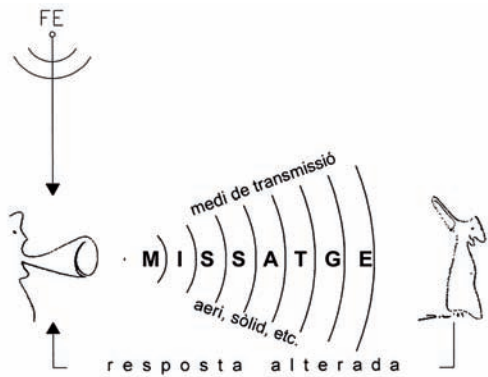


Fig. 1.7 Pertorbació a l'emissor (esquema de l'autor)

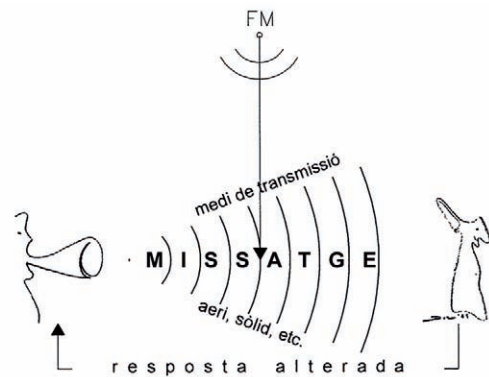


Fig. 1.10 Pertorbació del missatge (esquema de l'autor)

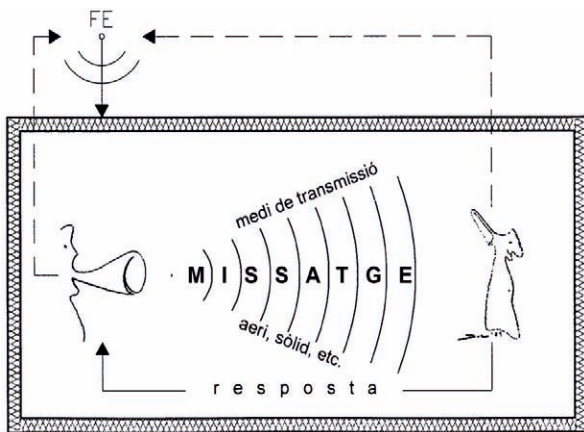


Fig. 1.8 Rehabilitació de l'emissor (esquema de l'autor)

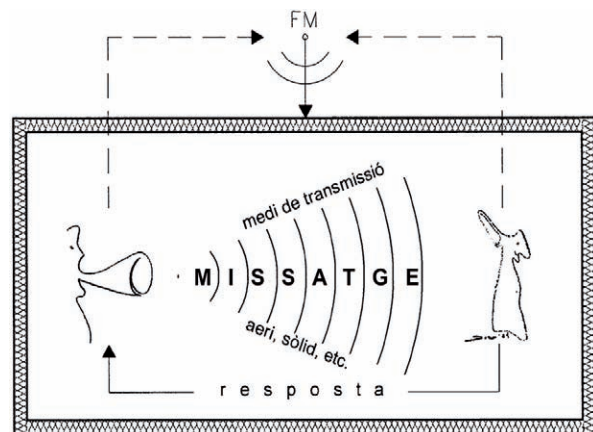


Fig. 1.11 Rehabilitació del missatge (esquema de l'autor)



Fig. 1.9 Alteració de l'emissor (dibuix de Barbe)

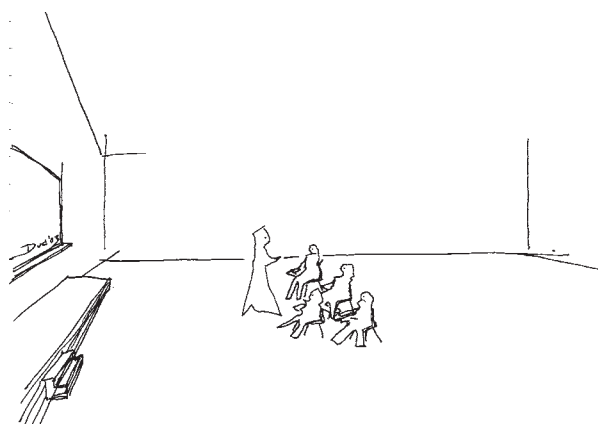


Fig. 1.12 Sala reverberant amb pocs alumnes (dibuix de l'autor)

Però també viatgem mitjançant els **sòlids**. En efecte, part de l'energia sonora va cap a l'oient aprofitant el contacte de l'instrument emissor amb els materials que conformen l'estructura i els paviments del recinte.

Així, tenim dues formes de propagar-nos: per l'aire i pels materials.

Si aquests canals de transmissió no estan ben dissenyats, tenen problemes de manteniment o hi ha algun agent que pugui entrar en el seu camp d'acció i generar alguna pertorbació sobre el missatge, hi haurà una pèrdua del seu contingut. Llavors serà necessària la rehabilitació -i fixem-nos que ja hem esmentat els diferents camps en què caldrà fer-la: en el **disseny**, en el **manteniment** i en els **focus aliens** (fig. 1.11).

Un dels exemples més clars sobre la manera d'accedir sobre el propi missatge el trobem en la telefonia. Quan truquem a una altra persona, algunes de les freqüències de les nostres veus queden tergiversades pels propis elements del sistema. La captació, la transmissió i la reproducció no són perfectes, atès que els micròfons i altaveus dels telèfons no són encara prou bons en la transmissió de la banda passant (si fos de 20 a 20.000 cicles agafaria tot el que l'ésser humà és capaç de percebre en forma de so). És l'exemple clàssic de quan truquem a una persona i ens confonem parlant amb el nen com si fos la seva mare, o al germà d'un amic li parlem com si fos el nostre amic. Estem segurs que és l'amic fins que després d'uns moments de broma el germà ens diu que ell no és la persona amb qui volíem parlar.

Aquests i altres exemples ens els trobem en la vida quotidiana en molts àmbits de la comunicació.

Una altra causa de pertorbació és la **pèrdua d'intensitat** del missatge a mesura que es va fent la transmissió. Cal recordar que la intensitat del so és inversament proporcional al quadrat de la distància. És a dir, si suposem que el focus sonor és una font puntual esfèrica, la intensitat és el resultat de repartir la potència acústica d'aquesta font

(que, per tant, se'n va cap a totes les direccions de manera igual en aquesta radiació esfèrica) per la superfície de l'esfera existent a la distància on ens trobem respecte del focus. El radi d'aquesta esfera és exactament aquesta distància i, com que la superfície de l'esfera és $4\pi r^2$, és evident que com més lluny estiguem del focus emissor, més flux en sentirem el so. Això vol dir que el missatge perd intensitat a mesura que ens allunyem del focus que el produeix.

Pel que fa a la pèrdua de contingut del missatge per raó del **disseny** del canal de transmissió, aquest és un cas en què cal considerar la **fidelitat** de la reproducció. La fidelitat vol dir que volem que el missatge arribi de la mateixa manera com s'ha originat, però òbviament emparant-se en la resposta específica que li donarà el nostre local. El que no pot ser és que aquesta resposta, en lloc d'emparar-se es camufla o, pitjor encara, es tergiversi, perquè llavors retorna a l'auditor o es transmet cap als oients d'una manera equívoca.

També cal entrar a analitzar els **paràmetres objectius de qualitat de la sala**. Molts d'ells seran després objecte d'avaluació **subjectiva**, quan arribin a l'auditor. Segons quins siguin l'estat anímic, la cultura, l'edat, etc., de l'oient, l'apreciació del missatge variarà. No serà igual per a uns que per a d'altres.

Treballant amb el tema dels paràmetres **objectius**, tot i que la llista és molt llarga, podem agafar la classificació dels paràmetres de qualitat de sala que s'han tractat en els llibres de poètica i disseny en l'arquitectura acústica d'aquest autor.

Veiem que hi ha moltes actuacions **formals**, de **proporcions**, d'elecció i d'ubicació de **materials** possibles, com són el fet que els materials de què disposem en el perímetre d'aquest auditori no ens desvirtuin ni facin canviar les freqüències del so d'aquest missatge.

Òbviament, si fem que la sala sigui cúbica, hi seran presents les pitjors tonalitats. Els modes propis de ressonància del local seran molt elevats i, si no

tenim en compte aquest fet, el músic que intenti fer una interpretació en aquest recinte veurà el seu missatge tergiversat per la presència d'aquests modes principals de vibració.

Ja sabem que aquests modes de vibració poden ser axials, tangencials i oblics.⁴ Hem de tenir en compte algunes proporcions del recinte per poder fer que la música no quedi alterada amb unes notes que no ha escrit ningú, ni ha interpretat cap músic sinó que fa la sala per ella sola. Evidentment, si això és una interpretació descontrolada que fa la sala, als intèrprets, oradors i músics i als oients no els agradarà gens.

També hem de tenir en compte que haurien d'estar dins de certs marges, perquè per obtenir unes proporcions acústicament òptimes molts estudiosos s'han posat d'acord que hi ha algunes proporcions harmonioses que responen al que s'anomena nombres d'or o proporcions àurees de l'arquitectura.

Com ja s'ha esmentat, un altre aspecte és l'excés o la manca de **reverberació** del recinte. Les solucions en cas de disfunció del ressò sembla que passen per augmentar o disminuir la reverberació. Però això no és tan fàcil. Com a solució en cas d'excés de reverberació en una aula on hi ha pocs alumnes, el professor pot situar-se enmig d'ells (**fig. 1.12**). Això li permet parlar normal sense excitar el camp reverberant de la sala. És a dir, quan parla flux l'entenen millor.

Un altre problema és la manca de la **lateralització**. La lateralització dona una informació espacial a l'auditor. El so no tan sols li ha d'arribar provinent del centre, és a dir, de l'escenari, sinó que molta informació cal que arribi des d'una localització més imprecisa.

Per això, cal incidir en el disseny específic de la forma i els acabats, sobretot laterals, de la sala, i aquí és on els plans laterals tenen un pes molt important perquè el so arribi també des dels costats.

Un altre agent pertorbador és aquell que impedeix que el so es vagi distribuït d'una manera unitària

per la sala. És el que anomenem l'**equipotencialitat** d'una sala, i l'agent pertorbador està vinculat novament a la forma i les seves proporcions. Amb el redisseny o la rehabilitació específica d'elements laterals que reflecteixin el so i no tan sols l'absorbeixin, i que el distribueixin de manera uniforme, aconseguirem millorar aquest repartiment (sobretot amb el sostre, que té un paper importantíssim en la distribució del so).

Tot això ens porta certament a la uniformitat. Alguns melòmans potser ho critiquen perquè creuen que a la sala hi ha d'haver diferències marcades en l'energia sonora segons la distància, a fi de no provocar l'efecte amplificador d'alguns locals (on a molta distància de la font se sent massa fort). Òbviament, aquesta energia és la suma de la directa i reflectida, i si aquesta darrera es realitza en plans molt propers al focus, la seva reflexió se suma a l'energia directa.

Parlem de **distribució uniforme** de nivell sonor quan no hi ha llocs on l'acústica sigui excessivament forta perquè s'està més a prop. No s'han de tenir problemes excessius per un tema de distàncies, i en localitats allunyades el so de l'orquestra s'hauria de percebre perfectament.

Ara els sistemes de sonometria ens permeten calibrar aquesta diferència entre l'energia que arriba a un indret determinat respecte de la d'un altre, tant dels raigs directes com dels reflectits pel local.

1.1.4 Causes de pertorbació de l'oient

Són aquelles que alteren amb més o menys intensitat l'atenció de l'oient (**fig. 1.13**).

La primera causa és la pròpia limitació **fisiològica** del receptor. Aquí s'inclouen temes diversos, que van des del seu estat físic fins al mental envers la comunicació. Físicament, es pot perdre la capacitat auditiva per l'edat (presbiacúcia) (**fig. 1.14**); la sordesa crònica o passatgera, deguda a un cop a l'oïda, al fet d'haver estat abans en presència d'un soroll d'alt volum o senzillament a un refredat, sinusitis o bé otitis.

Però també hi ha la capacitat d'atenció de l'oient deguda al seu estat anímic, la seva bona o mala predisposició a rebre el missatge, i d'altres aspectes **psicològics**.

Qualsevol **senyal** que amagui un **símbol**, com ara un avís d'un veí que vol donar-nos una notícia o l'estudiant que tenim al costat que ens vol dir alguna gracieta, fa que puguem perdre la concentració respecte del tema principal, just en aquell moment important de l'orador o el professor que està donant la classe.

Públic melòman

Ara tenim un oient auditor, és a dir, un públic, un alumne, un melòman, una persona entesa, etc. Així doncs, hi ha diferents categories de públic, com també hem vist que tenim diferents categories d'emissors (individuals, emissors que actuen col·lectivament, etc.). Ens trobem amb el mateix i, per tant, també entre ells es poden molestar; és el cas dels clàssics estossecs dels auditors. Cal dir, en aquest cas, que tant els músics executants com els propis auditors saben que són persones que viuen. Els missatges no poden assolir la nitidesa que pot percebre el públic a casa seva, ja que cada persona del públic es troba entre altres oients que, alhora, són focus emissors. Aquest és precisament l'encant de l'actuació en viu: escoltar els músics i els seus instruments tal com sonen, i fer-ho socialment, en presència d'altres oients, tot i que això en alguns casos pot fer disminuir la capacitat d'entendre aquell missatge o de gaudir-ne.

Entrem ara en un camp on es poden admetre moltes subtileses. Hem de parlar dels **paràmetres subjectius** de la qualitat acústica de les sales. Alguns d'aquests paràmetres, tot i que fan referència al que passa dins la sala, realment es refereixen a com arriba el so a l'auditor. La **relació de so directe respecte al reverberat** depèn d'on se situa l'oient respecte de la sala, però també hi ha la **calor** de la sala o relació entre la reverberació a baixes freqüències respecte de les freqüències mitjanes, i d'altres que veurem més atentament al capítol de sales (fig. 1.15).

Alguns dels temes de rehabilitació de l'oient han de fer referència a l'activitat del propi públic. El públic no pot pertorbar els altres quan s'aixeca dels **seients**. Per tant, cal escollir uns seients, com els que vàrem emprar per a la rehabilitació de la sala d'actes de l'ETSEIB (fig. 1.16) que, si són abatibles (sovint ho són per permetre el pas de la gent sense que tothom s'hagi d'aixecar), no donin un cop sec quan algú s'aixequi.⁵ Per altra part, els seients poden ser absorbents per intentar controlar la reverberació quan la sala és plena o buida. Això és un tema de rehabilitació important, sobretot per al músic; per tant, l'hem d'afegir també en el paràgraf referent a la pertorbació de l'emissor (perquè quan els músics entren a les sales que són totalment reverberants i no hi ha gens de públic, es pensen que s'hauran d'acomodar a aquella acústica i, en canvi, després, quan estan plenes de gom a gom, el so és totalment diferent, fins i tot pot ser massa sec. Més encara, a vegades els músics es troben amb sorpreses, com un excés d'absorció quan la sala encara és buida, i en aquest cas es queden sense cap capacitat d'enfrontar-se amb el problema, com no sigui amb l'ajut de reverberadors naturals o artificials.

Parlem, també des del punt de l'oient, de disfuncions de la sala respecte dels ecos. Però, en aquest cas, quasi segur que l'oient no té tants problemes d'eco com el músic.

També poden existir problemes de focalitzacions com a conseqüència d'un estudi poc acurat de la geometria de la sala, la manca de difusió dels plans i, en definitiva, quan l'energia que arriba a l'oient no és la més adient per a l'actuació que s'està realitzant.

Per això és necessari que en el disseny d'una sala pugui intervenir un acústic que treballi tots els temes en conjunció amb l'arquitecte.

A la **figura 1.17** podem veure l'interior de l'Auditori de Barcelona, de l'arquitecte Rafael Moneo, projecte en què l'acústic Higiní Arau i Puchades, Doctor en Ciències Físiques va intervenir des del disseny inicial.

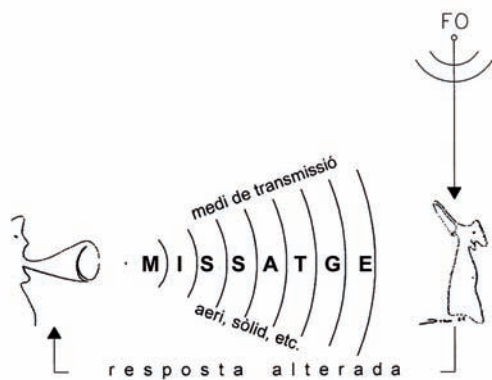


Fig. 1.13 Pertorbació de l'oient (esquema de l'autor)

| Edat | Home | Dona |
|---------|-------|-------|
| 25 anys | 0 dB | 0 dB |
| 30 anys | 3 dB | 2 dB |
| 35 anys | 7 dB | 3 dB |
| 40 anys | 11 dB | 5 dB |
| 45 anys | 15 dB | 8 dB |
| 50 anys | 20 dB | 12 dB |
| 55 anys | 26 dB | 15 dB |
| 60 anys | 32 dB | 17 dB |
| 65 anys | 38 dB | 18 dB |

Fig. 1.14 Pèrdua d'audició amb l'edat (font: Salesa)

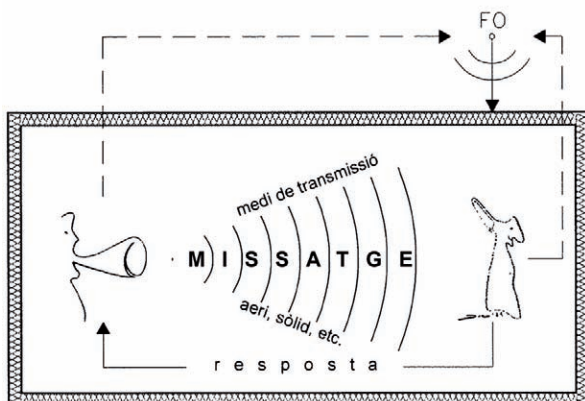


Fig. 1.15 Rehabilitació de l'oient (esquema de l'autor)



Fig. 1.16 Seients de la sala d'actes de l'ETSEIB (fotografia de l'UPC)

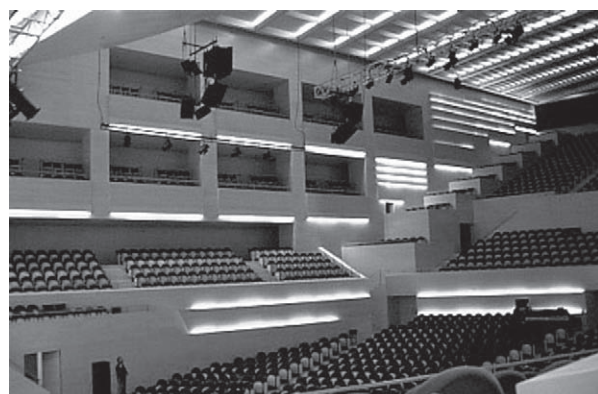


Fig. 1.17 Interior de l'Auditori de Barcelona (fotografia de l'autor)

1.1.5 Causes de pertorbació de la resposta de l'oient cap a l'emissor

Un cop l'oient percep el missatge, segurament vol donar una resposta al músic. Amb la resposta, pot indicar-li que ho ha fet molt bé o molt malament (fig. 1.18).

Això ho coneix l'emissor, que pot actuar fins i tot tapant el so del públic, que podria ser un so negatiu a base de xiulets. Així, alguns músics, en finalitzar la cançó poden incorporar uns aplaudiments provinents de l'equip d'amplificació, que anul·lin o deixin molt emmascarada aquesta resposta. Fins i tot pot ser que el propi músic ni s'adoni que algun sector l'estava xiulant en lloc d'aplaudir-lo (fig. 1.19).⁶

A la figura 1.20 es pot veure que el procés de comunicació, quan s'estableix amb la complicitat de tots els qui hi intervenen, pot deixar de costat els sorolls de carrer, com en aquest cas, representat per una cobla que interpreta sardanes a la plaça de Mossèn Baldiri Reixach, de Santa Cristina d'Aro, Girona.

Pel que fa a la resposta, l'acústica del recinte pot augmentar els pocs aplaudiments d'un escàs nombre de persones que ha assistit a un partit de bàsquet. La reverberació del recinte fa que aquell so del públic, encara que sigui escàs, augmenti i es produeixi un efecte multiplicador. Al final sembla que hi hagi molt més públic i els jugadors fins i tot poden agafar forces que no tenen per intentar millorar el seu joc. En aquest cas, la reverberació del recinte pot generar fins i tot un efecte positiu amb vista a la resposta sonora a l'equip.

1.1.6 La sostenibilitat del procés de comunicació sonora

L'usuari acústic

En primer lloc, cal definir l'usuari acústic.

Hi ha diferents tipus d'usuari acústic, però es poden resumir en quatre, segons la seva capacitat de rebre i fer soroll.

L'indiferent. Per més immissions que hi hagi, no es queixa, però també és capaç de fer sorolls sense patir pels altres.

El normal. Es queixa si hi ha immissions que alteren l'ambient sonor. Pren consciència que ell també pot afectar els altres amb els seus sorolls.

El gemegaire. Sempre es queixa dels sorolls dels altres, però quasi mai no s'adona que ell també és la causa de molts altres.

El d'alta sensibilitat. Acostuma a ser músic, melòman, o bé persona amb l'oïda molt sensible tant pel que fa als sorolls dels altres com als que ell pot generar.

A partir d'aquestes definicions (cada lector pot buscar la seva), cal que parlem de la sostenibilitat.

La sostenibilitat

Es tracta d'aprendre a mantenir aquelles veus i missatges vàlids i sostenibles dels paisatges i espais actuals, i generar-ne els futurs. Aquest és el tema que actualment cal estudiar: la **sostenibilitat de les veus dels nostres entorns**.

Crec que cal començar fent un **catàleg cultural-sonor** que s'estengui a tots els àmbits, des de l'objecte fins a l'arquitectura, similar al catàleg d'interès arquitectònic o urbanístic que tota ciutat fa dels seus edificis, places i parcs.⁷

Per exemple: la veu de la campana de Gràcia (fig. 1.21). La campana de les hores situada dalt del campanar de la plaça de Rius i Taulet del barri de Gràcia de Barcelona, tot i que sona desagradablement molt esquerdada, no presenta un so negatiu per als habitants que recorden la seva intervenció dins la història recent de Barcelona.

Com que el so és cultura, crec que tothom estarà d'acord que cal intervenir en la creació d'un **banc de sons mundial** (cal que interessem els poderosos, perquè els sons són molt més efímers que les pedres dels edificis).

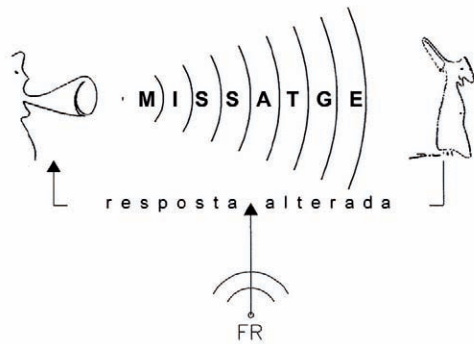


Fig. 1.18 Pertorbació de la resposta (esquema de l'autor)

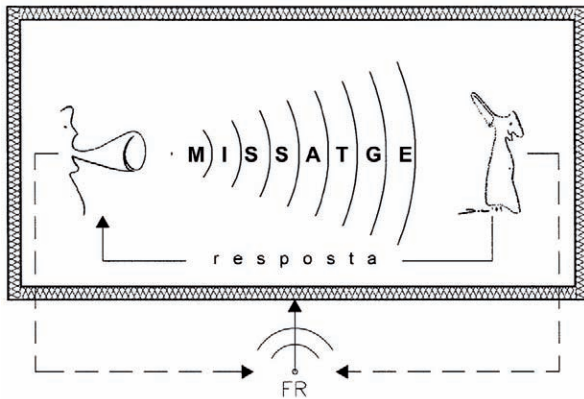


Fig. 1.19 Rehabilitació de la resposta (esquema de l'autor)



Fig. 1.20 Cobla de sardanes en un escenari sense 'skene' (fotografia de l'autor)



Fig. 1.21 La campana de Gràcia a la plaça de Rius i Taulet, Barcelona (fotografia de Català-Roca)

Encara ens cal analitzar el nostre entorn sonor d'una forma integral, és a dir, començant pels estris més petits fins arribar a la gran escala del territori. Per això, es proposa de forma esquemàtica l'estudi dels àmbits següents:

- **Objectes personals**
 - a) Joies (arracades, braçalets, rellotges)
 - b) Objectes que transportem (mòbils, claus, etc.)
- **Sons humans**
 - a) Sons del nostre cos
 - b) Sons de les nostres veus
 - c) Sons dels nostres xiulets (xiuladors de les illes Canàries)
 - d) Sons de les nostres músiques
 - e) Sons dels nostres cants
 - f) Sons dels nostres ritmes (peus, mans, dits, etc.)
- **Comunicacions humanes**
 - a) Sons de veus humanes
 - b) Sons de campanes, sirenes, xiulets, botzines, etc.
 - c) Sons de gremis
 - d) Sons d'intèrfons a les ciutats, picaportes (codis de pics i repicons)
 - e) Sons dels telèfons, teletips, fax, etc.
- **Electrodomèstics**
- **Mobiliari domèstic, d'oficina, de sala d'espectacle, etc.**
- **Mitjans de transport personal individual**
 - a) Moto
 - b) Cotxe
 - c) Bicicleta
 - d) Patins
 - e) Patinet
- **Mitjans de transport col·lectius**
 - a) Metro
 - b) Bus
 - c) Tren
 - d) Taxi
 - e) Tramvia
- **Sector educatiu**
 - a) Educació de l'oïda
 - b) Conceptes d'ecologia sonora
 - c) Infants, estudiants de primària i secundària, llicenciats (decisiones on intervenen els

aspectes sonors, consellers d'autonomies, regidors d'ajuntaments i tècnics), ciutadans en general.

1.2 La rehabilitació acústica a l'arquitectura

Sovint la rehabilitació acústica encobreix un **defecte de projecte o de construcció**. En aquests casos, l'actuació rehabilitatòria acostuma a ser molt urgent, atès que l'activitat que genera la molèstia fa molt poc que s'ha posat en funcionament i un cop detectada l'existència del problema, no es tracta que funcioni malament molt temps. Potser, fins i tot, hi ha el pes d'una denúncia local o autonòmica. A més, es vol que aquesta activitat no deixi de funcionar mentre durin els treballs de correcció, la qual cosa dificulta molt tant el projecte com la pròpia construcció de la rehabilitació acústica, perquè pot existir limitació fins i tot per a treure el que està malament (per exemple, ponts acústics per al cas de l'aïllament) i poder substituir-ho pels nous materials o sistemes constructius.

1.2.1 Necessitat o moda?

La rehabilitació acústica és necessària a causa d'un mal disseny o instal·lació, o d'un **canvi d'usos** que es fa a l'edifici. Però potser també és conseqüència d'una **moda** (fins i tot passatgera), d'un canvi dels nostres costums o dels nostres interessos respecte al confort acústic (alguna intolerància fins i tot dels sons que no són generats per nosaltres mateixos).

Cal parlar d'aquest tema, de la necessitat o del mite amb relació a la rehabilitació acústica dels espais, perquè les **causes sociològiques** d'aquestes necessitats poden portar a rehabilitacions amb solucions molt diversificades, com veurem tot seguit.

Hi ha espais en els quals s'ha fet un canvi de funció; és el cas d'un hotel que després es dediqui a apartaments, o un pàrquing que s'havia pensat fer a tot l'edifici i després es destinen les plantes sobre la cota del carrer per fer-hi habitatges. Bé, en aquests casos és possible que no s'hagi previst l'organització de l'edifici i calgui fer una rehabilitació acústica interna.

El mateix passa amb els hotels. A la **figura 1.22** veiem la façana al pati d'illa, rehabilitada en un canvi d'ús d'habitatge a hotel. Moltes vegades la rehabilitació d'un hotel consisteix a **enderrocar deixant estructures** i tornar a pensar els tanca-ments interiors buscant ara més independència amb els locals adjacents (la independència vertical sembla que queda resolta amb paviments flotants i falsos sostres). Però l'aïllament entre les habitacions laterals sempre és més difícil d'assolir, ja que s'ha d'obtenir un grau molt alt d'independència acústica. Entrem porta per porta pel mateix passadís, i aquest conflictes poden existir en més alt grau que no pas si la comunicació és vertical.

També podem pensar en la rehabilitació acústica de **fragments** de l'edifici, com pot ser el canvi d'alguna instal·lació obsoleta. Una instal·lació que produeix massa soroll, com ara una part dels ascensors o els baixants, si comuniquen excessives informacions sonores als usuaris d'altres habitatges, poden entrar en aquesta categoria.

Escales de la rehabilitació

La rehabilitació acústica no és, doncs, un concepte que hagi d'afectar tot l'edifici o el territori, sinó que podríem anar baixant fins a tamisar-lo en petites rehabilitacions.

Per exemple, a les **figures 1.23 a i b** hi ha les imatges d'un mas al costat de la carretera que va cap a un abocador. Una intervenció que limités la velocitat de circulació a les proximitats del mas podria rebaixar l'efecte d'immissió del soroll.

Les **escales de rehabilitació** afecten molts àmbits, que van des del territori fins a un mateix. Avui, per exemple, m'he canviat les sabates perquè fan massa *nyigui-nyogui* quan camino per segons quin paviment encerat. Bé, doncs aquest exemple és una rehabilitació de la imatge i estètica sonora d'una persona.

1.2.2 Rehabilitar el que està rehabilitat

És evident que a l'arquitectura li queda una missió

sempre pendent, que és rehabilitar (en aquest cas acústicament) el que ja s'ha rehabilitat en algun moment. Aquesta és una tasca difícil perquè pertany tant a l'àmbit de l'arquitectura (hi ha un arquitecte que ja va fer una rehabilitació) com a l'àmbit de l'acústica (hi ha un acústic, que pot ser el mateix arquitecte o un altre professional que va fer aquesta rehabilitació).

I no ha funcionat!

Aquest acte de **rehabilitar el que ja s'ha rehabilitat** és bastant complicat, perquè quan es fa una actuació per orientar els interessos acústics d'una activitat, a ningú no li agrada que no funcioni. Sobretot el que menys agrada és que després hi hagi d'entrar un altre professional a refer la seva feina.

Potser el que cal veure és que hi ha actituds de l'acústica vinculada amb la poètica que fan que es preocupi per uns sons del territori, de l'edifici, del local, etc. que, en canvi, els interventors no han tingut tant en compte.

Les intencions estan subjectes a determinades poètiques. Si aquestes no coincideixen amb les de l'usuari de la crítica en aquell moment, algú sempre ens podrà dir que allò no funciona des del seu punt de vista acústic (en canvi, nosaltres podem ser conscients que funcionava bastant bé, atesos els interessos que hi havia).

És a dir, a l'arquitectura acústica ens podem adonar que no tot el que s'ha previst funciona i, sobretot, que encara que funcioni sempre hi pot haver algú que pensi que no ho fa d'acord amb els seus desitjos.

Això pot passar amb un edifici destinat a una activitat determinada. En un altre moment, algú li vol donar una nova utilitat, i nosaltres hem d'intentar rehabilitar el que no s'ha fet d'acord amb els nostres criteris (o els criteris de qui ens contracta).

Per això, rehabilitar el que ja s'ha rehabilitat no és una tasca fàcil. Si en el disseny ens adonem immediatament que algú ens està posant alguna mena

d'impediments, també ens pot passar en aquesta etapa.

El que és important és que nosaltres participem ara en aquest lloc de decisió i, si les coses no funcionen o no acaben essent com haurien de ser, per desgràcia serà també culpa de la nostra actuació.

I com s'aprèn més acústica? Doncs aprenent a rehabilitar. Si no se sap la tècnica de la poesia s'ha de saber la del disseny, i si no se sap la tècnica del disseny s'ha d'aprendre la tècnica de la rehabilitació.

Sempre s'ha d'estar aprenent alguna etapa del procés. Constantment hem d'estar aprenent com es pensen poèticament les acústiques dels espais, com es dissenyen acústicament els espais i com es rehabiliten acústicament aquests espais (**fig. 1.24**).

1.2.3 Gestió de la rehabilitació sonora

La gestió del procés de rehabilitació d'un territori o d'una ciutat òbviament ha d'anar impulsada pels estaments competents estatals, autonòmics o locals.

És impensable creure que l'acció per a limitar l'impacte ambiental d'un eix de comunicació com pot ser una carretera o una autopista o una via fèrria pugui acabar en mans tan sols privades. Òbviament, la importància i el cost econòmic de l'actuació s'ha d'encomanar als organismes públics de més alt nivell. Així, caldrà veure si la rehabilitació s'ha de fer a l'element que produeix el so, com pot ser la carretera o l'autopista (mitjançant apantallaments o talussos de vegetacions, etc.), o si s'ha d'arribar a tocar la façana dels edificis afectats (òbviament, també poden millorar des de l'aspecte tèrmic) i pactar amb els usuaris de l'edifici o amb els promotors una alternativa de gestió intermèdia.

Una altra cosa ja és quan entrem a l'interior de l'edifici. Aquí és novament frontera entre els promotors i els usuaris d'aquest edifici, és a dir, és competència de l'ens local o supranacional que sigui l'agent d'aquell impacte sonor.

Si l'edifici està dividit en propietats horitzontals pot ser que cadascú es faci la seva rehabilitació interior.

Hi ha d'altres polítiques de gestió i rehabilitació, en què es pot mancomunar aquesta actuació. Aquest seria el cas de les façanes dels edificis, perquè l'usuari n'ha de rehabilitar la façana, i potser en aquest cas s'ha de posar en contacte amb l'ens local (hi ha ajuntaments que donen uns ajuts o unes subvencions per fer la rehabilitació acústica, i potser el més lògic és que no només es faci la façana d'un usuari, sinó la de tot l'edifici).

Bé, finalment sembla que sols queden aquells elements més íntims, com els propis locals interiors, o la rehabilitació específica del mobiliari, dels objectes personals o dels estris que transportem (o fins i tot de la rehabilitació personal de cadascú).

Òbviament, cada vegada anirem passant d'una escala més gran a l'escala petita. A la gestió de la rehabilitació també hi ha aquest canvi d'escala.

Uns dels mètodes que es poden fer servir a les escales grans és que les autoritats autonòmiques dictin ordenances tipus, és a dir, reglamentacions que d'alguna manera presentin un marc d'actuació perquè després els diferents municipis l'acomodin i se la facin seva. Tot i així, els ens locals (els ajuntaments) també han de dictar les seves ordenances específiques, i res millor que les ordenances mediambientals, a l'apartat de sorolls i vibracions, que cal que recullin tot el que faci referència a la prevenció de l'impacte acústic als habitants de la ciutat.

És evident que la rehabilitació acústica ha d'afectar moltes escales d'actuació projectual, tant a escala urbanística, com paisatgística o de l'arquitectura, fins arribar al propi individu. Per tant, els processos de la rehabilitació acústica han de contemplar aquests diferents àmbits.

Pel que fa a aquesta manera de veure l'actuació rehabilitatòria, en podem distingir sis apartats, que inicialment són el de l'acció sobre el territori, el de la ciutat, el de l'edifici, el del local, el del so dels

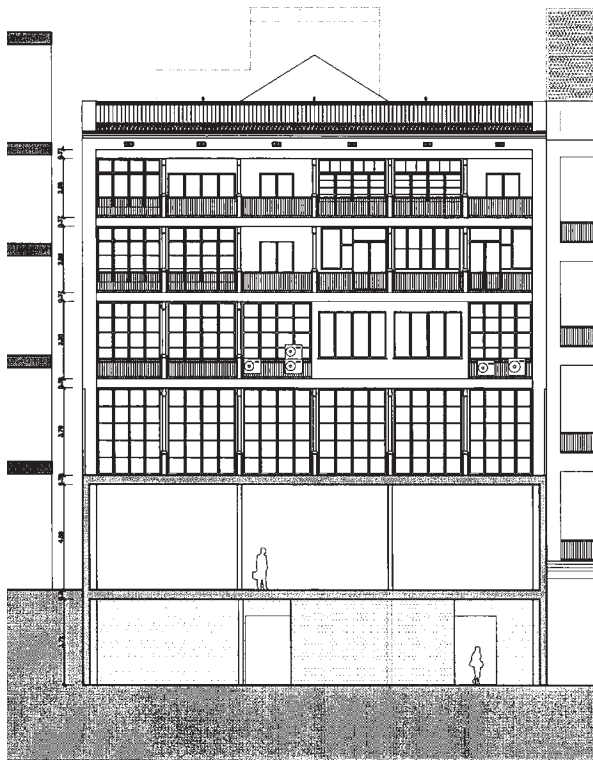


Fig. 1.23a Mas Pla a Solius. El mas i la carretera (fotografia de l'autor)

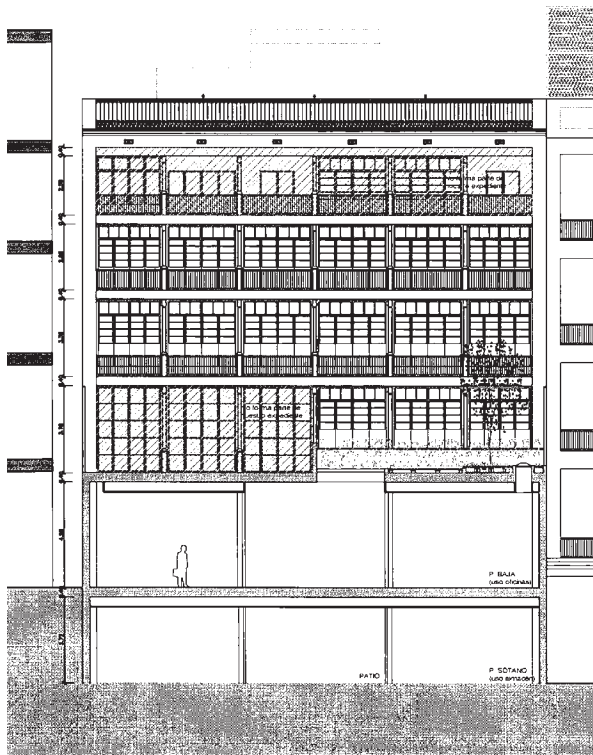


Fig. 1.23b Mas Pla a Solius. Façana (fotografia de l'autor)

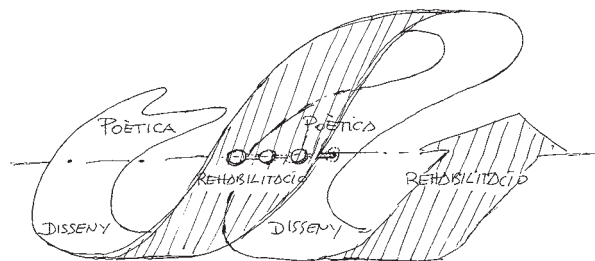


Fig. 1.24 Procés del disseny acústic (esquema de l'autor)

Fig. 1.22 Canvi d'ús d'edifici habitatge a hotel (font: Pich Aguilera, arq.)

electrodomèstics, el mobiliari, els estris interiors i, finalment, el dels objectes personals i, òbviament, el de la pròpia persona. Amb això segurament ja haurem tractat pràcticament tot del camp de la rehabilitació acústica.

1.2.4 Rehabilitar el so de la construcció

Nosaltres construïm i desconstruïm amb un gran esforç d'energia, i això comporta que en tots aquests processos també es consumeix un gran esforç d'energia acústica. De la mateixa manera que donem a llum i morim amb plors de dolor, en arquitectura també donem a llum la construcció amb plors i dolors. Així, el procés de rehabilitar el so de la pròpia construcció vol dir consolar i canviar aquests plors.

Sovint ens podem trobar amb diferents reivindicacions per part del veïnat. Simbolitzant-ho amb pancartes als balcons, tracta de manifestar-se públicament (fig. 1.25).

Això cal explicar-ho. No és fàcil construir i desconstruir sense fer soroll. De fet, qualsevol acte del dia que es produeix davant nostre genera so. Qualsevol ésser humà emet so pel fet d'haver nascut i viscut. El dolor es manifesta amb una sèrie de sons que expressen aquest malestar físic i, alhora, aquesta meravellosa consciència de néixer, de l'energia necessària per aparèixer en un territori determinat.

Així, si construir alguna cosa comporta fer soroll, no podem pensar a construir sense fer soroll? Òbviament, hem de poder construir el territori i mantenir unes condicions sonores del disseny que facin que el seu impacte acústic no sigui negatiu.

L'obra pública ha de tenir present que, com a procés industrial, repercuteix en l'ambient i ha de prendre unes mesures de seguiment i submissió d'unes normatives existents. Per exemple, és evident que, quan es va enderrocar el camp del Reial Club Deportivo Espanyol a Barcelona, hi va haver una gran oposició del veïnat, perquè la tècnica des-

tructiva amb explosius que es volia emprar era un risc per a qualsevol que visqués en un radi proper. Què va passar? Es va dir que es faria igualment amb explosius i es va haver de desallotjar la zona (fins i tot es va haver de treure els veïns de la tercera edat que residien en aquell sector) a fi de provocar l'explosió i aconseguir l'espai net. I, és clar, a ningú no li agrada que el treguin de casa seva. Quina compensació es pot fer en el territori per enderrocar-ne una part, quan en canvi està catalogat com a espai verd, obert i lliure? Sols el soroll de la seva destrucció?

Aquell espai es va rehabilitar acústicament. La idea va ser oferir un territori amb molta qualitat acústica gràcies al fet que es faria en túnel per soterrar el traçat de la Ronda del Mig (General Mitre) que passa per davant d'aquell equipament (fig. 1.26). La rehabilitació acústica és política en aquest cas: ja no existeix aquell problema de soroll, sinó que actualment és un espai de més qualitat acústica.

La gran escala

En algun moment ens hem de referir a aquells sons que es produeixen quan es construeix a gran escala. Massa accions dels ministeris i dels governs autonòmics poden generar un fort impacte acústic, molt diversificat en moltes poblacions i habitatges dispersats pel territori. Després hauríem d'analitzar l'aspecte de la ciutat, les obres de la via pública, les reparacions de les diferents companyies de subministraments, per passar a l'obra de construcció d'edificis i elements d'enginyeria civil (és el cas dels aeroports o els ports, etc.), i acabar amb les petites obres d'interiors i de reparació, que en molts casos es desenvolupen en caps de setmana pels mateixos usuaris dels habitatges (com les tasques de bricolatge).

Tot aquest conjunt de sorolls que generem pel fet de construir o d'arreglar coses l'hem de poder regular. Quan hem parlat de gestió de la rehabilitació sonora, els estaments que tenen autoritat per fer-ho han d'establir unes lleis i uns reglaments. És necessari que no hi hagi la molèstia constant als usuaris.



Fig. 1.25 Pancartes de reivindicació contra el soroll davant del MACBA (fotografia de l'autor)

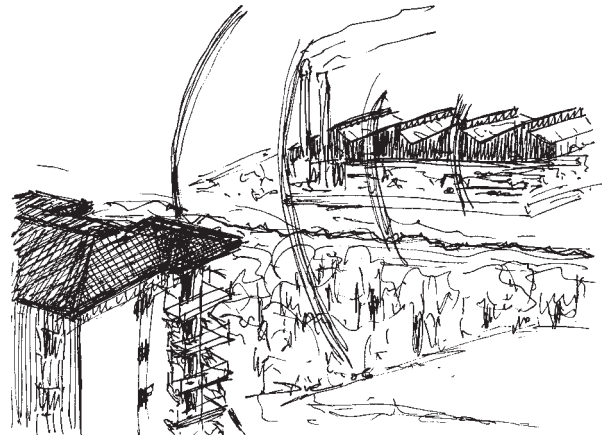


Fig. 1.27 Repercussió de la zona industrial vora una zona residencial (dibuix de l'autor)



Fig. 1.26 Estat actual de la Ronda del Mig davant l'antic camp de l'Espanyol (fotografia de l'autor)



Fig. 1.28 Compressor d'obres insonoritzat (fotografia de l'autor)

Sempre hi ha hagut moltes manifestacions de veïns davant del problema del soroll; sobretot cal preveure'l en obres que han d'inaugurar-se amb molta celeritat. Com que les obres es perllongaran fins a altes hores de la nit o funcionaran ininterrompudament amb torns rotatoris, els treballs no deixaran d'emetre sorolls.

Altres aspectes són l'extracció de materials de pedreres, utilitzant mètodes explosius (dinamita) o sorolls que generen les indústries que no poden tancar de nit perquè han de mantenir constants les temperatures dels seus forns (bòbiles de ceràmica, ferralla, etc.).

Aquestes activitats s'han d'ubicar en zones industrials allunyades de les residències, centres hospitalaris, etc., on hem de vigilar les intensitats, direccions i freqüències dels vents dominants. Ja ens adonem que la rehabilitació d'aquests sons és una tasca més aviat difícil i feixuga.

El que hem pogut veure és que, en alguns casos, els mateixos usuaris dels sorolls hi treballen. És normal que els propis afectats visquin a les proximitats d'aquella indústria, o d'aquell sector que produeix soroll. Si ells hi treballen també, normalment aquest tipus de molèstia (en el seu habitatge) queda molt més dissimulat (**fig. 1.27**). Hi ha menys denúncies en aquests casos, òbviament, perquè afecten el lloc de treball d'aquells habitants.

Però, tot i així, cal anar-se convenent que la qualitat acústica ha de ser un objectiu que s'ha d'assolir dins la societat i que no és una qüestió de luxe, sinó que és necessària per a la prevenció de malalties i estats anímics negatius. Ja s'han demostrat prou que es produeixen agressions a la comunitat degudes a la presència d'aquests agents contaminants per sorolls i vibracions.

Des del punt de vista de la rehabilitació del so a la gran escala, hi ha una sèrie de màquines per als treballs de transformació del territori que produeixen molt de soroll (com són els moviments de terres i la construcció amb elements d'encofrat, etc.).

Normalment, els operaris no presten gaire atenció a la presència de les seves veus en el procés constructiu. No s'adonen que, amb els cops de maceta necessaris per descintrar un encofrat metàl·lic quan s'acaba de construir amb formigó armat, s'està incidint en l'impacte ambiental acústic més que no pas amb la presència d'altres màquines que ja tenen limitada la seva emissió de soroll des de l'origen per diverses normatives.

L'escala mitjana

Per tant, hauríem d'intentar des de la gran escala, fins arribar als carrers de les ciutats, que l'obra pública no repercuteixi en els sectors propers. A la ciutat, els propis edificis fan d'apantallament però, en canvi, aquells sectors més afectats pels cops de mall sobre els panots del carrer (ara amb martells hidràulics) i també pels petits compressors sense silenciar (tot i que n'hi ha amb silenciador, com ara el que es representa a la **figura 1.28**), són els que estan ubicats a prop dels focus sonors. Potser els compressors no són els que fan més soroll, sinó el martell pneumàtic que va trencant els panots de la vorera per fer-hi la rasa per tal d'instal·lar, mantenir o canviar alguna xarxa d'energies, comunicacions o clavegueram públic. Són aquests treballs a la via pública els que s'han de reglar per normatives sonores de les entitats locals (els propis ajuntaments), en correspondència amb normatives de caràcter supralocal, com poden ser les entitats autònomes.

Amb tot això, hauríem de dir que no ens podem oblidar del manteniment de la ciutat. Com ja sabem, una ciutat necessita unes energies que li entrin, però alhora també necessita recollir les que ha captat i transformat, com les escombraries, les aigües servides i les de pluja i rec, etc. Per tant, s'han d'emetre les corresponents veus, i hem de preveure que no produeixin contaminació sonora nocturna.⁸

Retornant als sons de la pròpia construcció d'edificis, hi ha unes parts mecàniques on només amb una mica de greix s'aconsegueix reduir moltíssim el soroll.⁹

Llavors, en parlar de la rehabilitació o reparació acústica del procés constructiu ens haurem de referir a aquests grinyols, que poden quedar totalment eliminats amb el greix i l'oli. Alhora, cal fer referència a aquelles actuacions dels mateixos treballadors, com ara els crits i xiulets que fan servir per comunicar-se entre ells. Amb aquests sons, introdueixen més molèsties sonores al veïnat, perquè es basen en impulsos. Com bé sabem, els impulsos són molt més molestos que els sons continus.

Una màquina que fa un soroll pot molestar segons el seu nivell, però els crits, els impactes, els cops de maceta o de mall dels treballadors de la construcció són impulsos.

La petita escala

Just al costat del nostre dormitori, potser hi ha algun operari que pica a la paret fent una rasa per tal d'encastar-hi una instal·lació o, senzillament, que trepa amb un percussor. Tot això introdueix també impactes i sons impulsius (és a dir, no continuats).

El tema de la rehabilitació acústica necessària dels sorolls que s'emeten en el camp de la construcció l'hem introduït aquí en forma de reflexió, però ara no s'ha d'entrar amb més particularitats perquè els detalls de cada cas cal cercar-los en bibliografia més especialitzada.

1.3 Processos per a la rehabilitació acústica

Què vol dir **creativitat sonora**?

Segurament el fet de disposar d'una sèrie d'instruments, tant de disseny com jurídics, relatius a la prevenció del soroll dins el camp sonor, ens porta a considerar-lo com a quasi exclusiu, i volem abordar uns problemes i intentar resoldre una sèrie d'aspectes més en relació amb la supressió de sorolls que no amb la creació de nous sons.

Els aspectes de la prevenció i la rehabilitació s'imposen per damunt de la creativitat en el camp

acústic sonor. Potser estem relegant massa ràpid la creativitat als preocupats per l'art, esmenant els músics, dissenyadors, arquitectes i artistes quan parlem d'aquelles realitzacions en les quals l'aspecte poètic de l'acústica pot tenir un protagonisme especial.

Sens dubte, quan algú s'acosta al *Peine de los Vientos* de l'arquitecte Peña Ganchegui, realitzat conjuntament amb l'escultor Eduardo Chillida (fig. 1.29), entén perfectament que hi pugui haver unes intervencions on l'aspecte sonor sigui també un dels protagonistes de l'estètica del lloc.¹⁰

Per altra part, no hauríem d'oblidar els diferents interventors en el procés d'actuació en el paisatge, del disseny del territori, de la ciutat i de l'espai, com també els locals, les eines i utensilis i tot el que ens envolta en la nostra vida. Tots ells consideren que l'aspecte acústic ha de ser tractat des de l'inici amb gran cortesia, amb gran interès.

Vivim gràcies al fet que la **comunicació** es pot establir entre els individus, i cada individu s'expressa mitjançant paraules. Per això, hem après uns **llenguatges**, que hem de saber comunicar, i la seva transmissió l'hem d'encarregar a diferents entitats, a personalitats del món artístic i creatiu, musical, del disseny, de l'enginyeria, etc.

Però no sempre sembla una qüestió exactament assumida des d'alguns àmbits del disseny. Potser hauríem de parlar de la necessitat de fer-hi intervenir diversos estaments i protagonistes en el camp de la creativitat sonora, per entendre que d'aquesta forma, en un treball **interdisciplinari**, es poden assolir uns objectius de més gran abast i amb més eficàcia.

Quan a escala d'usuari ens preguntem quin és el paper que hem de fer en el procés de creativitat acústica o sonora, ens adonem que tots nosaltres som usuaris dels productes dissenyats al paisatge, al territori, a la ciutat, a l'edifici, al local, o a les eines i objectes de què disposem. I si som veritables usuaris d'aquests camps, hi hem de poder donar la nostra opinió en la mesura que pot repercutir per a millorar-los.

Quin paper té l'usuari en la creativitat sonora?

Si l'**usuari** tingués una **educació acústica** superior a l'actual, podria exigir un disseny més apurat, més integrat, no només del que és visual sinó també del camp sonor.

Segurament s'adonaria que, en aquesta sala on es troba ara, hi ha una sèrie d'estris dels quals és consumidor directe, i que tenen un so i una acústica que probablement no ha estat pensada, ni ha estat específicament interrogada pels diversos interven-tors del seu disseny.

N'és un exemple la màquina de moldre cafè representada a la **figura 1.30**. El seu so acostuma a no dissenyar-se. És el que és i per això fa el soroll que fa (molt).

1.3.1 L'aïllament del soroll des del territori

Com hem comentat en publicacions anteriors, hi ha tres aspectes importants per a afavorir l'aïlla-ment en el territori: la morfologia, la topologia i la textura del terreny.

Pel que fa a la **morfologia**, s'ha de reflexionar res-pecte a la ubicació de la carretera o la via fèrria en un vessant o una vall, i la incidència que això provo-ca. La **topografia** pot ajudar a amagar la font sonora darrere dels accidents topogràfics, com ara els cims i talussos, tenint en compte que en el cas d'una vall no funciona perquè és concentradora. D'altra ban-da, caldrà observar la **textura** del terreny (que in-clou el tipus de terreny i la seva vegetació), perquè pot variar la propagació del so ja sigui absorbint-lo o reflectint-lo.

Però els veritables agents pertorbadors acostumen a ser els eixos de circulació traçats al terreny. Si no podem evitar l'**impacte acústic** que provoquen, s'hauran de prendre precaucions en forma de tipus de pantalles o filtres per a la seva rehabilitació.

La carretera representada a la **figura 1.31** s'ha adap-tat al terreny d'una manera molt natural, però per aconseguir-ho normalment calen més esforços.

Rehabilitació de les llagues del territori

Tècnicament, amb les **pantalles** es redueix el so-roll entre 10 dB i 15 dB, la qual cosa és suficient en molts casos, tot i que en freqüències especialment baixes la via s'hauria d'encapsular amb túnels o cobertes.

Mitjançant la col·laboració d'**asfaltats fonoabsor-bents** també es pot reduir molt l'emissió del soroll, fins a quasi 4 ò 5 dB.

L'alternança de les **barreres** amb els **filtres** calats, especialment els de vegetació, afavoreix les vistes més enllà de la via i evita l'avorrimment o l'angoixa en els conductors.¹¹

Una intervenció molt important és la introducció d'aquestes barreres físiques en el paisatge (**fig. 1.32**), que també permeten aïllar el veïnat del vol-tant dels sorolls que es produeixen a l'eix viari.

En qualsevol cas, tant les pantalles com els filtres amaguen la visió de la via, cosa que crea psico-lògicament una millora acústica en les persones receptores.

1.3.2 L'acció sobre les ciutats

Per a la gestió del soroll urbà i l'aïllament acústic de la ciutat, a més de considerar la **zonificació** i el planejament d'aquesta, cal buscar-ne totes les causes i trobar-hi les solucions adients.

Una de les causes principals és el **transport ter-restre**. Per això s'ha d'invertir en recerques que ofereixin propostes de regulació del trànsit de la ciutat.

També s'ha de tenir present la Llei del soroll (Llei estatal) i tota la sèrie de normatives autonòmiques i locals que ja es consideraven abans d'aquesta llei.

Per exemple, a la ciutat hi ha una sèrie de vies que prohibeixen el pas de camions d'alt tonatge. Això s'ha fet per afavorir la descongestió i disminuir el

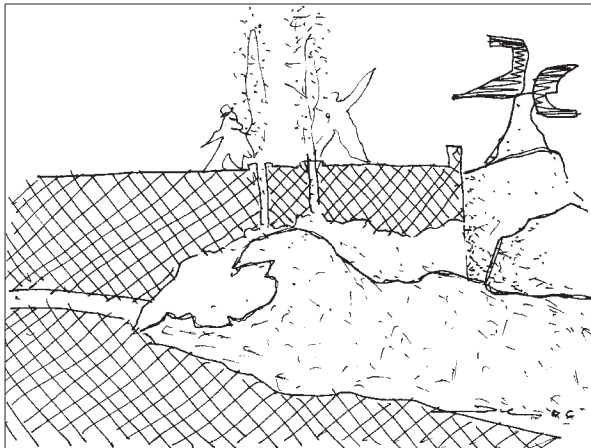


Fig. 1.29 Esquema funcional del Peine de los Vientos a Sant Sebastià (dibuix de l'autor)



Fig. 1.31 Paisatges suïssos. Relació infraestructura/terreny (font: Naturaleza y España)

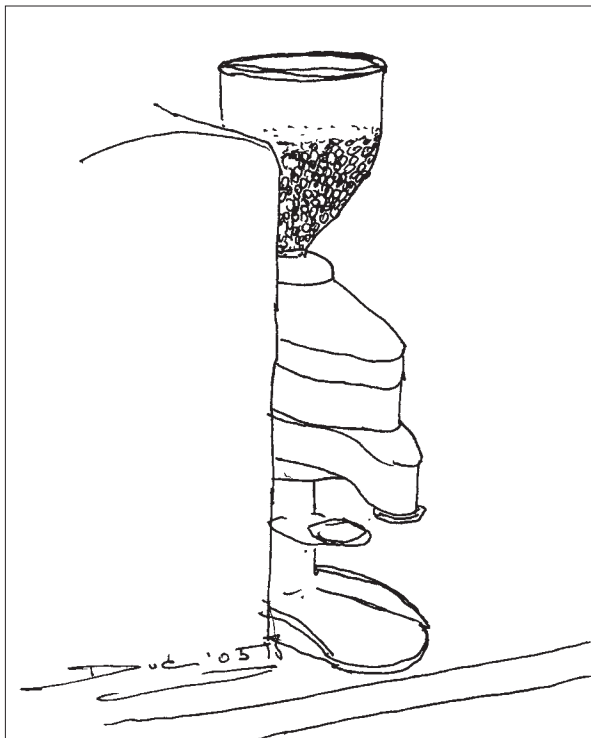


Fig. 1.30 Màquina de cafès del bar de l'ETSAB (dibuix de l'autor)



Fig. 1.32 Pantalla a l'autopista a Castelldefels (fotografia de l'autor)

nivell sonor de la zona, ja que aquests vehicles produeixen molts sons greus difícils de controlar.

Ara bé, com hem esmentat abans, un dels factors determinants per al control de la producció de soroll és sempre el **paviment**. A la ciutat, mitjançant un asfalt porós o una capa final de microaglomerat, es pot reduir la reflexió del paviment. Per tant, podem obtenir una disminució de 3 dB a 6 dB, segons el tipus de carrer i les façanes dels seus edificis.

1.3.3 L'acció sobre els edificis

A l'arquitectura, ens cal canviar de mentalitat i pensar en pressions dinàmiques en lloc de pressions estàtiques. El so és dinàmic. Acústicament, les construccions consisteixen en la isostaticitat, basades en elements intermedis que absorbeixen les pressions sonores dinàmiques, i això és difícil d'admetre des de l'estructura de l'edifici, generalment hiperestàtica.

Els tècnics que intervenen en el disseny i la construcció de l'edifici han de ser capaços d'entendre que el comportament acústic és similar a les sol·licitacions estructurals, **dinàmiques**. Per tant, aquestes càrregues introdueixen unes ressonàncies i unes deformacions específiques en les estructures.

El soroll aeri

La forma de disposar **topològicament** les diverses funcions d'un edifici, intercalant una a la següent, és fonamental per aïllar-nos del soroll i no necessitar l'ús de sistemes sofisticats d'aïllament acústic. La millor rehabilitació és sempre emprar les àrees i funcions, i no pas els grans aïllaments de les parets.

La **façana** és un element molt protagonista, però després cal estudiar l'interior, perquè els sons interns (els anomenats sons "metabòlics" de l'edifici o sons "sinovials") adquireixen una gran importància quan aïllem excessivament la pell dels edificis.

Avui sembla que, per aconseguir graus de millora elevada d'aïllament d'interiors, s'ha de recórrer a

l'**extradossat**; però cal tenir cura, perquè la seva eficàcia depèn molt del suport inicial (la paret pre-existent).

Generalment, el tancament opac ofereix una gran resistència al soroll. Per contra, l'element finestra encara presenta molts punts febles: la fusteria, el vidre, l'estanquitat, etc.

Actualment, amb els tancaments cecs multicapa, sembla que es disposi de més recursos per aconseguir trencar el pont acústic al so aeri i a la transmissió de la vibració sòlida. Trencar els enllaços acústics i fer-los diacústics requereix molta cura, perquè la inèrcia de la construcció porta a emprar sistemes amb vicis del passat.

Per això és molt important pensar en la solució constructiva que hem de donar als nous edificis. Si no volem rehabilitar-los, hem d'aïllar-los tant tèrmicament com acústicament, com el Centre Cívic de Navarces (**fig. 1.33**), on s'assoleixen unes condicions de confort interior que permeten utilitzar-lo com a conservatori de música.

Funcions aïllants

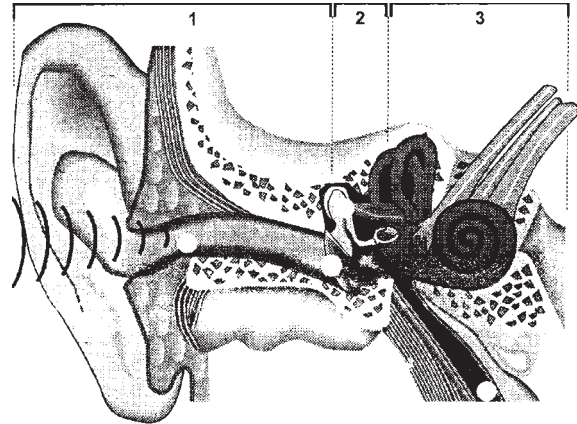
Enfront de tot això, el millor sistema és aïllar una habitació mitjançant una altra habitació. Són les solucions arquitectòniques amb tants exemples que tenim repartits per la geografia. Des de les galeries d'A Coruña, que configuren una façana de llenguatge unitari arquitectònic a la Marina, o les galeries compostes en vertical als vèrtexs dels edificis o al seu centre, que confereixen una configuració arquitectònica típica, fins a l'aparició del mirador madrileny aprofitant el vol de la balconada.

A la **figura 1.34** trobem un exemple d'aquestes solucions que permeten aconseguir un espai semi-exterior molt agradable a quasi totes les èpoques de l'any.

Arribat en aquest punt, un es pregunta per què l'arquitectura sembla que es nega a utilitzar aquests recursos i es basa quasi exclusivament en les propietats del tancament aïllant?



Fig. 1.33 Detall del tancament multicapa.
Centre Cívic de Navarcles (fotografia de l'autor)



1) Oïda externa, 2) Oïda mitjana, 3) Oïda interna

Fig. 1.35 Parts del sistema auditiu humà.

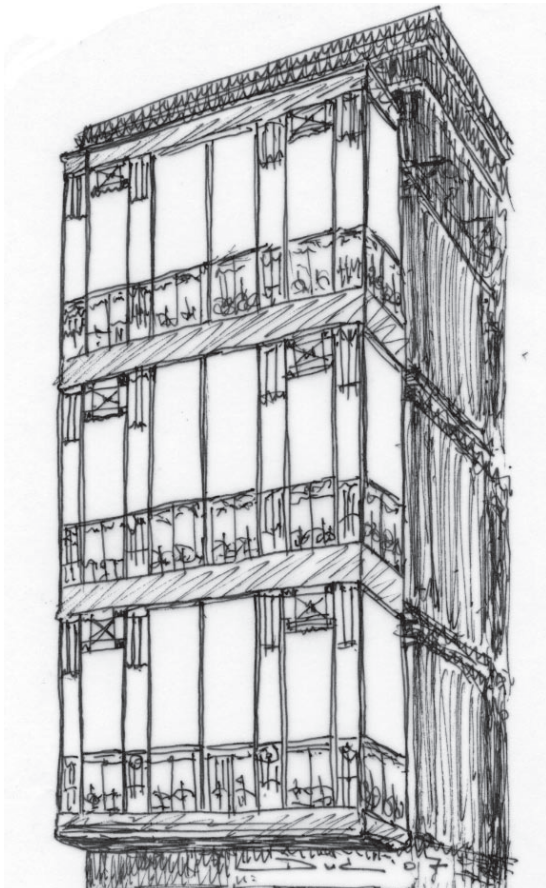


Fig. 1.34 Tribunes de Madrid
(dibuix de l'autor)



Fig. 1.36 Instal·lació de l'aire condicionat al
Centre Cívic de Navarcles (fotografia de l'autor)

Els impactes

D'altra banda, el propi usuari d'un immoble pot ser capaç de variar la molèstia del soroll dels **impactes** que ell produeix col·locant un element tou, diacústic o resiliènt sota els seus peus. Poden ser elements fàcils d'afegir, com una catifa, una moqueta o, fins i tot millor com a definitiu, un terra flotant. Per contra, per aïllar-nos com a receptors podem utilitzar falsos sostres, tenint en compte que el suport respecte al forjat i les parets no pot ser ni rígid ni hiperestàtic, sinó elàstic. Encara que es perdi altura, es pot aprofitar per amagar els traçats de les instal·lacions.

Transmissions indirectes

Quan ens gratem el cap, sentim un soroll que ha entrat pel pavelló auditiu i, sobretot, per la via òssia, és a dir, a més del timpà, la cadena d'ossos de l'oïda mitjana també ha vibrat (**fig. 1.35**). És una força dinàmica i, quan hi ha pressió acústica sobre una paret interior, el soroll no només ens arriba pel tancament, sinó que també ens arriba a través de l'estructura, directament i sòlidament.

En conjunt, podem tenir un augment de 4 a 6 decibels més, degut a aquestes **transmissions indirectes**. Per això són molt importants a l'arquitectura.

Les instal·lacions i els electrodomèstics

D'altres procedències sorolloses es poden derivar de les **instal·lacions** i els **electrodomèstics**.

Podem considerar que les instal·lacions de **fontaneria** tenen una repercussió sonora que depèn de la velocitat de circulació de l'aigua. La **velocitat de l'aigua** que produeix una bona acústica ha de ser **lenta**, i això pot produir sediments en el cas de l'aigua calenta. L'única opció que hi ha implica una secció superior de la necessària del conducte.

També cal tenir en compte que, amb els nous mecanismes d'obertura i tancament, com ara els dels sistemes monocomandament, els fluxors, etc., hem de comptar amb la presència dels **cops d'ariet**. Es

poden evitar adoptant mecanismes antiariet a la part superior de la instal·lació, vasos d'expansió tancats, etc. Això no obstant, tots aquests productes tenen una vida limitada a la del material elàstic que incorporen.

És molt important tenir cura amb els suports de les instal·lacions, perquè podem evitar la propagació sòlida dels sons molestos que provoquen i també dels cops i les vibracions.

Un altre tema és el de l'**aire condicionat** dels edificis. La seva repercussió sonora depèn de la voluntat de l'instal·lador a l'hora de mantenir, o no, una relació generosa entre el cabal, la secció i la velocitat de l'aire (**fig. 1.36**)¹². Certament, s'està evolucionant respecte als materials dels conductes d'aire, perquè ara són més absorbents i nets. Tot i així, el conducte d'aire amb fibra de vidre s'ha de basar en la utilització de materials amb certs vels a les cares interiors, garantits pels fabricants i els laboratoris d'assaig, per tal d'evitar la síndrome de l'edifici malalt.

1.3.4 L'acció sobre els locals

Com ja sabem, la forma com l'espai intervé per a la percepció del so del receptor respecte de l'emissor s'anomena **camp sonor**.

El camp directe i el camp reverberant

Com el seu nom indica, parlem de **camp directe** quan el receptor es troba sotmès a l'acció directa de la font sonora. És a dir, en allunyar-se o aproximar-se en aquesta font, el nivell que se n'obté està relacionat amb el quadrat de la distància que els separa. Un camp difós en el qual el volum sonor pràcticament no disminueix en allunyar-se o aproximar-se de la font és un **camp reverberant**.

El punt de coincidència d'intensitat entre camp directe i camp reverberant es denomina lloc crític, i **radi crític** la distància respecte de la font sonora.

En un local, l'expressió del camp global ens dona, en primer lloc, la característica del cap directe i, tot

seguit, la del camp reverberant. El nivell d'aquest darrer depèn del que s'anomena **constat R del local** (divisió entre les unitats d'absorció del recinte i el seu factor de reflexió mitjana).

Òbviament, la rehabilitació sonora dels locals s'ha d'assolir en dues vessants: *a*) baixar la corba d'intensitat del camp reverberant augmentant l'absorció (és a dir, *R*), a fi de poder augmentar-ne la distància crítica (d'això en parlarem per al cas específic dels restaurants al capítol setè), i *b*) variar les característiques de la font (nivell, directivitat, etc.).

Com estudiarem més a fons als capítols següents, si nosaltres volem aïllar-nos més d'un altre recinte, tenim dues maneres de fer-ho: l'opció usual és millorar els tancaments (aïllament específic més alt) i comporta una divisòria més sofisticada tècnicament; l'altra opció és mitjançant el tractament absorbent de les superfícies dels locals.

Si dins les sales de màquines (**figures 1.37a i 1.37b**), on sabem que existeix un camp difós i reverberant, podem baixar l'energia d'aquest camp, òbviament les màquines se sentiran menys des dels habitatges veïns sense haver fet res a les parets. L'última solució sembla que és aïllar les màquines (encapsular-les, després de resoldre la refrigeració dels motors, fent camises aïllants, pantalles, etc.). Com hem vist, en fer més absorbent el recinte, l'energia sonora que arriba a la paret (dins del camp reverberant) serà menor.

El condicionament acústic

Condicionar acústicament un espai, en general, no és tan sols posar absorbent. A ningú no li agrada tocar un violí on la caixa de ressonància s'ha omplert de material absorbent. Necessitem mantenir alguns paràmetres de confort que ens permetin controlar la qualitat acústica dels recintes.

Per això, la 'cala' dels sons és una experiència que tots, en algun moment, hem realitzat o estem realitzant.

La potestat de determinar si el so es manifesta bé

o no en un lloc no només pertany als millors músics, ni als melòmans més refinats, sinó també a nosaltres mateixos. Qualsevol pot estar capacitat per entendre d'aquestes qüestions.¹³

Com ja és conegut, els **paràmetres** que ens indiquen la **qualitat de les sales** (en què cal distingir entre aules, teatres, auditoris i sales d'òpera) poden ser de tipus **objectiu** i **subjectiu**. En una valoració global, cal considerar-los tots plegats, com ja va fer L. Beranek en el cas dels auditoris i les sales d'òpera¹⁴. El seu mètode (funció dels paràmetres coneguts l'any 1963), tot i ser polèmic, mereix tenir-se encara en compte, perquè es basa en nombroses recerques i enquestes a músics, directors i melòmans, com també en molts mesuraments acústics de les millors sales del món.

Ara existeixen molts més paràmetres. Com veurem al capítol setè amb més deteniment, n'hi ha alguns que fins i tot es contraposen.

Paràmetres arquitectònics

Conjuntament amb l'estudi necessari dels paràmetres objectius i subjectius, en el procés de rehabilitació acústica d'una sala s'han de revisar els paràmetres arquitectònics.

És molt important recuperar el **caràcter arquitectònic** del local que es vol rehabilitar des de la vessant acústica. Si no es preveu aquest fet pot obtenir-se una sala quasi perfecta des del punt de vista acústic, però insatisfactòria, avorrida, xata, morta, etc., des de la vessant artística, compositiva.

Per això hem de contemplar els següents ratis arquitectònics:

$V/N_a = \text{Volum per ocupant}$, mesurat en m^3/oc o, el que és similar, $V/S_T = \text{volum per àrea d'ocupació}$ (S_T), mesurat en m^3/m^2 (molt equivalent al volum dividit per la superfície útil en planta). Aquest darrer cas ens dóna una idea de l'**altura mitjana** del local, expressada en m.

Altres ratis arquitectòniques que cal establir són:

$N_a/S_A = \text{ocupants/m}^2$, que expressa com n'estan d'atapeïts els oients amb relació a l'àrea (S_A) que ocupen.¹⁵

Però els que ens van millor per expressar si estem en condicions acústiques òptimes són les tres següents ràtios acusticoarquitectòniques següents:

- a) $\rho_s = \text{densitat superficial d'ocupació}$. Expressa la relació entre el nombre d'ocupants N_a i l'àrea total d'ocupació S_T .

$$\rho_s = N_a/S_T \text{ (acostuma a ser entre 1 i } 2 \text{ oc/m}^2\text{)}$$

Indica com està disposat el públic respecte a la superfície que poden ocupar el públic, l'orquestra i els cors.

- b) $V = \text{esponjament}$, que expressa el volum de la sala que comprèn cada ocupant

$$V = V/N_a \text{ (que acostuma a ser entre } 5 \text{ i } 12 \text{ m}^3\text{/ocupant)}$$

Aquests dos paràmetres, multiplicats entre ells, ens ofereixen el tercer paràmetre:

- c) **relació entre el volum de la sala V i l'àrea d'ocupació S_T** , és a dir:

$$\rho_s \cdot V = V/S_T$$

que, com veurem al capítol setè, adquireix un gran protagonisme per al disseny i la rehabilitació de sales d'audicions musicals.

A la **figura 1.38** s'inclouen els valors estudiats a la tesi d'aquest autor.

1.3.5 L'acció sobre els electrodomèstics, el mobiliari i els estris

Pel que fa als **electrodomèstics**, molts estan regulats per normatives que obliguen a especificar el nivell d'intensitat o de potència en el catàleg. Adquirir-los amb baixa emissió acústica és impor-

tant a fi d'evitar molèsties al propi habitatge i, en especial, als veïns. Un aspecte que només depèn de l'usuari és l'horari en què s'utilitzin.

En quasi tots els casos cal ensenyar com s'ha de fer l'ús i manteniment de les instal·lacions, els electrodomèstics, les ràdios, etc., per respectar el civisme sonor. Hi ha comunitats de propietaris que han pres acords en aquest sentit.

Cal adonar-nos que en els electrodomèstics d'abans, com la ràdio "capella" de la **figura 1.39**, les exigències eren mínimes amb relació al que es demana avui dia.

Si ens aixequem del seient i aquest produeix algun so, hem de saber que amb aquest so estem donant una informació sobre nosaltres només en aixecarnos. Visualment, no ens adonem tant d'aquest fet (els altres membres del local quasi no ho perceben visualment) però si hi ha un avís sonor del seient, pot donar una informació molt emfasitzada.

Fins i tot si el so és fort o lleig, la persona que s'ha aixecat pot sentir vergonya d'haver-ho fet enmig d'alguna intervenció. Potser el va fer per atendre una necessitat fisiològica (com anar al servei), però resulta que el so que va provocar en aquell seient pot donar una informació negativa si, per exemple, en aixecar-se l'usuari el seient fes un soroll que donés lloc a una reacció hilarant entre la resta d'assistents, com ara un "grinyol" que els recordés el so d'un dinosaure, una ventositat, etc.

Quines són les preguntes que es fa l'usuari en el moment en què s'aixeca i es produeix aquest so, just quan totes les mirades es fixen en ell?

Quina és la seva opinió respecte al so que provoca aquesta atenció?

Segurament pensarà en la família del dissenyador d'aquell seient. Si en algun moment pot tenir accés a aquest tipus de seient, intentarà donar un consell al seu dissenyador i influirà en la seva adquisició, intentarà fer una carta al director de l'empresa o exposarà a algun amic la vergonya que va passar

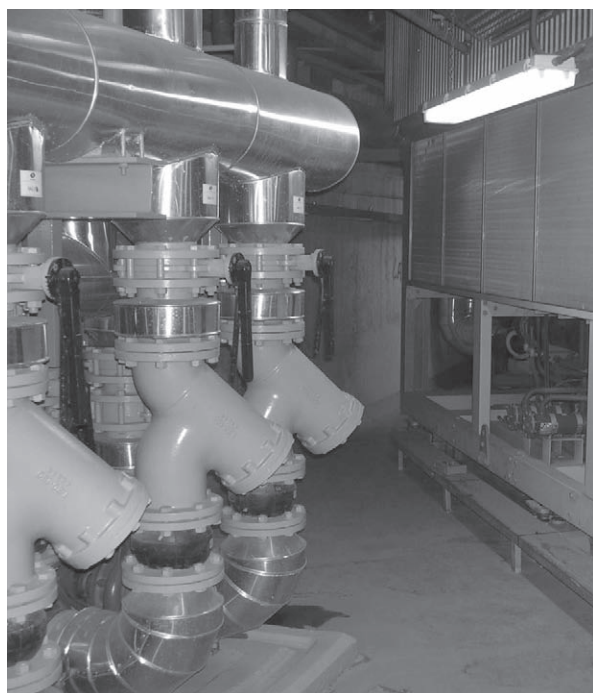


Fig. 1.37a Sala de màquines de la Torre Agbar, Barcelona.
Visió general (fotografia de l'autor)

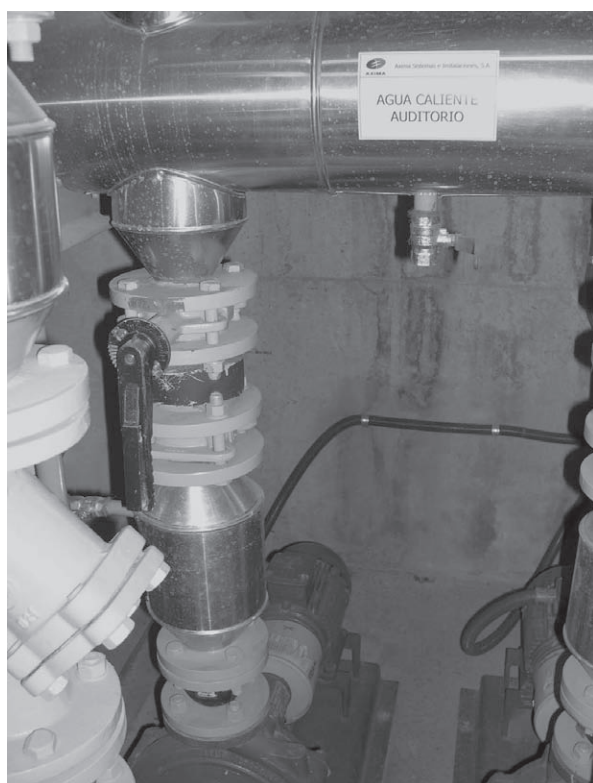


Fig. 1.37b Sala de màquines de la Torre Agbar, Barcelona.
Detall de junta elàstica (fotografia de l'autor)

| Descripció de la sala | ρ_S (oc/m ²) | v (m ³ /oc) |
|---|----------------------------------|-----------------------------|
| Estats Units | | |
| 1. Lyric Theatre, Baltimore | 1,52 | 8,03 |
| 2. Indiana University Auditorium, Bloomington | 1,44 | 7,09 |
| 3. Symphony Hall, Boston | 1,69 | 7,12 |
| 4. Kleinhans Music Hall, Buffalo | 1,31 | 6,42 |
| 5. Kresge Auditorium, Cambridge | 1,26 | 8,09 |
| 6. Arie Crown Theatre McCormick Place, Chicago | 1,55 | 7,18 |
| 7. Orchestra Hall, Chicago | 1,39 | 5,87 |
| 8. Severance Hall, Cleveland | 1,35 | 8,30 |
| 9. Henry and Edsel Ford Auditorium, Detroit | 1,42 | 6,54 |
| 10. Purdue University Hall of Music, Lafayette, Indiana | 1,66 | 6,11 |
| 11. Tanglewood Music Shed, Lenox, Massachusetts | 1,95 | 7,07 |
| 12. Carnegie Hall, Nova York | 1,39 | 8,78 |
| 13. Grace Rainey Rogers Auditorium, Nova York | 1,10 | 7,74 |
| 14. Academy of Music, Philadelphia | 1,72 | 5,26 |
| 15. Eastman Theatre, Rochester, Nova York | 1,58 | 7,61 |
| 16. War Memorial Opera House, San Francisco | 1,50 | 6,70 |
| Argentina | | |
| 17. Teatro Colón, Buenos Aires | 1,26 | 8,39 |
| Austria | | |
| 18. Neues Festspielhaus, Salzburg | 1,37 | 7,18 |
| 19. Grosser Musikvereinsaal, Viena | 1,50 | 8,93 |
| Bèlgica | | |
| 20. Palais des Beaux-Arts, Brussel·les | 1,44 | 5,81 |
| Canadà | | |
| 21. Alberta Jubilee Auditoriums, Edmonton i Calgary | 1,27 | 7,86 |
| 22. Queen Elizabeth Theatre, Vancouver | 1,41 | 5,98 |
| Dinamarca | | |
| 23. Radiohuset, Studio 1, Copenhaguen | 1,07 | 10,88 |
| 24. Tivoli Koncertsal, Copenhaguen | 1,34 | 7,12 |
| Finlàndia | | |
| 25. Kulttuuritalo, Helsinki | 1,35 | 6,66 |
| 26. Konserttiasali, Turku | 1,10 | 9,58 |
| Alemanya | | |
| 27. Benjamin Franklin Kongresshalle, Berlín | 1,19 | 10,61 |
| 28. Musikhochschule Konzertsaal, Berlín | 1,47 | 7,16 |
| 29. Sender Freies Berlin Grosser Sendesaal, Berlín | 1,13 | 11,51 |
| 30. Beethovenhalle, Bonn | 1,06 | 11,15 |
| 31. Neues Gewandhaus, Leipzig | 1,52 | 6,79 |
| 32. Herkulessaal, Munic | 1,52 | 10,56 |
| 33. Liederhalle, Grosser Saal, Stuttgart | 1,30 | 8,00 |
| Anglaterra | | |
| 34. Colston Hall, Bristol | 1,74 | 6,17 |
| 35. Usher Hall, Edimburg | 1,80 | 5,80 |
| 36. St. Andrew's Hall, Glasgow | 1,54 | 7,55 |
| 37. Philharmonic Hall, Liverpool | 1,37 | 6,90 |
| 38. Royal Albert Hall, Londres | 1,63 | 14,24 |
| 39. Royal Festival Hall, Londres | 1,39 | 7,33 |
| 40. Free Trade Hall, Manchester | 1,65 | 5,99 |
| Israel | | |
| 41. Binyanei Ha'Oomah, Jerusalem | 1,30 | 7,86 |
| 42. Fredric R. Mann Auditorium, Tel Aviv | 1,40 | 7,81 |
| Holanda | | |
| 43. Concertgebouw, Amsterdam | 1,71 | 8,47 |
| Suècia | | |
| 44. Konserthus, Gothenburg | 1,42 | 8,68 |
| Suïssa | | |
| 45. Stadt-Casino, Basilea | 1,56 | 7,50 |
| 46. Salle Musica, La Chaux-de-Fonds | 1,33 | 7,62 |
| 47. Grosser Tonhalleaal, Zuric | 1,51 | 7,37 |
| Veneçuela | | |
| 48. Aula Magna, Caracas | 1,27 | 9,36 |

Fig. 1.38 Valors de la densitat superficial
d'ocupació i l'esponjament de diversos auditoris

per l'escassa i fins i tot negativa **qualitat sonora** d'aquell disseny.

Cal que ens preocupem d'una empresa que fabrica uns seients que produeixen uns sons tan negatius com els que s'han exposat?

És evident que sí, perquè ens pot tocar a tots nosaltres patir-los algun dia com a usuaris.

L'arquitecte té la responsabilitat d'aconseguir una bona acústica dins les sales d'audicions (**fig. 1.40**) i pot recórrer a estratègies com l'aprofitament del mobiliari per a l'absorció acústica, però cal que també tingui cura dels sons que produeixen.

1.3.6 L'acció sobre els objectes personals i la persona

En aquest apartat, serà interessant veure diferents aspectes, com la manera en què parla cadascú (si és necessari fer una impostació natural de la veu per millorar-la o, fins i tot, per solucionar una patologia, com ara uns nòduls a les cordes vocals, etc.).

És molt important tenir cura de la manera de parlar amb to alt, o quan intentem cridar fent xisclets.

Els nostres codis de reclam per cridar l'atenció consisteixen en xiulets (**fig. 1.41**), cops de dits, cops de mà o cops de porta. Tot això entra dins aquests sons específics i personals que anem fent i que depenen del nostre estat anímic quan celebrem alguna cosa, quan reclamem, quan cridem algú, per fer-nos veure, etc. A vegades, ens surt molt intencionadament aquell cop de porta o aquell crit. Bé, més endavant parlarem de com podem fer la rehabilitació d'aquests sons tan íntims.

Hem de tenir cura del so que produïm quan sortim al carrer?

Recordo una frase famosa de John Lennon. En una actuació, amb el seu humor tradicional, indicava als assistents de platea la conveniència d'aplaudir en algun moment de la intervenció del conjunt The Beatles. En canvi, a les usuàries de l'amfiteatre, els

va dir que només calia que moguessin les seves joies (és a dir, que els de baix, sovint dempeus i més pobres, podien aplaudir, mentre que les adinerades senyores de l'amfiteatre en tot cas fessin sonar les joies). Estava indicant un so vinculat a uns productes i a uns objectes específics de marca o de senyal d'una determinada classe social.

Per tant, hem de ser conscients de la qualitat sonora i hem de començar per nosaltres mateixos.

Per exemple, preguntem-nos quin calçat ens hem posat avui i com sona aquest calçat. Normalment, la resposta és una conveniència per a una activitat específica. Em poso sandàlies, espadnyes, sabatilles, sabates de golf, botes de futbol, botes de muntanya, patins de gel, etc., segons el que he de fer (funció). Cada calçat té la seva utilitat específica (**figures 1.42a i 1.42b**). És evident que, quan escollim una de les famílies d'aquests calçats, podem afinar més en el què passarà amb el seu so en fregar, impactar, etc., contra un lloc o uns materials determinats.

En una exposició al Museu Picasso de Barcelona, recordo que en un moment determinat intentava concentrar l'atenció sobre una obra, quan vaig ser interromput pels sorolls aguts, indicatius de la procedència i d'un recorregut que anava succeint per darrere meu. Eren els sons procedents del calçat (ferrat com si fos un animal, amb punteres i taloneres de protecció) d'un turista que també estava visitant aquell museu. En una altra ocasió posterior, visitant la ciutat de Sevilla, un enllustrador, en acabar una feina excel·lent sobre el meu calçat, va voler posar-me també aquestes proteccions. Per a ell era important acabar bé el seu treball i em va posar unes punteres. Vaig fer quatre passes, fins que vaig cansar-me del so que el meu pas produïa. Totalment oposat a aquell so, al cap de pocs instants vaig decidir extreure aquelles proteccions després d'escoltar com havia variat la meua veu, la **veu del meu calçat**.

I no oblidem els calçats que cruixen perquè estan fets amb teixits vegetals o de joncs, bambús, etc. Molts d'ells són d'estiu i produeixen uns sons que podem admetre vinculats a l'època estiuenca, en la qual el peu ha de transpirar amb més profusió.

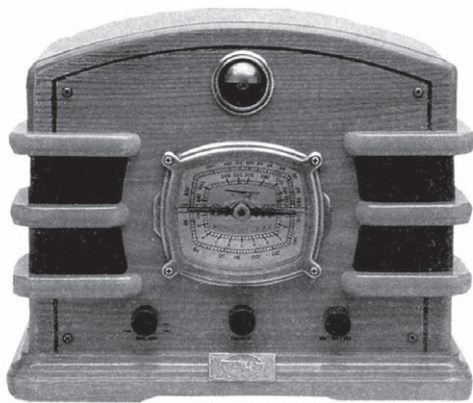


Fig. 1.39 Ràdio antiga 'Orion'
(fotografia de revista)



Fig. 1.42a Tipologies de calçat
(fotografia de revista)

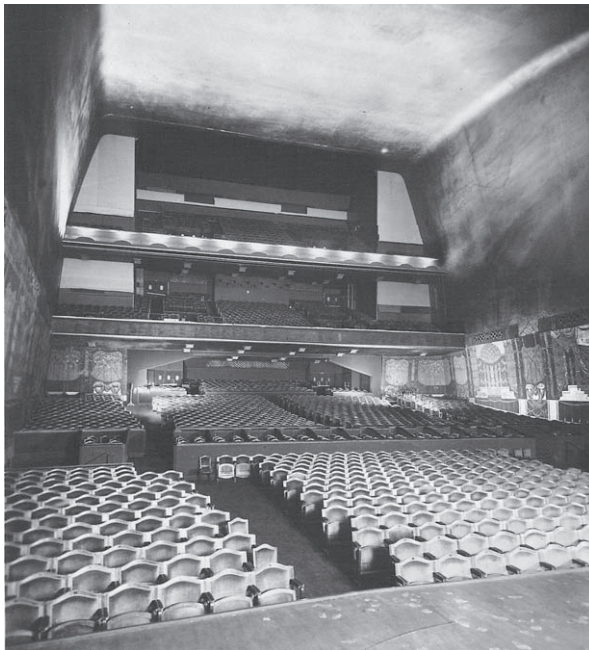


Fig. 1.40 Interior de l'antiga Sala Pleyel



Fig. 1.42b Sandalia típica, guarache, de ciutat de Mèxic
(fotografia d'internet)



Fig. 1.41 Manifestació sonora a qualsevol lloc del món
(fotomuntatge de R. Calafell i F. Daumal)

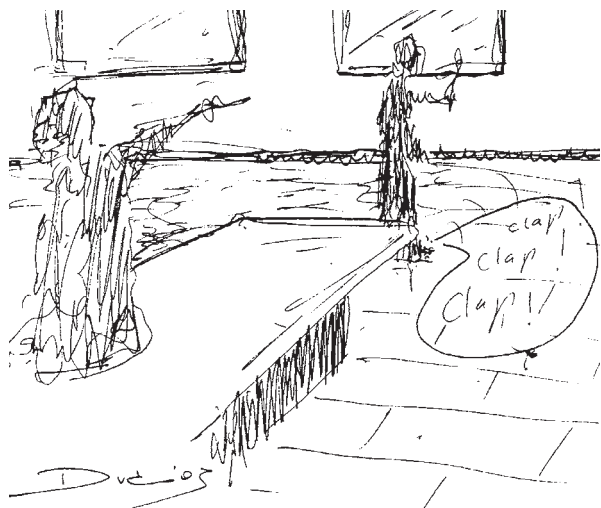


Fig. 1.43 Sons de petxades al Guggenheim, Bilbao
(dibuix de l'autor)

La veu del nostre calçat forma part de la nostra indumentària, no tan sols com a estètica visual (si combina o no amb la resta de vestimenta), sinó també respecte al so que desitgem que aquest calçat produeixi en els diferents paviments que trepitgem. Ningú no vol que li cridin l'atenció pel so d'aquestes peces (**fig. 1.43**).

En aquests casos, molts dels sons que fan ens permeten identificar una persona concreta, per la seva manera particular de caminar o pel seu tipus de calçat.

Podem fixar-nos en altres peces, com ara les **jaquetes, camises, armilles**, en les quals ens col·loquem cadenes, bolígrafs, pintes, etc., de manera que, per si mateixes o per alguna part del nostre cos, van produint uns sons sovint molt interessants.

Portem **cinturons** amb unes sivelles que també produeixen diferents sons, però sobretot ens envoltam de **butxaques, bosses i moneders** on portem monedes que van fent els seus sons dringants. Són parts del món sonor que normalment portem a sobre nostre.¹⁶

Potser no donem prou importància al que passa amb les peces de vestir, però hi ha **teixits** que fan uns sons molt particulars.

Sobretot ho notem en les peces sedoses i les setinades. En alguns casos, el protagonisme pot provenir d'herència històrica, mitjançant l'ús en diferents escenaris més o menys quotidians (és el cas dels llençols del llit, dels impermeables per a la pluja, etc.). Aquests sons donen lloc a diferents **impresions sonores** en la nostra memòria.

Algunes d'aquestes impressions poden ser considerades positives, però d'altres poden incorporar una càrrega negativa, tant a qui les produeix com a qui les escolta.

També utilitzem **eines i estris** que ens generen tota una sèrie de sons informatius en realitzar el treball, i potser són el resultat d'un disseny amb cert interès per oferir una imatge de marca.

Per exemple, la imatge del disseny sonor de l'**encenedor** Zippo de benzina és molt coneguda i per això potser l'hem vinculat com a ornament a la nostra manera de ser (**fig. 1.44**).

Avui, però, hi ha altres tipus d'encenedors. Després del de benzina, va arribar el de gas i s'hi han anat incorporant noves tecnologies (a part o no de l'encant del llumí en el moment d'encendre).

Tenim, a més, molts sons que ens omplen a cada moment, com ara els dels **telèfons mòbils** (**fig. 1.45**), que ens poden proporcionar una extensa biblioteca sonora per avisar-nos quan algú es vol comunicar amb nosaltres.

Fins ara hem vist tota una sèrie d'arguments a favor de la conveniència i la pròpia participació de l'usuari en el procés de la creativitat sonora de qualsevol producte. L'exemple més preocupant és el que pot succeir amb l'elecció d'un tipus determinat de **vehicle** en funció del so de la porta a l'espot publicitari. Una empresa que fabricava vehicles japonesos es va preocupar per trobar que es produís una bona relació entre el so real de la porta del vehicle i el so virtual que el client en captava en l'anunci de la televisió.

L'ésser humà ha portat diferents elements a sobre. Començant pel propi cap, els **capells** serveixen no només com a protecció a l'estiu, sinó també per a certes activitats. Per exemple, els capells "western" poden ser reflexors dels sons que es produeixen a la part inferior i, en canvi, obstaculitzen els sons provinents de la part superior (**fig. 1.46**); una gorra de beisbol (gorra americana) intenta apanallar la part frontal per evitar l'arribada de sol i impedir l'enlluernament als ulls, però no actua acústicament.

Veiem, doncs, com diferents tipus de capells, boines, gorres i *chapelas* produeixen els seus propis sons i canvien la nostra forma de realitzar l'audició del món exterior.

El mateix passa quan ens referim a la vestimenta femenina. Hauríem de recordar aquells barrets



*Fig. 1.44 Zippo VIET-NAM
(fotografia de Jordi Durán i Pujolar)*



*Fig. 1.46 Fotograma amb diferents barrets
de la pel·lícula El pont sobre el riu Kwai*



Fig. 1.45 Telèfon mòbil

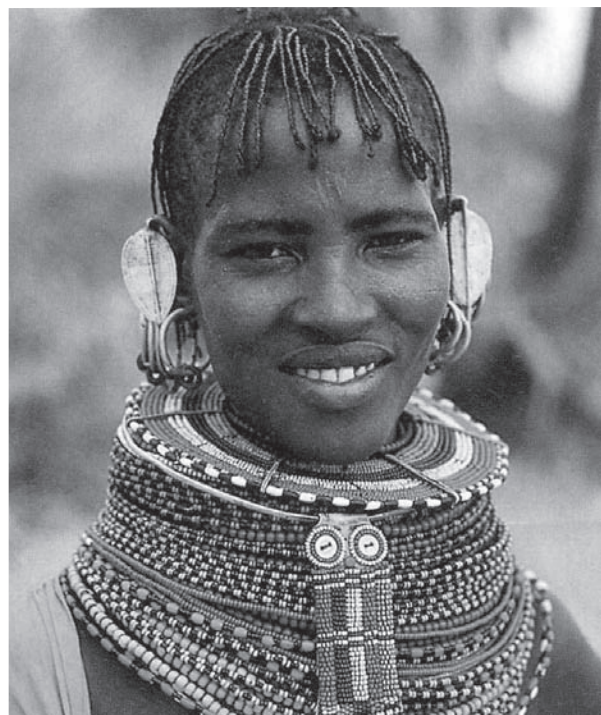


Fig. 1.47 Arracades i collarets d'una ètnia africana

antics que s'utilitzaven a final del segle XVII i al XVIII (profusament vistos en pel·lícules com ara *El Piano* o *My Fair Lady*), on la moda actua per protegir-se el cap i alhora escoltar els sons dels qui ens envolten o dels propis vestits. En parlarem específicament més endavant.

Molts recordaran el so plàstic que amenitza els nostres passejos amb l'**impermeable** que ens hem hagut de posar per una ràpida i forta tempesta d'estiu, o el so direccionalitzat del davant que tan sols ens arriba quan ens en posem la **caputxa**.

Tenim més coses que ens posem al cap, com ara les **arracades**, que poden produir els seus sons o transmetre al propi usuari uns sons més íntims (**fig. 1.47**). Algunes ètnies, com ara determinades tribus africanes i amazòniques, es col·loquen diversos elements afegits a la cara.

Després vénen els **collars**, amb la importància del collar que neix fins i tot per allargar el coll de qui el porta. El dringar dels collarets s'empra en algunes tribus com a manifestació religiosa i festiva, sobretot associada als balls.

Diverses ètnies africanes basen el ball en el so dels **braçalets** i collarets distribuïts en diferents parts del cos. En la nostra cultura occidental també tenim sons de collarets molt arrelats (collarets de perles, collarets metàl·lics, etc.).

Després passem als **rellotges** de polsera, que segons el tipus de corretja o el tipus d'ancoratge provoquen uns sons molt particulars.

Si continuem amb les extremitats, veiem que a les mans ens hi podem posar **anells**. Amb els anells, sovint sense voler, anem donant cops a diferents elements i materials que acompanyen la nostra vida. Excitem el so dels objectes, de la mateixa manera que amb les ungles o en picar de mans produïm d'altres sons, o fent cops.

Produïm sons no tan sols amb la veu, sinó també amb esclafits de la llengua, cops i l'extracció del dit en forma de ventosa, com si extraguéssim el tap

d'una ampolla de vi. Es tracta de la nostra boca.

Com a conclusió, cal pensar en la importància de fer intervenir el propi usuari en les decisions dels sons dels vestits, els complements i els objectes que transporta. Tot això queda palès en la necessitat de fer-ne el disseny sonor i la seva rehabilitació, com també el de les pròpies veus dels éssers humans.

1.4 Sostenibilitat acústica

Cal tenir en compte la importància de la definició de **models i indicadors acústics** per a ciutats més sostenibles, que es pot establir a partir del que Salvador Rueda expressa: *“Actualment, moltes iniciatives de diferent origen tenen per objecte la transformació dels sistemes urbans en processos lligats amb la sostenibilitat. Un dels problemes més greus que els planificadors i els polítics afronten és la parcialitat de les accions que proposen, contradictòries en moltes ocasions, perquè no existeix un marc teòric que les integri i els proporcionï suficient coherència interna.*

Tot i que els sistemes urbans són molt complexos, poden establir-se uns models de referència (d'alguna manera antagònics) que ens permetin avaluar el seu grau d'insostenibilitat i el nivell de les disfuncions que projecten sobre el medi urbà.

Els models de ciutat difusa d'inspiració anglosaxona i el model de ciutat mediterrània compacta i complexa seran analitzats des del marc de la sostenibilitat, és a dir, establint el nivell de pressió que cada model exerceix sobre els sistemes de suport. L'anàlisi s'ampliarà per fer aflorar les disfuncions urbanes d'ambdós models causants del deteriorament de la qualitat de vida ciutadana.

*La definició d'indicadors ha d'estar lligada a la definició prèvia de **models de ciutat, models d'ocupació del territori, models de metabolisme urbà, etc.** Els valors obtinguts dels indicadors ens han de permetre situar la posició que la ciutat analitzada ocupa en relació amb els models de*

referència. És important establir un **nombre limitat d'indicadors sintètics** que permeti saber a les ciutats cap a on es dirigeixen; que puguin saber si es dirigeixen cap al model de ciutat difusa o, al contrari, cap al model de ciutat compacta".¹⁷

Aquest és el compromís que cal cercar: els indicadors de la nostra qualitat sonora en tots els àmbits i a partir d'ells podrem establir les poètiques i els dissenys sostenibles, o fer les rehabilitacions necessàries per aconseguir-ho.

¹ El so positiu (veu, música, cant, etc.) és la veu de la cultura. El so negatiu (soroll, vibració) és la veu de la incultura. Es produeixen perquè no en sabem prou. El projector de diapositives fa soroll perquè no sabem dissenyar i/o construir un circuit mecànic i frigorífic millor. Com sempre, al final tota energia deixa part del seu rendiment gastat en forma de calor i soroll.

² Els bronzits de l'oïda o acúfens idiopàtics, per exemple, requereixen òbviament anar a l'especialista a fi de determinar-ne la causa i cercar-ne el tractament més adient, però també cal que fem servir sempre els mètodes senzills d'higiene personal i sonora.

³ Diuen que això ho feia la Montserrat Caballé a l'antic Liceu.

⁴ Vegeu l'estudi sobre les freqüències estacionàries i les tonalitats de les sales al llibre *Arquitectura acústica 1. Poètica*.

⁵ Com a la Sala Pleyel de París, on encara recordo la remor que va fer un oient del davant de platea en aixecar-se a mitja representació.

⁶ Recordem que, en molts casos, el xiulet és una forma d'aplaudiment i no té per què considerar-se tan sols des del punt de vista negatiu.

⁷ *Catàleg cultural sonor del món* (similar al catàleg d'interès arquitectònic o urbanístic).

⁸ Ja he comentat al llibre de *Poètica* aquell moment d'una representació de teatre a l'aire lliure davant de la basílica de Santa Maria del Mar de Barcelona, a càrrec de la Núria Espert, i la interrupció durant cinc minuts per la veu del pas del camió de la recollida d'escombraries.

⁹ Algú em va dir una vegada que per ser un bon mecànic s'havia de saber fer servir molt bé l'oli i el greix, a fi de posar-los en aquelles parts que ho requerien. Els mestres de tallers coneixen la importància d'aquests lubricants, no només pel que fa als sorolls que esmorteixen, sinó sobretot perquè allarguen la vida dels engranatges i de les parts mecàniques de les màquines.

¹⁰ Es produeix un diàleg entre l'aigua i la plataforma de pedra, on s'emeten uns sons com si el mar ens parlés.

¹¹ A més, està comprovat que, en els casos de vies monòtones, això comporta un augment de la velocitat per part del conductor.

¹² Al Centre Cívic de Navarres vàrem decidir 'en obra' desviar els conductes d'aire per tal de millorar l'aïllament sonor de les aules de música.

¹³ Potser no tenim la mateixa experiència que la d'altres oïdes educades, que a més a més de l'aprenentatge musical i sonor han pogut escoltar la mateixa interpretació, o la mateixa formació orquestral, en diferents sales. De segur, la nostra educació i la intuïció sonora poden intervenir per equilibrar-ho.

¹⁴ Vegeu els seus treballs a *Music, Acoustic & Architecture* i a *Opera Houses, How They Sound*, inclosos a la bibliografia.

¹⁵ Suma de l'àrea de platea, l'amfiteatre i les llotges, amb passadissos d'accés inclosos.

¹⁶ “*Barcelona és bona si la bossa sona*”, és una expressió popular que prové de quan els diners eren monedes dringants que es portaven dins una bossa de tela.

¹⁷ Salvador Rueda és autor, entre d’altres obres, del llibre *Ecologia urbana*, i ha organitzat congressos sobre el model d’ordenació del territori i de les ciutats més sostenibles, on desenvolupa diverses solucions i teories per al creixement sostenible que ja ha anat aplicant a Barcelona.

2. La rehabilitació de la poètica acústica dels espais

Quan ens plantegem la rehabilitació acústica dels espais, hem de començar per conèixer-ne la història, els usos, els costums i, especialment, la poètica.

A més, com anirem veient, la rehabilitació acústica va des de la gran escala del territori fins a l'escala minúscula d'aquelles coses que sembla que no se sentin però que, en canvi, s'escolten perfectament.

Estem parlant de quins sentiments ens provoca escoltar els sons dels escenaris on vivim, descansem, treballem, ens divertim, etc. Sovint, com en els concerts a l'aire lliure de les **figures 2.1a i 2.1b**, els escenaris poden tenir transformacions i convertir-se en escenaris improvisats d'audicions musicals.

Tot això configura el món sonor que ens està envoltant. Per això, cal repassar breument l'estètica sonora amb què s'han creat els espais, veure si encara és vigent i, si no, rehabilitar-la. Alhora, si no existeix, cal redefinir aquesta poètica i dissenyar-la si es pot.

2.1 El concepte de poètica acústica

La poètica acústica s'ha definit bastament en el primer volum d'aquesta sèrie dedicada a l'arquitectura acústica.

Com el seu nom indica, **poètica acústica** vol dir l'art i la tècnica de compondre o crear obres poètiques expressades mitjançant els recursos sonors.

Resumint, es pot dir que la poètica acústica no és res més que la intenció **estètica** que es dona a un espai, enginy, objecte o estri, per tal que el seu disseny respongui a l'estudi dels sons que produeix, condueix, transmet, etc. Alhora, també s'estén als sons naturals i als sons estudiats que podem trobar o dissenyar, des dels més banals fins als més melòdics, naturals o artificials, objectius o subjectius, etc.

Existeixen espais urbans que ja han adquirit una poètica acústica, com per exemple les Rambles de Barcelona (**fig. 2.2**). Avui ja no ens imaginem aquest espai sense els sons de la gent passejant, les parades de flors, els artistes, els músics, etc. Formen part del so de Barcelona.

Potser cal ara explicar el procés de creació d'un "objecte sonor" per entendre més aquest concepte de la poètica acústica.¹

En algun moment del procés de disseny sonor, hi ha un compositor (un artista **creatiu** sonor) que pensa uns sons determinats per a un vestit, objecte, espai, etc., i els escriu. Després, hi ha un altre artista i alhora tècnic que els interpreta **dissenyant** els instruments adequats (paisatgista, urbanista, arquitecte, enginyer, dissenyador, interiorista, luthier, escultor, artista sonor...), i el mateix o un altre construïnt o **dirigint** les obres i els treballs. Finalment, hi ha uns **intèrprets** (els músics, l'artista sonor, el mateix públic, etc.) que interpreten aquella composició i, normalment, això també es fa de forma **dirigida** (directors d'orquestra, arquitecte, urbanista...).

En alguns casos, els compositors i els músics volen interpretar quelcom semblant al que han escoltat de la mateixa naturalesa, on la casualitat (l'aire fent ulular unes pedres, o uns animals comunicant-se sonorament de nit) ha deixat un record en la ment de l'individu (compositor) i dels altres que intervenen en aquest procés creatiu (on, com hem vist, també hi ha els intèrprets i els auditors).

Efectivament, fer poètica sonora comporta no tan sols **crear**, sinó alhora pensar com s'ha d'executar la composició de l'**emissor** (un quartet de corda, la meua veu, el so de molts gots dringant, etc.).

També cal preveure si la propagació i la **transmissió** del so serà fidel, o bé hi haurà un amplificador, un filtre, una barrera, etc. És a dir, quin **atribut objectiu** i **subjectiu** s'atorga al so mentre viatja des de la font sonora fins arribar al receptor. És el que s'anomena el **caràcter del so**.²

Després observem si aquesta comunicació arriba o no a impactar l'**auditor**. Aquest és l'exemple de les actuacions dels castellers en festes majors (**fig. 2.3**). Tots tenim al cap la imatge de la gralla, que també forma part del castell i hi adquireix un caràcter especial.

I, òbviament, com hem vist al primer capítol, cal veure finalment la resposta de **retroacció** entre aquest auditor i l'actor (si hi ha aplaudiments i xiulets d'aprovació es generen els "bisos" dels intèrprets, més aplaudiments, més "bisos", etc.).

Ben diferent resulta el caràcter del so en una discoteca, on la font sonora pot arribar al receptor d'una manera directa (mitjançant els altaveus) (**fig. 2.4**).

En definitiva, la poètica acústica permet iniciar un procés helicoïdal en què passem de la idea sonora a la seva realització mitjançant el disseny i la construcció de l'obra. En aquest cicle, de segur s'arriba a una etapa on cal fer-ne el manteniment, la rehabilitació pels motius esmentats abans i, lògicament, ara també ens ha de preocupar la seva sostenibilitat futura.

2.2 La rehabilitació del caràcter sonor dels espais i els elements del territori

Hem passat a la gran escala.

Hem passat a l'escala en què sentim un vehicle que ve de lluny, sentim com s'apropa, com queda tapat per diferents obstacles, que poden ser obstacles topogràfics o de la vegetació, o bé com s'allunya de nosaltres.

Aquest és un caràcter sonor específic d'un territori, on s'estableix la relació del so directe amb el so reflectit i reverberat en aquell espai (amb les seves barreres naturals, els seus filtres i els seus elements connectors, difusors, difractors i reflectors).

Ara, el so perd protagonisme perquè potser el que realment ens interessa és escoltar-ne la trajectòria, sentir com ens arriben els sons des de les diferents reflexions de les muntanyes, de les valls, dels espadats i les parets verticals formades de pedra, o aquesta absorció dels talussos ubicats a prop nostre. Això és el que realment tenim al nostre costat, a una distància mitjana i llunyana.

Però observat a vol d'ocell (com si anéssim en una avioneta), ens adonem de molts més detalls d'aquest territori.

El territori ens fa arribar una sèrie de comunicacions. Tots els elements junts configuren un conjunt de caràcters que podríem definir dins la poètica acústica dels diferents espais exteriors. I això és el que hem d'intentar trobar, estudiar i avaluar.

D'acord amb certes poètiques i sentiments estètics, aquests caràcters ens poden interessar per a alguns dissenys. Per tant, la rehabilitació del caràcter sonor dels espais i dels elements del territori serà més interessant que no pas pensar tan sols que hem de posar una barrera acústica pel lloc on passa un tren d'alta velocitat o una autopista.

Ens cal pensar que, amb tot el llenguatge paisatgístic, urbanístic i arquitectònic de què disposem, podem fer estètica sonora de l'espai. I aquesta estètica



Fig. 2.1a Un concert a l'aire lliure sense campana acústica



Fig. 2.1b Un concert de jazz a l'aire lliure amb campana acústica



Fig. 2.3 Castellers a la diada de sant Fèlix, Vilafranca



Fig. 2.2 Gent passejant a Les Rambles de Barcelona



Fig. 2.4 Altaveus focalitzants a la discoteca (esquema de l'autor)

sonora també la podem fer amb els elements del territori, la ciutat, l'edifici, el local i l'usuari.

Però aquí no es tracta de fer un estudi exhaustiu de com es pot resoldre la rehabilitació de tots els casos. Això no hi cap en un llibre.

Òbviament, aquest camp de la rehabilitació acústica de la poètica tot just ara comença, i desitjo que no acabi en aquest text.

El que cal assenyalar és que, de la importància que donem a l'estudi del caràcter sonor de tot el que ens envolta, n'hem de treure moltes conseqüències aplicables a la poètica, al disseny i a la rehabilitació del món que ens envolta.

2.3 La rehabilitació dels itineraris sonors a les ciutats

Quan ens trobem al nucli antic d'una ciutat històrica, descobrim que hi ha molts itineraris sonors. Aquest fet és degut al mosaic de paviments, façanes de diversos materials i buidats, porxos, cobriments volats de teulades, placetes més o menys articulades, portalades de cases, patis interiors, passatges de distribució interna, etc.

A les ciutats antigues, els espais interiors-exterioris adquireixen molts caràcters personals.

És a dir, hi ha tot un conjunt de formes, materials i textures que constitueixen aquells sectors antics de les ciutats, on molt sovint els músics troben un escenari natural molt adient a la seva interpretació.

Segurament, aquest fet està lligat a l'àmbit de peatonalització que presenta també aquell lloc, però si ens preguntem si la mateixa música pot ser interpretada en un barri més intensiu, com per exemple a l'Eixample, ens adonem que no.

A la **figura 2.5** es veu la rehabilitació que en proposaven els arquitectes del GATCPAC, on òbviament el tema de l'habitatge i les infraestructures adquirien el protagonisme.

No hi ha dubte que una ciutat es pot recórrer de moltes maneres i l'aprenentatge més gran que en tenim és des de la vessant de vianant o d'usuari de transport de superfície. Alhora, hi ha distinció entre el transport de superfície col·lectiu (públic) i el privat; fins i tot en aquest últim, cal distingir entre vehicle motoritzat o bicicleta, patinet, *skating*, patins, etc. (**fig. 2.6**).

Tot això fa que en aquesta ciutat gaudim de diferents **tempos** musicals i diferents **dinàmiques** sonores, de les quals nosaltres també podem ser subjectes participants.

D'aquesta manera diferenciada d'aprendre la ciutat, cadascú de nosaltres en treu unes conseqüències.

En definitiva, en traiem una educació sonora. De fet, aprenem a viure a la pròpia ciutat, tal com aquesta ens permet relacionar-nos i fer els nostres necessaris intercanvis de comunicacions.

2.3.1 Els espais de relació a les ciutats

La ciutat grega, per mitjà de les seves places o àgores (espais públics de relació), permetia la comunicació entre els diferents éssers humans. D'aquests espais de relació exteriors (i, òbviament, dels interiors) va néixer el concepte de la filosofia, és a dir, del bescanvi de maneres diferents de pensar de l'ésser humà.

La ciutat romana es pensa no tant per a aquest intercanvi de filosofies sinó més aviat per a l'esplendor i l'aparença. L'espai exterior serveix perquè els individus es relacionin amb accions potser més mercantilistes. La gènesi concreta de les arts cada cop va quedant més tancada, més supeditada a l'edificació.

Apareix ara el teatre com a edifici, en lloc del teatre grec, que era un aprofitament del vessant d'un putget (**figures 2.7a i 2.7b**). Ara no calen putgets perquè el teatre romà s'incorpora a la ciutat com un edifici més (avui, d'això, en diem equipaments). Apareix també l'odeó, que és un edifici tancat per a l'ús de la música (**fig. 2.8**).

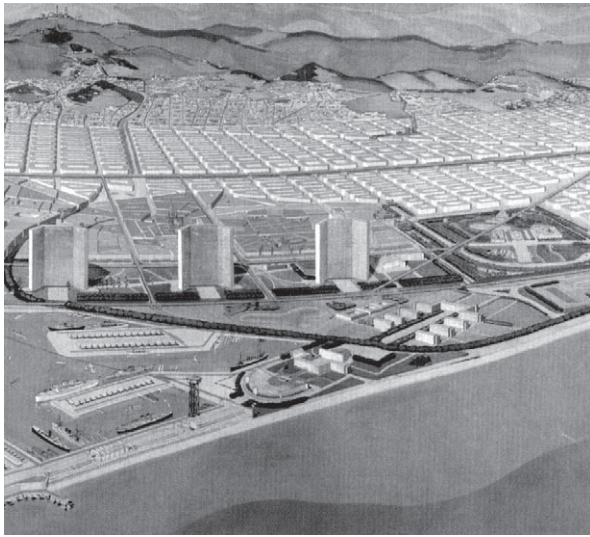


Fig. 2.5 Proposta del GATCPAC per a Barcelona



Fig.2.7b Teatre romà d'Orange, França



Fig. 2.6 Skaters del Passeig de Gràcia, Barcelona
(fotografia de l'autor)

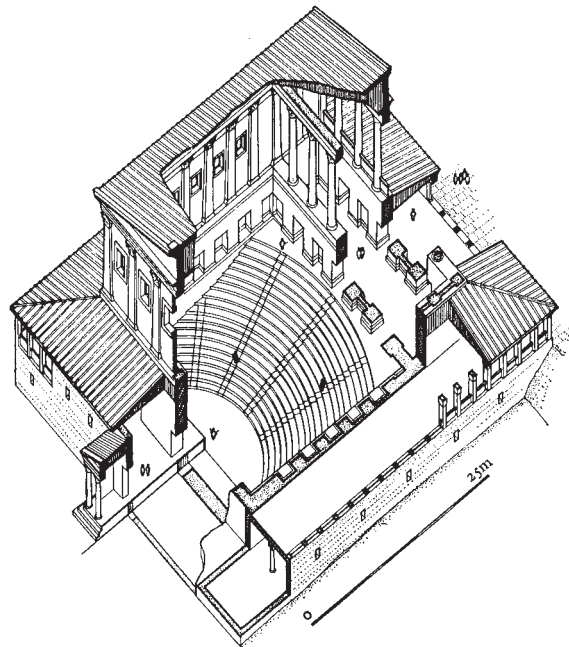
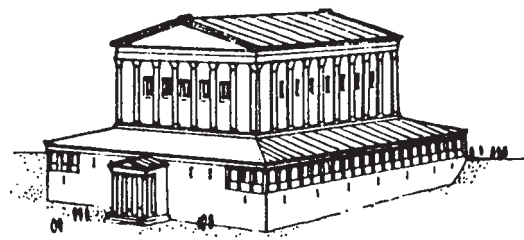


Fig. 2.8 L'odeó
(font: volum 1 de L'Architecture Romaine, de Pierre Gros)



Fig. 2.7a Teatre grec d'Epidauros, Grècia

2.3.2 Concatenació acústica dels espais de l'itinerari

Al llarg del temps trobem que la poètica dels itineraris sonors a les ciutats està en relació amb la manera com aquests espais són emprats. Si un espai és utilitzat eminentment per a l'ús de viants, té una significació i una acústica totalment diferenciada de quan aquell espai és emprat per a un altre ús.

Un element és una porta quan es passa pel seu través (pel seu si) i permet anar d'un lloc a un altre. Això que en arquitectura anomenem **porta**, en enginyeria es diu **pont** (figures 2.9a i 2.9b). El que ens cal és saber dissenyar aquests elements porta per passar d'un àmbit acústic a un altre, molt diferenciat, i alhora pensar en els diferents subespais que ens trobarem en una ciutat i en un edifici.

Els elements porta són necessaris per tal d'ajudar a emfatitzar les acústiques dels espais que separen i alhora uneixen. Un exemple molt clar és el dels Propileus a l'Acropoli d'Atenes (fig. 2.10). Els ressons que s'hi produïen feien que l'absorció i la direccionalitat sonora de les rampes d'arribada i de la plataforma posterior quedessin molt realçades.

Hi ha llenguatges que ens poden comunicar diferents situacions. Per exemple, no és el mateix passar d'un carrer a un espai porticat, i d'aquest a la plaça (fig. 2.11).

Com hem dit abans, els romans no consideren la plaça com a element de tanta intercomunicació com els grecs però, en canvi, li poden posar una tribuna des de la qual el cèsar faci les seves declamacions, i així sorgeix la història de les arengues com l'espai cor acústicament de l'espai buit. Aquest no deixa de ser el naixement del quiosc de músics i dels bellvederes que encara avui es dissenyen per als parcs (fig. 2.12).

A tota ciutat europea, hi ha una plaça que sembla dissenyada més per fer discursos des d'un edifici que la presideix, que com a espai per a recollir-nos i relacionar-nos.

Aquí està la funció que fa un espai buit. Hi ha qui creu que sols serveix a un espai construït (o positiu, per dir-ho així). L'espai buit a l'arquitectura sembla l'espai que no s'ha aprofitat amb metre quadrat de sostre. Alguns l'entenen com a espai negatiu i, en canvi, per a d'altres és vital perquè és el pulmó de la respiració de les ciutats com a espais de relació.

Això és molt important a la ciutat, perquè la poètica que tenen els seus itineraris sonors respon a la forma amb què els usuaris la fan servir. Per això, no és una qüestió anecdòtica: és quelcom que defineix què és o què vol ser una ciutat.

En aquesta poètica entre els espais exteriors de l'edifici i els itineraris sonors de les ciutats, el que ens interessa és apropar-nos al que serà l'espai frontera de l'edifici. Tot això és un llenguatge que podem establir entre la ciutat i l'edificació.

Si per a nosaltres la ciutat és la suma d'edificacions, hem de parlar d'edificis, però si per a nosaltres la ciutat és la suma d'edificis i alhora d'espais que els serveixen (els carrers, les places, els parcs, és a dir, els espais en els quals no hi ha quasi aprofitament edificatori del metre quadrat de sostre respecte al sòl), és evident que llavors tot configura un conjunt, que tot s'ha de dissenyar alhora d'acord amb uns principis i unes estètiques sonores.

Si aquests principis els volem canviar per algun desig, òbviament per a la seva rehabilitació hem de tornar a considerar si aquests espais exteriors a l'edificació tenen una bona acústica o una bona imatge sonora.

En definitiva, cal veure si estableixen una bona comunicació sonora, un bon missatge de transmissió del que per a nosaltres ha de ser aquella ciutat. De fet, cada racó i cada barri de les nostres ciutats han de poder donar uns missatges. Segons qui hi hagi al govern potser el missatge canviarà. Òbviament, si qui governa és un músic o un erudit de la cultura de la paraula, aquest missatge adoptarà una sèrie de vessants molt més carregades de poètica sonora.



Fig. 2.9a Element pont (pont al Japó)



Fig. 2.11 Successió de carrer porticat-plaça
(font: calendari de la Caixa de Barcelona, 1987)



Fig. 2.9b Pont entre cases en un carrer de Barcelona
(fotografia de l'autor)

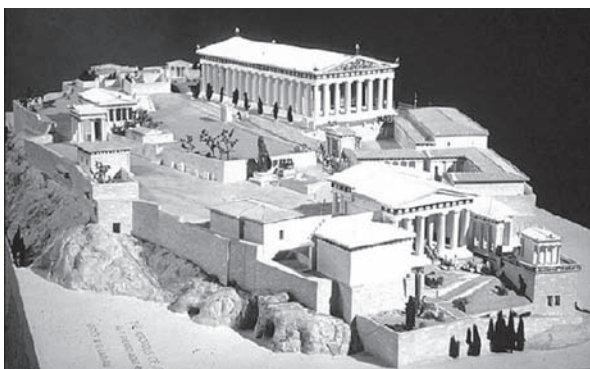


Fig. 2.10 Element porta
(Els Propileus de l'Acropolis, Atenes)



Fig. 2.12 Quiosc de músics a Santiago de Compostel·la
(fotografia de l'autor)

No és fàcil fer la rehabilitació dels caràcters dels espais que són elements del territori o dels itineraris sonors de les ciutats, segons qui governi. Per tant, aquest tema sempre és obert i segurament no es podria tancar aquí.³

2.4 Rehabilitació de la poètica dels espais exteriors de l'edifici

Quan un passeja per la ciutat, s'adona que hi ha molts elements que no mantenen cap diàleg amb els seus edificis. A la cita de Paul Valéry,⁴ li segueix un conjunt de malsons i silencis provinents de la mancança de refer (no prestar atenció al so) els nostres jardins, fonts i brolladors i mobiliaris urbans.

Si ens adonem que la nostra vida requereix tornar a envoltar-nos de les poètiques dels antics dissenyadors, com ara Rubió i Tudurí i Forestier a Montjuïc (Barcelona), convindrem que cal rehabilitar els silencis forçats per la deixadesa municipal i transformar els "grinyols" dels espais exteriors fins a convertir-los en veritables melodies. Tan sols es tracta de pensar-hi.

2.4.1 L'enjardinament

Un bon exercici consisteix a escoltar com sona un pati d'illa, on hi hagi un jardí envoltat d'altres jardins (fig. 2.13).⁵

A cada estació de l'any els sons varien. Destaquen els sons de maig a quarts de set de la tarda, en què els ocells ens envolten amb els seus cants i d'algun pati veí se sent la remor de la grava quan un nen hi està jugant. Altres mouen cubells, mentre algun ocell de la ciutat mou les ales per enlairar-se sobre la remor de l'aire movent les fulles dels arbres.

Aquest és un ambient suggestiu i de repòs, que permet començar aquest apartat, dedicat a l'enjardinament.

Aquests espais tenen per a tothom un gran interès des del punt de vista estètic. Però, com hem dit,

alguns d'ells són el resultat d'un rebuig d'edificabilitat de la parcel·la (allò que no es pot construir). És aquell pati que no té el mateix valor per metre quadrat que la part edificable que dona als carrers. Comprem una parcel·la i ens adonem que només hi podem edificar fins a certa fondària. La resta, doncs, què és? És una illa en la qual es pot gaudir d'un silenci que ens permet interpretar i escoltar unes melodies molt especials.

Tornant al pati d'aquesta planta baixa, estem parlant d'un lloc on podem tocar els diferents paviments que hi ha, la graveta, on podem posar gespa, on podem plantar arbres, perquè les seves fulles xiuxiegin amb el pas de l'aire i cantin quan plou, perquè hi vinguin ocells, etc.

Què podem fer llavors davant les successives ordenances que han anat destruint aquests patis (fig. 2.14) fins a convertir-los en veritables edificis-zigurats interiors?⁶

No ens estranya, doncs, que un govern municipal preocupat per la recuperació dels escenaris de vida ciutadana pretengui retrobar l'esperit de cada barri i, per això, també el de les "illes" de Cerdà (fig. 2.15).

Avui, com passa a Barcelona, on la recuperació dels patis interiors com a jardins urbans atomitzats ha iniciat un procés que esperem que no sigui reversible (fig. 2.16), moltes ciutats desitgen també recuperar els seus parcs i jardins oblidats per les prioritats del procés especulatiu del sòl.

2.4.2 Els brolladors i les fonts d'aigua

En el disseny del paisatge, de la ciutat, de l'edifici i, fins i tot, de l'interiorisme i l'enjardinament hi ha molt sovint un dels elements més simbòlics de la natura. Òbviament, ens referim a l'aigua.

L'ésser humà juga amb el poder místic d'aquest element tant des del seu murmuri quan passa lliscant com una llengua pels canals de l'Alhambra de Granada i els Reales Alcázares de Sevilla (fig. 2.17), com quan ens mostra el seu poder ostentós



Fig. 2.13 Pati d'illa amb un jardí envoltat de jardins (fotografia de l'autor)

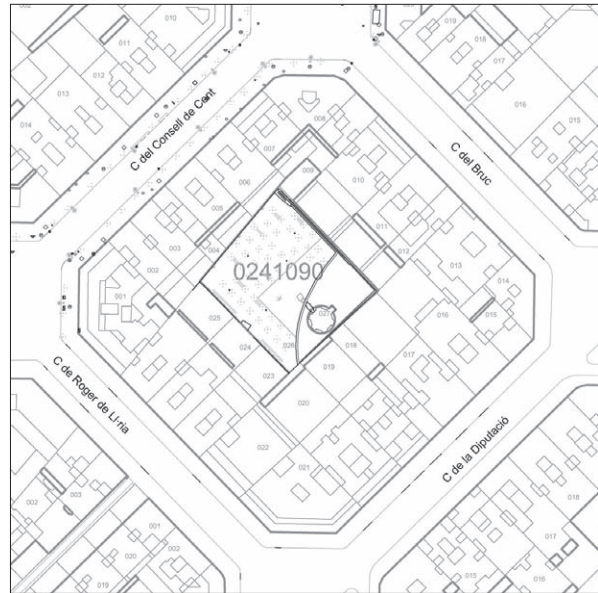


Fig. 2.16 Torre de les aigües en una illa Cerdà recuperada



Fig. 2.14 Illa Cerdà amb l'interior construït



Fig. 2.17 Canals dels Reales Alcázares de Sevilla (fotografia de l'autor)

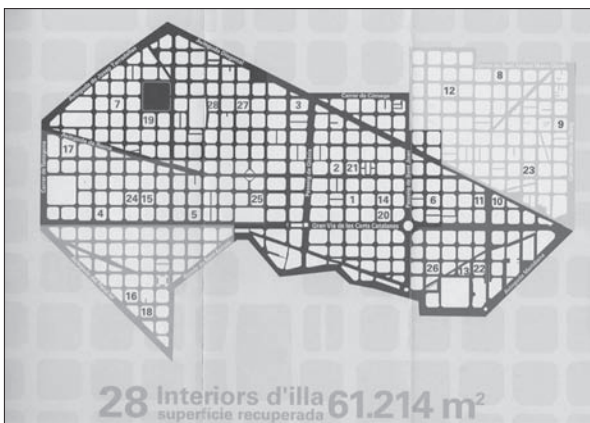


Fig. 2.15 Plànol dels patis d'illa recuperats a l'Eixample de Barcelona (font: Ajuntament de Barcelona)

en els salts d'aigua de l'eix central de l'Exposició Internacional de Barcelona de 1929 (**fig. 2.18**).⁷

És important recuperar aquests sentiments que molts arquitectes, paisatgistes, urbanistes, enginyers han anat dissenyant al llarg del temps, òbviament amb el concurs i l'ajut dels escultors, que han fet obres fantàstiques.

Pensem ara en la barqueta de Roma de Bernini, o en les fonts dels quatre rius o la Fontana di Trevi (**fig. 2.19**). Imaginem-los sense que corri l'aigua i, per tant, sense el so d'aquest element, que és el seu signe de vida (simbòlicament, és el fluir constant).

Quelcom similar succeeix a l'eix transversal de l'exposició de Montjuïc a Barcelona, al costat del passeig de les Cascades, on hi ha una sèrie de salts d'aigua que haurien de funcionar però que estan totalment obsolets i plens de terra, degradant-se, esperant que algú els torni a restituir el valor original (**figures 2.20 a i b**).

Aquest seria un exemple clar de la restauració necessària amb els brolladors i amb les fonts, és a dir, tot allò que té a veure amb la presència de l'aigua en un espai exterior.

És ben evident que la reparació d'aquesta successió de graons sonors de brolladors i terrasetes successives pot generar un gran plaer a l'hora de pujar o baixar aquelles escales.

Sembla que la prioritat de les escales mecàniques que s'han instal·lat a l'eix central de les cascades està anul·lant la presència dels altres eixos que abans tenien la seva importància, com aquest que anava a desembocar a les proximitats dels accessos del Teatre Grec de Montjuïc.

Totes les restauracions que es plantegin realitzar d'aquests elements aquífers a les ciutats han de comportar que els ciutadans i els visitants els utilitzin.

Aquest és el cas de la font de Prades, que acaba es-

sent un element urbà identificatiu de la població.

Aquests elements sovint també es disposen a l'accés de l'edifici. A la **figura 2.21** hi ha el pati de la Casa de l'Ardiaca (al costat de la catedral de Barcelona), on el brollador s'engalana pel dia de l'ou com balla, al mes de maig, a l'època del Corpus.

I també altres fonts amb petits brolladors que estan just a l'interior, al cor de l'edifici. És a dir, tot i que en molts casos l'aigua pot estar com a element frontera, també pot estar a l'exterior i a l'interior.

En resum, podem trobar l'aigua com a element de diàleg just en accedir a l'edifici. Els brolladors a les entrades de l'edifici poden emmascarar els sorolls provinents del carrer. D'altres, en canvi, es disposen a l'interior, on donen i guarden aquella humitat i aquella frescor producte de la refrigeració adiabàtica que es genera precisament per a l'usuari de l'edifici.

2.4.3 Els elements de mobiliari urbà

En la recuperació de la poètica acústica dels espais exteriors a l'edifici, no hi poden faltar els elements que constitueixen el mobiliari urbà.

Formen una àmplia família, que va des dels elements destinats al control del trànsit de vehicles i vianants, els panells informàtics, les tapes, les torretes i els armaris de registre d'instal·lacions, les reixes de ventilació, etc., fins a petites però veritables arquitectures, efímeres o no, com les cabines de telèfons, els punts de venda de cupons de l'ONCE, els quioscs de gelats i begudes, els "mercadillos", les marquesines d'autobús, etc.

Però sovint ens referim als components del mobiliari urbà més proper al mobiliari interior, com ara els bancs i les cadires, les papereres, les llumeneres, els abeuradors, etc., que per raons d'antivandalisme s'instal·len d'una forma més fixa al carrer i als parcs.

De tots és sabut que els mobles a casa nostra

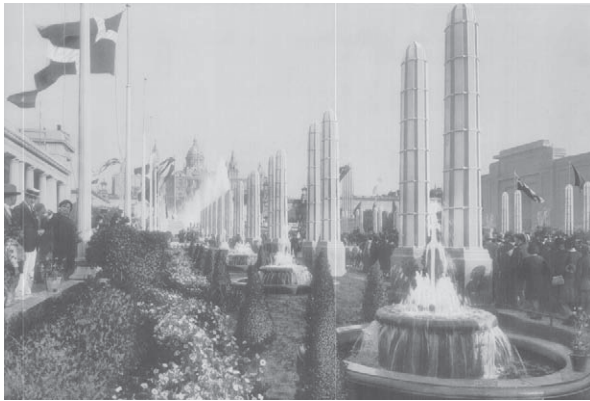


Fig. 2.18 Eix central de l'Exposició Internacional de Barcelona 1929 (font: pòster de l'exposició)



Fig. 2.20 Passeig de les Cascades de Rubió i Tudurí i Forestier a Barcelona: a) part superior pendent de rehabilitació, b) part inferior rehabilitada (fotografies de l'autor)



Fig. 2.19 Fontana di Trevi, Roma (fotografia de l'autor)



Fig. 2.21 Brollador de la Casa de l'Ardiaca, Barcelona (fotografia de l'autor)

produeixen so i sorolls quan els fem servir o quan els movem. A la ciutat, hi ha mobles o elements de mobiliari que, per raons òbvies, han de quedar aferrats al paviment o a les parets i, per tant, aquesta mobilitat i el so de la mobilitat desapareixen quasi per concepte. Tot i així, els anomenem **mobiliari urbà**.

En canvi, tenim el so d'altres mobilitats, com per exemple el so de buidar la **paperera** fent girar el continent. Si és fixa, hi ha d'haver una bossa per poder-la canviar. I en aquests casos la mobilitat d'aquest element de mobiliari se substitueix per l'acció dels mecanismes de manteniment, de neteja, etc.

D'altres, en canvi, ben ancorats al paviment, emeten els sons dels materials amb què estan agafats o amb què estan construïts. És el cas dels **bancs** per seure. N'hi ha de molts tipus: de metall amb xapa perforada o estirada (deployé), de plàstic, de pedra, d'obra, de fusta, etc. Cadascun d'ells produeix les seves pròpies veus en passar-hi la mà, en seure-hi, en impactar en els objectes que transportem, etc. En aquest conjunt ampli de diferents dissenys que hi ha hagut i que hi ha de bancs, crec que es mereix un lloc important la recuperació i la rehabilitació dels de fusta. Si es canvien aquestes fustes per unes altres, el so que es produeix en seure-hi, colpejar-les, etc., varia totalment.

Aquestes veus insignificants (per a alguns) que existeixen a l'exterior de l'edifici, algunes d'elles vinculades als mobiliaris, de segur que caldrà respectar-les i intentar tornar a trobar les poètiques dels materials i dels sistemes d'ancoratge amb què inicialment s'havien realitzat.

D'altres elements que poden formar part del mobiliari urbà són els **contenidors de brossa** i els **selectius** d'envasos de vidre i altres residus urbans. La seva rehabilitació sonora és evidentment necessària i, en part, es tractarà al capítol dedicat a la ciutat, a fi de plantejar com millorar-ne l'emissió de sons, que tant pot arribar a molestar els quatre veïns que tenen la sort o desgràcia de viure-hi al davant (**fig. 2.22**).

2.5 La rehabilitació poètica dels espais frontera de l'edifici

Estem a punt d'entrar dins l'edifici, i amb aquest desig de retrobar les poètiques inicials hauríem de veure què passa amb tot el que intervé en aquesta frontera. Aquests elements són els porxos i els balcons, amb les seves variants de galeries i miradors.

En definitiva, estem parlant de la façana on el forat dels porxos de la finestra té un paper important com a element frontera de l'edifici i de bescanvi de comunicació sonora amb el carrer.

2.5.1 Els porxos

Els porxos són aquells espais de transició de l'exterior a l'interior dels edificis. Són els llocs que, des del punt de vista lumínic, es poden definir com uns espais d'adaptació de l'excés de llum de l'exterior, o de la seva manca a l'interior.

Els noms varien segons la geografia -peristil, porticats, marquesines- però tots ells permeten l'adaptació de la llum a l'hora d'entrar o sortir de l'edifici. Aquesta llum, més intimista i més baixa de l'interior de l'edifici, fa que els porxos siguin uns elements tampó o de filtratge de la llum.

Sembla que quelcom semblant es pot obtenir pel que fa a la sonoritat. Això és així quan aquests porxos tenen formes geomètriques que no produeixin focalitzacions (absència de voltes) i on hi ha un sistema absorbent suficient, de manera que no es produeixin reflexions excessivament dures.

És a dir, si a l'exterior hi ha sons, converses i sorolls, aquests es perden per la presència de la boca oberta (**fig. 2.23**), la gran finestra oberta d'absorció màxima que és el cel obert. En canvi, quan entrem en un porxo o en unes porxades, comencem a estar entre tres elements, que són el terra, la paret i el sostre, i només ens queda l'obertura cap a la plaça. Llavors, la presència de l'espai absorbent va disminuint. Es van produint unes reflexions que ja se semblen a les reflexions de dins d'un espai tancat.



Fig. 2.22 Contenedors selectius de brossa
(font de diari)

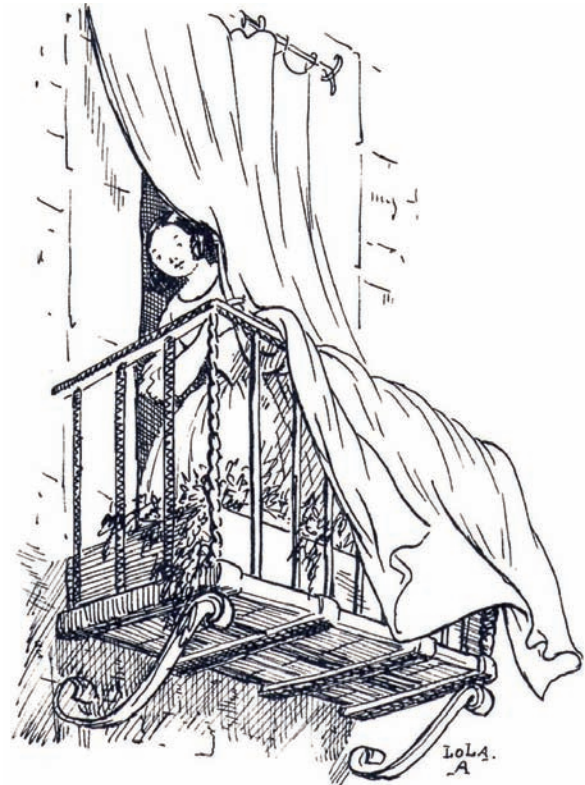


Fig. 2.25 Noia balconera (dibuix de L. Anglada)



Fig. 2.23 Carrer porticat (dibuix de L. Anglada)



Fig. 2.24 Mausoleu del cardenal Tavera a Toledo,
de Berruguete (fotografia d'E. Crespo)



Fig. 2.26 Galeries del passeig de la Marina a La Coruña
(fotografia de l'autor)

Així doncs, també és un element frontera, des del punt de vista acústic.

Cal veure que, en molts casos, la presència de **mercats i mercadals** amb productes penjats en aquests porxos n'ha generat una gran absorció i, per tant, fins i tot ha tingut més absorció que no pas l'espai exterior de la plaça. Aixó els fa molt interessants, ja que es presenta una dinàmica que en pot canviar la reverberació d'acord amb l'ús, i la funció que s'hi desenvolupa.

Un altre problema és quan existeixen **voltes**. Si aquestes voltes tenen centres de focalització en llocs concrets, la conversa potser és difícil per excés d'ones estacionàries o de **tonalitats**. O, al contrari, es crearan uns **focus** concrets on xerrant molt fluix es podrà mantenir una conversa o una transacció comercial sense ser sentida pels altres. Disposar d'elements tipus "**sales de secrets**" (*whispering galleries*) és bastant interessant en aquests espais frontera de l'edifici (fig. 2.24).

Alhora, cal pensar com han de ser els paviments, si cal mantenir-los o no, com han de ser les parets, si cal revestir-les o no, i com són els sostres, si cal netejar-los o bé treure'n els arrebossats per deixar les voltes amb les raselles netes, deixar els embigats vistos si estaven farcits d'algun material, etc. Bé, els canvis d'acabat influiran en els canvis de l'acústica d'aquests indrets, que, com hem dit, són elements de diàleg entre l'exterior i l'interior de l'edifici.

2.5.2 Els balcons

Els balcons són aquells espais que poden presentar una gran dissipació del camp sonor del carrer. En ocasions, aquesta actuació és l'única que hi ha al carrer, perquè les façanes són excessivament planes i dures acústicament. Amb els balcons es realitza alhora difusió i absorció. En alguns casos, això és degut a la presència dels seus volums (les dimensions dels objectes són comparables a les longituds d'ona dels sons que els arriben, i ja sabem que la difusió es troba en relació amb les longituds d'ona).

A més, el balcó és important dins la relació de converses, en tots els llenguatges, que es tenen entre l'edifici i el carrer. No tan sols serveix estèticament des de l'arquitectura, o per disposar-hi plantes, sinó per fer-hi una estada i tenir uns contactes verbals amb els vianants o amb el que passa per sota (una processó o un *encierro de San Fermín*, etc.).

Cal tenir cura del pla inferior del balcó ja que pot introduir so o soroll dins el finestral del balcó de sota. Per tant, és una part que hem de procurar conservar. Rehabilitar sota balcons acabats amb enrajolats pintats, o amb raselles decorades amb dibuix de cartabó en diagonal sobre un fons de calç, no permet grans actuacions acústiques. En aquests casos, difícilment es pot incloure l'absorbent acústic, perquè es destruiria la imatge visual d'aquell element que forma part de la composició arquitectònica de la façana (fig. 2.25).

2.5.3 Les galeries i els miradors

Les galeries són els espais intermedis entre l'exterior i l'interior que actuen com a veritables coixins aïlladors dels sorolls provinents de l'exterior.

La imatge més difosa de les galeries correspon a l'exemple de les galeries del passeig de la Marina, a la Coruña, que ja pertanyen al patrimoni artístic i que han fet que s'estenguin molt per tot el territori espanyol i colonial, fins i tot en indrets sense la climatologia adversa que les va fer néixer (fig. 2.26).

L'avantatge de la galeria és que és un veritable espai interior, encara que amb dimensió d'amplària reduïda (com a molt, tres metres). Se'l pot vestir amb cortines, catifes, estants i mobiliari, cosa que n'augmenta moltíssim les unitats d'absorció sonora. Tenim un espai que, tot i disposar de vidres senzills que el separen de l'exterior i de les peces de l'interior, permet reduir més de quaranta decibels el soroll d'immissió a les peces interiors, com ara les sales i els dormitoris

Els miradors, encara que no tenen una amplària

tan gran com les galeries, presenten també molt bones qualitats aïllants termicoacústiques, tot i que aquesta darrera és d'uns trenta decibels. Amb l'exemple de la recuperació dels extraordinaris models madrilenys, es veu que la restauració ha valgut la pena en quasi tots els casos (**fig. 2.27**).

2.5.4 Les façanes i la ciutat

El so del carrer ressona i augmenta gràcies als seus paviments i a la presència de les façanes i els ràfecs dels edificis. Antigament no hi havia normativa sobre l'acústica i això feia que les condicions exteriors (al carrer) adquirissin valors diferents als actuals (**fig. 2.28**).

El disseny i el control dels paviments i les voreres corresponen als ajuntaments, però les façanes són definides a les normatives urbanístiques, tot i que el seu tractament acústic no és inclòs a les normatives urbanístiques ni acústiques.

Així, si en un indret hi ha cert nivell sonor, la presència d'una façana acústicament reflectora, pot incrementar-lo en 3 dB o més (segons els seus acabats), sense que existeixi cap represàlia urbanística per a l'autor.

Òbviament, la rehabilitació de la poètica acústica de la ciutat s'ha d'interessar per retrobar l'equilibri en aquestes fronteres de l'edifici.

Actualment, ja es disposa al mercat de productes i materials suficients per poder aplicar-los a les façanes amb vista a la seva rehabilitació acústica. Per exemple, hi ha diferents morters, fins i tot de tipus monocapa, que presenten qualitats d'absorció sonora, i el mateix es pot trobar en alguns tipus d'aplatat, en peces perforades i cavitat farcida o no de llana de roca. Aquest darrer material allarga la corba d'absorció a més espectre de freqüències que no pas el pur fenomen ressonador, que presenta una corba d'absorció més selectiva.

Potser el que és més interessant, des del punt de vista de la poètica, es troba a l'hora de circular pel carrer i escoltar aquest pla límit de l'edifici.

El meu amic Eduard Terrisser⁸ ha definit un efecte que succeeix quan es passa davant d'una portalada, d'una entrada o d'un aparcament. Ho anomena l'**efecte túnel**, ja que en passar s'observa el ressò que ens retorna aquella boca. És una boca que es menja el so en passar per davant dels seus llavis, però el retorna sovint amplificat i reverberat de les cavernes interiors.

En les construccions tradicionals, sovint s'introduïa un element característic, que era la porta d'accés al pati de la casa.

L'efecte túnel és característic dels barris d'algunes ciutats. Es presenta també amb certes tonalitats musicals, perquè no és el mateix passar per una portalada gran però poc fonda, que passar per un lloc que després d'un cert conducte o coll d'ampolla s'eixamplarà amb un vestíbul o amb un espai interior. A tall d'exemple, no és el mateix passar per un carrer qualsevol o pel carrer de Montcada de Barcelona i anar-hi trobant la seva successió de portalades (**figures 2.29a i 2.29b**). Cal anar escoltant com varien els seus sons segons el tipus de patis d'aquells palaus gòtics (patis interiors d'edifici, no d'illa).

Òbviament, són èmfasis sonors que van conferit unes característiques específiques a les ciutats.

Anul·lar aquest tipus de so no és positiu. La ciutat ha tingut aquestes empremtes sonores i ara, amb la ràpida transformació dels nostres temps, passem de les portalades, porteries i portes d'accés, als porters automàtics (quan abans estaven vigilades per persones). Tanquem aquestes boques amb una cremallera que fa de veritable barrera acústica envers l'exterior. Cal ara tenir la clau d'aquelles cremalleres per poder-hi accedir.

Això no vol dir que s'hagin de tornar a dissenyar portalades i entrades que generin aquest efecte túnel de manera gratuïta, sinó que en els llocs on coneguem la seva existència i s'hagin hagut de tapiar aquells accessos pel que sigui, tinguem en compte si val o no la pena fer la recuperació d'aquestes veritables veus de la ciutat.

2.6 La rehabilitació de la poètica interior de l'edifici

Quan entrem dins l'edifici ens trobem amb diferents espais, alguns dels quals són a cel obert i d'altres tancats. En aquests espais, sovint disposem de llocs on es fa l'acollida de la gent. El volum necessari per a aquesta acollida queda reflectit amb espais a doble o triple alçària de vestíbul o bé amb veritables espais interiors d'interconnexió acústica.

Alhora, també és interessant tornar a parlar en aquest apartat de la forma paral·lelepèdica dels locals. Com que és la forma més usual, cal estudiar la conveniència de mantenir-la o trencar-la. Sobre tot això interessarà en els casos en què la funció que s'hi desenvolupa sigui musical o vocal, com ara les sales d'assaigs, ensenyament de música, aularis, etc.

És obvi que hem d'anar tractant tot el que configura l'interior i, per tant, els acabats tant arquitectònics com d'interiorisme de les superfícies verticals i horitzontals de sostres, parets i terres i, és clar, del mobiliari i els complementos que acaben de definir l'espai on l'ésser humà viu i treballa.

2.6.1 Places interiors i espais d'interconnexió acústica

L'exemple de l'*impluvium* a l'edificació romana ens mostra una manera d'acollir el visitant quan arriba a casa nostra. Aquesta persona és rebuda en un espai on hi ha part del sostre a cel obert. Sembla que manqui aquesta zona central però, en canvi, se l'està aixoplugant en un lloc perimetral on el més important és precisament l'augment de volum del buit respecte de la part edificada. Aquesta manera de rebre és característica del mediterrani.

El mateix passa en un edifici del gòtic civil català, com els palaus del carrer de Montcada de Barcelona, on també es rep la gent amb aquest augment de volum un cop superada la portalada d'accés. Ho podem apreciar a la **figura 2.30**, on hi ha un dibuix de Lola Anglada que representa la

sortida cap a un bateig des d'un d'aquests patis.

Òbviament, això també ho trobem en altres indrets, com poden ser els habitatges del call de Girona. I si no és mitjançant un espai a l'exterior, aquest canvi es pot fer amb un espai interior d'interconnexió d'altres activitats (Palau Güell de Gaudí).

D'això, en diem **places interiors**, i és evident que per la seva importància requereixen tot un procés de rehabilitació, on s'ha de pensar també la rehabilitació acústica. Cal que aquestes veritables places interiors, tant les cobertes com les descobertes, tinguin un so controlat i, si és possible, molt similar a l'originari. És a dir, aquí hem de tenir cura amb els elements verticals, de paviment i de sostre, i també amb el so que produeixen els elements interiors (afegits en aquests espais), com poden ser els petits brolladors, la vegetació que pugui ser moguda pel vent o la vegetació que pugui atreure petits ocells o d'altres éssers vius (**fig. 2.31**). Tot això són aspectes que cal tractar i anar controlant, sobretot a l'hora de rehabilitar, com ara el so del nostre pas amb els seus paviments.

Així, caldria dir que, en aquests espais oberts, el que sembla més important és el fet que si abans tenien suficient absorció perquè eren oberts, ara no els tanquem excessivament (perquè llavors hi augmentem la reverberació). Hem de donar una certa continuïtat i un cert protagonisme a l'aparença dels sons produïts per les diferents textures i materials que podem trepitjar en aquests llocs.⁹

Pel que fa al que podríem anomenar la percepció física de l'espai (en aquest cas, la percepció acústica), és important tenir-la present a l'hora de rehabilitar un espai.

No podem treure un paviment de fusta per poder generar un so més elevat, ni podem matar una reverberació que precisament volia amplificar la presència d'aquell paviment. Òbviament, hi ha casos que interessa precisament el contrari, és a dir, rebaixar la producció de so dels paviments i rebaixar la reverberació existent perquè s'ha de desenvolupar una funció o una activitat de comu-

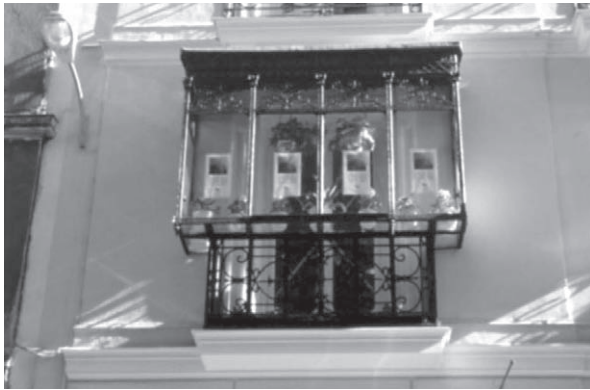


Fig. 2.27 Model de mirador típic madrileny (fotografia de l'autor)

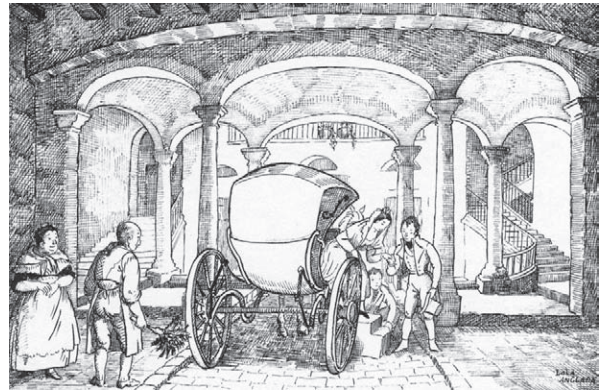


Fig. 2.29a Portalades del carrer de Montcada, Barcelona (dibuix de L. Anglada)



Fig. 2.28 Antiga imatge de la Via Laietana de Barcelona



Fig. 2.29b Gravats de comiat de nuvis al segle XVIII (dibuix de L. Anglada)



Fig. 2.30 Plaça interior de rebuda d'un palau al carrer de Montcada, Barcelona

nicació oral elevada. Ja sabem que la comunicació parlada ha de tenir un índex d'intel·ligibilitat molt alt. Però aquest és un altre cas, perquè en aquests llocs rebem la gent quan accedeixen a l'edifici.

Com a exemple, tenim el pati del convent de les dominiques a Valladolid. Tot el que és el seu perímetre ha estat restaurat per recuperar-hi activitats i serveis, i el que s'ha fet és donar-hi nous usos amb tendes. El que queda palès és que no s'ha canviat el sentit del paviment empedrat (ple de petits còdols de llera de riu adherits), que va dibuixant diferents rosaris i defineix un so específic en el pas per aquest espai (fig. 2.32).

De vegades, la percepció de l'espai es pot invertir, és a dir, els interiors adquireixen categoria d'exterior. Hi posem vegetació i aquesta actuació fa que tregui unes condicions acústiques diferents a les anteriors. La vegetació actua com a absorbent.

Accions com aquestes es poden considerar dins l'aspecte de sons positius i, pels dissenys dels seus espais, el valor que s'ha donat és el de recuperació dels sentiments inicials.

Això contrasta amb altres posicions de rehabilitació, on el que cal és precisament anul·lar aquelles disfuncions existents a fi de tornar-hi a buscar noves poètiques. Si la primera és la de manteniment de les poètiques vàlides, la segona posició persegueix retrobar-ne de noves.

2.6.2 La forma interior del local

Sovint ens passa que els espais s'acostumen a dissenyar amb angles rectes, precisament per poder-hi disposar el mobiliari, com poden ser els llits, els armaris, les calaixeres, etc., que gairebé sempre es basen en formes rectangulars.

Però aquesta no era la manera amb què Gaudí dissenyava els seus espais, i altres arquitectes tampoc no fan servir la forma paral·lelepèdica per a les seves cambres. Per això han necessitat dissenyar els seus propis mobles i complements, i acabar de conformar la decoració o l'interiorisme de l'espai,

a fi de fer-lo habitable (fig. 2.33).

En canvi, quan pensem en un espai habitable, estem molt acostumats a veure'l rectangular, aspecte que s'ha estès a l'entorn de l'arquitectura de moltes civilitzacions.

Cal dir que això ens sorprèn ja que, pel que fa a l'acústica del recinte, aquestes formes rectangulars formen les anomenades **ones estacionàries**, tan negatives, especialment per a la veu, la música i el cant. Per tant, la presència de tonalitats en els diferents espais ocasiona molts problemes a l'hora de generar sons interiors d'importància (fig. 2.34).

Dit d'una altra manera, com si es tractés d'un frontó, el so va rebotant entre una paret i la paret de darrere d'un local de no grans dimensions si les seves parets són molt nues (si no hi disposem cap material absorbent).

Aquest rebot s'estableix amb una sèrie de modes de vibració que s'anomenen **axials** (és a dir, que segueixen els eixos), tangencials (que segueixen un pla perpendicular a aquestes dues superfícies) i oblics (és a dir, que van en totes les direccions), que són les ones estacionàries. Com que amplifiquen i, per tant, augmenten la reverberació del recinte a determinades freqüències, produeixen uns augments de sons no homogèniament distribuïts, segons les dimensions i les proporcions d'aquests recintes.

D'aquí la importància que en els segles passats es va donar a les **dimensions harmòniques** o **nombres d'or** dels recintes de planta paral·lelepèdica o rectangular. Sobretot els que se centraven en el **nombre fi**, que (com s'ha comentat en els primers llibres d'arquitectura acústica) poden arribar a establir les bases per al disseny d'espais afinats com acords musicals.¹⁰

És evident que ens cal rehabilitar els espais rectangulars on hi hagi aquestes freqüències estacionàries, i per a aquesta rehabilitació podem optar per diferents solucions.

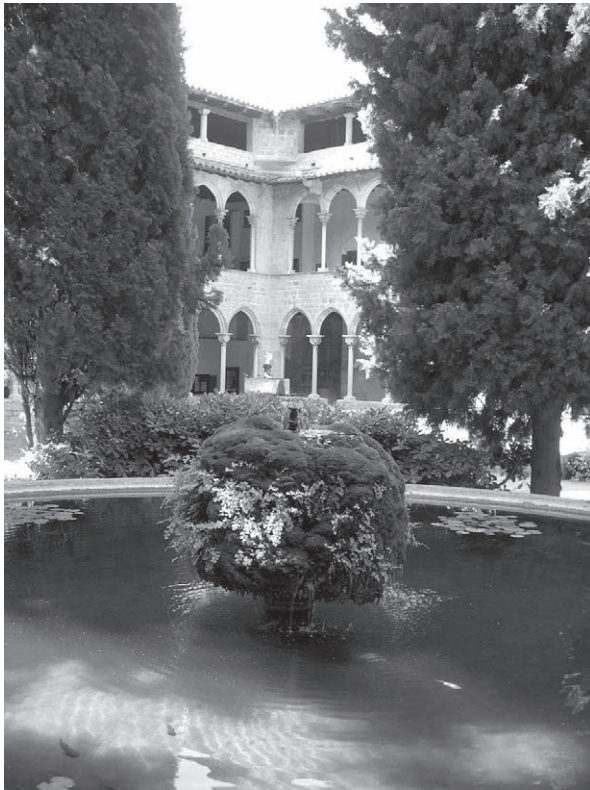


Fig. 2.31 Claustre del Monestir de Pedralbes a Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 2.32 Paviment del pati del Convent de les Dominiques a Valladolid (fotografia de l'autor)



Fig. 2.33 Vivenda modernista de Gaudí a la "Casa Batlló" i mobiliari que s'adapta a les formes corbes

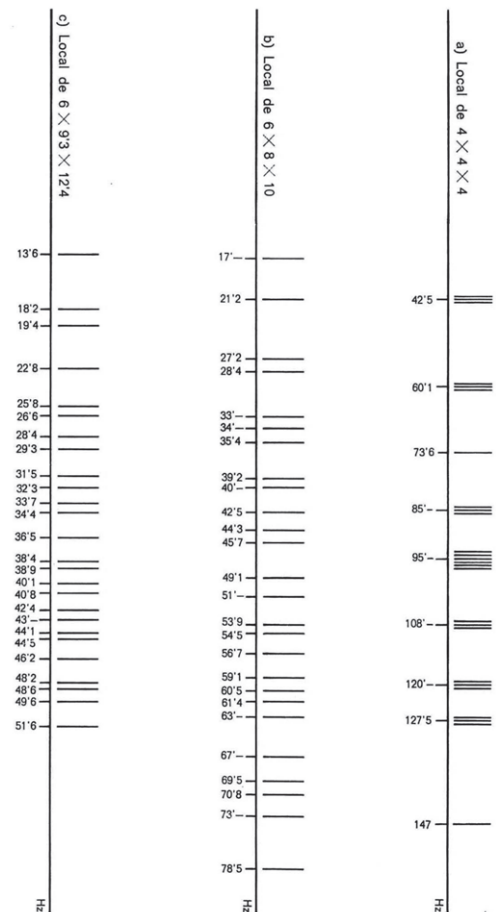


Fig. 2.34 Distribució de les freqüències pròpies en tres locals diferents (font: J. Pérez Miñana)

La primera consisteix a basar-nos en una planta rectangular i pensar que, ja que existiran les freqüències estacionàries, més val que les tinguem **repartides a tot l'espectre audible** i, d'aquesta manera, repartint el problema és com si l'anul·léssim. Òbviament, és l'opció que porta a buscar la **proporció àurea** del recinte. Abans ho hem esmentat, i alguns arquitectes i acústics ho recomanen per a casos concrets (**fig. 2.35**).

Però una altra opció és precisament la contrària. Llavors, la rehabilitació busca anul·lar el fenomen de la presència d'ones estacionàries farcint les parets de **material absorbent** o disposant-hi cortinatges, prestatgeries o mobiliari.

Una altra posició que s'adopta més per a la rehabilitació d'aquest fenomen en sales d'usos musicals, com ara les sales d'assajos, d'ensenyament de música i aularis, és intentar **suprimir la forma rectangular** a la planta (**fig. 2.36**). Això és fàcilment resoluble mitjançant uns materials d'acabat i de revestiment durs però amb formes més aviat trapezoidals o emprant el doble angle recte ubicat en vèrtexs diagonalment oposats, amb la qual cosa les parets sempre formen en un costat un angle agut i en l'altre, un d'obtús. Aquest cas comporta alguna dificultat per ubicar-hi el mobiliari, i alhora cal acostumar la visió a fi de contrarestar la sensació d'engany que produeix la manca d'angles rectes de la planta del local. El cas millor és aquell en el qual no existeix cap pla paral·lel enfrontat en un altre. Això succeeix tan sols en arquitectures no convencionals, com les de Frank Gehry al Guggenheim de Bilbao (**figures 2.37a i 2.37b**).

Ja veiem que hi ha diferents maneres de fer la rehabilitació d'aquests espais que, per la seva forma rectangular, poden presentar disfuncions.

Hi ha altres poètiques que sí que cal rehabilitar, degudes a la forma, com poden ser les petites o grans **focalitzacions** que existeixen en alguns indrets on hi ha convexitats o concavitats. És el cas dels passadissos i els interiors dels aularis de l'ampliació Coderch de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (**fig. 2.38**).

Mai el cub

Òbviament, l'**espai pitjor** és aquell que té **forma cúbica**. En una planta quadrada, els dos eixos presenten exactament la mateixa dimensió, i per això es duplica l'aparició del fenomen de freqüències estacionàries. Amb els tres eixos exactament iguals del cub, aquest fenomen provoca la pitjor acústica, perquè les concentracions d'ones estacionàries es multipliquen per tres i, a més a més deixen uns grans buits en moltes freqüències en les quals no hi ha ressonància. Si el que interessa en una planta de quatre angles rectes és repartir el problema, ara en canvi el concentrem molt més en uns indrets determinats de l'espectre audible.

Òbviament, aquesta és la pitjor forma que podem donar a un espai i, si les dimensions són inferiors als 8 metres, tenim les primeres freqüències pròpies estacionàries (axials) totalment audibles. Hem de fugir d'aquest tipus de local i, en el cas de tenir-lo, no hi ha més remei que rehabilitar-lo amb algun dels mètodes que hem esmentat d'absorció en el perímetre o bé de variació de l'angle d'arribada i de sortida de l'ona sonora cada cop que xoca a les diferents parets, és a dir, variar la geometria del local.

2.6.3 Els acabats superficials en sostres, parets i terres

La difusió

Com hem vist, és evident que, amb formes que per elles soles destrueixen la geometria excessivament igualitària, els problemes esmentats abans ja no apareixen.

Com a conseqüència de la forma del local poden sorgir els efectes de xiuxiueigs de galeria, focalitzacions o sales de secrets, com les que hem vist al llibre de disseny. En aquests casos, el trencament de les focalitzacions requereix definir una sèrie de plànols difusors convexos, ubicats en llocs estratègics, de manera que els raigs sonors no tornin a convergir en aquells centres de les convexitats nascudes de la forma del local (vegeu l'exemple concret de la discoteca Teatre que s'explica al ca-

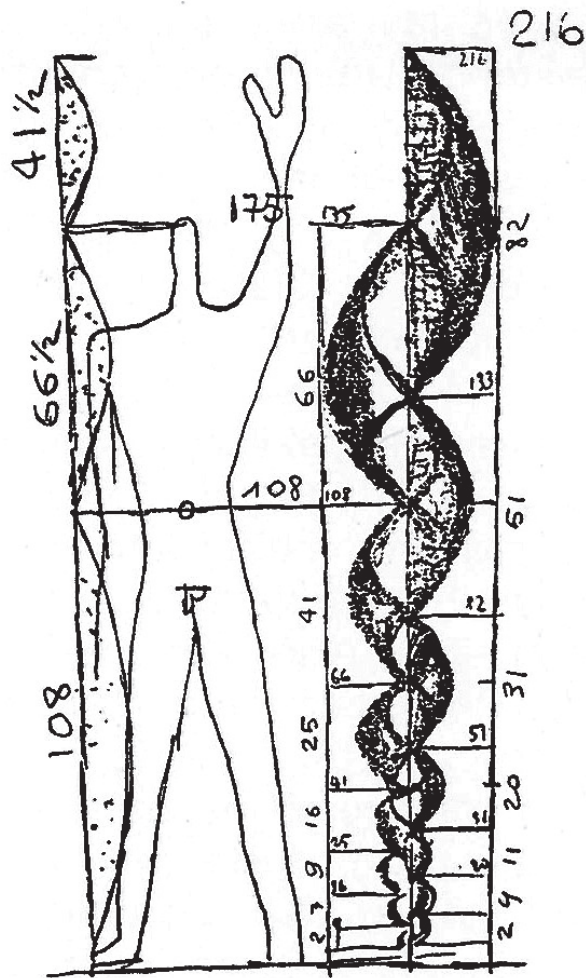


Fig. 2.35 Proporción àurea.
El Modulor de Le Corbusier

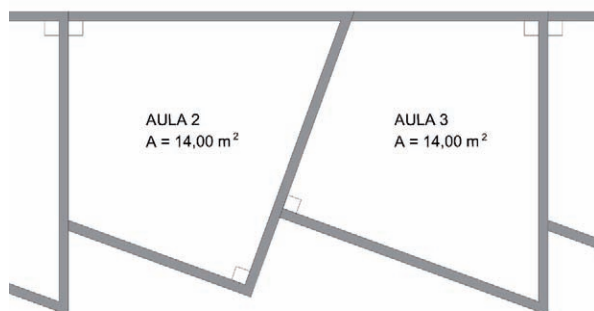


Fig. 2.36 Espai interior no rectangular a les sales de música
(esquema de l'autor)

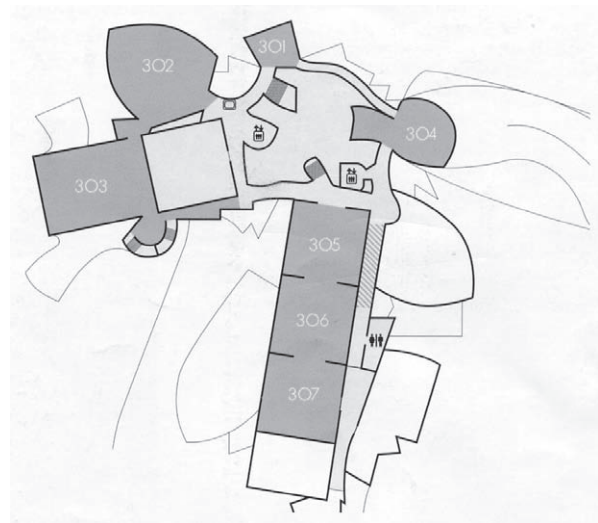


Fig. 2.37a Planta del Guggenheim de Frank Gehry a Bilbao

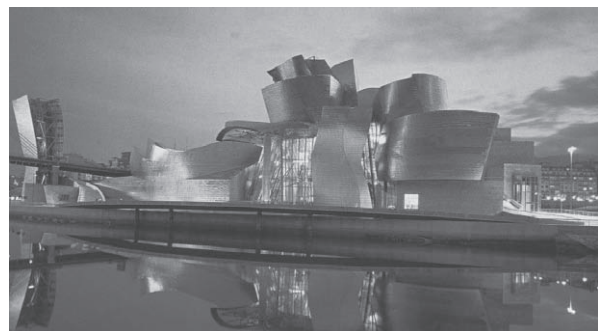


Fig. 2.37b Visió nocturna del Guggenheim de Frank Gehry
a Bilbao



Fig. 2.38 Focalitzacions degudes a concavitats i convexitats.
Ampliació de l'ETSAB, Coderch (fotografia de l'autor)

pítol de realitzacions d'aquest llibre).

El sostre

Un dels arquitectes que va treballar molt el sostre va ser Gaudí. Les formes tradicionals del Modernisme exigien l'esforç de l'aplicació de formes orgàniques (**fig. 2.39**).

Mirant un sostre, es descobreix la presència de llocs on l'aire pot passar a través dels porus d'aquests materials encarregats d'aportar l'absorció de les oficines, les escoles, els aularis, etc. Altres porus es veuen tapats.

Si no tenim cura del manteniment, encara es nota més la diferència, perquè queda ennegrit allà on l'aire ha passat, ja que la pols portada pel corrent ascendent convectiu de l'aire calent es diposita a prop del forat i l'enfosqueix. Dissortadament, això deixa un senyal de la continuació de l'eficàcia acústica d'aquell sector del material. En canvi, els porus que queden sense tapar ens indiquen que no hi ha connexió amb l'espai posterior. Cal dir que hi ha plaques on aquest porus no es connecten a una cavitat posterior, com poden ser algunes plaques de guix, però en què l'aire hauria de passar i es nota quan no ho fa.

Tots hem escoltat diferents espais on els porus dels acabats (que haurien de donar una veritable absorció acústica), es troben taponats per la **pintura excessivament espessa** i, a causa d'això, deixen d'acomplir la seva funció acústica. En el decurs del manteniment, cal tenir en compte aquest procés i apuntar al llibre de manteniment de l'edifici els casos en què la rehabilitació pictòrica de l'acabat malmet la seva activitat acústica.

Hem d'esmentar també el taponament dels forats de planxes perforades, com pot ser el cas de les planxes metàl·liques absorbents disposades als sostres del Centre de Cultura Contemporània de Barcelona (CCCB) (**fig. 2.40**). En un museu on les diferents exposicions que s'hi desenvolupen fan que en algun cas s'hagi de pintar de fosc, de colors o de blanc, hem de tenir en compte el repintat

dels acabats. Si hi posem un material en el qual hi ha petits foradets, és segur que les diverses capes successives de pintura, per molt bé que es facin, els acabaran tapant, la qual cosa és també molt negativa visualment.

A la **figura 2.41** podem veure l'aspecte d'un sector del sostre de l'Aeroport del Prat a Barcelona, obra de Ricardo Bofill, on malgrat els pocs anys que fa des que s'ha construït ja es detecta manca de manteniment pel que fa a la neteja del sostre absorbent acústic.

Per això, és molt important establir un **llibre de manteniment acústic** d'alguns edificis, on s'especifiquin la densitat de la pintura que s'ha d'emprar, la dimensió mínima de les perforacions que han de presentar les plaques tapades un cop repintades, la neteja, etc.

Les parets

Estem parlant molt del sostre perquè és la superfície on segurament es pot actuar acústicament amb més extensió i sense produir tanta molèstia com en el cas de les parets. La disposició del mobiliari, com ara les prestatgeries, les vitrines, els quadres i altres penjolls com tapissos i macramés, la presència dels sofàs, etc., van introduint absorció sonora, però alhora fan que aquelles superfícies verticals no estiguin tan estudiades des del punt de vista acústic. És clar que sempre podem recórrer a l'entapissat o a les moquetes adherides a les parets per millorar l'absorció, però no és la solució generalitzable en tots els casos, atesa aquesta mobilitat dels elements d'interiorisme.

En el cas de les sales d'audicions, és molt important el tractament dels paraments per tal que el so arribi de la millor manera possible al receptor (**fig. 2.42**).

El terra

Com hem comentat abans a l'apartat d'espais d'interconnexió acústica, alguns paviments poden millorar l'aspecte tàctil, i per això són molt



Fig. 2.39 Detall del sostre de la Casa Batlló de Gaudí, Barcelona



Fig. 2.41 Detall actual del sostre de l'Aeroport de Barcelona. Ricardo Bofill, arquitecte (fotografia de l'autor)

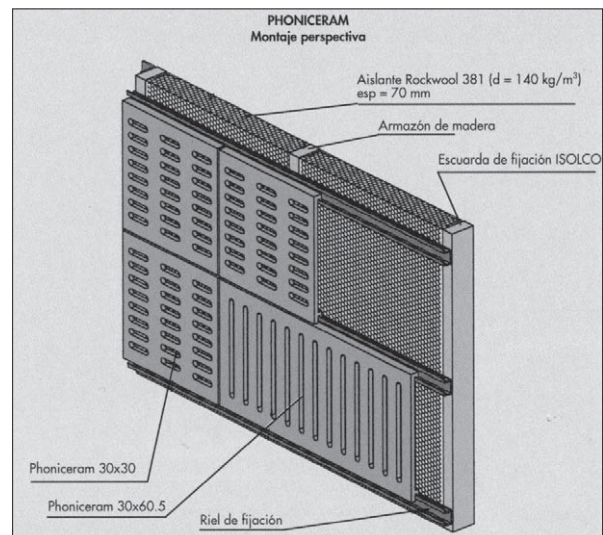


Fig. 2.42 Ceràmica perforada absorbent (font prospecte: Guiraud Frères)

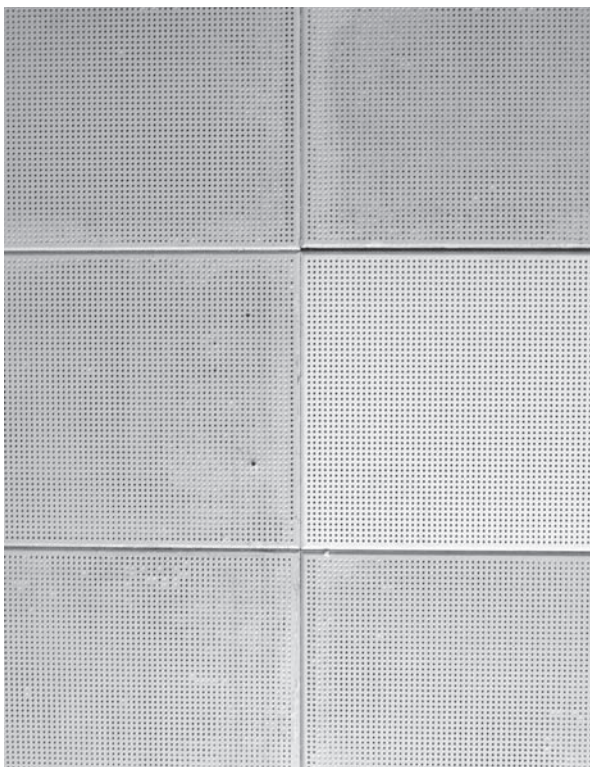


Fig. 2.40 Sostre del CCCB (fotografia de F.G.P. i E.C.S.)



Fig. 2.43 Panteó de Roma (fotografia de l'autor)

convenients per a l'ús de persones amb problemes de visió. El cec es mou molt a través del so, però també a través del tacte, i el tacte del peu és molt important per donar-li informació del que està trepitjant. El disseny i el redisseny d'aquests sons, les vibracions i els tactes que li produeixin els paviments cal tenir-los molt en compte en rehabilitar els diferents paviments dels espais.

El cas del Panteó de Roma. No tot es pot rehabilitar

Un exemple concret de dificultat en l'elecció del procés de rehabilitació és el Panteó de Roma. Si hi heu estat, de segur que n'heu admirat les dimensions, el meravellós sistema estructural i l'òcul de llum central zenital que permet fer entrar la llum solar, però potser no heu atès la seva acústica nefasta.

En efecte, la seva reverberació és excessiva, propera als 6 segons (sala buida), i si algú ens encomanés fer-ne la rehabilitació acústica, ens preguntàrem com és que des del seu naixement, a l'època de l'Imperi Romà, ningú no s'ha dedicat a fer-ne un projecte d'absorció sonora (**fig. 2.43**).

És evident que el tractament absorbent no pot ubicar-se als paviments, atès que aquests reben gran quantitat de visitants al dia. Alhora, la focalització de l'espai hemisfèric fa que no sigui factible basar-se tan sols en un increment d'absorció superficial, perquè la forma hemisfèrica continua existint-hi.

A més, les proves de restauració cromàtica que s'hi han portat a terme indiquen que es volen recuperar els colors originals dels seus acabats interiors i no pas cobrir-los amb materials absorbents actuals. Per tot això, crec que han d'existir, com en aquest cas, uns exemples arquitectònics on la rehabilitació acústica no sigui factible.

Potser caldrà dissenyar uns absorbents invisibles?

Ja s'han fet proves per tal d'obtenir absorbents de metacrilat o altres plàstics transparents, basant-se en ressonadors de cavitat, però el problema és la

brutícia que sempre evidencia la presència dels sistemes absorbents. I ningú no vol que la mirada del visitant s'aturi en aquestes solucions acústiques, en comptes de fixar-se en l'arquitectura, l'escultura i la pintura.

Cal veure que sempre la rehabilitació acústica ha d'estar al servei de l'art, i no a l'inrevés.

L'exemple del Panteó de Roma ens demostra que segurament durant molt de temps continuaran existint espais amb males condicions acústiques.

En aquests casos, sols es poden proposar algunes reformes puntuals i efímeres per a la correcció sonora, a l'espera de noves solucions i productes del mercat constructiu.

2.6.4 El mobiliari i complements

Tots nosaltres ens hem assegut en algun tipus de butaca o de cadira que, en el moment de seure-hi, produeixen uns sons que no ens agraden gens. Són aquells sons d'esbufegar, de ventositat, etc., que alguns directors de cinema han fet servir per emfatitzar unes seqüències. Com que es produeix una sensació no gaire positiva i alhora riallera, els directors s'han rigut d'ells mateixos i dels de fora la pantalla, posant en evidència els sons que produeix el mobiliari que fem servir quotidianament (**fig. 2.44**).¹¹

Cal indicar que existeix una poètica en el so del mobiliari dels nostres edificis i de les nostres activitats. En algun moment, aquesta poètica es fa servir, i per això cal rehabilitar-la, a fi de tornar a donar vigència i nou interès al so d'aquell esdeveniment. Tots coneixem l'actitud de caixa de ressonància d'alguns mobles, com ara els bucs, les calaixeres, els armaris, els taüts, els cofres, etc., i només cal pensar en els diferents elements que configuren un pis per preveure si la seva poètica és prou interessant.

Si acabem de llogar un pis o un apartament moblat, només d'accedir-hi potser ens adonem que els sons de pràcticament tots els seus mobles no

ens atrauen gens. Quan movem les cadires (quan les arrosseguem), generen un so llastimós i molt negatiu en contacte amb el terra. Quan seiem a sobre, produeixen un cruixit que sembla que s'hagin de trencar. També descobrim que el so dels nostres colzes amb la taula fa que el nostre cos no soni bé, i quan donem cops a la taula amb les mans i amb els dits descobrim sons estranys. Només que passem els dits per sobre la taula es produeix una sensació sonora poc afí amb nosaltres.

Això ens pot portar a pensar que aquests mobles (i només he parlat de dos: la cadira i la taula) no són gens adients amb el nostre caràcter. Què hem de dir llavors de les butaques, les tauletes auxiliars, les làmpades, etc? Estem envoltats per tot un conjunt de mobles i objectes de sons descontrolats. Aquest és un tema de rehabilitació sonora molt vinculat amb la nostra percepció personalitzada.

Mobles lleugers i rígids

Quan seiem en una butaca que està feta de vímet o de material vegetal, cruix (**fig. 2.45**). Òbviament, ho fa quan té algun tipus d'excitació, per sobrepass. Només que ens hi estirem lleugerament o que ens moguem per canviar de posició, ja ens informa d'aquest petit desplaçament de càrregues que hem realitzat.

Hi ha el moble que detecta fins i tot els petits assemtaments diferencials dels individus.

També hi ha mobles més pesants, o d'estructura més rígida, que no detecten res en absolut.

Aquest és el camp de la poètica del mobiliari, igual que una taula de centre, que disposa d'una part de fusta i una part de vidre al mig, i aquestes parts, quan es dóna un cop en algun dels seus elements, sonen tal com són. D'això es tracta, volem que soni a fusta? Volem que soni a vidre? O volem esmortir el so amb la presència d'un altre material?

Per tant, hi ha molts moments en què ens hem de plantejar la rehabilitació del mobiliari d'aquell lloc on vivim i treballem tantes hores.

Estira't al llit i observa tot escoltant el so d'aquell llit, i pensa si és el so del llit que tu volies. O te l'has trobat? Has pensat en el seu so a l'hora de comprar-lo, o potser només en la seva estètica? I ara, et sorprèn o t'entusiasma?

Els complements

Tot el que ens envolta ens ofereix una estètica sonora que està d'acord o en desacord amb la nostra concepció. Aquesta estètica sonora és evolutiva, perquè segons el moment podem estimar o bé odiar el mateix so.

En accedir en aquest hipotètic apartament moblat, potser ens desagrada el so dels objectes que hi trobem: els tamborets, les papereres, els tapissos, els quadres o les cortines, quan els toquem i movem, o quan donen cops a la paret.

Hi ha tantes i tantes coses que ens són necessàries i, en canvi, no les tenim en compte! Però tot el que tenim a la casa ens insinua un conjunt de sons que es poden rehabilitar.

L'interruptor

Per exemple, tan sols el so d'un senzill interruptor constitueix tot un món d'experiències. Xavier Rubert de Ventós¹² explicava molt bé la manera com l'ésser humà acciona un interruptor.

Deia que primer havia de ser una acció enèrgica, com la palanca que connectava l'electricitat de la central elèctrica, per on passava una gran densitat de corrent. Per tant, aquella palanca era de tipus frankensteiniana i l'acció era enèrgica (viril).

El va seguir un interruptor amb acabat de porcellana, que es girava (dextrogir) per fer el contacte. Òbviament, ja el podien fer servir les senyores, però, tot i així, era bastant brusc i rudimentari, com el gir d'una clau per a donar la llum.

Després varen arribar aquests interruptors de tipus palanca en els quals ja és molt més fàcil l'accionament perquè només cal estrènyer. Aquests in-

erruptors ja s'instal·laven a l'abast de la mà d'un nen, quan abans eren a l'altura de les espatlles d'un adult.

Posteriorment, es va passar a aquests interruptors tàctils que semblen fets per a la persona a qui li fa una certa sensació d'angoixa el fet de tocar-los. Tan sols cal aproximar-hi el dit perquè hi ha un sensor que detecta la nostra presència i acciona un mecanisme que tanca el circuit.

I, òbviament, els interruptors del futur, controlats per la veu humana o, encara més enllà, pel nostre pensament.

Així doncs, podem observar que el fet de donar o connectar el llum que il·lumina els nostres espais és cada cop més fàcil i alhora més impersonal (o potser acabarà essent més personal).

Ja veiem el gran canvi que ha fet en el decurs de molt poc temps aquest senzill mecanisme anomenat interruptor elèctric, des de la introducció de l'energia elèctrica en els nostres habitatges i llocs de treball.

Si pensem en el so que produeixen aquests interruptors, observem que ha passat per un procés d'estalvi d'energia sonora cada cop més gran. El "croc" metàl·lic i brusc de la palanca es va substituir pel "nyac" del gir de porcellana, fins arribar als "clics" encara vigents dels de palanca (fig. 2.46).¹³ Òbviament, amb els sensors tèrmics potser ja entrem en el món dels objectes insonors. Tot i que poden fer molt bé la seva funció, ens pot semblar que s'ha perdut quelcom d'important amb aquest emmudiment. Perdre el so també es pot considerar tan negatiu com el fet de produir mal so.

El telèfon

De la mateixa manera podríem parlar del telèfon. S'ha produït un gran canvi des d'aquells antics telèfons de trompeta de fusta (fig. 2.47), passant pels negres de bacalita, omnipresents en les nostres parets, fins arribar als "Heraldo", als "Forma" i, òbviament avui, aquests mòbils que ens permeten

fins i tot enviar missatges per internet. Hem passat per tot un univers de sons, des del timbre de campaneta dels antics i els sonalls dels de plàstic, fins a la melodia multifreqüència dels mòbils, que cada usuari escull. En aquest exemple, s'ha passat dels sons dissenyats però impersonals al so musical i individual escollit per cadascú.

I poso fi en aquest tema, conscient que queda molt per dir, com ara de les d'instal·lacions interiors, els radiadors que ens ressonen, etc. Però val la pena deixar moltes més coses també per als capítols posteriors, dedicats a l'edifici i al local.

Les catifes

No voldria acabar aquest apartat sense parlar de les catifes, elements que juntament amb el paviment configuren el so o el *nyigui-nyogui* de les nostres passes pel territori.

Quan estem a casa nostra, el primer que fem és trepitjar la catifa de l'entrada per poder-nos netejar la brutícia, el fang o l'aigua que el calçat arrossega de l'exterior. Entrem a l'interior, el qual ens recull amb un paviment encerat que va grinyolant amb les nostres passes i permet als altres descobrir que hi hem accedit (la nostra presència se sent més pels nostres passos que no pas per altres actituds, com ara la nostra veu). Després podem arribar a algun lloc on el pas queda totalment esmorteït, gràcies a la presència d'una estora o d'alguna catifa de llana. Això és el que ens interessa d'aquest petit territori o escenari on vivim.

Al lloc de treball, segurament no voldrem que s'emfatitzin els sons dels visitants ni que aquests se sentin molestos amb els seus passos just quan arriben per establir un contacte amb nosaltres. Hem de pensar en els seus contractes i per això cal que les poètiques dels elements que configuren aquest escenari de relació siguin unes poètiques positives i els permetin establir "unes bones vibracions" amb nosaltres.

Per què no ens fixem en tot el que ens envolta, i no tan sols als complements? Jo diria que cal arribar



Fig. 2.44 Seients sonors Tati (font: pel·lícula Play Time)



Fig. 2.45 Seients de vimet (fotografia de l'autor)



Fig. 2.47 Telèfon antic a Can Domènech (fotografia de l'autor)



Fig. 2.46 Interruptor Ibiza (BJC), d'André Ricard



Fig. 2.48 Antiga làmpada de llàgrimes de vidre (fotografia de l'autor)

fins i tot a les plantes. Heu tocat alguna vegada una planta i heu sentit el so que fa una fulla d'una planta natural amb el vostre tacte? I heu sentit el so que fa una fulla d'una planta artificial d'imitació (tot i que sigui de seda)? Heu sentit com sona? Quasi mai no pot sonar igual que aquella planta original.

2.7 Restaurar l'art sonor

Alguns de vosaltres heu sentit com sonen aquelles llàgrimes de vidre (fig. 2.48) que floten de les làmpades de les grans aranyes que presideixen (o presidien) els menjadors de les antigues grans cases? Hi ha persones a les quals els interessa el so i el ressò dels objectes que pengen de les parets i dels sostres, a l'interior o a l'exterior dels seus habitatges. Hi ha qui desitja captar les vibracions de l'aire i emfatitzar que no estem sols, que quelcom ens acompanya. Hi ha missatges que ens interessa anar captant, reproduint, amplificant; en definitiva, fer-los intervenir en el nostre paisatge sonor a fi que tinguem present aquesta sensació que el so és i forma part de la nostra cultura i que amb ell no estem tan sols vivint o convivint amb els altres.

Bé, si és així, si les respostes a aquestes preguntes són afirmatives, això vol dir que en algun moment ens interessa saber com hem de rehabilitar els sons i ressons de l'art sonor.

És fantàstic que es pugui restaurar l'art sonor perquè això vol dir que disposem de molts exemples.

Ja comencem a tenir bastant art sonor, i molt aviat caldrà començar-lo a cuidar.

Per exemple, les escultures sonores, posades a l'exterior, tenen un deteriorament i hem de pensar que la seva restauració o rehabilitació ha de correspondre a veritables luthiers.

Què faran aquests luthiers quan en Masuda no hi sigui per donar-los les indicacions?

Bé, hauran d'anar pensant què era el que volia produir com a so a les seves escultures. Segurament, caldran luthiers, músics i acústics a fi que els escultors, arquitectes i creatius sonors entenguin la manera com es formen els sons i ressons, les característiques tímbriques, els atacs, etc. Això farà, en aquest cas, que aquestes obres siguin de Kan Masuda i no d'altres escultors. Ell és coneixedor de la fusta, coneixedor de les tècniques de construcció de guitarres; sap de so i per això genera unes escultures que el dia de la seva restauració necessitaran uns especialistes en aquestes matèries.

Hem dit que estem a punt d'arribar a la restauració de l'art sonor. Quanta gent haurà de preocupar-se per rescatar tots aquells objectes, obres, escultures, arquitectures, partitures o composicions?

Cal treballar molt aquest camp a fi de tenir-hi més relació el dia de demà, en què potser aquell so igual ja no sigui percebut de la mateixa manera com es va originar.

¹ Vegeu en aquest sentit el llibre *Arquitectura acústica 1. Poètica i Arquitectura acústica 2. Disseny*, d'Edicions, UPC (1998 i 2000, respectivament).

² Aquest tema ja s'ha comentat als llibres de poètica i disseny d'aquest autor, però no pot pas acabar aquí perquè, per si sol, és d'una extensió impressionant, motiu d'altres recerques.

³ Un exemple ha estat l'oxigenació dels barris vells de Barcelona, iniciada amb l'alcalde Narcís Serra, i que es produeix gràcies a la intervenció de l'equip d'arquitectes MBM (Martorell, Bohigas, MacKay).

⁴”No t’has adonat, tot passejant per aquest poble, que, d’entre els edificis que el formen, els uns “són muts”, uns altres “parlen”, i d’altres, per fi, els més estranys de tots, “canten”? No et pensis que sigui llur emplaçament, ni tan sols l’aspecte general, allò que els anima fins a tal punt o que els redueix al silenci. Resulta del talent del constructor, o del favor de les muses.” Paul Valéry, *Eupalinos o l’arquitecte*.

⁵ Tot això m’evoca uns records de la meva infantesa, en un pati com aquest, jugant amb altres infants i envoltat de sons dels altres patis veïns. No té res a veure amb el que es pot considerar el so de la ciutat ni tampoc amb el que es pot considerar el so de l’edifici. De fet, és el so de casa meva, el so que jo he “viscut” del meu pati.

⁶ Respecte a les ordenances de Barcelona que han incidit negativament en la supressió de l’espai buit, tan necessari, cal esmentar les de l’alcalde Porcioles.

⁷ Fa anys vaig visitar la ciutat de Sevilla durant l’estiu. A causa de les restriccions d’aigua que patia, el consistori va decidir suprimir momentàniament l’aigua de totes les fonts i brolladors. Tot era sec. Em va produir una impressió de ciutat morta, quan, en canvi, l’havia conegut joiosa, exuberant. Vaig pensar que els llacs, les fonts i els brolladors no només ens alimenten amb l’augment de la refrigeració adiabàtica, sinó que constitueixen veritables veus de la ciutat. Quan aquesta conversa et falta, t’adones de la seva importància.

⁸ Em va sorprendre aquesta característica específica d’una persona culta, un advocat invident que sap apreciar el que vol dir el passeig auditiu, òbviament tan necessari per a ell, i els recorreguts que ha de fer a les diferents ciutats que visita.

⁹ Recordem que, com a itinerari dins un edifici, vaig proposar conjuntament amb els arquitectes Alfons i Margel·lí Valdés fer uns canvis de paviments a la seu del Comú de Les Escaldes (Andorra). Vam pensar en unes variacions controlades de les sensacions de l’itinerari.

¹⁰ S’ha vist que els acords que generen uns sons més interessants des del punt de vista de la separació entre les diferents notes que els formen donen lloc també a espais que sembla que tenen unes qualitats acústiques excel·lents (vegeu el capítol 3 i l’annex I del llibre *Arquitectura Acústica. Poètica* d’aquest autor).

¹¹ Un exemple és el cas del director i actor francès Jacques Tati, que a la pel·lícula *Play Time* emfatitza el so d’aquests mobles.

¹² Filòsof i catedràtic d’Estètica a l’ETSAB, autor de nombroses publicacions entre les quals cal destacar la seva *Teoria de la sensibilitat*.

¹³ “Havia observat que, de nit, en pitjar un interruptor d’aquests grans, era molt molest sentir aquest ‘clic’. Per això en dissenyar aquest nou model vaig buscar una solució. La forma d’evitar el ‘clic’ desagradable va ser posar al darrere de la tecla un petit topall de goma que impedisís el xoc d’aquesta peça directament amb la base” (André Ricard, dissenyador).

3. La rehabilitació de la poètica i el disseny acústic personal i col·lectiu

Cadascú de nosaltres es vesteix i guarneix amb tota una sèrie d'objectes que configuren el que podem anomenar l'**arquitectura personal**. Una d'aquestes arquitectures personals, molt sovint minimalista, és la dels barnussos i les bates per abans del bany o la dutxa, que representa el pintor Casas a la **figura 3.1**. En molts casos, aquestes modes que ens mouen cap a unes tendències, cap a uns objectes o unes vestimentes determinades, fan que arribem a situacions en les quals ens podem sentir fins i tot incòmodes. Aquesta incomoditat és motivada pel fet que amb el que portem a sobre transmetem uns senyals i unes comunicacions, amb els quals no estem d'acord i que no ens agraden.

Això ens pot passar amb determinades arquitectures personals, on des dels vestits, les joies que portem penjades, el calçat, les bosses de mà o d'executiu, fins als telèfons mòbils, etc., estem donant una sèrie d'informacions sonores als altres (i aquestes informacions potser no ens interessin).

Aquests són temes que caldrà rehabilitar si no funcionen bé. En alguns casos, no són fàcils d'establir perquè la limitació l'ha de fer el propi individu —és la seva pròpia arquitectura— i, per tant, són la imatge, el so, els colors, les textures, etc. amb què vol que els altres el vegin o l'escoltin. Tot això comunica com és aquesta persona als observadors que té al costat.

3.1 Rehabilitació dels sons personals

Toca ara parlar de la manera com nosaltres fem les

manifestacions sonores amb l'ambient exterior i com ens comuniquem amb els altres mitjançant els nostres sons personals (i els sons més íntims).

Ara passem a fer referència als diferents camps entre els quals hi haurà la nostra **veu** (la nostra manera de parlar, segons l'educació que hem rebut), la nostra manera de **cridar** i de **xiular**.

Per tant, haurem d'analitzar, fins i tot, si el **to** que emprem és un to natural o un to artificial. És a dir, si és un to que va amb la nostra veu o no.

Potser si hi tenim alguna mancança ens interessarà fins i tot fer la rehabilitació de la nostra veu (el que s'anomena **impostació natural de la veu**). O potser hem d'entrar al quiròfan perquè l'única solució consisteix que ens extirpin uns nòduls de les cordes vocals.

Tot això ens porta a considerar allò que nosaltres fem com a autors o emissors dels sons, que té una gran importància perquè amb el so comuniquem als altres molta part de la nostra personalitat.

A part d'això, cal parlar de la nostra manera de vocalitzar, la nostra manera d'aclamar, el nostre art (o no) de fer oratòria, i (potser) ens hauríem de poder rehabilitar o educar anant a alguna escola de **declamació de teatre**.

També analitzarem el cas en què nosaltres no tinguem tantes peces bucals pròpies i ens hagin hagut d'afegir dents postisses, la qual cosa voldrà dir que els nostres sons ja no són com havien estat abans

(d'això, n'hem de ser conscients). Si fem una rehabilitació de la nostra dentadura, potser podem tornar a fer servir el paladar.

El lector, segons l'edat que tingui, segurament no podrà entendre la importància de tot això, però és evident que la **boca** i els **ressonadors nasals**, **sinus**, etc., configuren part d'aquesta personalitat sonora específica d'un mateix.

L'altra és la forma que tenim d'anar fent les nostres actuacions de cara a l'exterior, amb **cops de porta**, **cops de mà**, els **dits**, etc.

Tot això és una manera d'intervenir en el paisatge sonor que tenim entorn nostre.

En resum, cal fer referència als nostres sons, que són les maneres que nosaltres tenim de cridar l'atenció, no tan sols quan **cridem** els altres. Hem dit que fem servir els cops de mans (fins i tot és una manera d'aplaudir), com en el cas dels uixers del Panteó de Roma a l'hora d'indicar el final de la visita. Acostumem a cridar l'atenció dels altres, emprant més els dits que no les mans. Petar els dits és una manera que ens hem acostumat a fer servir en la nostra cultura occidental, potser més que picar de mans.

3.1.1 La pròpia veu

Aquest primer apartat de la veu fa referència al so més personal de l'individu.

La veu que nosaltres fem servir per comunicar-nos amb els altres adopta diferents matisos al llarg del dia. En principi, un exercici important de la veu d'una persona és quan aquesta ha de fer una gran dedicació a l'**oratòria**, sigui per a la docència, el teatre o la política. És evident que els dots naturals i adquirits d'oratòria, units al fet que no parli d'una manera monòtona, etc., seran vitals (**fig. 3.2**). Aquesta cultura és necessària no només per a la seva comunicació amb els altres, sinó també perquè no es cansi, i perquè no agafi malalties. Ja sabem que qui no parla bé pot tenir molts problemes amb la veu, fins i tot alguns de forma irreversible.

Quan estem nerviosos, tirem la veu cap endins i llavors podem agafar molt fàcilment **afonies** momentànies. Ens cal aprendre a respirar i, sobretot, a empassar líquids que humitegin la gola, com ara la saliva o aigua. Això fa que els teixits dels òrgans fonadors no estiguin tan ressecs.

En qualsevol cas, la resolució farmacològica i quirúrgica d'aquestes disfuncions cal deixar-la més per als otorinolaringòlegs, que són els que coneixen aquests temes. Però amb l'experiència docent he après que el més important és saber fer **silencis**.

De la mateixa manera que en la música els silencis de blanca, de negra, etc., són molt importants perquè estableixen la necessària diferenciació i el descans entre les notes, en el cas de la paraula són importantíssims per a la comprensió de la comunicació oral. Tant com podem donar una comunicació amb paraules, també hem de saber-la donar amb silencis (és a dir, amb l'absència d'aquestes paraules) (**fig. 3.3**).

Hi ha silencis que simbolitzen uns estats emotius fantàstics, com el minut o els cinc minuts de silenci per alguna acció o per la mort d'algú estimat.

Quan parlem, hem de saber fer aquests silencis a fi de poder respirar, aprofitant la nostra gran capacitat de "manxa" del diafragma. Cal fer entrar l'aire fins a omplir els pulmons i després, amb l'ajut del diafragma, anar expulsant l'aire, que va fent vibrar les cordes vocals sense cap esforç.

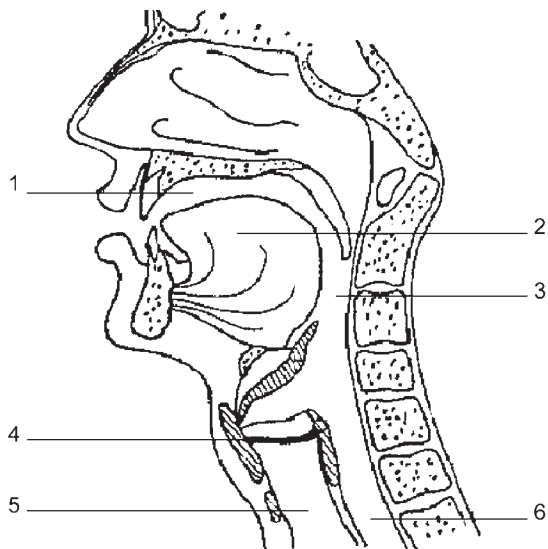
Hi ha qui, quan es posa nerviós, quan s'enfada o ha de dir alguna cosa a molta gent, **apuja el to de veu**. En català, "abaixar el to" significa abaixar el volum sonor. Passar d'unes notes més altes a unes notes més baixes equival normalment a abaixar el volum, perquè quan nosaltres tibem les cordes vocals som capaços d'emetre molt més so. Aquesta és una dificultat que tenen els qui canten o parlen amb veus greus, que normalment llencen menys volum sonor, i alhora la seva emissió és més omnidireccional en aquestes freqüències que no pas la gent que parla amb freqüències més agudes.



Fig. 3.1 Quadre Abans del bany, de Casas
(Museu de Montserrat)



Fig. 3.3 Seqüència de la pel·lícula
El espíritu de la colmena, de Víctor Erice



- 1) Cavitat bucal
- 2) Llengua
- 3) Laringe
- 4) Cordes vocals
- 5) Tràquea
- 6) Esòfag

Fig. 3.2 La veu



Fig. 3.4 Megàfon a dues mans
(fotografia de l'autor)

Una altra manera de rehabilitar momentàniament els nostres sons o la nostra veu és posar les mans a la boca i fer de megàfon i, d'aquesta manera, forçar un **factor de directivitat** superior al de l'esfera polsant, que és el model inicial (**fig. 3.4**). Quan parlem al mig del bosc, ens acostem més al factor de directivitat igual a 1. Per definició, el factor de directivitat d'una esfera és unitari.

Si ens enganxem en una paret, òbviament projectem el doble de l'energia a l'hemisferi de davant; per tant, ara el nou factor de directivitat és igual a dos.

Si un es posa a l'angle entre dues parets, augmenta el factor de directivitat a quatre i, si s'enganxa a un trèdre entre tres plans, el factor serà igual a vuit.

Aquest coneixement permet que alguns oradors experimentats cerquin en els auditoris o les sales de conferències aquells llocs que faciliten projectar el so cap als oients amb uns factors de directivitat superiors a la unitat.

De vegades també **criдем** (**fig. 3.5**). Parlem massa sovint en llocs on el so de fons no és excessivament baix, i som conscients que perquè ens entenguin hem d'augmentar la nostra potència d'emissió.

Si el so de fons s'aproxima als 30 dB, nosaltres podem parlar tranquil·lament i ens sentiran amb 50 dB i escaig a més d'un metre de distància (conversa a veu baixa). En un lloc tranquil i amb un to de conversa normal, ens escolten amb uns 60 dB a un metre de distància. Però, si el so de fons augmenta, hem d'augmentar la nostra dinàmica sonora si volem ser entesos.

Perquè ens entenguin, hem d'intentar que el nostre **nivell d'intensitat superi en 10 dB el soroll de fons**. Si el soroll del recinte ja és d'uns 60 o 70 dB, no ens toca més remei que apujar la veu i, si se situa per sobre dels 80 dB, hem de cridar. Aquest fet serà negatiu perquè no podrem mantenir molt de temps aquesta comunicació. A més a més, pot comportar una descàrrega energètica important i potser no estem acostumats a mantenir-la.

D'aquí la importància de la restauració acústica dels llocs en els quals hem de mantenir converses. No només cal rehabilitar sales de conferències, aularis, sales d'auditori i esglésies per als oradors, mestres, músics i capellans, sinó sobretot els sons quotidians que ens envolten en un restaurant, en un vagó de metro o dins la cabina de l'autobús. És a dir, cal rehabilitar qualsevol lloc on estiguem intentant parlar amb una altra persona.

Quan ens expressem amb crits, tenim el risc de perdre facultats i arribar a l'afonia. L'únic avantatge és que quan cridem ens estem apropant a una zona de més sensibilitat humana respecte a la percepció del so. En tendir l'emissió de qui crida cap a freqüències agudes, ens anem apropant al màxim de sensibilitat auditiva, que està als voltants dels 3.000 ò 4.000 Hz. Tot i això hauríem de dir que aquí hi ha més el xiscle de pànic que no pas el crit d'una conversa (aquesta màxima eficàcia auditiva serveix per preservar l'espècie humana; és just on ha d'existir l'alerta pel **crit** o xiscle produït per la nostra mateixa espècie).

Molt sovint necessitem reeducar la nostra veu, com quan l'ambient extremament sorollós ha originat que la nostra veu ens doni problemes, o perquè volem ser més bons oradors i els metges ens diguin que se'ns estan generant una sèrie de patologies a les cordes vocals; o perquè ens han fet alguna intervenció que hagi afectat el nostre sistema de fonació. En tots aquests casos, és evident que necessitem fer una impostació natural de la veu.

La **impostació natural de la veu** és quelcom necessari, sobretot en els casos en què no volem entrar al quiròfan, i l'ús d'antisèptics com ara el clorat de potassi (ClO_3K) tampoc no ens ho resol. És a dir, quan sense aquest mètode no s'assoleixen els objectius com els que necessita un professional de la veu.

Sabem que la veu és una expressió de la **personalitat** (o de la pròpia ànima) i la impostació natural de la veu permet, mitjançant l'aprenentatge de

recursos naturals del nostre cos, millorar el rendiment de les nostres comunicacions amb els altres (**fig. 3.6**). Alhora, permet assegurar una imatge i dóna seguretat a la persona que la domina, li obre un feix de possibilitats enormes en el camp docent, en l'artístic per fer declamacions teatrals i monòlegs, en el polític per dirigir-se al públic i en el religiós per adreçar-se a la congregació. A molts d'aquests professionals de la parla, com que no han après a parlar correctament des de joves, se'ls van formant tot un conjunt de patologies a l'aparell fonador, com ara nòduls, etc.¹

Podem dir que la imatge que donem a l'exterior consisteix en com ens veuen, és a dir, com ens vestim o quins colors portem i si anem subjectes a la moda. Tot això, en la nostra cultura occidental es valora molt, però amb la veu encara sembla més evident. La veu és també un aspecte important de la nostra **imatge sonora**: és una **empremta sonora** de la nostra personalitat.

Hi ha empreses que agafen qualsevol persona per fer de telefonista. Feu la prova de trucar a diferents llocs on no conegueu la persona que us atén i imagineu-vos el seu caràcter (i, fins i tot, el seu físic) a partir de la seva veu. Si després aneu a veure-la, comprovareu que la nostra oïda encara no ens permet per si sola determinar com és aquella persona.

Però el que és evident és que la veu de qui ens atén té molta repercussió en l'actitud que adoptem amb ella i la que prenem, en general, mentre esperem parlar amb el destinatari final de la nostra trucada.

Passem al tema següent, que fa referència a la variació dels nostres sons deguda a modificacions dels **ressonadors** i **formadors** de la parla.

Qualsevol extracció d'una peça bucal ens provoca un augment del volum de la caixa de formació de les paraules, tant de les vocals com de les consonants, que és la boca. Ja sabem que la llengua és una de les protagonistes principals, conjuntament amb la vibració de les cordes vocals, gràcies a l'aire que prové d'aquella manxa fantàstica que és

el diafragma (que ajuda els pulmons al rendiment general de tot el sistema).

Cal dir que la rehabilitació sonora comença amb aquelles persones que han tingut problemes de pronunciació de les ces com a esses (sopes) i amb les que parlen nasalment.

Hi ha també persones que tenen problemes d'obstrucció dels ressonadors (**fig. 3.7**) o dels conductes interns i nasals, o que tenen els sinus obstruïts, etc. Tot això fa que la seva veu variï.

La nostra veu també varia en funció d'alguns tipus de malalties, amb petites diferències respecte als instants normals, com ara per un senzill constipat. Però el que és evident és que quan hi ha una extracció d'un queixal o d'una peça bucal ens varien totalment l'aire, que ara sembla que se'ns escapa per allà. Les esses i sobretot algunes altres consonants canvien. Això fa que la presència dels harmònics que teníem en la nostra veu variï lleument, però a vegades ho fa de forma considerable.

Per resoldre la mancança d'aquella peça, hi ha qui es posa algun tipus de pont, és a dir, una peça feta amb metall i resines que sembla una dent però que és un postís. Llavors, pel fet de portar empostissats la producció sonora és molt diferent que si no hi ha cap problema bucal.

L'efecte contrari també el tenim. Posem-nos dos caramels, pedretes o cotons fluixos una a cada costat entre les dents i les galtes, i intentem mantenir una conversa normal. Escolteu com sonen les vocals i les consonants: algunes d'elles han variat tant que semblen una altra persona.

De tot això, n'hem de ser conscients. Segur que una rehabilitació amb l'odontòleg també ens pot permetre recuperar aquell so particular que ens ha mancat durant anys. De la mateixa manera, una persona que a vegades pateix sinusitis i que per això li canvia el so en no disposar d'aquells ressonadors i conductes, el dia que li resolen el problema queda contenta de recuperar la seva veu, aquella que semblava que li havien robat.

També hi ha el problema de qui no hi sent bé. Els problemes d'audició, com ara la presbiacusia, l'otitis, acúfens i altres afeccions del sentit de l'oïda poden fer que alguns assistents a un concert no puguin captar la riquesa de matisos cromàtics de la música amb tota la seva extensió. Però, sobretot, també intervé en la forma de produir els sons de la parla. Difícilment es poden generar sons plens dels matisos necessaris per a l'art del cant, l'oratoría, etc., si l'emissor no els pot escoltar bé.

Actualment, en cas de viure o treballar en un ambient sorollós l'oient pot demanar, a més de l'audiograma, la valoració de la pèrdua auditiva.

Segons AMA-ACO 82, l'impediment auditiu pot ser monoaural i biaural.²

L'índex de pèrdua inicial d'audició (*early loss index, ELI*), es defineix com la pèrdua per l'edat.

Si el valor ELI està entre 23 i 29 dB, hi ha sospita de trauma sonor. Si és superior a 30 dB, es considera que molt probablement hi ha trauma sonor.

| Edat | Home | Dona |
|---------|-------|-------|
| 25 anys | 0 dB | 0 dB |
| 30 anys | 3 dB | 2 dB |
| 35 anys | 7 dB | 3 dB |
| 40 anys | 11 dB | 5 dB |
| 45 anys | 15 dB | 8 dB |
| 50 anys | 20 dB | 12 dB |
| 55 anys | 26 dB | 15 dB |
| 60 anys | 32 dB | 17 dB |
| 65 anys | 38 dB | 18 dB |

Taula 3.1 Pèrdua d'audició amb l'edat (font: Salesa)

3.1.2 Les veus del nostre cos

A part de la nostra veu, hi ha la manera com anem fent emissions amb el nostre cos cap als altres. Òbviament, hi ha la producció de sons involuntaris, com són els sons estomacals (hi ha qui mentre parla sembla que vagi generant gasos).

Hi ha persones que, en moure les mans o algunes

extremitats, els peten les sinòvies. Podríem dir que són els **sons sinovials** de l'edifici humà.

Les estructures dels edificis també sonen quan hi ha contacte entre les diferents parts i com a conseqüència de contraccions i dilatacions tèrmiques o per variacions diferencials d'humitat dels seus materials. El mateix pot passar amb les nostres articulacions després d'haver estat una bona estona en una mateixa posició.

Però això no és important, perquè els sons sinovials són més aviat fluixos i passatgers i només passen en alguns moments. A més, solament se n'assabenten els qui estan més a prop (en la intimitat) i, per tant, se suposa que no passa res si algú percep aquests sons (**fig. 3.8**).

Altres sons poden ser més negatius. Són aquells que podem fer amb les **obertures** superiors i inferiors del nostre cos. Òbviament, a ningú no li agrada viure amb alguna persona que contínuament allibera els gasos del seu estómac per un indret o altre. Bé, deixem aquest tema perquè és molt desagradable, però cal saber que tot té remei i la persona que té gasos i ha de fer eructes molt sovint pot trobar mètodes (i no cal arribar als mèdics) basats en el coneixement i el domini del propi cos. El mateix es pot dir dels altres sons.

Cal parlar de tot això, de la mateixa manera que cal parlar de la forma com nosaltres cridem l'atenció dels altres³.

Hi ha vegades que cantem o xiulem. A Canàries, es posen a **xiular** com a mètode de comunicació (d'això, ja n'hem parlat en un altre llibre anterior).⁴ Òbviament, es vol rehabilitar aquesta cultura, i per això hi ha escoles que tornen a ensenyar als seus infants el coneixement i l'ús d'aquest art.

També generem sons colpejant-nos les galtes o el cap, tot modulant el volum d'aire de la cavitat bucal (**fig. 3.9**).

Quan volem que els altres tinguin un avís de la nostra existència o un cop d'atenció, podem donar

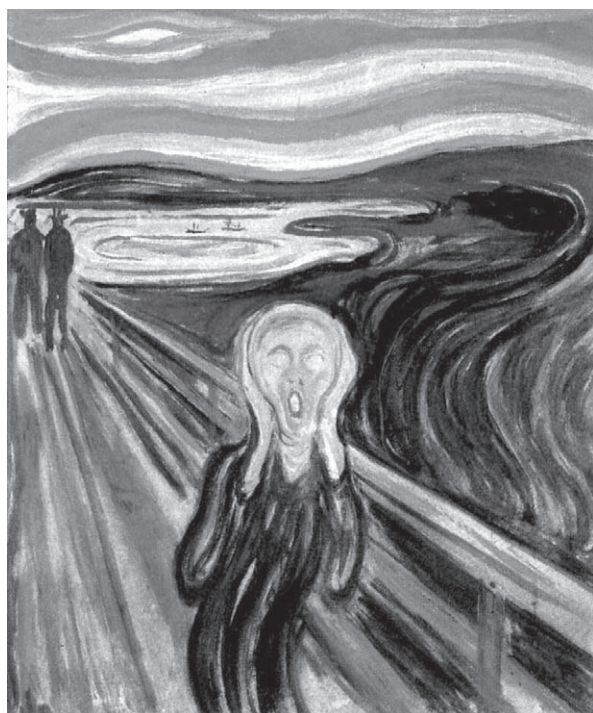
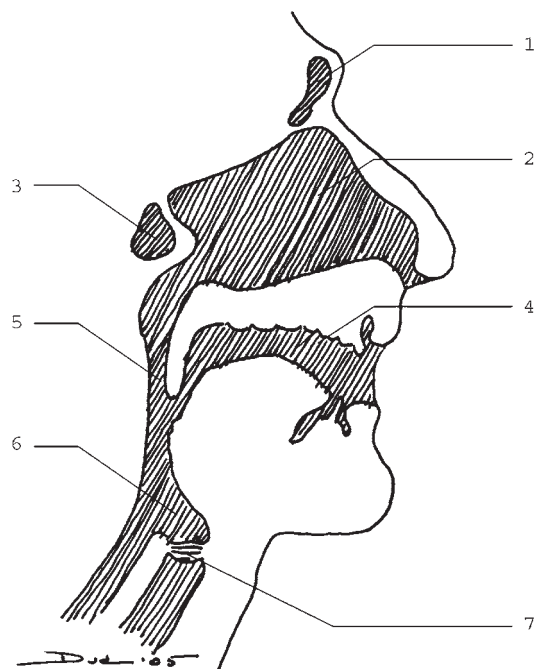
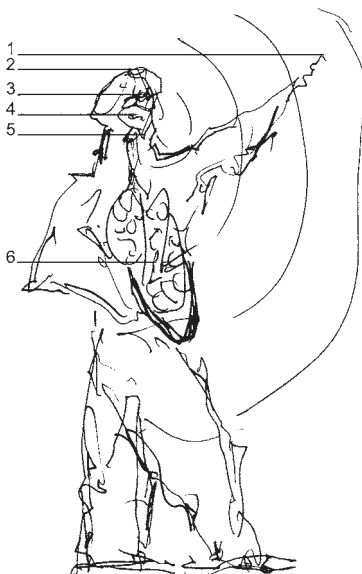


Fig. 3.5 El crit d'Edvard Munch (Museu de Munch, Oslo)



Secció lateral i frontal

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. Sinus frontals | 5. Faringe |
| 2. Cavitat nasal | 6. Laringe |
| 3. Sinus esenoïdal | 7. Cordes vocals |
| 4. Cavitat bucal | 8. Sinus maxil·lars |



Parts que intervenen en la tècnica i desenvolupament:

1. Exercicis d'extensió vocal
2. Relaxació general i parcial
3. Massatges i automassatges de les cavitats resonants
4. Aparell bucal. Relació amb l'emissió i la respiració
- Exercicis posturals
5. Gimnàstica d'articulació
6. Organització de la respiració costal-abdominal
- Moviment del diafragma

Fig. 3.6 Tècnica i desenvolupament de la veu (esquema de l'autor)

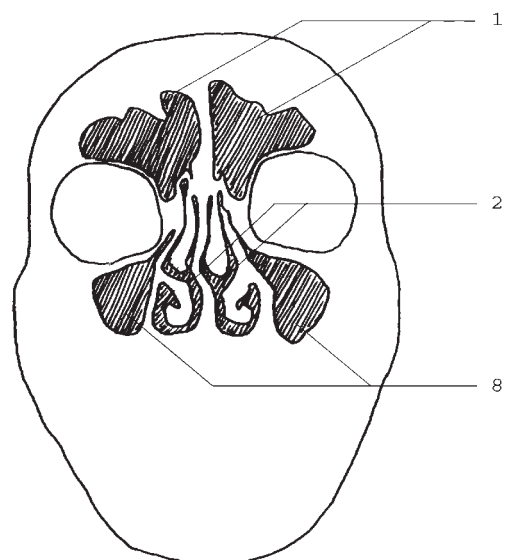


Fig. 3.7 Ressonadors de la parla i el cant (dibuixos de l'autor)

cops de mà (com hem dit a la introducció), però el més normal és que fem **petar els dits** (fig. 3.10). Aquests dos sistemes són emprats moltes vegades per avisar el cambrer, però hi ha persones a les quals no els agrada que els cridin a base de cops. Tenen nom i prefereixen que se'ls digui cambrer o pel seu nom –si és que algú el sap.

A ningú no li agrada ser cridat a base d'impulsos, sinó amb la paraula que defineix la seva professió. Moltes vegades hi ha persones que, tot i conèixer el nom de l'altre, diuen “*eeep*”, o fan algun cop de mà o de dits, o algun gest sonor, com ara “*psxxx*”, per reclamar alguna cosa.

3.1.3 Les accions sonores i el seu simbolisme

Estem arribant al final de la intervenció personal amb els nostres sons a l'entorn, i encara ens queda parlar de la restauració del seu simbolisme.

Un exemple és la comunicació que establim quan donem un **cop de porta**. Donar un cop de porta és una manera enèrgica d'arribar o d'anar-se'n. A vegades, un no està d'acord, se'n va i dona un cop de porta: “*pum*” i ja està, s'acaba la història. Els altres ja s'espavilaran a interpretar què ha volgut dir aquell gest i el cop de porta produït en un determinat paisatge escènic. De fet, un cop de porta és un advertiment que no ha agradat gens el que ha passat i, per tant, un se n'ha anat de molt mal humor (però també de males maneres).

També, de forma anàloga, hi ha qui quan s'enfada se'n va d'una reunió i fa mutis (com es diu en el teatre), que vol dir que desapareix, però en **silenci**. Com es podrien rehabilitar tots aquests sons íntims?

Tots ells els podem millorar si som conscients de la seva importància social.

El so nostre és el que informa els altres d'una sèrie de qüestions tan importants com aquestes quatre que ara esmentaré.

Al seu moment, parlant de **qualitat acústica**, vaig

dir que per a mi la qualitat acústica satisfà, en primer lloc, l'usuari. Per tant, és necessari que hi hagi una **funció** que serveixi per a aquell objecte o per a aquella causa de qualitat acústica. És a dir, que funcioni.

Pot ser que després l'usuari no estigui satisfet perquè hi ha una qüestió de marca. Pot ser que no interressi perquè es marca “est” quan es volia “Furest”. No és el mateix anar pel carrer amb una bossa de “Furest” o una d’“est”. Si hi ha algú que després hi ha esborrat el “Fur”, ja no significa el mateix i pot ser que no agradi portar aquella bossa.

És a dir, hi ha l'aspecte del **simbolisme sonor**. Un simbolisme sonor vol dir que la seva qualitat sonora s'assembla a la d'un objecte que val el que costa en el mercat un objecte similar.

Tenim problemes quan el so sona depreciat, com un objecte que valgui 10 quan, en canvi, és un objecte que val 10.000.

Això no serà acceptat en el mercat.

Potser serà molt més acceptat que un objecte que val 10 soni com un objecte de 10.000. Però, compte amb les falsetats! Això ho saben els propietaris de les botigues quan provaven les monedes picant-les contra un tros de marbre. Quan els lliuraven monedes de plata, si sonaven a plom, òbviament és que no eren autèntiques.⁵

El tercer punt d'importància en la qualitat acústica és el de l'**emulació**. Emular alguna cosa vol dir que “sona com”.

Sona com si fos sorra, com si fossin serradures, com si fossin monedes d'euro quan, en canvi, és una graveta fina. Sona com si fossin bales i, en canvi, el que tinc a la mà són unes graves gruixudes de marbre que faig rodolar, però els altres es pensen que tinc unes bales de vidre. Doncs bé, aquestes similituds pertanyen al fenomen de l'emulació.

A la **figura 3.11** s'inclou la font de mercuri



Fig. 3.8 Vinyeta del dibuixant Schulz

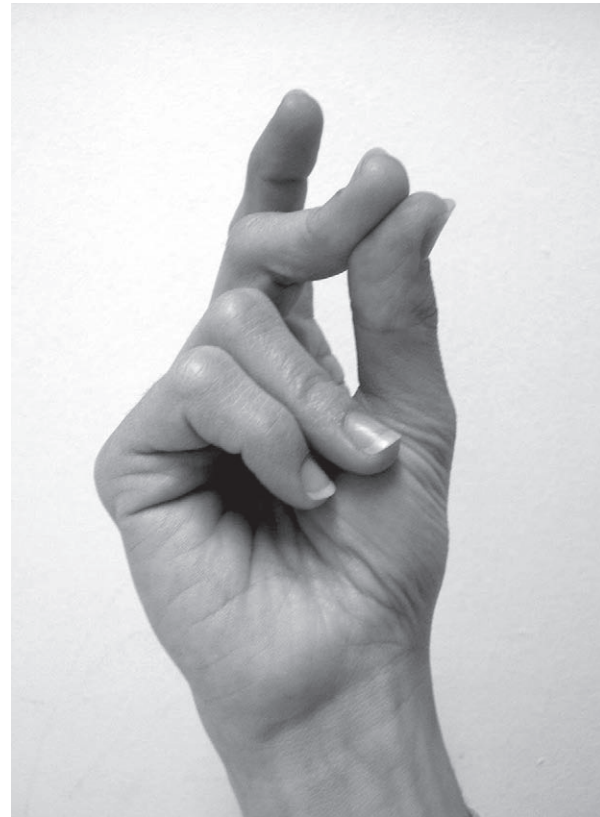


Fig. 3.10 Petar els dits (fotografia de l'autor)

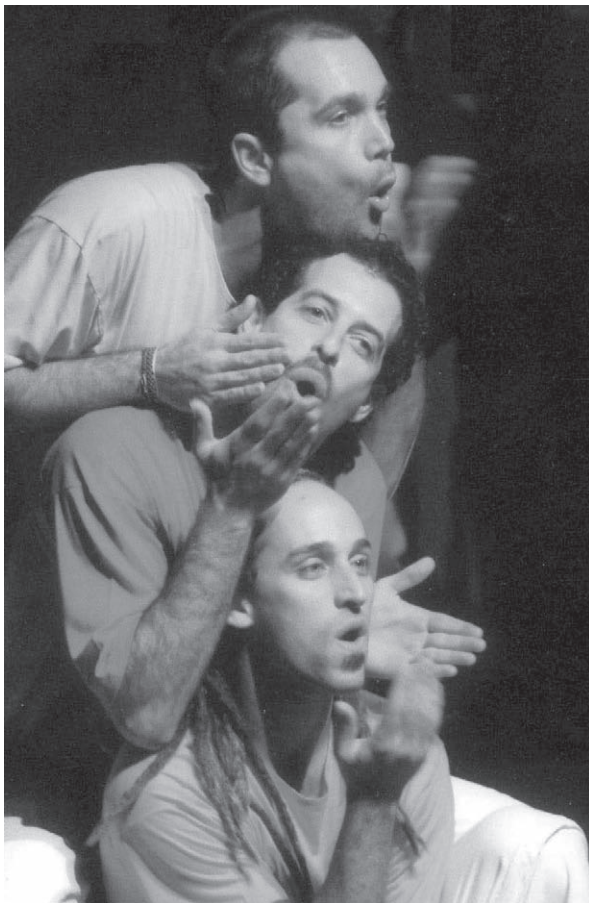


Fig. 3.9 Actuació de percussió vocal dels professors del curs 'Stage'05' (font: prospecte de "la Caixa")

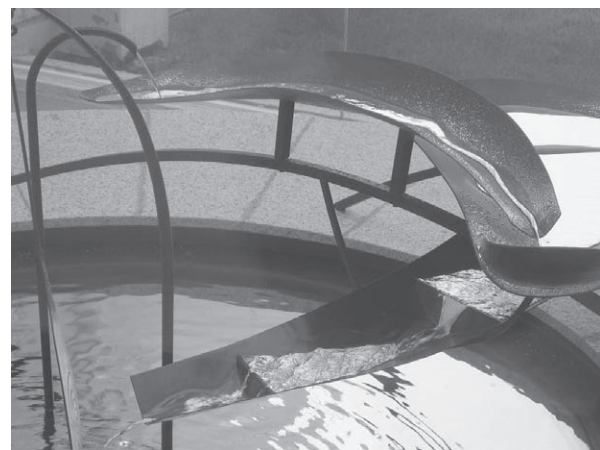


Fig. 3.11 Font de mercuri d'Alexander Calder, 1937

d'Alexander Calder, que es va instal·lar a l'exposició de París el 1936 i simbolitza les veus dels miners.

L'últim punt és el de la sorpresa o de la **creativitat**. Un músic expressionista, per exemple, treu partit de qualsevol instrument, del seu cos, etc. Si aquest músic té unes baquetes a la mà, és capaç de treure partit a una arquitectura acústica i a una escultura sonora –com és el cas de les escultures de Kan Masuda.⁶

De la mateixa manera, si portem aquest mateix percussionista al pavelló de Mies van der Rohe,⁷ serà capaç de treure profit al so d'aquesta arquitectura. Segurament, Mies no s'hauria imaginat que això es podria fer.

D'això es tracta en parlar de la qualitat acústica: de fer referència no només a la manera com es produeixen els sons per a ser acceptats, sinó al conjunt de circumstàncies intrínseques i extrínseques que l'acompanyen.

Si totes aquestes qüestions fan que els dissenys siguin molt més interessants, què hem de dir respecte de la rehabilitació dels sons d'una persona?

Òbviament, la rehabilitació dels sons personals afegeix més crèdits a la seva personalitat intrínseca. Aquest tema continua amb la reflexió necessària de cadascú de nosaltres respecte a què vol dir anar pel món sonant.

I cal anar-hi pensant!

Funció, simbolisme, emulació i creativitat són els quatre elements que, segons hem esmentat, cal tenir en compte en tot procés de poètica i disseny. Per què no en el de rehabilitació?

És clar, si fóssim tots muts i no produíssim sons amb cap objecte, ni amb el nostre cos ni amb les coses que ens acompanyen, aquest món seria bastant avorrit. Seria simplement visual, i sempre necessitaria l'atenció immediata i específica de l'ull sobre un cas concret.

Voleu intentar comunicar alguna cosa a algú fent tan sols apujar i abaixar les orelles, aclucant els ulls i movent (lateralitzant) una cella, o aixecant la mà, una senyera, un codi de llums, etc? Intenteu-ho sense parlar i compteu els minuts que passen fins que articuleu paraules.

3.2 La rehabilitació de l'arquitectura personal (vestits, calçat i complements)

Per tot això que hem esmentat, ens cal parlar de la rehabilitació d'aquesta arquitectura personal (començant pels vestits, el calçat i els complements) que configura la primera imatge sonora que portem a sobre el nostre cos.

3.2.1 Els vestits

Quan fem referència a la vestimenta, les preocupacions que podem tenir són generalment referents a quin **tipus de teixit** cal escollir perquè ens duri, que no es gastí, que ens abrigui i aïlli tèrmicament, que ens impermeabilitzi de la pluja o ens tapi del vent. Tot això són eleccions funcionals (**fig. 3.12**), i finalment escollim també altres condicionants, com ara la textura, el color o el material concret per uns motius més vinculats al moment o a la moda, és a dir, pel simbolisme de la imatge que volem donar (**fig. 3.13**).

Bé, i en alguns casos tenim sorpreses precisament amb els sons que produeix el frec dels pantalons, que van fent un "fiu-fiu" estrany a cada passa que fem, o el so d'aquelles camises de seda, que reforcen la sensació de lleugeresa, o bé els llençols setinats, que produeixen uns sons característics que ens poden evocar diferents situacions.

Tots aquests sons dels teixits i les peces de roba que ens vesteixen (alguns d'ells poden ser fins i tot molt lúdics), en molts casos no els tenim prou en compte. Ens posem uns pantalons de cuir perquè és moda portar-los de cuir i no tenim en compte que amb ells anirem emetent uns sons característics a cada passa. Potser això és el que pretenem en el fons. Si ens posem una jaqueta de cuir (que



Fig. 3.12 Peça de roba funcional, impermeable.
(dibuix de R. Calafell)



Fig. 3.14 Petjada de Neil E. Armstrong sobre la superfície
de la lluna (1969) (foto de la NASA)



Fig. 3.13 Peça de roba sonora per simbolisme
(prospecte de Saloni)



Fig. 3.15 Sabates de claqué

per anar en moto ens abrigo del vent i del fred), el seu so l'hem d'assumir perquè tenim constantment molta mobilitat manual i, fins i tot quan no circulem i estem parats o asseguts, continuem movent els braços.

3.2.2 El calçat

En altres casos, som nosaltres els qui amb les nostres passes actuem en algun paisatge interior o exterior. A la Lluna, la comunicació del calçat tan sols es fa per transmissió sòlida (**fig. 3.14**), mentre que a la Terra ho podem fer amb la sòlida i també amb l'aèria (**fig. 3.15**). En un edifici, dins un espai o un local determinat on potser s'ha abusat de les ceres i d'altres sistemes emprats per brillantar els paviments, sovint anem fent uns "nyigui-nyoguis" determinats amb el nostre calçat mentre anem caminant.

Capítol a part hauria de ser el de la rehabilitació sonora dels qui caminen pel món amb punters i taloneres metàl·lics.⁸

3.2.3 Els complements

Òbviament, hem de ser capaços de veure que no sempre haurem de rehabilitar el so de totes les coses que portem perquè hi ha objectes els sons dels quals són percebuts només per nosaltres.

Hi ha sons bastant íntims. Per exemple, podem dissenyar unes **arracades** que emetin uns sons particulars, els quals, transmesos per vibració als lòbuls auditius, ens arribin per transmissió directa a la nostra oïda. Podem obtenir així una sensació d'un fimbriament o d'uns tons purs característics de certa afinació musical. En podríem escollir els tons. Com que aquell dia ens vestim de blau, fem que el to dominant durant tot el dia sigui el *La* tercera octava (el so del diapasó a 440 Hz). Si aquest és el nostre so íntim i els altres no el senten, ningú no s'hi ficarà.

Rehabilitar el so d'unes arracades que portem serà intentar que aquestes arracades no provoquin uns sons descontrolats, sinó que emetin uns sons

específics, dissenyats o redissenyats novament, d'acord amb unes intencions poètiques com les que hem esmentat.

Dins l'apartat de les **joies**, cal tenir molt en compte els **braçalets**, **collarets** i **collars** que acostumem a portar. Aquestes peces, igual que els **anells**, denoten un signe de riquesa (**fig. 3.16**). Per això, els sons que produeixen les joies que transportem (també els **rellotges** com a joia), i que són deguts a una sèrie d'impactes entre les peces d'or, de plata o de metalls de qualitat, són emprats finalment com a signe de distinció social.

Podem entendre que hi ha gent a qui li encanta portar braçalets d'or, etc., no pel fet de portar-los sinó pel que significa portar aquell or a sobre.⁹ És a dir, indiquem que som d'una classe social elevada o que tenim molta riquesa -potser no ho som i estem totalment endeutats, però volem significar aquesta riquesa amb el dringar dels metalls més nobles.

Molts hem agafat un **rellotge** dels antics, no dels digitals, i de segur que hem sentit el tipus de so mecànic que produeix (**fig. 3.17**).

Alguna vegada sentim el so accelerat dels nostres rellotges de corda. Són uns sons característics. Cada marca i model té el seu so. En general, els rellotges de corda de canell tenen uns sons molt ràpids.¹⁰ No es deixen rehabilitar.

D'entre els complements, tenim el **paraigua**, que és un element que transportem en previsió de la pluja. El que és interessant és sentir, quan portem el paraigua obert, com capta o no capta la pluja. Hi ha paraigües en què encara que plogui sembla que no passi res (no informen de si plou o no). D'altres en canvi, fan un escàndol increïble. Tot això depèn del tipus de seda o de tela impermeabilitzada que porten (**fig. 3.18**).

Un altre so és el que podem produir amb el paraigua mentre anem caminant. El paraigua de tipus anglès el podem fer servir com un bastó. Sovint anem fent els mateixos tipus de sons que els que faríem amb un bastó, però en aquest cas com que la punta és



Fig. 3.16 Braçalets que remarquen l'ostentació amb el so

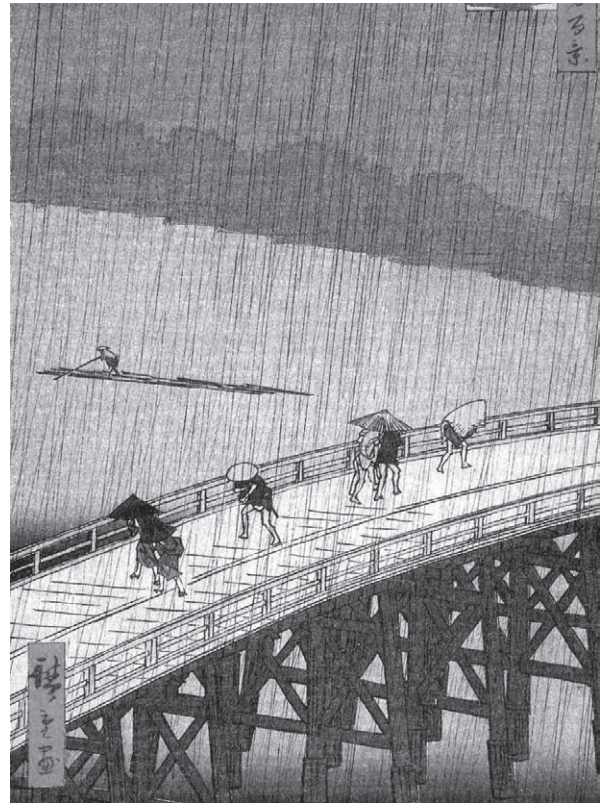


Fig. 3.18 Sons sota la pluja. Art japonès del període Edo. Museu d'Art Fuji, Toquio



Fig. 3.17 Rellotge de butxaca que ensenya la maquinària



Fig. 3.19 Diferents tipus de capells monodireccionals (dibuix de l'autor)

metàl·lica, aquest so és molt més sec i agut.

Sovint amb els paraigua excitem molts elements que ens trobem quotidianament, des del propi paviment (per les diferències d'acabat) fins als fitons, les baranes metàl·liques i, qualsevol obstacle.

No és només el so que produeix el paraigua amb les nostres passes intencionadament, sinó també els sons que va produint d'una manera accidental en xocar amb els elements que hi ha al territori.

La rehabilitació d'aquests sons, si s'ha de fer, requereix canviar a models plegables, petits i lleugers, que portem a la bossa o a la butxaca de l'abric. Però encara hi ha gent que es posa un element resilient per cobrir la punta metàl·lica i canvia totalment el so d'aquell antic paraigua anglès.

Dins els complements, queda parlar dels **capells**, és a dir, els barrets.

Hi ha hagut diferents èpoques en què els capells han significat una variació del nostre camp d'audició normal. Si recordem diferents pel·lícules, com ara *My Fair Lady* o *El piano*, observem unes imatges de dona amb uns barrets molt monodireccionals (**fig. 3.19**). Els sons que arriben als seus usuaris són sons provinents solament de la part anterior, és a dir, l'associada al camp visual. No hi ha arribada de so omnidireccional, sinó tan sols el de l'hemisferi de davant.

Diferents modes fan que tinguem un camp auditiu limitat o bé més ampli, i aquí ens tocaria parlar del que ha significat a l'època i a la moda dels barrets. A la **figura 3.20** podem apreciar un barret de monja.

Una de les modes més interessants ha estat el barret d'Anglaterra. Encara actualment els barrets de la reina d'Anglaterra configuren tot un conjunt de situacions que s'aparten de la forma normal que tenim molts d'entendre un barret. Però, no fa pas tant, alguns de nosaltres vàrem portar un barret tirolès perquè havia estat de moda. Fins i tot tenia plomes. I, per què no, encara ara agrada a molta gent.

Hauríem d'esmentar els diferents tipus de capells, com poden ser gorres, boines, *chapeles*, etc. Alguns d'ells poden ser summament interessants, tant des de l'aspecte de l'obstrucció com de la lateralització del so a les oïdes. Algun tipus de gorra o de barretina pot arribar a obstruir una de les oïdes i, per tant, es perd la simetria (**fig. 3.21**).

I també hi ha tot el que fa referència al camp militar amb el casc, els tipus de barrets de caça i els capells tipus Sherlock Holmes (**fig. 3.22**), que també tenen aspectes interessants. Quan fa fred es poden abaixar les orelleres precisament per protegir els pavellons auditius de la gelada i, a més, això es pot fer asimètricament.

Bé, ara hi ha la moda de portar auriculars per escoltar música, etc. Aquest seria un altre dels aspectes d'objectes personals per tractar: els cassets de butxaca, minidiscs, MP3 i altra informació que s'escolta a través dels auriculars. D'alguna manera, fan un camp totalment diferenciat i individualitzat de l'audició (**fig. 3.23**).

Però, en molts casos, els qui hi estem a prop els sentim. No els percebem com quan ens posem els auriculars, sinó que en sentim uns sons aguts que van fent *xic-xic*, sovint molt desagradables.

3.3 La rehabilitació dels estris personals

Així, ja veiem que hem de començar a distingir d'entre els sons d'aquesta arquitectura personal, els sons dels vestits, el calçat i els complements, i els dels estris personals. Quan arribem en aquest darrer cas (tot i que n'hi ha molts més que, per raons d'espai, no esmentarem), tenim els objectes **fixos**, els que **transportem**, i els enginys que **ens transporten**.

3.3.1 Objectes fixos

Del tema dels **despertadors** n'hauríem de fer un apartat especial, perquè cal veure si en podem guardar l'emissora, o no (quan és ràdio-despertador), o podem pujar o abaixar el volum.



Fig. 3.20 Barret de monja (dibuix de l'autor)



Fig. 3.22 Barrets de Sherlock Holmes (Fotografia de l'autor)



Fig. 3.21 Exposició al Centre Cultural Caixa Catalunya, "GOYA, Personatges i rostres", 2000



Fig. 3.23 Auriculars que afecten l'ambient

Un despertador té diferents tipus de sonall, que van des d'una campana fins a certs tipus de sons continus o discontinus.

El problema apareix quan no podem variar el tipus de so i/o el volum.

En fi, tots aquests aspectes ens els hem de preguntar abans d'adquirir un despertador, perquè ens estarà despertant durant molts dies de la nostra existència.

La rehabilitació d'un despertador de so fix és molt difícil, perquè sols s'ha dissenyat amb els sons de fàbrica.

Pensem en el nostre **despertador nou** (fig. 3.24). Aquest dia o aquesta setmana tenim una idea musical diferent i, en comptes d'aquella melodia, ens agradaria que ens despertés una de ben diferent, com per exemple *Quinto, levanta, quitate la manta*, similar a la d'aquell record de milícies. Potser la podem programar, baixar-la d'internet o gravar-la.

Hi ha casos en què cadascú pot triar la manera de ser despertat o avisat de determinades comunicacions. D'això tracta la rehabilitació sonora d'aquesta arquitectura personal i familiar: de la possibilitat de disposar de diferents respostes en què puguem trobar les que ens plaguin en cada moment.

3.3.2 Objectes transportats

Òbviament, aquelles persones que fan servir un **bastó** o unes **crosses** saben que deixen una imatge sonora pel lloc on circulen i les altres persones poden interpretar, a partir del so característic d'aquests objectes, la seva falta de mobilitat o visibilitat.

El **bastó del cec** (fig. 3.25) usualment es fa amb alumini i presenta la punta de niló. Per això emet un to propi bastant característic de la seva lleugeresa. Normalment, sol ser extensible, plegable o no, però el fet important és la transmissió tàctil del paviment que transmet el propi bastó i alhora

la percepció sonora d'aquella punta de niló amb el cop que fa als diferents paviments.

Si nosaltres necessitem anar amb bastó intentarem no fer la impressió sonora del cas anterior. Si necessitem un bastó o una crossa i fem als altres la impressió sonora d'un bastó de cec quan no ho som, és evident que aquest tipus de so farà que no ens trobem a gust.

Tot i la utilitat, la bellesa i l'estètica d'aquell objecte que transportem, si la seva veu simbolitza una altra cosa, probablement no ens hi sentirem plenament de gust.

Un altre tema són els **telèfons mòbils** (fig. 3.26). És un cas totalment diferent, perquè aquí hi podem intervenir nosaltres fins i tot amb el disseny dels seus sons, de quan ens truquem, quan rebem un missatge o dels tons d'alarma, que els podem escollir cada dia, d'acord amb els nostres gustos musicals.

Hi ha diferents models de telèfon en el mercat actual, que permeten canviar el so del senyal d'avís de recepció de trucada, d'acord amb un ventall de possibilitats de músiques pregravades o memoritzades. Fins i tot n'hi ha alguns en què l'usuari pot generar la seva melodia amb unes notes musicals concretes. Podem dissenyar aquestes notes al nostre gust i incorporar-les com a senyal d'avís de trucada. Llavors, cada vegada que algú (o un determinat número) ens truqui, en lloc de la Marsellesa o la marxa nupcial preenregistrades sortirà la nostra melodia escollida.

També podem baixar-nos algun so o melodia de catàleg, com el que es representa a la **figura 3.27**. En aquests casos, nosaltres intervenim en el disseny i en la poètica. Vol dir que hi podem fer una rehabilitació en cas que aquella melodia no ens agradi, o hagi canviat la moda i tinguem ganes de buscar una melodia més actual.

Un exemple d'objectes transportats el trobem representat en un gag de la pel·lícula *Play Time* de Jacques Tati, quan l'executiu director de les



Fig. 3.24 Despertador Philips (foto de l'autor)



Fig. 3.26 Paradoxa dels mòbils. Comunicats o incommuicats? (dibuix de l'autor)



Fig. 3.25 Bastó de cec

Movilstar.com

Esta Navidad...
Melodías para todos los móviles:

**NOKIA • SIEMENS •
ALCATEL • SAGEM •
MOTOROLA • ERICSSON
Y PANASONIC**

¡Melodías de Navidad para todos los móviles!!

- 305999 - La Marimorena
- 305998 - Yo me remendaba
- 305997 - Campanas de Belén
- 305989 - Arre boriquito
- 305987 - 25 de Diciembre
- 305986 - Dime Niño
- 305985 - Santa Claus
- 305984 - Ay chiquirritín
- 305983 - Noche de paz
- 305993 - Pero mira como beben
- 305996 - Esta noche es Nochebuena

Encontrarás todos los Éxitos para tu móvil en:
www.movistar.com

Fig. 3.27 Melodies de mòbil d'una empresa comercial

fàbriques arriba a l'aeroport. El van a rebre els periodistes i els de la fàbrica, i quasi tota l'escena a l'aeroport gira entorn d'aquell **maletí de mà** del director, que porta una etiqueta agafada amb un cordill. Mentre aquesta persona camina, l'etiqueta va vibrant amb l'aire i emet uns sons característics de paper penjant mogut per l'aire (per tant característic d'informació que ha estat marcada com a equipatge de mà en un determinat sistema de transport) (**fig. 3.28**).¹¹

Si ens pengem unes **claus**, en lloc de portar-les dins dels clauers de cuir que les allotgen en diferents compartiments, produïm molt més soroll. Si unifiquem i només portem una clau, ja ens hem rehabilitat acústicament. Abans era molt difícil fer-ho amb els panys de gorges (**fig. 3.29**), perquè cada pany tenia la seva clau i no permetia unificar-les, com passa ara amb les de bombí.

Hem dit en altres ocasions que, perquè hi hagi un so en el cas dels objectes, hi ha d'haver una vibració o un xoc entre dos. Si no hi ha aquest xoc entre les claus, és molt difícil que es produeixi el so. Per tant, amb una única clau a la butxaca no hi ha soroll. Dues claus a la butxaca poden anar xocant aprofitant les nostres passes i si hi tenim més claus de segur que aniran dringant d'acord amb el moviment del nostre pas.

L'altra solució és penjar les claus d'una cadeneta al cinturó, com vaig veure una vegada a l'aeroport de Sant Sebastià. Vaig descobrir aquest so en un moment en què estava reflexionant precisament sobre els diferents sons d'aquell *hall*. De cop i volta, va passar una persona que portava les claus penjades amb un "mosquetó" agafat al cinturó. Em va semblar "l'amo de les claus" de l'aeroport, que dominava totes les portes. Bé, com que era un aeroport petit i bastant domèstic, em va fer aquesta impressió.

3.3.3 Els ginys que ens transporten

Continuant amb els sons personals, cal parlar ara dels sons dels ginys que ens transporten, com ara els sons de la **bicicleta** (**fig. 3.30**).

La bicicleta ens permet fer un exercici interessant del nostre cos tot transportant-nos i alhora expressar-nos sonorament.

Ara moltes poblacions recuperen aquest transport com a alternatiu o com un dels transports individualitzats i familiars (tàndem i tricicle) que no produeix contaminació ambiental ni col·lapses. A diferència de les motos i els ciclomotors, la bicicleta sembla que no ens produeix molèsties de soroll, ni ocasiona pol·lució a les nostres ciutats.

Llavors, és qüestió de tornar a agafar les bicicletes que tenim descuidades o amagades a la cambra de mals endreços i sortir al carrer.¹²

Sempre hi ha una pregunta que ens hem de fer: anem pel món emetent sons informatius que ens poden avergonyir?

Hi ha una altra anècdota amb una bicicleta més nova que funciona perfectament, però el so de la seva frenada és molt personal perquè sembla que vagi a frenar en sec. És a dir, sembla que m'hagi d'estimar quan, en canvi, estic circulant a baixa velocitat i vaig frenant normalment.

La gent que va per camins i recorreguts verds tenen, al meu pas, uns ensurts molt grans, i es pensen que vaig conduint la bicicleta com un boig. No és aquesta la impressió que vull donar als altres.

Per això, en aquests casos s'ha d'anar al taller de bicicletes perquè alineï les rodes o canviï les pastilles de fre.

Aquests han estat alguns aspectes sobre els quals hem d'anar pensant en la nostra rehabilitació quotidiana de l'acústica personal, d'aquesta arquitectura més íntima que transportem o que ens transporta a nosaltres.

Però hem de tenir compte, en fer la rehabilitació, que no hem d'anul·lar totes les 'veus', sinó que les hem de dissenyar a partir de noves poètiques, perquè una bicicleta que circuli sense cap soroll pot ser encara més perillosa per als vianants, com



Fig. 3.28 Fotograma de Play Time, de Jacques Tati



Fig. 3.30 Bicicletes antigues

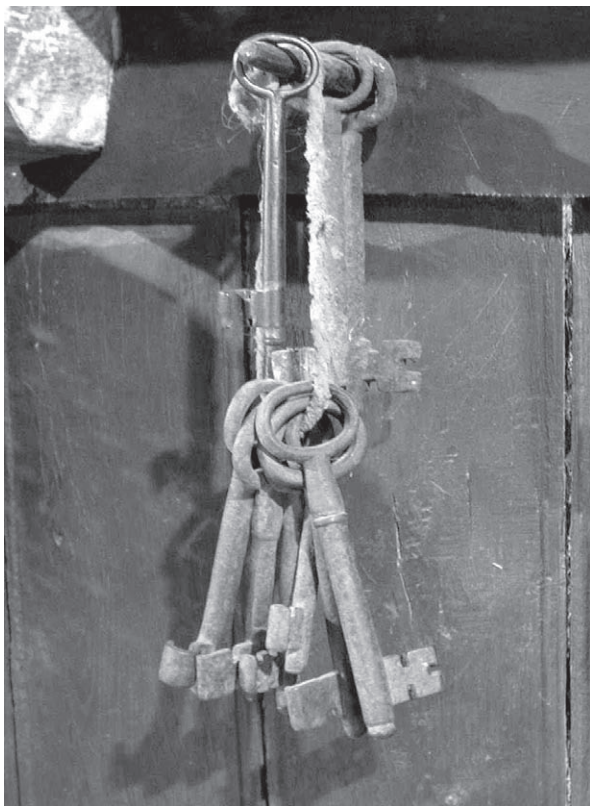


Fig. 3.29 Claus de gorges

El portfollio docente Parte III: Ejemplos

Aspectos de la calidad de la docencia

- **Actividades en clase**
Claridad y orden de las explicaciones, entusiasmo, actividades participativas propuestas, habilidad para plantear y responder preguntas...
- **Contenidos del curso**
Calidad del temario, actividades propuestas (ejercicios, proyectos, experimentos...)...
- **Organización de la asignatura**
Métodos de evaluación, calidad de la retro-alimentación a los estudiantes, coordinación con otros grupos y con otras asignaturas, atención a los estudiantes...
- **Enseñanza fuera de la clase**
Tutorización, planificación y coordinación de asignaturas, asesoramiento de colegas, producción de libros y material didáctico... <

Octubre 2003 © Javier Barà 20

Fig. 3.31 Tècniques del professor (font: J. Barà, ICE, UPC)

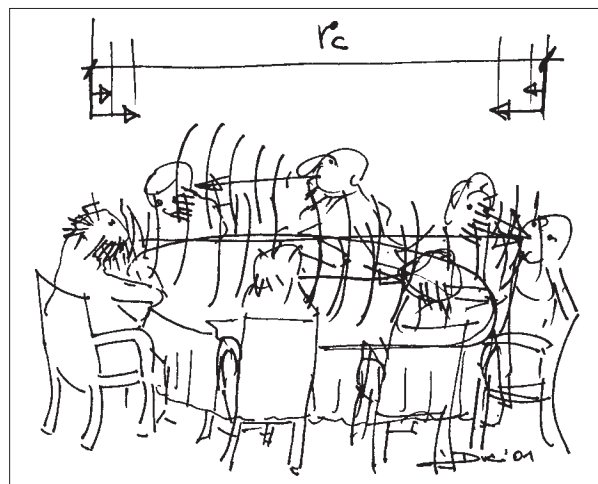


Fig. 3.32 Esquema del radi crític (dibuix de l'autor)

podem comprovar en els casos en què ambdós conviuen en el recorregut.

3.4 Rehabilitació dels sons col·lectius

Cal que fem una rehabilitació dels diferents sons que l'ésser humà genera com a col·lectiu. Els sons que generem amb els vestits o amb els estris que ens acompanyen produeixen una imatge sonora que, com hem vist, cal rehabilitar en la nostra vida quotidiana.

Però hi ha un altre aspecte que cal tenir en compte: la **col·lectivitat**. Què fa l'ésser humà quan actua conjuntament amb altres persones en alguna situació concreta? Què fem a **classe**? Què fem en un **restaurant**? Què fem en un **concert** o en un partit de **futbol**?

Ara veurem els sons que es produeixen quan un conjunt de gent ja no actua merament com a individus, sinó que poden presentar certs sentiments de massa col·lectiva.

Estudiarem el procés de comunicació en una **classe**, com a receptors, i què fem en el moment de rebre aquesta comunicació. En definitiva, com ens comuniquem en bescanviar aquesta comunicació.

Tractarem també el tema dels **restaurants** –molt important pel que hem dit–, atès que aquí som emissors i receptors alhora, i es produeixen uns efectes Lombart que, com veurem després, fan que s'arribi a una cresta de sorolls que no ens permet mantenir la conversa.

Per sort, n'hi ha d'altres com són els sons **sin-crònics**, per exemple en donar l'ordre de retirada de plats d'un casament o d'una convenció, en un menjar amb gran control i protocol.

Alhora, ens cal veure quina és l'actitud dels **assistents a un concert** o a un **teatre d'òpera**. Què fem per deixar que els veïns puguin escoltar aquella melodia o aquell cant quan ens agafa la tos, o quan tenim ganes de moure'ns al seient perquè estem

planxats i cansats de mantenir la mateixa postura?

Òbviament, quedaran molts més sons per rehabilitar, però no tots els podrem tractar en aquest llibre, com ara els copets que van donant els que es posen impacients en alguna sala d'espera, o el so de passar les pàgines de revistes frenèticament a les sales dels dentistes, etc.

En fi, aquests són els temes objecte d'aquest apartat de sons col·lectius, on també tornem a parlar de la rehabilitació dels **símbols sonors**.¹³

3.4.1 Classe

Quan entrem en una classe, què fem? Seiem al davant, al mig o al final? Seiem davant perquè no hi veiem bé o al darrere perquè la porta de sortida estigui ben a prop?

La nostra actitud com a col·lectiu es pot transformar en aquests llocs perquè, si bé les explicacions del professor poden ser generalistes, en alguns casos són molt particulars i van dirigides a la nostra actitud o procés d'aprenentatge.

Amb el professor o equip de professors, també podem establir retroacció en preguntar-los algun aclariment.

Però, en general, si seiem lluny i la reverberació de l'aula és alta, el professor s'estranyarà si li demanen aclariments molt sovint. De segur que ens recomanarà seure al davant.

Els companys de classe acostumen a mantenir entre ells certs xiuxiuejos o converses a cau d'orella més o menys breus. Això el professor ja ho ha de saber. El problema és quan aquestes comunicacions són molt generalitzades i/o dilatades, atès que llavors es genera un nivell de fons que pot arribar a ser molt molest per al professor (que ha de pujar el to) i per als companys dels alumnes, que poden perdre la comprensió del missatge.

Per aquest motiu, la rehabilitació del comportament col·lectiu a classe passa per l'educació del

professor en les corresponents tècniques d'impartició de classes, de lideratge d'equips, etc. (fig. 3.31).

3.4.2 Restaurants

En un restaurant, la gent hi va òbviament a menjar, a restaurar el cos, però també per un aspecte molt important: per la conversa que pot mantenir amb els altres comensals. Per això és important que el recinte i la gent ho permetin, però sobretot que les taules tinguin unes dimensions adients a la quantitat de gent que hi seurà.

Tots els qui hem estat en una taula d'un restaurant hem comprovat aquesta limitació. Hi ha llocs on limiten molt el nombre màxim d'invitats en una convenció o un casament.

Així, les limitacions que cal preveure són dues: la del nombre d'ocupants per taula i la del nombre màxim d'ocupants (aforament) que pot tenir aquell local. Aquesta última ve donada per l'espai en superfície i volum del restaurant. Hi ha moments, però, en què el règim és obert i tothom hi pot entrar a menjar. En ocasions, les reserves que s'han fet han d'ocupar un determinat tant per cent, per no deixar el restaurant sense activitat oberta (hi ha altres llocs que només van per reserva.)

Quan entrem a fer la rehabilitació acústica d'un local per a restauració, hem de tenir en compte aquestes qüestions. Tot i que la rehabilitació de l'espai la veurem a l'apartat de rehabilitació acústica des locals, ara el que hem de saber és què passa en un restaurant des del punt de vista de la comunicació humana, és a dir, dels emissors i receptors.

Amb independència del nivell de camp reverberant del local, en una taula hi ha uns comensals que conversen més fort o fluix, d'acord amb la **distància** que hi ha entre ells. Aquesta distància cal relacionar-la bé respecte de l'ambient reverberant i el raig directe. Ha de ser una distància suficient perquè els comensals es puguin entendre per sobre del **soroll de fons**.

Així, aquella comunicació s'ha d'establir amb una **dinàmica sonora**, és a dir, amb un marge d'energia suficient sobre el soroll que hi hagi al propi restaurant, provinent de les converses d'altres taules o també de les converses de la pròpia taula (moltes vegades s'estableixen converses encreuades a la mateixa taula).

Una taula de moltes persones pot ser negativa perquè caldrà anar a buscar un diàmetre excessivament gran. Qui vulgui el diàmetre òptim acústic, haurà de preguntar als qui porten restaurants quins són els diàmetres òptims que utilitzen i també s'haurà de valorar que aquella dimensió estigui ubicada dins la distància del **radi crític** (fig. 3.32).

Això és fàcil de trobar, en igualar l'energia de **camp reverberat** amb l'energia de **camp directe**. Quan aquestes dues intensitats coincideixen, per definició aquest punt s'anomena **distància crítica** de la font de soroll.

És a dir, dins d'un recinte on hi ha un cert camp reverberant, igualem la intensitat del camp directe (la potència acústica dividida per l'àrea de l'esfera $4\pi r^2$), amb la intensitat de camp reverberant (la mateixa potència acústica, multiplicada per quatre i dividida per la constant del local R). Amb les simplificacions respectives, ens queda que la distància del radi crític r_c és igual a $0,14\sqrt{R}$.

Ja sabem que R és igual a l'àrea absorbent (en sabins mètrics) del recinte, dividida pel seu factor de reflexió $(1-\alpha)$ (ho veurem amb més detall al capítol 7).

D'acord amb la deducció anterior, si en un recinte hi ha molta reverberació, això vol dir que la constant del local R és molt petita i, consegüentment, el radi crític r_c és molt petit. Llavors, parlant normal, hem d'estar molt a prop de l'altre comensal per poder entendre'l. No l'entendrem quan superem aquesta distància, perquè la nostra conversa ja entra dins del camp reverberat.

Per tant, en un restaurant reverberant, si no volem que la gent es posi a cridar cada cop més fort,

l'únic que podem fer és apropar els comensals entre ells, és a dir, buscar unes taules on no hi càpiga massa gent.

Ja sabem que les taules rodones van bé en el cas de convencions i casaments, però això ha de tenir una limitació. Què és millor, una taula de sis, de vuit o de deu comensals? A partir d'aquí tindriem el diàmetre real i l'efectiu entre els comensals, una mica diferent del diàmetre exacte de la taula.

Els comensals sempre estan una mica més o menys separats que el diàmetre de la taula, però ens podem referir al mateix diàmetre de la taula com element de referència.

Una altra actitud interessant respecte als sons que es produeixen en els àpats de les convencions, els casaments, etc., és que es pot generar un **sincronisme** quan els cambriers assignats a les diferents taules reben les ordres del *maître*. Sobretot això es nota molt en el moment de servir i de retirar els plats. Hi ha com una orquestra de sons produïts pels diferents elements de cristalleria, vaixel·la i coberteria. Es va organitzant perquè els coberts, els plats i els platerets també són de diferent grandària i, per tant, no sona igual el primer plat que el segon, o quan recullen els platerets amb el pa o amb les postres, els cafès, etc. Es van creant diferents melodies, sobretot quan els cambriers van traient el menjar dels plats amb l'ajut dels coberts, més que no pas quan els serveixen.

Cal tenir en compte que cada equip ho fa d'una manera diferent segons l'escola de restauració, i es pot pensar en certa rehabilitació d'aquest tipus de sons perquè realment es generin unes melodies d'acord amb unes poètiques i no siguin uns sons descontrolats o sense cap mena d'interès, com s'observa en molts casos.

En una convenció o un casament, anar sentint aquestes melodies creades amb intenció d'estètica sonora amb les vaixel·les i les cristalleries seria deixar de fer una acció considerada negativa i passaria a ser tot un plaer sentir-les (**figures 3.33a i 3.33b**).

3.4.3 Esglésies

Ara vegem com es fa la rehabilitació en el cas de les esglésies.

És una reunió d'un col·lectiu diferent per a una missió de comunicació evident. És totalment necessari, tant en una església catòlica com en un temple protestant o del tipus que sigui, que aquesta comunicació arribi als feligresos.

Per tant, hi ha una actitud d'un comunicador cap a un col·lectiu i també, en molts altres moments, hi ha una participació recíproca entre el col·lectiu i el comunicador.

L'actitud de la gent en aquest lloc ve donada pel tipus de culte i, sobretot, per les qualitats acústiques intrínseques que té aquell recinte. En una catedral, amb una nau molt nua d'ornaments, segurament hi haurà una reverberació molt elevada (**fig. 3.34**). I aquesta reverberació pot impedir que el missatge es puguin entendre des de certa distància. Òbviament, en aquest cas, la distància crítica està massa propera a qui ha de dir el missatge. Per això es va inventar la figura del prevere, i el púlpit és el lloc des d'on el prevere diu el missatge al poble en el seu llenguatge propi.

A més d'aquesta disposició del púlpit, que apropa qui ha de donar el missatge als feligresos, té també la missió de dirigir i repartir millor aquest so. És un disseny en alguns casos molt específic, pensat com a pla ortofònic o difusor (**fig. 3.35**). En ocasions, s'incorpora a l'església a posteriori, com pot ser el púlpit de Gaudí per a la catedral de Mallorca.¹⁴

Malgrat que les edificacions són excessivament reverberants, poc farcides d'ornaments absorbents i que tenen la disfunció de no poder mantenir una comunicació fàcil i intel·ligible dels religiosos amb la seva comunitat, permeten, en canvi, crear un nou estil musical que comença amb el cant ambrosí i continua amb el gregorià.

Més endavant tindrem noves incorporacions d'estils musicals, com quan es rehabilita l'església de



Fig. 3.33a Sonoritat de la cristalleria
(fotografia de E. Crespo)



Fig. 3.33b Orge de vidre de Thomas Bloch

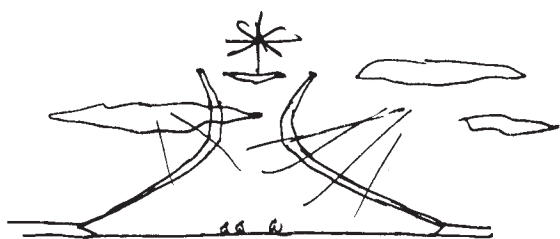


Fig. 3.34 Secció de la catedral metropolitana de Nuestra Señora Aparecida, Brasília 1970. Oscar Niemeyer, arq.
(dibuix de Niemeyer)



Fig. 3.35 Púlpit de la catedral de Santiago de Compostel·la (fotografia de l'autor)



Fig. 3.36 Estat actual de l'església de Leipzig

Leipzig (**fig. 3.36**), on Bach pot fer les seves fugues de l'orgue. Per a les interpretacions d'estil barroc, plenes de stacatti i semicorxeres, era molt important introduir gran quantitat de material absorbent –com es féu, en aquell cas, amb teixits i fustes–, que permeté reduir el temps de reverberació.

El control de la reverberació s'aconsegueix potser més fàcilment en el moment de l'expansió de la religió luterana a Amèrica. A les esglésies freqüentades per comunitats de color provinents de l'esclavatge, neixen cants i lloances al Senyor, anomenats amb el nom genèric musical de gòspel (**fig. 3.37**).

Aquests cants necessiten unes condicions acústiques molt més acotades –amb temps de reverberació escassos– i acostumen a trobar-se en les petites parròquies dels barris i les comunitats més marginades.

3.4.4 Auditoris i teatres d'òpera

Bé, ja hem parlat de la rehabilitació del so col·lectiu, en una classe, un restaurant i una església. Podem ara parlar del teatre i l'auditori on hi ha d'haver la relació que cal establir entre la persona que declama i els espectadors i, en el cas dels músics, amb els auditors.

Quan ens posem a parlar de la rehabilitació necessària als auditoris, hem de parlar, sens dubte, dels **estossecs** de la gent. És un comportament que fins i tot ens pot preocupar.

La tos pot indicar un estat anímic i una certa ansietat de qui la pateix, i no sembla lògic que hi hagi d'haver ansietat en el moment d'escoltar una audició musical. Per tant, cal pensar que s'ha de fer alguna mena d'acció perquè la gent canviï la seva actitud i no es provoquin aquestes molèsties a la manifestació musical per als altres assistents.

Si bé l'estossec no és excessivament molest durant els entreactes, la seva presència sí que és summa-ment complexa en el desenvolupament de l'activitat musical o teatral.

En els silencis dels actors i en els pianíssims de l'orquestra, l'estossec fa que la nostra atenció canviï i, en lloc de centrar-se en la música, torni a focalitzar-se en les persones que tenim al nostre voltant.

Precisament, l'encant de la música és aquesta abstracció que som capaços de fer, on podem arribar a prescindir del món real que ens envolta. Entrem en un món meravellós en el qual són les sensacions sonores les que ens creen unes emocions que ens comuniquen tota una sèrie d'aspectes diferents dels que mantenim en una comunicació verbal amb els altres éssers humans.

Es trunca la possibilitat d'escoltar la música sense obrir els ulls, perquè l'estossec ens retorna al coneixement que hi ha altres individus al nostre voltant. És a dir, en escoltar música entrem en un món intimista on tan sols continuem connectats amb l'exterior amb el sentit auditiu. Resulta que aquest món íntim pot quedar trencat per la presència de sons provinents del públic que ens acompanya, pel pas del metro o per un soroll aliè.

Cal cercar mètodes perquè les persones més afectades per aquests símptomes puguin prendre precaucions abans d'iniciar-se la representació.

També pot ser que la tos afecti més algunes persones sensibles als àcars o a determinats vernissos o olors presents en els materials de la sala. En aquests casos, la rehabilitació ha de començar per aquesta, cercant mètodes de fumigació, d'ionització i aromatització que no provoquin aquestes conseqüències.

Un altre tema interessant és la plena percepció de la **comunicació**, és a dir, si els assistents a la interpretació teatral o a la representació musical estan suficientment preparats per captar tota l'essència d'aquell espectacle o bé se'ls ha d'educar.

En algun moment pot ser que alguns espectadors no entenguin una representació perquè no tenen la cultura necessària per assolir aquell nivell, i en aquest cas, òbviament el que caldrà és una **educa-**



Fig. 3.37 Interpretació de música gòspel

| Sección A: aspectos generales | | | | | |
|--|---|--|-----------|-------|--------|
| A0 | 1 | ¿Dónde está sentado? | ZONA | FILA | |
| | 2 | Indique su sitio preferido en la sala | | | |
| A1 | 1 | El grado de silencio en la sala le parece... | MUY BUENO | BUENO | REGUL |
| | 2 | Comportamiento de la audiencia en el concierto respecto al silencio es | | | |
| A2 | 1 | La adecuación del nivel de iluminación es... | | | |
| | 2 | La visibilidad de la orquesta es... | | | |
| | 3 | El confort de la butaca es... | | | |
| A2 | 4 | La temperatura ambiente es... | | | |
| | 5 | La humedad del aire es... | | | |
| | 6 | El grado de movimiento del aire es... | | | |
| | 7 | La arquitectura y decoración de la sala le parece... | | | |
| Sección B: percepción acústica detallada (la sección B3 es sólo para intérpretes de la o | | | | | |
| B0 | 1 | ¿Distingue claramente los sonidos de los diferentes instrumentos? | MUY BIEN | BIEN | REGUL |
| | 2 | ¿Distingue claramente al solista (si lo hay)? | | | |
| B2 | 1 | ¿Cómo percibe la orquesta globalmente? | | | |
| | 2 | ¿Distingue claramente a los músicos más cercanos a su posición? | | | |
| B3 | 3 | ¿Tiene confort como solista?, ¿puede interpretar y escucharse? | | | |
| | 4 | ¿Distingue claramente a los músicos más alejados a su posición? | | | |
| | 5 | ¿Cómo percibe el ataque de su instrumento en la sala? | | | |
| B4 | 1 | ¿Tiene confort como conjunto? | | | |
| | Considera que en esta sala... | | MUCHÍSIMO | MUCHO | REGULA |
| | 1 | Predominan los sonidos agudos (frecuencias altas) | | | |
| | 2 | Predominan los sonidos graves (frecuencias bajas) | | | |
| B5 | 3 | El sonido se percibe por igual de todas las direcciones | | | |
| | Con la música escuchada, la sensación que le produce respecto a la proximidad o lejanía con los músicos | | | | |
| | 1 | Grande | | | |
| B5 | 2 | Abierta | | | |
| | 3 | Ancha | | | |
| B6 | Encuentra el sonido de la sala... | | MUCHÍSIMO | MUCHO | REGUL |
| | 1 | Reverberante (persistencia del sonido, se superponen los diferentes sonidos) | | | |
| | 2 | Seco (no se prolongan suficientemente los sonidos) | | | |
| | 3 | Íntimo (la música da la impresión de estar ejecutada en un recinto pequeño) | | | |
| | 4 | Vivo, rico, brillante (riqueza de agudos y lentitud en su desaparición) | | | |
| | 5 | Cálido (es rico en sonidos graves y se perciben y distinguen con claridad) | | | |
| | 6 | Claro (se distingue por separado los detalles de la ejecución musical) | | | |
| 7 | Turbio (se confunden y mezclan los sonidos individualizados de la ejecución musical) | | | | |

Fig. 3.39 Enquestes de qualitat.

© Projecte d'investigació coordinat BIA2003-09306-C04¹⁵

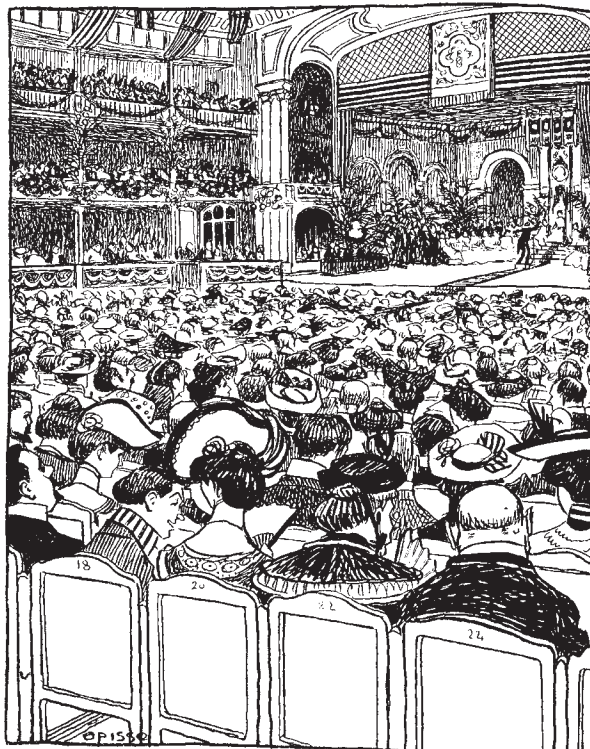


Fig. 3.38 Funció de La Traviata al Liceu de Barcelona (dibuix d'Opisso)

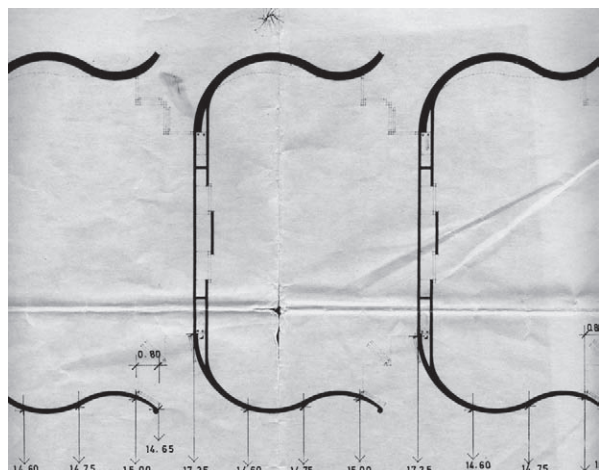


Fig. 3.40 Aularis de l'edifici Coderch de l'ETSAB (plànols originals)

ció o reeducació del propi públic a fi que pugui comprendre aquest missatge i gaudir-ne millor (**fig. 3.38**).

Això passa bastant sovint amb alguns grups teatrals nous o alguns actors polèmics que el públic potser desconeix. És evident que amb una propaganda de conscienciació s'assoleix una educació, de la qual pot sorgir una acceptació més alta cap aquell espectacle.

En aquest cas, ja sabem que la rehabilitació no es fa des del propi local ni des de la pròpia activitat, sinó mitjançant uns mecanismes de publicitat, *afiches* o cartells anunciadors al carrer, propaganda als mitjans de comunicació (premsa, ràdio, televisió, etc.). D'això, no en parlarem en aquest llibre, però ja es veu que hi ha casos on és necessària la rehabilitació del propi públic.

Això ja li va passar a algun compositor simfònic, com per exemple Mahler, en què la incomprensió del públic encara ara és molt manifesta en alguns casos. La gent ha d'estar preparada i educada per a l'audició que anirà a sentir, perquè no la rebutgi d'origen.

A la música i al teatre pot passar quelcom similar al que succeeix a la gastronomia. Hi ha àpats que no són ben acollits, no per un problema de l'àpat en si, sinó perquè no estem acostumats a aquell gust. És evident que, si no estem acostumats a un gust àcid, no ens agradarà la melmelada de taronges amargues, encara que sigui dolça i que els altres la considerin exquisida (amb torrades i mantega per a l'esmorzar, al mig d'un pastís, etc.).

Per tot això, és necessari que hi hagi una educació i, si no hi és prou, caldrà una rehabilitació del públic per a l'audició de totes les arts.

L'art sonora no deixa de ser una de les moltes arts que generen i de què frueixen els éssers humans. I de la mateixa manera que amb els artistes pintors o escultors hi ha diferents textures, composicions, cromatismes, domini de materials, formes, etc., que poden ser rebutjats pels espectadors, el mateix

passa en el camp de l'àmbit sonor.

Un punt a part seria la reeducació de la gent pel que fa a l'escala **musical**. Hi ha qui té una mínima educació musical i assisteix a un concert pensant-se que ja ho sap tot. No cal que s'hagi de posar a llegir una partitura, però sí poder gaudir més d'allò que sabem que l'interessarà. Els fullets i prospectes que es distribueixen a l'entrada dels teatres i auditoris són molt importants des d'aquest punt de vista docent.¹⁶

Alhora, la rehabilitació de les sales especials d'audicions musicals, com els teatres i auditoris, ha de passar per unes **avaluacions subjectives** sobre el resultat acústic de la sala, vista pels seus usuaris experimentats.

I, com hem vist, aquests usuaris poden tenir unes educacions diferents no tan sols sobre la música, sinó també sobre les sales.

En el cercle operístic, hi ha gent que es dedica a seguir el recorregut d'alguna companyia per les diferents sales d'arreu del món. A d'altres els interessa el seguiment d'una obra específica, interpretada pels diferents quadres escènics i companyies en diferents sales del món.

Tot això vol dir que aquests amants de la música i el cant aprenen constantment. Les persones que assisteixen per primer cop en aquest tipus de representació, si no tenen incorporat aquest aprenentatge, no poden jutjar determinats **paràmetres de qualitat acústica** amb la mateixa experiència que la gent melòmana, que fa aquells seguiments arreu del món. Quan aquestes persones enteses emeten els seus judicis és quan hi ha una base fiable sobre la necessitat o no de rehabilitació d'aquestes sales.¹⁷

Per això és imprescindible que es realitzin unes enquestes sobre els paràmetres objectius i subjectius de qualitat (**fig. 3.39**). Però, com hem assenyalat quant als usuaris d'aquestes sales, aquestes enquestes tindran més fiabilitat com més aflluència de públic experimentat tingui la sala.

3.5 La rehabilitació dels llenguatges musicals

Encara que no siguem músics, potser ens convé canviar algunes actituds sobre la nostra producció sonora envers els altres. Moltes vegades, sense adonar-nos-en, amb el nostre cos en impactar sobre els elements i els paviments, o picant sobre la taula amb els dits, o amb un bolígraf, etc., produïm una sèrie de músiques, a vegades carregades amb tonalitats que poden afectar el nostre entorn i les persones que estan a prop nostre. I això ho fem com a individus i com a col·lectiu.

Dins d'aquest apartat, potser hauríem de distingir dues parts ben clares. La primera és la dels llenguatges orals i l'altra la dels llenguatges musicals.

3.5.1 Llenguatges orals

Crec que ja s'ha fet prou esment de la rehabilitació de la veu, però ara potser cal parlar de la rehabilitació de la música en el llenguatge oral. En efecte, sovint escoltem persones que tenen un àmbit tonal molt limitat. Potser ningú no els ha ensenyat les arts de l'oratoria ni la importància de la riquesa tonal. El cert és que, amb independència del contingut del missatge, quan parlen ens provoquen somnolència.

Aquest fenomen és semblant al del recinte on apareixen certes tonalitats. Això succeeix en algunes aules de l'edifici Coderch de l'ETSAB, on, encara que el professor parli amb èmfasi, la sala domina amb un ressò que es forma en certa nota greu (**fig. 3.40**). Tothom acaba cansat, tant el professor com l'alumne; i si fem coincidir aquest defecte de l'aula amb un professor monòton (igual to), el resultat és totalment soporífer.

3.5.2 Llenguatges musicals

La primera rehabilitació personal i musical que hem de fer és la nostra **respiració**.

La respiració té un ritme, el qual ve marcat per l'aprenentatge que hem tingut d'aquest moviment instintiu.

Per sort, el volum de la respiració és bastant baix i limitat, i no acostuma a afectar el nostre entorn. Però fixem-nos que moltes persones parlen adoptant, com un element més, l'aspre so de les seves inspiracions d'aire.

Si podem escoltar aquestes persones en els moments en què no parlen, notarem si també tenen aquest efecte.

Però, a part de la respiració, després fem emissions de sons amb el nostre cos, que ja hem vist com a sons musicals i amb la paraula. Aquests sons musicals a vegades són excessivament monòtons. Si agafem una nota del pentagrama i ens situem sobre ella en fer una conversa i no sortim d'aquesta nota, això s'anomena **monotonia**. En canvi, l'orador expert fa matisos, cap a munt o cap avall, fent una afirmació o un punt i a part.

D'això, ja n'hem parlat i aquí no hi farem més comentaris, però sí que valdria la pena que féssim alguna reflexió sobre si a l'ésser humà li cal o no alguna rehabilitació de la seva **oratoria**. Jo crec que sempre és positiu reflexionar i posar-se al dia sobre la conveniència dels sons que nosaltres enviem al col·lectiu que ens envolta.

Després de la respiració i la parla, òbviament hi ha aquells sons musicals que es generen amb el **xiulet** o amb la **percussió de les nostres mans** o amb els peus o en baixar l'escala fent una melodia d'impactes determinat, en la nostra manera de caminar pel món, en la manera de fer anar les **claus** i de fer-les gringar, etc. Tot això serien els llenguatges musicals, dels objectes que portem o transportem. I, en el cas del xiulet, ja hem fet suficient esment de les tècniques que utilitzem, dels xiuladors d'altres cultures.

Si ens cenyim exclusivament als llenguatges musicals, veurem que no és el mateix la música occidental que la música oriental. A la música occidental trobem una infinitat d'instruments, alguns d'ells que s'han anat perdent al llarg dels anys, i constantment en podem anar reinventant alguns altres.¹⁸

Potser l'exemple més clar de rehabilitació acústica musical és el que fa referència als nostres avisadors. Ja hem parlat prou dels telèfons mòbils, que podem rehabilitar incorporant-hi la nostra melodia preferida, o fins i tot **component-ne** una de personalitzada.

Per posar un exemple, si a classe tots els alumnes tinguessin el mateix so de mòbil i tots haguessin deixat les bosses al mateix lloc, quan en sonés un d'ells tothom faria l'intent d'aixecar-se. En veure que tothom s'aixecava apareixeria el dubte entre

els propis alumnes, ja que només sonava un mòbil. Tothom tindria el dubte de si és el seu, però en aixecar-se tots s'adonarien que han entrat en una confusió. Hi ha massa persones que han escollit el mateix tipus de so.

En aquest cas, quedaria totalment palesa i demostrada la necessitat de la personalització musical del so d'avís dels telèfons mòbils.¹⁹

Pareu l'orella i escolteu; a molta gent el mòbil li sona amb el mateix so. A tu també?

¹ Malgrat impostar la veu, va resultar que van haver d'operar un familiar d'uns nòduls que se li havien format a les cordes vocals. Sense aquesta intervenció no podia cantar professionalment ni preparar-se una futura carrera de comunicador. La primera sorpresa, un cop operat i recuperat després del període de descans i de silenci inicial, va ser escoltar una veu totalment diferent a l'afònica o ronca que estàvem acostumats a sentir i que ja formava part de la seva personalitat.

² El tant per cent d'impediment monoaural és la resultant de restar 25 a la mitjana aritmètica de les pèrdues a les quatre octaves de 500 Hz, i multiplicar per 1,5. L'impediment binaural s'obté multiplicant per 5 l'impediment de l'oïda millor, sumar-li el de l'oïda pitjor i dividir el resultat per 6. Aquests resultats es poden obtenir amb els àbacs de Perelló-Salesa.

³ A la pel·lícula *Sis dies i set nits*, l'actor Harrison Ford demostra que és capaç de fer el so de destapar l'ampolla. Es posa un dit a la boca i el treu amb energia generant el típic "plop".

⁴ Vegeu el llibre *Arquitectura acústica 2. Disseny*, Barcelona, edicions UPC, 2000.

⁵ El meu avi m'ho explicava amb els duros de plata (monedes de 5 pessetes de les antigues). Hauríem de recuperar dels nostres avis aquestes anècdotes del marbre dels "colmados".

⁶ Ho vaig veure a la presentació de les seves escultures a la Casa de la Caritat abans de convertir-se en el CCCB de Barcelona. Va convidar uns percussionistes, que van fer sonar aquelles escultures de fusta i en van extreure tota mena de sons.

⁷ Ho va fer també l'Anna Casas, arq., i amb molt d'èxit (a més, en vàrem fer un vídeo).

⁸ Això m'ho va fer un enllustrador de Sevilla. Quan vaig sentir el claqué que anava produint, m'ho vaig treure tot seguit.

⁹ Dóna peu a una anècdota de John Lennon, que va distingir clarament a través del so l'estament social que el produïa. En un concert va demanar al públic dempeus que aplaudís si estava satisfet. Normalment, els que estan a peu dret a la platea tenen les localitats més econòmiques. Dirigint-se als de l'amfiteatre (a la noblesa i als de classe social més elevada, que estaven a les llotges) els va dir que n'hi hauria prou que sacsegessin les joies. Amb això ja va indicar dos tipus de sons molt diferenciats: el so produït per les mans, que és un so quotidià que pot fer qualsevol persona, i el so produït per les joies, que només poden fer certes classes socials de més poder adquisitiu o d'alt simbolisme aurífic.

¹⁰ El rellotge de corda Rolex em recorda els batecs que feia el cor de la meva filla, quan encara no havia nascut, quan escoltàvem

amb el metge aquella petita locomotora (*aha-a-a-a-a!*) que tenia aquella vida incipient. Bé, hi ha rellotges que van lents i aquest fa un ritme molt ràpid.

¹¹ Dissortadament, aquesta informació sonora desapareix totalment en el doblatge al castellà a la versió comercialitzada en DVD editada per Planeta DeAgostini, Barcelona, 2003.

¹² Això és el que vaig fer un diumenge i, mentre circulava, em vaig adonar que la bicicleta anava fent un “nyoc-nyoc-nyoc-nyoc” específic. La roda de darrere anava fregant el fre, potser perquè estava una mica desplaçada de l’eix. El cas és que anava donant una informació sonora als vianants del carrer. Alguns d’ells, que estaven asseguts en bancs, em veien passar fent aquest so i devien preguntant-se per què no feia res per evitar-lo.

¹³ Els cants a les nostres senyeres, els himnes patriòtics, etc. són tota una sèrie de qüestions col·lectives que, juntament amb la casuística dels sons dels camps de futbol, fornirien material per omplir molts llibres.

¹⁴ Que comentàvem al llibre *Arquitectura Acústica 2. Disseny*, esmentat abans.

¹⁵ Establiment de paràmetres acústics determinants de la qualitat en sales de concerts i auditoris. Proposta per a l’aplicació als projectes de nova planta o rehabilitació. Projecte dirigit per Alicia Jiménez Pérez, subvencionat pel *Ministerio de Educacion i Ciencia* del 2003 al 2006.

¹⁶ Hi ha un moment important als anys seixanta en el qual al disc de The Beatles *Sgt. Peppers Lonely Hearts Club Band* apareixen escrites les lletres de les cançons. Nosaltres, que llavors no enteníem excessivament l’anglès, vàrem entendre molt millor l’esperit de les seves cançons.

¹⁷ Vegeu, en concret, la rehabilitació acústica dels paràmetres subjectius i objectius de qualitat de sales d’audicions i teatres d’òperes al capítol de locals.

¹⁸ Com fa aquell fantàstic grup argentí que s’anomena *Les Luthiers* i també els *Costa Oeste*, que ens ofereixen sempre la sorpresa de nous instruments generats amb una gran creativitat, no només des del punt de vista musical sinó també de la concepció del disseny de l’objecte.

¹⁹ A la pel·lícula *Curly Sue* (La petita Sue), del director John Hughes (EUA, 1991), hi ha una escena d’un restaurant on, quan sona un mòbil, tothom es treu el seu i respon.

4. La rehabilitació acústica del territori

En aquest capítol s'estudien les diferents actuacions que podem fer en el territori per tal de recuperar sobretot les seves poètiques acústiques i contribuir així a la conservació òbvia i necessària dels seus ecosistemes.

Així, rehabilitar acústicament serà només una part d'aquesta rehabilitació integral que cal fer a l'escala més gran del territori, amb finalitats de sostenibilitat.

Cal pensar en els tres ingredients principals que configuren el territori,¹ com són la **morfologia**, la **topografia** i les **textures**.

Aquests ingredients són els que, des d'una escala elevada fins a una escala més petita (però encara gran, perquè ens referim a un territori molt extens), permeten distingir els trets característics del bosc, d'una massa rocallosa, d'una topografia amb grans espadats, d'unes àrees de ramaderia, d'unes regions de conreu, etc.

Tot això és el que tot seguit estudiarem des de diferents escales (macroescales), però amb unes aproximacions que ens permetin arribar a l'escala petita, on hi ha cert grau de contacte amb el que és la textura d'aquest territori.

Començarem per la morfologia, on hi ha els trets característics de distinció entre grans àrees del territori. Després analitzarem els aspectes específics topogràfics (com s'arruga aquest territori) i finalment parlarem de "com es pinta": de quins colors, des del punt de vista sonor, està impregnat aquest mosaic,

que és el territori? Hi trobarem moltes textures, com ara la vegetació generada per l'ésser humà o no, les formacions arenoses, les parts amb gespa, les parts amb conreus, etc., que ens permeten mantenir aquest diàleg des del punt de vista acústic.

Els apartats en què s'anirà desgranant aquest capítol, si bé se separen dels processos que cal tenir en compte des d'una vessant ecològica, signifiquen una recerca de les formes d'intervenció a gran escala, a fi de preservar-la. Amb això podem donar nous horitzons i noves visions a aquesta escala gran, que és la que en definitiva ens ha de permetre la coexistència amb les escales més reduïdes de la ciutat, de les urbanitzacions, dels barris, dels edificis, dels locals i, en definitiva, els àmbits a escala més domèstica (fins arribar a les escales més personals de l'individu), algunes de les quals ja hem tractat anteriorment.

Per això, el primer apartat fa referència a la necessitat d'interpretar el territori d'escala 1:50.000 a escala 1:5.000.

Després tractem els temes vinculats a la **sectorització** del territori, és a dir, la manera com aquest queda dividit en les diferents franges d'aprofitament com a conseqüència de la mà de l'ésser humà.

El territori el dividim en diferents usos i, és clar, aquests sectors s'han de connectar: hi hem de fer arribar energies, matèries primeres i productes manufacturats.

D'aquesta forma d'entendre la parcel·lació del terri-

tori passarem a parlar de les **xarxes de transport a escala territorial**. Evidentment, aquestes són les principals fonts de producció sonora territorial d'emissió quasi constant. Per això ens hem de dedicar més estona a estudiar-les i a buscar solucions en els casos que ja estan realitzats (aquesta és la dificultat de la seva rehabilitació).²

El punt següent serà la rehabilitació acústica de les **indústries** i tractarà sobre la facilitat per concentrar-les en indrets determinats, com també sobre la millora que es pot produir o no si en lloc de fer-se per via de la concentració (urbanisme intensiu) es fa de forma extensiva.

Però, si aquest punt pot ser un tema important i controvertit en comparar diferents escales d'actuació (local i supralocal), també ho serà el dels **abocadors** i els dels **restants focus d'emissió sonora** que es presenten al territori, com ara les centrals elèctriques, petrolíferes, etc.

El capítol es clourà amb la reflexió sobre la **sostenibilitat** necessària (des del punt de vista acústic) per al territori. És a dir, un cop hem treballat i configurat diferents formes de fer el repartiment del territori, cal veure quins són els usos i els recursos de la terra, i a partir d'aquí promoure'n la rehabilitació acústica a fi de millorar-los actualment i que siguin mantenibles en el futur.

Bé, en aquest capítol podrem començar tot just a esmentar els diferents temes. Ja veiem que alguns d'ells poden ser de molta transcendència, perquè afecten o poden afectar una extensió territorial molt important, però les eines que oferim per a la rehabilitació no són exhaustives i sempre cal molta reflexió de l'equip pluridisciplinari, que ha d'estudiar cada cas en la seva globalitat i particularitat.

4.1 L'audició de l'escala 1:250.000 a l'escala 1:5.000

A l'hora de definir el paisatge, existeix l'opció d'entendre'l com un mosaic d'elements, és a dir, un sistema format per multitud d'elements que

s'interrelacionen.

Aquests elements són el clima, la morfologia, la topografia i la textura, que fan que hi hagi roques, terra i aigua, i tots els éssers biòtics que existeixen (la flora i fauna) i nosaltres mateixos (com a éssers humans).

Podríem distingir quatre apartats: el **medi físic**, el **climàtic**, els **éssers vius** i l'**ésser humà**. Del medi físic, en farem alguna referència en aquest capítol, tot i que caldria parlar també de la hidrologia i geologia.

Els aspectes **climàtics** fan que en un indret hi hagi més quantitat de precipitacions, o que les temperatures assoleixin uns valors màxims o mínims diferents (que el gradient tèrmic sigui molt més pausat o més ràpid, o que variïn la quantitat de radiació solar o insolació, les evaporacions, etc.).

Pel que fa als **éssers vius**, cal parlar de la flora i la fauna (humans inclosos convivint-hi).

La flora, combinada amb els aspectes climàtics i meteorològics, emet un gran ventall de sons acompanyats de molta més variabilitat de la que ens imaginem. A la **figura 4.1** es representa la Fageda d'en Jordà, d'Olot, on els sons van canviant al llarg del dia i amb el pas de les estacions.

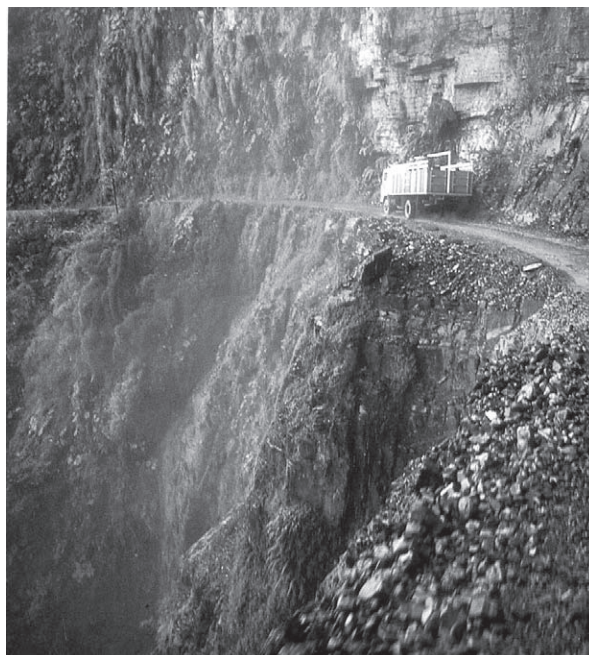
Alhora, molts animals emeten els seus propis sons per comunicar-se, atemorir i marcar la possessió del seu territori (**fig. 4.2**).

Finalment, hi ha **un medi dissenyat per l'ésser humà** en el qual tenim les infraestructures (carreteres, vies de ferrocarril, etc.), tots els sectors de conreus, sectors residencials, sectors de lleure, sectors industrials, etc., que ja formarien part del que entenem com a urbanisme i ordenació territorial.

Com podem veure a la **figura 4.3**, les infraestructures modifiquen el medi físic (per l'acció de l'home), però són necessàries per a comunicar-nos. N'hi ha dos extrems: el primer cas és una imatge



*Fig. 4.1 La fageda d'en Jordà, Olot
(fotografia de l'autor)*



*Fig. 4.3 Infraestructura dins del medi natural.
Cas de dificultat extrema*



*Fig. 4.2 Els animals emeten sons per marcar
el seu territori*



*Fig. 4.4 Infraestructura dissenyada per l'ésser humà
(fotografia aèria de l'autopista de Llevant)*

de la baixada de Los Yungas, on han traçat una via sense quasi modificar el medi. El segon cas (**fig. 4.4**) és l'autopista de Llevant, amb un traçat de gran impacte ambiental.

Les grans àrees de jocs per a lleure i les festes populars dels municipis s'han d'intentar disposar en llocs on no afectin el veïnat.³ A la **figura 4.5** podem veure uns cavallets de Port Aventura. Aquesta instal·lació no presenta problemes de soroll, atesa la seva situació isolada en el territori.

Tot això fa que existeixi un paisatge canviant, que no està fix en un moment determinat. Ens pot semblar estàtic però, en canvi, està en evolució constant.

Tots els elements d'aquest mosaic que hem esmentat s'interrelacionen. Cadascun d'ells pot tenir diferents subelements que els afectin; per exemple, el clima pot estar sotmès al gruix de la capa d'ozó, que, com ja sabem, ara depèn de la pol·lució que generem. I, òbviament, el territori està sotmès a les variacions d'estratègies que l'ésser humà hi fa (els diferents plans del sòl).

Una població pot estar totalment integrada en el paisatge, com es veu en la imatge de Siurana (**fig. 4.6**). També podem observar la població de Foixà, on hi ha hagut una transformació del territori: un sector rural s'ha convertit en sòl urbà (**fig. 4.7**).

Els planejaments del sòl poden possibilitar que certs sectors que havien de ser rurals puguin ser urbanitzables o que sectors urbanitzables programats acabin essent urbans, etc.

Aquests canvis succeeixen en un temps que òbviament és diferent al de les nostres vides. És un temps molt més dilatat, però és evident que existeix una velocitat de transformació deguda a l'acció de l'home (**figures 4.8 a i b**). Sovint aquesta transformació es nota molt més a l'escala 1:250.000 que no pas a l'escala 1:5.000.

Nosaltres, com a éssers humans, som els principals transformadors d'aquest paisatge; necessitem ali-

ments per a la nostra subsistència; fem servir objectes manufacturats o industrialitzats (els estris); necessitem habitatges i fem intercanvis.

Però es genera soroll. Els objectes els fabriquem amb soroll i ells mateixos també en generen. El mateix passa amb la construcció d'habitatges, i quan hi vivim també fem soroll al seu interior i exterior.

Conrear i produir aliments també comporta soroll. És a dir, l'ésser humà va deixant a tot el territori la seva **petjada sonora**.

En un plànol a 1:50.000 s'aprecia clarament mitjançant unes xarxes, que permeten fer la distribució d'energies a diferents distàncies. El mateix succeeix amb les matèries i, actualment, amb la informació.

Les xarxes de transport d'energia normalment no són sorolloses, només quan les línies estan molt densificades (seccions petites, com és el cas de les línies aèries d'alta tensió).

Però, si hi ha saturació de línia per al transport de **matèries** mitjançant el sistema terrestre, sí que es genera molt soroll. És el cas de les autopistes, les carreteres, les vies de ferrocarril (i també de les vies de transport aeri i marítim), però no pas del transport soterrat. Aquí, però, tenim un altre problema, que és el de la producció de les vibracions.

En el cas de transmetre informació a través d'una xarxa de **comunicació** (actualment, molt en desenvolupament), el problema són les saturacions de les línies i la capacitat d'emmagatzemar i de transportar amb fidelitat aquella informació. És evident que això ja entra en el camp de l'enginyeria de telecomunicació i no en el de l'arquitectura i l'urbanisme, que és el que estem estudiant ara.

En aquesta gran escala, ens adonem que les xarxes preexistents a les ciutats es van estenent per tot el territori. Gairebé podem dir que no sabem si la trama de connexions configuren una **xarxa de ciutats** o bé es configura una ciutat dins d'una xarxa.



Fig. 4.5 Cavallets a Port Aventura, Vilaseca - Salou (fotografia de l'autor)



Fig. 4.8 a i b Transformació del paisatge d'Hostalric (fotografies de l'autor)



Fig. 4.6 Població de Siurana (fotografia de l'autor)



Fig. 4.7 Paisatge de Foixà (fotografia de l'autor)



Fig. 4.9a Mosaic de funcions de l'àmbit territorial de Barcelona (esquema de l'autor)

Aquest concepte es coneix amb el nom de la **ciutat difusa**, que vol dir que tot el territori pràcticament ja és una ciutat sense una delimitació específica, sense un final com abans, on les ciutats tenien una frontera física com una muralla.

Òbviament, és un concepte negatiu pel que fa al territori, atès que aquesta nova ciutat no té enlloc un final ni un inici. El desenvolupament industrial de la meitat del segle XX ha generat un boom migratori a les ciutats i als seus exteriors, on s'ha fet un creixement de forma exponencial. Això ha promogut un **model urbanístic difús**, com diem, i **discontínu**.

D'aquest tema, en farem una referència més detallada al capítol de la rehabilitació de la ciutat, però ara el que ens interessa és veure com afecta el tema sonor a l'escala de territori prèvia a l'escala de la ciutat.

4.2 La sectorització del territori

Una de les grans decisions que cal prendre respecte al territori es refereix a la seva **sectorització**, és a dir, com es va dividint aquest territori en els diferents apartats (pastilles) d'usos. En definitiva, veure com va agafant els diferents colors i textures dins el gran mosaic definit per les seves diferents funcions (**figures 4.9 a i b**).

Òbviament, tothom vol treure el màxim rendiment del territori, però cal tenir en compte aspectes com els de la sostenibilitat, que permeten mantenir un medi ambient adequat de les diferents circumstàncies (tant històriques com presents).

Alhora, com hem dit, la sostenibilitat ens imposa criteris per a la preservació i per a les noves formes d'utilització d'aquest territori.

4.2.1 La ciutat

De sempre, les aglomeracions socials s'han anat disposant entorn dels eixos de circulació de mercaderies. Les noves carreteres i els camins han anat configurant els carrers principals de diferents

poblacions que, en molts casos, han anat adoptant una tipologia de ramificació respecte d'aquests eixos. De l'estudi que podem fer ara sobre com queda definit el territori, en veurem un mapa amb diferents colors. Hi ha una taca molt fosca allà on la densificació d'**habitants per hectàrea** és la màxima, i això succeeix en alguns sectors de les grans ciutats.

Aquest serà un tema d'estudi específic al capítol 5, però podem avançar que, en general, al voltant de les vies de gran importància (rondes de circumval·lació, eixos transversals o diagonals, etc.) s'han generat uns forts creixements urbans (**fig. 4.10**).

4.2.2 El camp

En canvi, la part blanca (o amb el color més tènue) està en aquelles àrees que es destinen a activitats com el conreu o la ramaderia. Per tant, les explotacions agrícoles són aquelles on la taca quedarà més diluïda (tot i que hi ha algunes èpoques com a la sembra i recol·lecció dels productes, en què aquesta densitat augmenta respecte a la de la resta de l'any).

A més a més del paràmetre de la densitat d'habitants per hectàrea, n'hi ha un altre que cal tenir en compte: el **temps**. En funció dels períodes o, fins i tot, de les hores d'un mateix dia, aquesta densitat anirà variant; per tant, la variabilitat del territori és factor no només del que s'hi està fent, sinó també del moment en què es fa.

4.2.3 La indústria

Ens adonem que hi ha unes taques específiques que es refereixen a les activitats industrials. Quan mirem aquest mosaic dels diferents aprofitaments, sovint veiem que hi ha uns usos industrials que són compatibles amb altres activitats, com el lleure so-rollós.

Podem agrupar les activitats fabrils que durant el dia generin molèsties sonores i allunyar-les de les concentracions humanes i, com que hi ha compatibilitat en els horaris, encabir-hi altres activitats

com el lleure musical (discoteques, grans concentracions d'auditoris exteriors, etc.) d'ús nocturn.

En aquest cas, el problema serà el de la mobilitat de la gent des de les poblacions fins aquestes àrees, i viceversa.

En tornarem a parlar a l'apartat 4.4, dedicat a la rehabilitació acústica de l'ús industrial.

4.2.4 El parc natural

Què podem fer per comptabilitzar aquestes activitats amb les que tenen altres usos, com per exemple els de la preservació dels entorns naturals?

Un pla especial d'interès natural comprèn tot un sector que cal preservar. Com han de ser els límits respecte dels usos agrícoles i ramaders, o aquells de més aprofitament, com ara els urbans o urbanitzables?

Aquests són termes en els quals hem d'incidir des del camp de la rehabilitació acústica del territori, perquè el compromís és més gran que no pas en d'altres. Tot i que sempre intentarem defensar l'aprofitament del so natural i del so harmoniós en qualsevol indret, potser cal posar fil a l'agulla en els casos en què aquests sons corren més el risc de ser interromputs i fins i tot pol·luïts per les nostres activitats humanes.

Sovint, el clima i la natura s'interrelacionen, i la calma i harmoniosa natura es veuen interrompudes per una tempesta, on hi ha una variació exuberant de sons (fig. 4.11).

4.2.5 La sostenibilitat de la sectorització

Per tant, en el moment de rehabilitar el territori hem de considerar aquesta sectorització.

La sectorització que tenim és correcta? Observem el territori. Mirem aquestes taques de població i superposem-hi d'altres taques, com poden ser les del verd que cal conservar. Superposem-hi altres taques amb altres colors, que podem anar definint

segons els usos i el que volem obtenir en el futur (pel que fa a la sostenibilitat del territori), i d'aquí segurament traurem una imatge d'aquesta superposició bastant clara del nostre territori actual.

Ara cal mirar com es pot millorar d'acord amb uns **paràmetres de direccionalitat**. Basem-nos, si cal, en uns paràmetres que ja han anat definint diferents investigadors ecòlegs, psicòlegs, urbanistes, etc. d'arreu del món (no només de les nostres localitats i contrades). Si hem d'anar fins allí, busquem els recursos per arribar-hi.

En aquesta **utilització racional del territori**, els recursos per assolir la sostenibilitat acústica, pensant en què deixarem per al futur als qui ens han de seguir, en aquest moment és o hauria de ser la nostra màxima preocupació. Potser no és tan important allò de què disposem ara com la manera en què serà efectivament disponible en el futur.

D'això es tracta en el cas de la rehabilitació del territori: de trobar els mecanismes que ens permetran optimitzar aquestes relacions entre els seus diferents sectors.

4.3 La rehabilitació de les xarxes de transport

Hem vist que en molts casos les poblacions neixen gràcies a l'existència d'uns eixos que connecten diferents indrets. Això fa que creixi una nova disposició d'assentaments, i d'aquí sorgeixen unes preguntes que cal tenir en compte.

És lògic que aquest entorn sigui substituït per unes xarxes de transport? Les hem de preservar? Cal deixar les antigues per obsoletes i veure que se'n farà en el futur?

Potser són preguntes que tenen un doble vessant. Vegem-ne uns exemples.

Per una banda és evident que avui ens tornem a replantejar el paper dels **sistemes ferroviaris** com un dels millors mètodes sostenibles de transport

col·lectiu, atès que ens permet tenir cura del territori.⁴

I, per una altra banda, el transport en **vehicles automòbils** s'ha estès tant que les tàctiques dissuasives han de basar-se en alternatives ben sòlides i d'eficàcia comprovada.

I quan volem fer-ho bé ens costa molt. A les vies ràpides de les ciutats hi ha trams que estan semicoberts; per tant, la via queda semisoterrada. Els murs que queden vistos actuen com a elements de pantalla on rebota el so i afecta les parts altes dels edificis (**fig. 4.12**). En aquests casos, el nivell sonor és proporcional a la velocitat dels vehicles.

4.3.1 Xarxes de transport terrestre

Transport de vehicles

Imaginem-nos circulant per un tram d'autopista en el qual el paviment és poc absorbent. Quan plou, ens adonem que es va aixecant l'aigua de tots els vehicles que circulen davant nostre, la qual cosa ens dificulta molt la visió.

Encara que la pluja no sigui intensa, l'aigua que aixequen els vehicles genera una mena de boira a través de la qual quasi no els distingim. Tot i que és de dia i porten els llums encesos, difícilment s'aprecien els vehicles, sobretot els de color gris, que queden camuflats amb la boira.

Ens cal reduir la velocitat. Això ens porta a demanar que aquests paviments es transformin en uns paviments més còmodes, no només des del punt de vista visual sinó també des de l'auditiu.

En dies de pluja, el so dels pneumàtics augmenta i es torna més agut, i això comporta més pol·lució sonora al territori per on discorren aquestes vies. El reasfaltatge (si ja són prou fermes) d'un **asfalt fo-**
noabsorbent evitaria aquesta problemàtica també en la conducció, perquè l'aigua de pluja circula per dins de l'**asfalt porós** i no per dalt, com abans.

Això succeeix no només als grans eixos viaris, com

poden ser les autopistes i les autovies, sinó també en moltes carreteres, com també als carrers.

Si ens hi fixem, el que molesta més en dies de pluja és el so de la roda en altes velocitats i no tant el so del motor.

Ens hem de preocupar no només de si l'asfalt ha de ser fonoreductor o no, sinó alhora si el seu **traçat** és el correcte.

Està bé aprofitar-se de la **morfologia** i de la **topografia** del terreny, però sobretot cal pensar en el que tenim a l'abast: les **textures**. Per exemple, pel que fa als talussos, quins són els materials que els formen? Si són murs de contenció, cal veure què se n'ha fet, dels seus elements de revestiment: són absorbents com el de la **figura 4.13**, on es veu un talús de roca erosionada pel vent i altres agents atmosfèrics o, al contrari, són totalment especulars i el so que reflecteixen incrementa la molèstia?

Aquests eixos van amb rasa (enfonsats respecte del terreny circumdant) o van aixecats i hi ha algun tipus de barrera? O no hi ha res? Només, com a molt, la tanca biona o la defensa New Jersey per protegir dels cops o la sortida de la via. Aquestes són preguntes que ens hem d'anar fent, i les seves respostes no són immediates sinó que requereixen una reflexió.

Així, no només ens hem de plantejar com hem fet el traçat d'aquests eixos, sinó que també hem de veure com afecten al seu **pas per les poblacions** o com incideixen en el territori que volem intervenir. L'afectació sonora tant es pot donar si el traçat travessa una població com si és per la natura (afectació sonora sobre els talussos, **figura 4.14**).

En travessar una població, és evident que l'afectació sonora sobre els ciutadans és molt elevada. Cal fer una variant per solucionar no només el problema dels sorolls sinó també les congestions que es generin a la carretera? Si la resposta és positiva, guanyarem un espai dins la població que abans estava hipotecat per a l'ús del vehicle. Ara hi podrem fer unes rambles, uns bulevards on

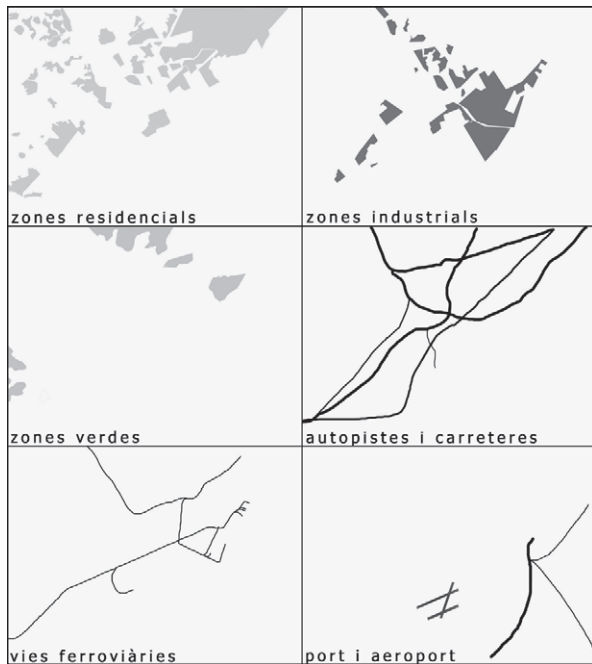


Fig. 4.9b Desglossament del mosaic de funcions anterior (esquema de l'autor)



Fig. 4.10 Barcelona: la ciutat es configura a partir de noves vies



Fig. 4.11 So natural quan el clima incideix sobre la natura



Fig. 4.12 Antiga entrada a la Ronda de Dalt sota la plaça de Lesseps (fotografia de l'autor)



Fig. 4.13 Textura altament absorbent d'un talús de roca erosionada pel vent (fotografia de l'autor)

s'abocaran unes activitats comercials i de restauració amb presència activa del vianant. En aquesta transformació, es poden fer factibles uns nous usos i veus de la ciutat.

Pel que fa a la **topografia**, una qüestió és la de les poblacions que queden aixecades respecte del nivell de paviment de carreteres o ferrocarrils. Com se soluciona el fet que la seva cota sigui superior?

La situació d'un assentament humà sobre un cim o sobre un turó era el sistema medieval més eficient d'entre els mètodes defensius en cas d'atac. Ara, respecte a les vies de comunicació terrestres, constitueix un atac veritable dels sons negatius. Per tant, cal cercar alternatives positives de rehabilitació d'aquests casos, que no són gens fàcils de pensar, perquè no podem basar-nos en una absorció superior del terreny que faci factible la disminució del so en allunyant-nos (perquè no hi ha prou extensió de terreny a una cota suficientment horitzontal per donar pas a l'absorció).

A ningú no li agrada quedar exposat a les mirades dels altres, com tampoc a l'atac del soroll provinent d'altres elements, com ara les carreteres i vies fèrries que van travessant el paisatge.

En molts casos, i fins ara, aquestes carreteres i vies fèrries s'han traçat prescindint de l'existència massiva propera d'aquestes poblacions. Per aquesta raó, moltes parts del territori han quedat altament afectades pel soroll que el transport origina. L'única solució en aquests casos en què no es pot actuar en l'espai existent entre la carretera o les vies fèrries i la població és apantallar els focus de contaminació a l'origen.

Cal actuar sobre aquests problemes incidint en els materials, per exemple amb la introducció de materials fonoabsorbents (**fig. 4.15**), o amb els apantallaments acústics en vies ràpides com són les autopistes.

Ho podem verificar en una anàlisi feta al territori d'una població (**fig. 4.16**). Als apartats *a*, *b*, *c* i *d* d'aquesta figura podem veure les diferents situa-

cions de la implantació d'una nova carretera. En el primer cas, la carretera s'ubica per darrere del cim: no és la solució correcta ja que està al mig del pas de l'aire, que transporta el soroll cap al poble. En el segon cas, s'ubica on està la vall, cosa que afavoreix la transmissió dels sons que reboten a les falces dels cims. En el tercer cas, la carretera se situa propera a la població -s'hauria d'analitzar si el so queda a sota- i la quantitat de terres que es treuen i s'aprofiten per a les que s'omplen. En l'últim cas, i com a bona solució, la variant se situa a l'altre costat de la població i la vall es deixa amb la població més coincident amb el medi ambient preexistent.

Transport ferroviari

A diferència dels eixos de circulació rodada de vehicles, sembla que els **ferroviaris** molesten molt menys. La raó potser és que el sistema ferroviari ens dona una "**imatge**" **positiva i romàntica**. El vehicle encara ens agradeix amb el seu so.⁵ Caldria buscar les causes específiques de per què fent el mateix soroll sembla que hi ha menys afectació en el cas dels ferrocarrils. Fent preguntes a la gent que està a prop de les estacions de tren, alguns habitants ens diuen que la informació de les pitades dels trens els resulta positiva perquè els aporta valors temporals (saben que el tren passa a una hora determinada i, pel so de pas i les xiulades, que aquell és el tren 'Euromed de les 7'). És a dir, els trens tenen, en general, uns noms i uns compromisos de mantenir fix i regular l'horari; per tant, és com una manifestació de la puntualitat que agrada a la gent.

En qualsevol cas, també existeixen òbviament les denúncies dels sorolls dels trens, ben justificades perquè es transporten persones i mercaderies travessant poblacions i generen sorolls i vibracions molestes als edificis del voltant.

A part de fragmentar la ciutat, les vies tenen un gran impacte dins l'àmbit territorial, com es pot apreciar a la **figura 4.17**. En travessar pel cor d'una població, la molèstia pot afectar el valor de l'habitatge.

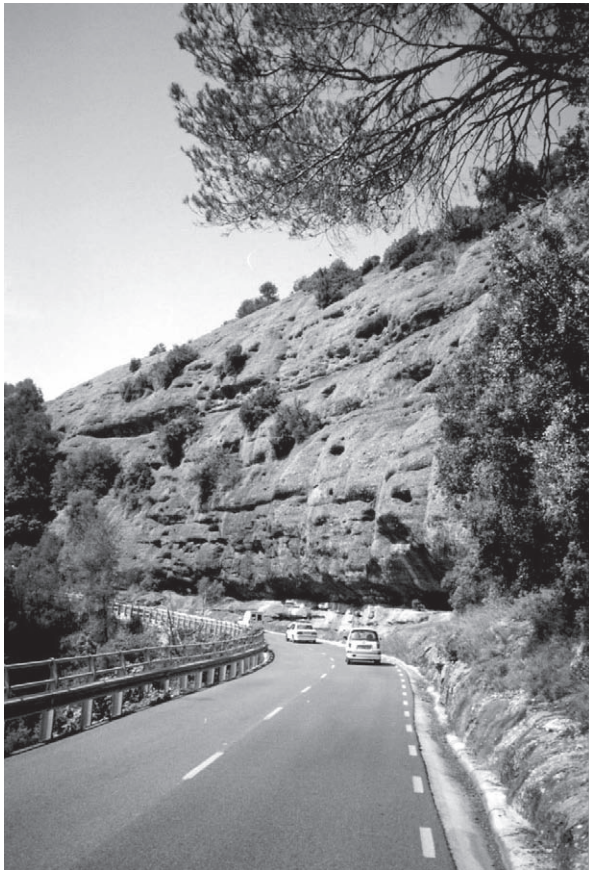


Fig. 4.14 Traçat d'una carretera al costat d'un espadat petri (fotografia de l'autor)



Fig. 4.15 Bandes sonores sobre un asfalt molt porós fonoabsorbent (fotografia de l'autor)

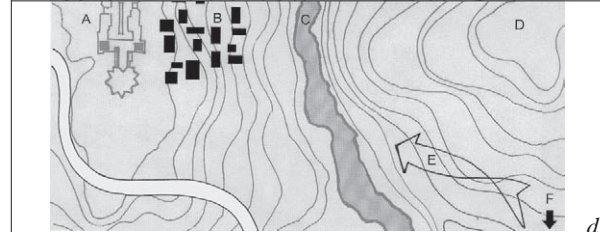
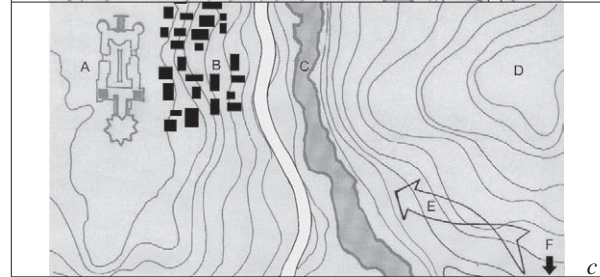
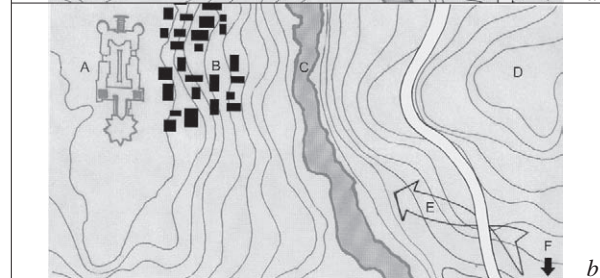


Fig. 4.16 Implantació d'una nova carretera: a) darrere del cim, b) al costat on està la vall, c) propera a la població, d) bona solució, se situa la variant darrere de la població (esquema de l'autor)

4.3.2 Xarxes de transport fluvial i marítim

Hem de veure també com podem actuar a fi de millorar el sistema de transport fluvial o marítim.

Mitjançant l'aigua, podem també arribar a transportar persones i mercaderies d'una manera més còmoda i silenciosa d'un indret a un altre. Si ens adonem que prop nostre no sembla que s'utilitzin gaire aquests transports fluvials, en altres països es fan realment apostes per a una utilització de tots els sistemes de què disposen. Això ens permetrà, en el futur, una diversificació més alta i un ús més racional dels camins de què disposem en aquell moment determinat.

El transport de persones per aigua és més lent i per tant més silenciós (**fig. 4.18**).

Les xarxes de transport fluvial van ser molt importants durant l'evolució del transport, però a poc a poc han anat perdent importància, en benefici de les xarxes de transport més ràpides.

4.3.3 Xarxes de transport aeri

Queda encara un últim element: el de les xarxes de transport aeri. La seva ubicació necessària prop dels nuclis habitats genera tot un conjunt de molèsties sonores en aquests o en el territori on s'assenten, que són molt elevades i de solució difícil (**fig. 4.19**).

El fet que el transport aeri sigui necessari per portar ràpidament persones i mercaderies a molt llarga distància no vol dir que no n'haguem de patir les molèsties. No només cal pensar en la ubicació dels aeroports, sinó també en les rutes d'aproximació que fan els avions en situació normal i quan hi ha una densificació o uns impediments per aterrar amb la fluïdesa necessària.

Han de sortir de la ruta de vol per passar a una ruta de temps d'espera? Si l'aeroport està situat a prop de la ciutat, aquest recorregut d'espera pot afectar sonorament la ciutat. S'intenta allunyar al màxim dels nuclis de la població.

És difícil rehabilitar en aquest cas, perquè estem parlant d'unes infraestructures que tenen una importància cabdal en la seva localització (molt puntual).

Una carretera o una autopista es poden desviar i acabar el seu traçat fent circumval·lacions o variants que passin fora de poblacions (sobretot en el cas de poblacions petites). Pel que fa al sistema de transport aeri, difícilment es pot trobar una localització apta per a l'ús d'aeroport i alhora propera a les àrees de densificació urbana, o propera als llocs d'utilització industrial, en el cas d'usos de mercaderies.

Ens podem preguntar per què no hi ha més aeroports en situació marina quan, en canvi, moltes de les capitals que han de fer-lo servir presenten un sistema portuari. Per què el sistema marítim i l'aeri no poden anar junts? Podria ser una bona pregunta per rehabilitar acústicament aquest territori. En alguns casos, és evident que la construcció d'un aeroport marítim amb les seves necessàries defenses pot generar un cost molt elevat, però hi ha altres casos que potser justifiquen el fet que tot el soroll el tinguem concentrat en uns indrets concrets del nostre territori.

4.3.4 Darrers comentaris

En alguns casos, també és molt important parlar de les xarxes de transport d'energia, que fan que totes les ciutats aconsegueixin estar "comunicades". Són poc sorolloses però sovint de gran impacte (**fig. 4.20**). D'altres sistemes de transport són les bicicletes, poc sorolloses i de poc impacte ambiental, però es caracteritzen per ser un sistema de transport lent i poc útil per al transport de mercaderies (**fig. 4.21**).

Aquestes són algunes de les preguntes que ens hem de plantejar. En cada cas, hem de veure que la rehabilitació acústica serà tan sols un ingredient més per a la redefinició d'aquestes vies de transport.

Com hem dit abans, hi ha la rehabilitació de les **xarxes marítimes**. Què passaria si en una ciutat amb un sistema portuari l'aproximació dels dife-



Fig. 4.17 El ferrocarril al seu pas per Granollers (fotografia de l'autor)



Fig. 4.18 Xarxa de transport fluvial i marítim a Estocolm (fotografia de l'autor)



Fig. 4.19 Xarxa de transport aeri



Fig. 4.20 Xarxa de transport d'energia elèctrica (fotografia de l'autor)



Fig. 4.21 D'altres mitjans de transport: la bicicleta (poc sorollosa) i la motocicleta (molt sorollosa)

rents vehicles del sistema viari es fes amb transbordadors establerts regularment i, sobretot en els moments punta de congestió d'aquestes vies d'entrada a la ciutat?

Si derivem cap a la mar un conflicte, generem un altre conflicte? Què passaria si els dies de sortida o retorn de vacances o d'una revetlla agaféssim el nostre vehicle que està a 100 km i el portéssim al bell mig de la ciutat, és a dir, al port? I al revés: del port fins a l'indret de la costa on ens interessa anar o al port més pròxim en un radi de 30 km entorn de la nostra segona residència?

Què passaria si això ja fos un sistema regular i en comptes d'agafar els vehicles els embarquéssim cada dia en un tren o en aquest vaixell tipus ferri? És un punt sobre el qual cal pensar, perquè no hem de deixar passar la nostra imaginació, sinó que l'hem de fer servir amb tot el que siguin utilitzacions més sostenibles d'aquest territori, sobretot amb vista a descongestionar el nostre transitar d'un indret a un altre.

Molts s'han acostumat a anar en vehicle d'una ciutat a una altra. Aquesta mobilitat permet una manera independent (i sembla que immediata) de viatjar i fer gestions. Tot i l'existència dels sistemes ferroviaris, a alguns els és imprescindible disposar de vehicle dins la ciutat. Es pot buscar un sistema de transport amb ferrocarril associat al lloguer de vehicle intramurs per a desplaçaments exclusius dins la ciutat (agafar un vehicle lleuger no contaminant i deixar-lo després a l'estació terminal de destinació, la qual cosa permet fer les gestions porta a porta). Aquest vehicle urbà pot descongestionar, òbviament, molt el trànsit per les vies terrestres d'automoció, sobretot en els accessos i les sortides de la ciutat.

A la **figura 4.22**, que fa referència a un cartell dels "Pastorets de Girona", s'observa la xarxa de transports ferroviaris, que visualment fragmenta totalment la ciutat.

Cal, doncs, tenir imaginació per buscar noves fórmules (no només com fan els americans, que

per anar de la ciutat jardí on resideixen als llocs de treball ho fan agrupats, és a dir, s'ajunten en un únic vehicle per evitar-ne una utilització individualitzada).

Les infraestructures a gran escala se situen fora dels nuclis urbans, perquè no es produeixin congestions a la zona (**fig. 4.23**).

De tot això, jo crec que n'hem de continuar parlant en algun moment d'aquest llibre, perquè les veus que es produeixen quan circulem o quan ens aturem per congestions no són gens agradables als qui viuen en aquell territori. A l'exemple representat a la **figura 4.24**, el nivell d'afectació d'un eix viari és elevat i discontinu per a un assentament humà, com es veu.

4.4 La rehabilitació acústica de les indústries

La rehabilitació acústica de les indústries presenta dues vessants. Una és l'exterior (d'afectació al territori que aquí ens ocupa), però no hem d'oblidar que n'hi ha una altra, que és la vessant interior d'afectació als treballadors i als productes (hi ha productes, com els vins i caves, que poden afectar-se per sorolls i vibracions). En aquest cas, ens referirem a l'afectació pura i exclusiva a l'exterior. Els altres casos els deixem als especialistes en salut dels treballadors i en la qualitat de les produccions.

4.4.1 De la disposició intensiva a l'extensiva

Ja se sap que, de vegades, la disposició intensiva no és la més positiva des de la vessant acústica, perquè concentra tot el soroll en uns indrets determinats i no en permet un repartiment més lògic a tot el territori. Quan aquest ús queda concentrat en alguns sectors -en aquest cas en els sectors industrials- els aprofitaments urbanístics acostumen a generar plusvàlues més baixes que els aprofitaments residencials. És clar que les concentracions poden generar uns focus de pol·lució sonora excessivament concentrats. Tot i que la reglamentació

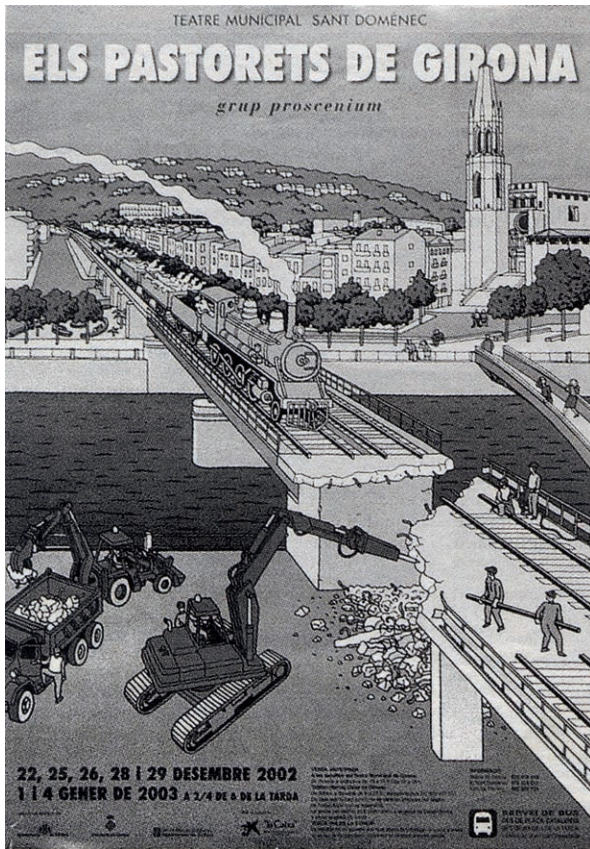


Fig. 4.22 Cartell al·lusiu a la xarxa ferroviària i la població de Girona

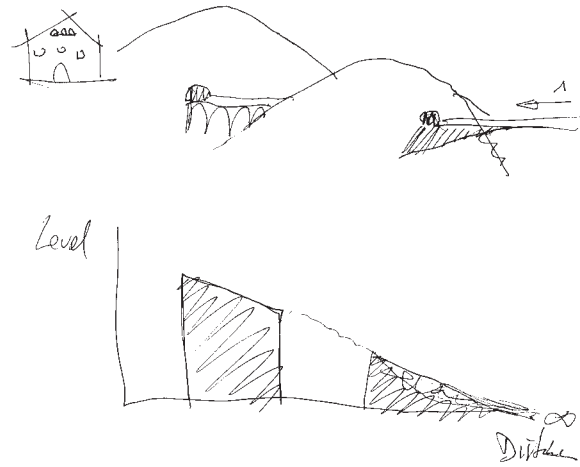


Fig. 4.24 Nivell del soroll que interfereix amb els obstacles (esquema de l'autor)



Fig. 4.23 Aeroport de Barajas a Madrid

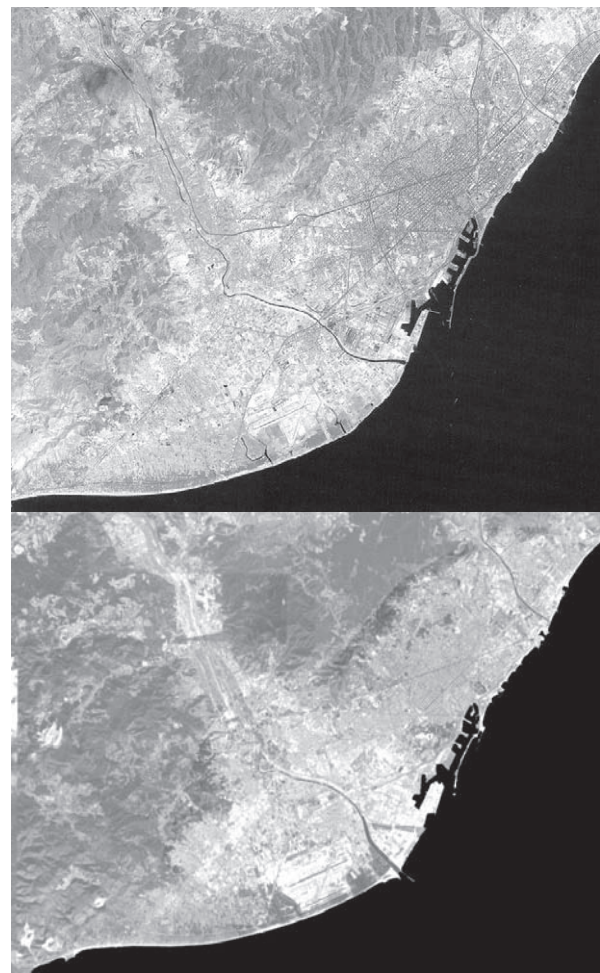


Fig. 4.25 Imatge de satèl·lit de Barcelona a) el 1985 i b) el 2007

local els concedeix més facilitats, la seva ubicació prescindint d'altres termes municipals no és gaire perfecta (des del punt de vista dels límits), perquè les normatives estan fetes amb l'interès de la planificació incloent diferents àmbits del mateix terme municipal i prioritant l'àmbit residencial, a fi d'allunyar-lo del sector industrial.

És interessant veure la comparació sobre el creixement d'una ciutat extensiva, en aquest cas Barcelona (figures 4.25 a i b). Sovint la contaminació acústica la relacionem amb la contaminació ambiental, com es veu a la figura 4.26. En altres ocasions, el creixement de la ciutat extensiva fa que englobi sectors industrials que abans quedaven als afores, com és el cas del sector industrial del Poblenou (fig. 4.27).

4.4.2 La rehabilitació des de dins fins al límit de parcel·la

La primera mesura de rehabilitació acústica interior-exterior que es pot demanar en el cas de les indústries és rendibilitzar la maquinària ajustant els processos fabrils. En molts casos, la immissió acústica en el territori circumdant ve motivada per mètodes productius a l'antiga, sense mesures de prevenció sonora i amb maquinària fora d'ús. És a dir, tot el que l'obsoletisme d'una activitat fabril pot produir pel que fa a unes repercussions sonores en sorolls i vibracions.

Si rehabilitant tot això no n'hi ha prou, cal entrar en la pell de la indústria i veure si aquesta està suficientment aïllada i té en compte els nivells sonors límit de les fonts del seu interior.

Llavors, s'ha d'arribar fins i tot als límits d'aquelles naus industrials. Aquí hem d'estudiar la tanca de parcel·la (o, fins i tot, els murs que fan de pantalla acústica entre parcel·les industrials). Encara pot resultar insuficient, perquè com més lluny de la font productora de soroll anem disposant les mesures, menys mecanismes eficaços anem trobant (més altes han de ser les barreres i més aïllants, hi ha més problemes de difusió i difracció del so en els seus cantells, etc.).

Si tot això no és suficient, hem d'anar als límits d'aquella zona industrial, on difícilment es pot fer una ampolla com la bombolla de Buckminster Fuller a Nova York, aïllant i separant l'activitat industrial de les altres activitats. Si realment les raons de la molèstia no són degudes a la singularitat de l'aïllament de les naus o a la inexistència d'unes pantalles, sinó a l'aglomeració d'unes indústries necessàries en un sector determinat, potser llavors cal plantejar-se buscar uns nous indrets per reubicar aquell tipus d'indústria.

En aquest cas, ens hem de replantejar el territori i tornar a buscar uns terrenys en unes noves localitzacions, on els resultats siguin més positius per al seu entorn sonor.

4.4.3 Rehabilitació d'activitats extractives

Les graveres, les mines i altres indrets d'extracció de matèries primeres també s'han de dibuixar en aquest mapa del territori en funció no tan sols del soroll aeri que produeixin, sinó també de les vibracions que originen.

D'aquesta forma, veurem que ara apareixen unes peces del mosaic d'aquest territori que afecten el medi ambient amb l'emissió de sorolls i que provoquen erupcions puntuals de petits terratrèmols. Aquestes imatges mostren el perfil de com són aquestes indústries extractives (figures 4.28 i 4.29).

En el cas d'una obra pública, aquests trastorns acostumen a desaparèixer un cop finalitzada l'obra. Aquest és el cas de les màquines toneladores i els mètodes explosius per a l'obertura de noves xarxes de transport terrestre en vies fèrries, autopistes, etc.

En canvi, en el cas de mines i graveres extractives a cel obert, l'activitat tan sols passa segons els torns de personal i l'esgotament de la veta.

Hi ha poblacions amb una activitat econòmica centrada en aquest tipus d'indústries, que fan que adquireixin caràcter com a condicions paisatgístiques (figures 4.30 i 4.31).



Fig. 4.26 Focus sonor de la xemeneia d'una indústria (fotografia de l'autor)



Fig. 4.28 Indústria gravera a cel obert



Fig. 4.29 Mines de Riotinto



Fig. 4.27 Sector d'indústries al Poblenou, Barcelona



Fig. 4.30 El volcà Croscat de la Garrotxa

I si els efectes dels sorolls afecten sobretot les persones, les vibracions afecten tant les persones com els immobles, i hi provoquen importants esquerdes (fig. 4.32).

De la mateixa forma que el so a l'aire adopta direccions en què la propagació es veu afavorida respecte d'altres, en el cas de les vibracions la radiació també troba estrats de terreny per on viatjar sense quasi esmorteïment. Per aquest motiu, cal tenir molta cura en aquests casos, com el que es planteja per al polèmic desviament del TGV de Barcelona davant la Sagrada Família de Gaudí (fig. 4.33).

4.5 Els abocadors i altres focus d'emissió

I, per acabar de dibuixar aquest mosaic de sons en què estem convertint el territori, tan sols ens falta parlar dels llocs on aboquem allò que ja hem fet servir.

Els **abocadors controlats** (és a dir, reconeguts) acostumen a situar-se en indrets on no generen excessives molèsties derivades de l'activitat que realitzen. Però sovint es deixen fora d'estudi les molèsties per la intensificació del trànsit a les vies que hi accedeixen. Aquest és el cas de l'exemple de la **figura 4.34**. Els camions de la brossa de tot el sector de la vall d'Aro de Girona van a abocar-la a l'abocador de Solius i, per fer-ho, han de passar davant d'aquesta masia, situada a peu de la carretera. Com que la masia és alhora hostel i als baixos hi ha un restaurant, s'hi originen interferències no degudes a l'abocador sinó a la quantitat (i als horaris diferents) dels vehicles que hi van.

Per tot això, cada **focus d'emissió de soroll i vibracions** situat al territori ha d'estudiar-se no tan sols amb vista a la seva implantació de nou, sinó també i sobretot per al seu manteniment.

Una indústria presenta un diagrama d'afectació centrífug i radial, mentre que un abocador el presenta seguint els eixos viaris axials d'anada i retorn dels vehicles (figures 4.35 a i b).

D'altres activitats que cal tenir en compte (i de segur que ens en deixem moltes més) són les **depuradores**, les **centrals termoelèctriques**, **hidroelèctriques**, **eòliques**, etc., que en cada cas mereixen uns estudis molt específics. És a dir, per a mantenir actius uns sectors del territori cal que ens adonem de la moneda sonora i de vibracions que som capaços de pagar.

Així, les limitacions de les lleis i normatives que apareguin sobre la matèria tindran una base per complir-se.

4.6 La sostenibilitat acústica del territori

Hem vist com, pel que fa al territori, cal considerar l'efecte negatiu dels sorolls per la seva varietat d'origen, d'intensitat i també per la producció consegüent de vibracions. Però una cosa és certa: no sempre es produeixen. És a dir, hi ha el **factor temporal**, que s'ha de considerar en el seu veritable valor com un paràmetre més del confort acústic i, per tant, compta en tota acció de rehabilitació sonora.

Quan estudiem aquesta rehabilitació, cal pensar en la seva **sostenibilitat**. Això es pot fer distingint el mosaic segons els usos o els ingredients temporals que li calen.

L'ús rural presenta d'altres particularitats, perquè les pol·lucions acústiques també són certes, però només es donen en alguns instants i no es mantenen tot el dia, ni durant tot l'any. Per exemple, hi ha unes tasques mecanitzades de treball en el camp que poden resultar molt eixordadores, però aquestes tasques no duren tot el temps del dia ni s'estenen durant tot l'any.

En canvi, com ja sabem, sembla que aquest procés és necessari per a algunes de les indústries: els alts forns no poden aturar-se ni tan sols a la nit, sinó que sempre han d'estar engegats, i això pot ocasionar uns problemes diferents als quotidians que existeixen en d'altres parts d'aquesta sectorització del territori.



Fig. 4.31 Indústria minera (Lleó) que mostra una gran alteració del paisatge

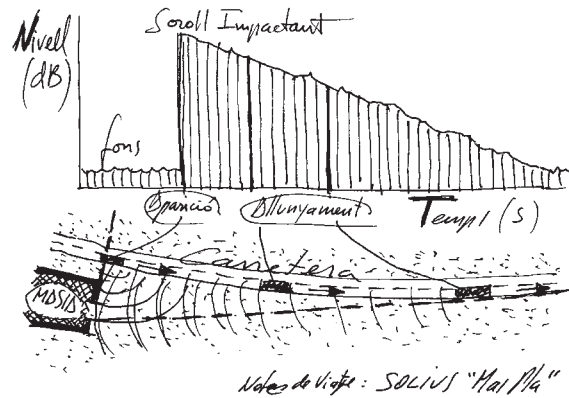


Fig. 4.34 Impacte sonor d'una carretera sobre un mas (esquema de l'autor)

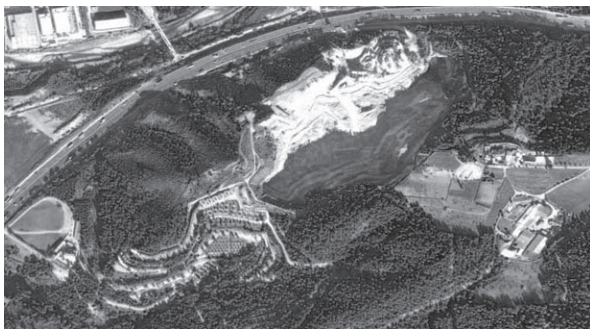


Fig. 4.32 Fotografia aèria de la gravera de Can Domènec

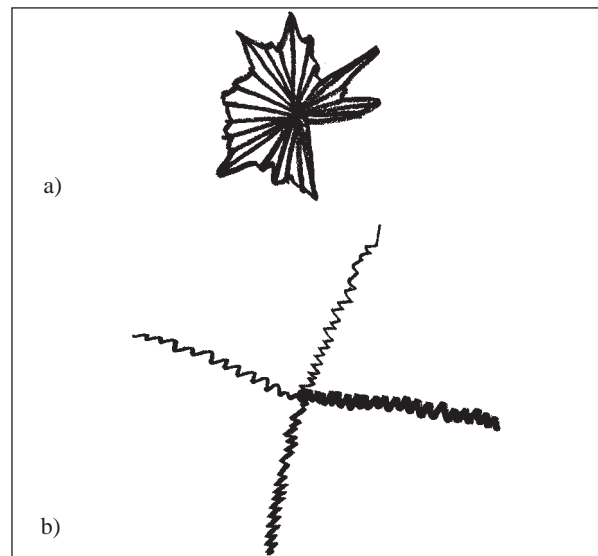


Fig. 4.35 Traçats de soroll: a) d'una indústria sorollosa (transversal) i b) d'un abocador (axial) (esquema de l'autor)



Fig. 4.33 Desviació del recorregut del TGV per evitar problemes amb la Sagrada Família, Barcelona (font: La Vanguardia)

¹ Com estableix Lluís Cantalops i Valeri, arquitecte i catedràtic d'urbanística de l'ETSAB.

² La construcció de l'obra pública, nous traçats ferroviaris, variants de carreteres, urbanitzacions de nous sectors, etc., també afecta els caràcters sonors del territori. Aquesta afectació pot ser molt important segons els volums sonors que s'assoleixen durant els treballs, però desapareix quan acaben. Òbviament, a partir de la inauguració d'aquella nova xarxa o instal·lació, tindrem implantat al territori el caràcter sonor propi de les noves veus, l'impacte acústic de les quals s'espera que s'hagi estudiat i delimitat.

³ Un conegut meu, que té un apartament en un edifici d'habitatges tocant al port de Sant Feliu de Guíxols, se n'ha d'anar cada estiu per culpa del brogit de les atraccions de la fira, que dura quinze dies, a la Festa Major.

⁴ En la seva construcció ja existeixen uns paràmetres que, des de les fases del projecte, procuren mitigar-ne l'impacte ambiental i sonor. Cal, però, tenir cura de les vibracions.

⁵ Potser com a referent sociocultural d'un ús individualitzat de l'automòbil, d'un ús que va començar amb els més rics, etc.

5. La rehabilitació acústica de les ciutats

A les ciutats hi ha diferents compromisos fonamentals, com ara la relació d'espais verds per habitant i els habitatges per hectàrea. Tot això són **paràmetres** que indiquen la **qualitat** de vida d'una ciutat. Però, de paràmetres, n'hi ha molts més (com els de la renda per càpita), i un dels paràmetres actuals de la qualitat de vida d'una ciutat, òbviament, és el tipus i nivell de so dels seus carrers i places.

Per això, en tota ciutat, la política de regulació específica del soroll serà la que determinarà que els acords que s'adoptin per a la seva reducció (i, en aquest cas, la seva rehabilitació) puguin disposar d'uns estris suficients per delimitar el problema.

En les **figures 5.1 a i b** podem veure com abans les ciutats es fortificaven per tal d'evitar la invasió de l'enemic. Ara l'enemic és el soroll, i podem acabar amb ciutats apantallades si no hi pensem.

Si el que creiem necessari en una ciutat és augmentar-ne el nivell de confort sonor, com ja fan quasi tots els nous plantejaments de les administracions i de l'estat, en tota la problemàtica de rehabilitació d'una ciutat el so també ha de ser preocupant.

Com es pot aconseguir això? Quines accions es poden fer?

En primer lloc, és necessari que entre tots aportem idees per aconseguir-ho. És a dir, que no depèn dels altres sinó fonamentalment de nosaltres mateixos, dels ciutadans.

Com estem veient, l'equip pluridisciplinari d'ur-

banistes, sociòlegs, arquitectes, enginyers, etc. que pretengui rehabilitar i fer sostenible un entorn sonor ha de generar un equip de treball que pugui aportar idees viables a les poblacions a les quals donen servei.

Els polítics encarregats d'obrir la ciutat després que en el passat d'altres les hagin encaixonat o amb la previsió d'uns futuribles plens de criteris de sostenibilitat, són els encarregats de buscar aquest equip perquè això pugui ser factible. Els polítics esgrimeixen la lluita contra el soroll com a propaganda electoral (**fig. 5.2**). El ciutadà els dóna la confiança amb el seu vot perquè es realitzin aquests interessos socials, que poden comportar un alliberament de l'esclavitud a la qual queda sotmesa la ciutat pels excessos de soroll.

Projectes d'educació

Diferents ajuntaments ofereixen algunes alternatives basades en l'educació sonora. Les més lloables són les que ha anat fent, des de fa temps, l'Ajuntament de Madrid.¹

Jo crec que aquesta és la gran rehabilitació acústica que es pot fer de la ciutat, que passa per incloure uns potents programes de formació ciutadana i d'ensenyament a les escoles primàries, basats a assenyalar la importància de la **comunicació sonora** i el respecte que s'ha de tenir a tot diàleg i a tot esdeveniment, que per principi, sempre acaba amb la producció de so.

Aquestes idees de respecte i d'aprenentatge de la

rendibilitat d'aquestes comunicacions cal fer-les tenint en compte que un dels processos col·laterals que comporta tota comunicació és precisament el soroll que aquesta genera en altres individus o altres mitjans que no la desitgen, o que no estan participant d'aquesta comunicació.

El nen pot aprendre que la vida a la ciutat no només és travessar pels passos de vianants i mirar a ambdós costats del carrer abans de fer-ho, tenir un comportament cívic respecte a les deixalles i la brossa, tant la nostra com la dels nostres animals de companyia, etc., però respectar el silenci també és necessari per a alguns moments de la vida quotidiana.

Si tot això queda entès pel ciutadà i, a més, hi incorporem els elements indispensables per al coneixement i per a l'aprenentatge de la sostenibilitat de les nostres ciutats, llavors podem trobar alternatives de progrés per al futur a les nostres poblacions.

Rehabilitar les ciutats

Aquest capítol se subdivideix en diferents episodis, que en alguns casos ens poden donar fins i tot un contrast d'opinions.

Primer, parlem de l'audició des de l'escala 1: 5.000 fins a la 1:200.

Això, què vol dir? Vol dir que la ciutat, en primer lloc, emergeix com un conjunt, com una totalitat, però després l'anem desgranant en les seves diferents parts. Aquesta anàlisi ens permet veure com van sorgint els diferents barris del territori que abasta, com la presència d'aquests diferents barris comença a ser determinant d'unes acústiques diferenciades, com interaccionen els sectors ja més petits, etc., fins que arribem a l'estudi en una escala 1:500, en la qual tenim una illa més concreta.

Aquests tipus d'aproximacions ens permetran descobrir, bastant detalladament, la personalitat sonora del barri i els seus problemes de contaminació acústica, sobretot pel que fa a la incidència de la

relació entre ciutat i edifici.

Després passarem a l'anàlisi del **planejament**. Aquí caldrà insistir en les figures dels plans generals, els plans parcials, els estudis de detall, etc. que han permès que aquesta ciutat s'hagi desenvolupat amb unes actuacions determinades.

Algunes d'aquestes actuacions han originat o han pretès evitar una problemàtica sonora molt específica. En alguns casos, alguns estudis de detall ens poden ajudar a entendre, ja a una escala petita, les relacions sonores molt particulars.

Cal veure com ens podem defensar, en alguns casos, amb petites actuacions, com ara els apantallaments de talussos vegetals o la protecció darrere d'elements més tous, com els parcs o, fins i tot, darrere de petits o grans edificis.

En el tercer punt, ens dedicarem a veure com es va sectoritzant la ciutat. Hi ha uns **sectors** en els quals van passant coses diferents. Quines són? I per què són diferents? En principi, l'anàlisi és important per diferenciar entre els sectors residencials, comercials, terciaris, de lleure, etc. Aquest és el tarannà diari d'una ciutat, tant de dia com de nit, i no hi ha dubte que d'aquest estudi en podem treure unes conseqüències molt importants.

Dins d'aquest episodi es parlarà de les **zones d'especial protecció acústica**. Veurem que en una ciutat complexa hi ha altres situacions de poder que fan que no siguin unitàries, com ara els **poders portuaris**, els **poders aeroportuaris**, etc.

El pas següent el dedicarem a l'estudi del **transport** col·lectiu i privat. Una ciutat ha de permetre descongestionar les vies de trànsit existents. Per a aquesta gestió, hem de veure si n'hem de generar de noves, o rehabilitar les velles, si poden quedar col·lapsades amb molt poc temps. També cal discutir el cas de l'asfaltatge. Quin és l'asfalt millor? Quin és el flux de vehicles idoni? Quina és la política de racionalització en pensar en aquests transports? Transports de superfície, transports soterrats, transports privats en pro de transports

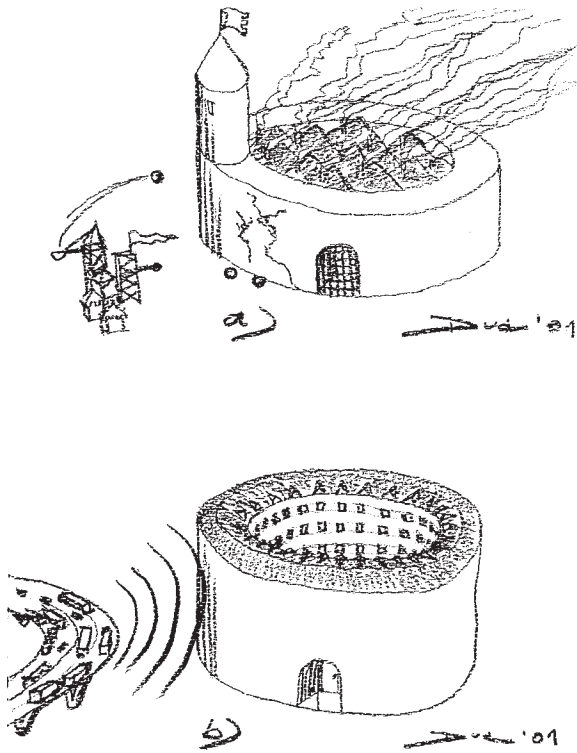


Fig. 5.1 a) Antiga ciutat emmurallada,
b) futura ciutat emmurallada? (dibuix de l'autor)



Fig. 5.3 Plànol de sectors d'ús a la ciutat de Barcelona
(font: Diputació de Barcelona)



Fig. 5.2 Propaganda dels polítics en unes eleccions
municipals a Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 5.4 Paret mitgera de gran impacte visual i sonor
a Barcelona (fotografia de l'autor)

col·lectius, etc? Tots aquests temes s'han d'anar definint.

A continuació, parlem de la **rehabilitació acústica en sectors d'interès**. Aquí tindrem uns espais emblemàtics, com poden ser les vies de vianants, amb tot el so positiu però també amb el negatiu que puguin generar. Òbviament, la restauració s'ha de centrar en aquests sons negatius, com ara el mobiliari de les activitats de restauració (les veus de la gent comunicant-se a les terrasses dels bars i restaurants). Els **espais verds** i els seus **apantallaments** necessaris requereixen també una anàlisi dins aquest apartat de sectorització de la ciutat.

Així, cal definir l'acabat més concret quan parlem dels patrimonis verds, i altres patrimonis silenciosos que es puguin generar dins els patis d'illa tancada. Finalment, s'analitza la rehabilitació dels **itineraris acústics** d'una ciutat i què cal fer amb el que teníem en el passat, amb el que tenim ara i amb vista al futur, no només per a la seva rehabilitació sinó per a la seva sostenibilitat.

Després farem referència a algunes **ordenances acústiques**. Aquí les gestions s'han de centrar a aconseguir l'efectivitat de les rehabilitacions acústiques de les ciutats, dels seus carrers, de les seves façanes. Tots aquests diferents temes, des del més general fins al més particular, ens permetran arribar a l'edifici, on l'estudi serà objecte del capítol següent.

La ciutat que tenim planteja nombroses preguntes: Què es pot dir dels seus problemes acústics i en què hi podem ajudar? Com podem concretar diferents aspectes amb vista a una rehabilitació efectiva i una sostenibilitat digna? Tot això ho hem de tenir ara present, perquè cal trobar les respostes necessàries.

Passant a la **rehabilitació acústica del mobiliari urbà**, ens dedicarem a fer èmfasi especialment en els objectes que tenim a l'abast de la mà. Sovint sonen molt forts. L'estudi no només cal fer-lo en els espais de lleure dels nens (gronxadors, molles, etc.), sinó en tots els elements, com ara una

marquesina de parada d'autobús, on se'ns pot fer insuportable estar, si no la tractem o la rehabilitem bé acústicament.

L'últim tema és el de la **sostenibilitat acústica de les ciutats**. Potser la gran diferència és si es tracta d'una **ciutat nova** o si és una **ciutat vella**. En cas d'una ciutat vella, és evident que ja hi existeixen unes relacions i unes poètiques. Moltes d'elles seran interessants de conservar. La rehabilitació acústica de la ciutat històrica comporta uns compromisos més elevats que no pas els d'una ciutat de nova planta. Mentre que en la ciutat històrica l'escala fa referència als patrimonis edificatoris, patrimonis d'avingudes i altres aspectes de la ciutat com ara ponts, antics ports, etc., la rehabilitació d'una ciutat nova potser es concretarà en una sèrie d'aspectes temàtics i una escala d'actuació determinada.

Tot això cal tenir-ho en compte per no ser excessivament optimistes amb els resultats de la rehabilitació, però tenim solucions i de segur que la ciutat històrica pot incorporar unes solucions molt diferents a les de la ciutat nova. Potser la part antiga no complirà amb totes les expectatives, però caldrà considerar-ho des d'un punt de vista diferent, amb els seus elements més romàntics o un tipus de tarannà més de passeig, més de barri.

5.1 L'audició de l'escala 1:5.000 a la 1:200

Tot el que pot succeir en una ciutat és degut al compromís que existeix entre aquesta ciutat i el territori i, òbviament, entre la ciutat i els seus edificis.

La suma de compromisos és el que fa que tinguem finalment uns llocs interessants on poder viure col·lectivament, amb unes determinades **condicions de confort ambiental**. Aquest confort, per exemple des del punt de vista **acústic**, ens ha de permetre organitzar silencis i una sèrie **d'intercanvis** i, en el cas de la ciutat, els intercanvis entre els éssers humans són ja no de mercaderies, com era en el territori, sinó sobretot **de cultures i de relacions**

afectives de les famílies que hi viuen.

Això ens porta a considerar, en primer lloc, la ciutat dins d'una gran escala, el que en diríem l'escala més propera al territori, on la ciutat té un so de fons determinat que afecta el territori.

Haurem de considerar aquesta ciutat des d'una manera global fins a una escala més petita de mida (però més gran pel que fa a les relacions humanes que s'hi desenvolupin, com és el cas dels barris).

Agafem el plànol a escala 1:5.000 d'una ciutat i indiquem-hi les diferents energies i comunicacions que s'hi desenvolupen. Tindrem fluxos, biomasses, etc. que generen una sèrie d'acords, d'activitats, de motors.

La **figura 5.3** representa un moment d'una ciutat com Barcelona, amb els seus usos, que aniran canviant amb el temps els seus paisatges sonors.

En aquest teixit de la ciutat apareixen una sèrie d'activitats més dinàmiques, com poden ser els accessos rodats o les aproximacions a les estacions de ferrocarrils, i aquelles on aquestes activitats es tornen més estàtiques, etc.

És a dir, podem observar que tot el que disposem de la gran dimensió de la ciutat no és res més que aquest entramat de teixits i de cèl·lules que generen activitats i relacions al seu entorn. Això ha estat molt clar en alguns moments i casos concrets, perquè els elements determinants d'aquestes relacions eren pocs i d'àmbit molt puntual (com podrien ser, per exemple, una església, una estació de ferrocarril o d'autobusos, un teatre o una sala d'òpera, etc.). Sobretot, com més a escala petita s'analitza la ciutat, més es reflecteixen aquests referents que existeixen en el paisatge urbà. I, quan la ciutat creix, els veiem també multiplicats i en una altra dimensió, potser amb més diversificació.

Quan la ciutat és molt gran, aquest teixit va tenint diferents cors que bateguen amb ritmes diferents.

Així, podem entendre que des de l'òptica acústica la

ciutat és un **conglomerat de cors** que es fonen amb els seus batecs característics. Hi ha una manifestació d'energies sonores que va caracteritzant uns indrets prenent unes direccions de **caràcters sonors específics**. Es veu pel fet que l'impuls d'aquestes energies prové d'uns barris determinats.

En concret, amb una visió microscòpica, es pot trobar exactament on és el focus d'origen d'un d'aquests motors. Aquest és el cas de les parròquies de barri, dels "casinos", de les "rambles" o les grans avingudes de passeig i terciari de la ciutat, dels punts neuràlgics, com una plaça de mercadal, etc.

Tot això requereix el compromís de ser estudiat i determinat amb exactitud a una escala més propera a la realitat. És en aquest moment quan ens adonem que la ciutat objecte d'anàlisi té uns ingredients sonors que la fan diferent d'una altra ciutat.

Sortint al matí de la ciutat, ens podem trobar l'accés congestionat i amb retencions que afecten fins i tot els quatre carrils. Aquestes congestions absurdes es generen a la ciutat perquè sembla que tots hem de sortir i entrar a les mateixes hores, atès que tots treballem en horaris molt similars. S'observa que les aproximacions a la ciutat des del territori han tingut un creixement similar a una cèl·lula nerviosa, és a dir, una sèrie de ramificacions de nervis que surten d'aquesta cèl·lula.

Des del punt de vista acústic, podem observar el que passa quan, al costat d'aquests nervis, hi disposem més ciutat. És evident que aquests nervis, que en un altre moment podien estar sols i dimensionats, ara estan saturats com a conseqüència d'aquest doble aprofitament que se'n pot fer.

D'aquesta escala de la ciutat que va de l'1:5.000 a l'1:200, ens en calen molts estudis específics. Quan agafem l'escala 1:200 podem ja determinar quines són les característiques sonores dels indrets concrets de la ciutat. No estem parlant d'un mapa sònic, sinó d'entendre el que realment sona.

Ens adonem que ara a la ciutat tenen molta impor-

tància l'amplària del carrer, la ubicació de l'arbrat d'aquest carrer, si la façana dels edificis és d'un tipus arquitectònic amb balcons o amb tribunes. Quasi ja comencen a incidir-hi els materials d'acabat del carrer quant a les vies, les façanes i les voreres. Podem ja arribar a un estudi del so del carrer vinculat amb les diferents alçàries d'aquests edificis.

En aquesta escala 1:200, el nostra anàlisi ens permet distingir el so del carrer amb edificis construïts per a planta baixa més dos pisos o quatre, més àtic i sobreàtic.

Podem veure els diferents planejaments que han afectat una ciutat històrica, o la que ha passat per diversos compromisos, com és el cas dels exemples. Però això ho veurem amb més definició en els apartats següents.

Perquè, si ara observem aquesta taca a 1:200 d'una ciutat, què és el que hi veiem? Hi veiem una plaça, unes mitjanes i un edifici que s'ha d'enderrocar pels objectius urbanístics que siguin. Llavors, sorgeix aquella paret mitgera amb forta presència visual i acústica (**fig. 5.4**), perquè serà un element de rebot dels sons del carrer com si es tractés d'un frontó. Alhora, comencen a aparèixer elements pantalla, que ens caldrà tenir en compte, és a dir, cal considerar la presència de petites edificacions, arbrats i dunes vegetals, etc. en la nostra actuació quotidiana. Tot això ho veiem en aquesta escala 1:500 amb més detall que amb la 1:5.000, on ara les taques també poden representar altres caràcters dels sons d'aquella ciutat.

5.2 Els Plans generals i parcials, i els estudis de detall

La normativa urbanística ens dona uns models de comportament i tractament del sòl del territori i la ciutat. Defineixen uns paràmetres concrets, on al final queda molt clar el sòl respecte a l'ús residencial, industrial, forestal o urbanitzable. L'altre ús, el no urbanitzable, es refereix al territori extern de la ciutat.

Pel que fa als usos, òbviament, n'hi ha de tot tipus: residencials, industrials compatibles o no amb els habitatges, etc., i també els de lleure o els d'aprofitament per al descans, com el verd públic i privat, veritables pulmons verds generadors de l'oxigen dins la ciutat.

En aquest sentit, els **plans generals** ens determinen les grans filosofies i provenen de les grans polítiques d'una ciutat.

En urbanisme, la pregunta és: com podria ser aquesta ciutat? Òbviament, la resposta no és en el present, perquè en totes les actuacions urbanístiques no es pot urbanitzar en el mateix moment en què es planifica, sinó que tenen un *tempo* de realització molt dilatat. A més, hem de vèncer unes inèrcies que òbviament corresponen a les estratègies d'ús social i privat (l'aprofitament entès com el sostre edificable per a aquell ús) d'aquesta ciutat.

No ens podem oblidar d'aquesta velocitat, per més que vulguem fer la protecció sonora d'un sector de la ciutat. Per exemple, no es pot enderrocar immediatament una sèrie d'edificis baixos per després fer-hi un edifici pantalla, encara que els seus habitants es reubiquin en aquell edifici. En urbanística, totes les coses requereixen un temps molt més dilatat que el temps edificatori normal.

Les grans polítiques dels plans generals donen **el com** podria ser la ciutat, en un futur no immediat però sí a certa escala de medietesa, amb una velocitat d'actuació més aviat lenta, com ja hem dit.

Tot això ho fa un equip que anomenarem d'urbanistes, tot i que és evident que han d'incorporar també arquitectes, paisatgistes, enginyers, sociòlegs, ecòlegs, etc. (ja n'hem parlat al capítol de ciutat corresponent al llibre del disseny acústic). Aquest equip ha d'actuar en correspondència amb uns objectius que són els d'oferir una qualitat de vida tan elevada com es pugui a la població d'aquella ciutat.

És evident que cada població pot tenir unes ca-

racterístiques culturals pròpies que la diferenciïn d'una altra. Per tant, l'equip d'urbanistes està sotmès a una sèrie de paràmetres, molts dels quals poden ser genèrics respecte a totes les ciutats, però també n'hi ha amb especificitats.

A la **figura 5.5** es veu l'estudi comparatiu que va fer Le Corbusier de tres ciutats (París, Nova York i Buenos Aires), on les illes de diferents tipologies mostren la complexitat d'adequació d'una dimensió més monumental.

Però també s'han de tenir en compte les característiques intrínseques (des del punt de vista acústic) que existeixen en una població. En definitiva, rehabilitar acústicament aquesta ciutat voldrà dir mantenir o no (o endreçar, perquè en molts casos amb això n'hi ha prou) les **veus** existents a la ciutat.

El pla general preveia un enfocament amb una escala de territori elevada, amb un objectiu: contemplar com es presenta la possibilitat de fer ciutat.

En el cas dels **plans parcials** i els **estudis de detall**, s'adopten solucions concretes per a les zones que han quedat objecte d'estudi posterior. Ara es poden analitzar amb més profunditat, sempre que es mantinguin les característiques d'usos i d'edificabilitat que el pla general imposava. En alguns casos, podem variar alguns paràmetres, però n'hi ha d'importants que amb un planejament secundari no podem esmenar (tret que el planejament sigui el d'**esmena del pla general**).

Una modificació puntual del pla general sí que ens pot permetre redefinir alguns llocs concrets de la ciutat, per la necessitat de resoldre uns eixos, unes circulacions, uns nuclis d'aproximació, de sortida, d'entrada, etc. És a dir, per exemple, uns interessos neuràlgics d'estudi concret d'aquelles cèl·lules nervioses en els llocs on passem les sinapsis de la cèl·lula al nervi (per fer una aproximació de similituds). És en aquest lloc on potser és lícit analitzar aquest camp, mentre que en els estudis dels plans parcials i d'estudis de detall el que cal fer és definir com és el disseny i contrastar-lo amb els objectius que es persegueixen en el pla general.

5.3 La sectorització acústica de les ciutats

Quan pintem el mapa d'una ciutat, podem veure si els colors que fem servir han de ser els mateixos que en una altra ciutat.

Quins colors té la ciutat tal com se'ns presenta? Si analitzem la ciutat existent, veurem que hi tenim una paleta de colors que hi podem posar: des de colors positius fins a colors negatius, o des de colors càlids fins a colors freds, segons les diferents activitats, i dels punts neuràlgics d'aquella població.

En un mapa de sorolls d'una població (**fig. 5.6**) se'ns presenten tan sols els sons considerats negatius i no pas els positius. Cal, doncs, incloure'ls-hi.

Ara estem parlant només des del punt de vista acústic. Per tant, veurem si aquest mapa cromàtic existent s'adequa amb el mapa cromàtic ideal del que desitgem acústicament d'aquesta ciutat.

5.3.1 Les zones d'especial protecció acústica

Si fem aquest mapa ideal, veurem que necessitem uns colors per definir unes zones de protecció acústica. Una zona de protecció acústica és aquella en la qual, amb independència del soroll que s'hi pugui realitzar per l'activitat que s'hi desenvolupi, es requereix un nivell exterior controlat. És a dir, és una àrea on cal limitar la immisió precedent de l'exterior.

Un exemple d'edifici seria un teatre: el teatre fa una activitat sonora que pot molestar el veïnat, però el que no desitgem és que el teatre estigui sotmès a la immisió acústica del veïnat o del carrer. És evident que el teatre s'haurà de protegir respecte a la ciutat. Per aïllar-lo, farem servir unes zones interiors, uns sectors del propi teatre, com són el *foyer*, les zones de descans, els guarda-robes, etc. Tots aquests sectors (excepte els bars), si els ubiquem a la perifèria del teatre, ens faran de coixí i ens aïllaran sense necessitar grans parets. Així, aquestes funcions ens separen el teatre d'aquest

exterior que ens podria molestar o, a l'inrevés, potser som nosaltres els qui podem molestar.

En cas d'un teatre obert a l'aire lliure, com el teatre romà d'Orange (fig. 5.7), és evident que la peça que s'ha de protegir del soroll de la ciutat és la càvea o les grades on se situa el públic. La missió de la *skene* o fons d'escenari no és tan sols reforçar el so projectat pels actors dalt de l'escenari, sinó també protegir el teatre d'aquesta remor de la ciutat.

L'exemple a l'escala de la ciutat és exactament el mateix. Nosaltres necessitem uns barris residencials, amb independència del que es realitzi de so dins d'aquests barris residencials, perquè òbviament les famílies faran les seves festes, i les seves activitats als seus habitatges. A nosaltres el que ens interessa és que no tinguin una immissió. No volem que tinguin una influència negativa del soroll procedent dels altres barris (dels industrials, els terciaris amb venda de productes al carrer, mercadals), dels altaveus a les façanes dels centres comercials, etc. En definitiva, no volem que altres sectors puguin influir en els residencials.

Per tant, la sectorització de la ciutat no tan sols és necessària, sinó crítica en el seu disseny. No és tan fàcil dissenyar una ciutat en sectors, amb les pastilles de colors diferents, com en el cas del teatre que hem exposat abans.

Sembla que és clar el cas del teatre, perquè estem sempre dins d'un edifici. Tot l'edifici està controlat per una única propietat o per algunes propietats que queden dins d'un abast bastant delimitat.

En canvi, dins una ciutat hi ha molts factors i fluxos d'energies de molts tipus que s'interrelacionen. I això representa un flux interactiu d'aquestes energies que no pot quedar sense interrupció.

L'altra qüestió serà veure què diu la **normativa** respecte a les zones d'especial protecció acústica. Hem de complir les normatives específiques que ens ho imposin. Aquí potser tindrem un problema, i és que hi pot haver moments en què una zona d'especial protecció acústica comporti un canvi

de preu del sòl respecte a una zona no protegida. De la mateixa manera que hi ha uns indrets a cada ciutat que són més higiènics i resolubles, amb unes mobilitats i uns fluxos d'energia més interessants, amb una classe diferencial d'assentament pel tipus d'activitat, expectatives de preus, geografia, etc., també passa el mateix si estem en una zona d'especial protecció acústica.² De tot això, n'hauré de parlar en tot cas quan parlem de normatives específiques.

5.3.2 Els eixos

A les ciutats es poden aprofitar amb molt més rendiment els **eixos longitudinals i transversals**, i generar-ne de **diagonals i perimetrals**, amb noves alternatives, com són les rondes i els perifèrics (cinturons) de la ciutat, tant interiors com exteriors.

Aquest exemple queda reflectit a la ciutat de Barcelona, representada a les **figures 5.8a i 5.8b** amb les maquetes de la ciutat presentades a l'ET-SAB i a l'exposició del Fòrum 2004.³

Al seu inici, en el tram sense semàfors, la Ronda del Mig permetia una fluïdesa de trànsit com no passava en altres indrets. Es va anar congestionant i, davant dels Jocs Olímpics de 1992, es va necessitar la Ronda de Dalt. Inicialment, la gent abandonava la circulació interior per Barcelona. Però, al cap de pocs anys, la mobilitat va tornar a fer-se per l'interior, perquè la Ronda de Dalt també es col·lapsa.

En efecte, el resultat de més facilitats i fluïdesa amb vies noves vol dir més vehicles que circulen per les connexions amb altres sortides i rondes, com pot ser la Ronda Litoral, i no són tan eficients com haurien de ser. Per què? Per aquest ús indiscriminat, i amb molt pocs ocupants per vehicle, d'aquestes xarxes neuràlgiques de comunicació.

Cal parlar de la rehabilitació d'algunes vies específiques de les ciutats. Com a exemple podríem citar la rehabilitació de la Ronda del Mig a Barcelona, en el tram del carrer de Brasil, que es

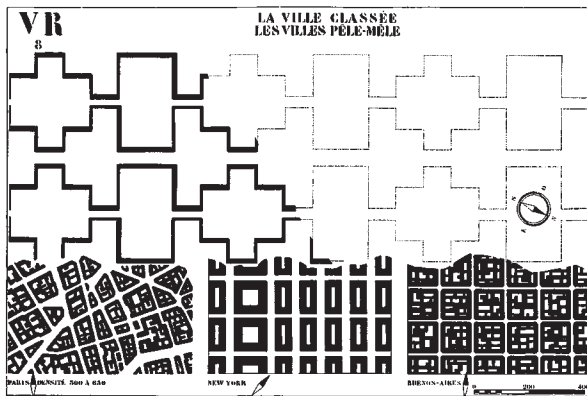


Fig. 5.5 Anàlisi de tipologies d'illa de Le Corbusier

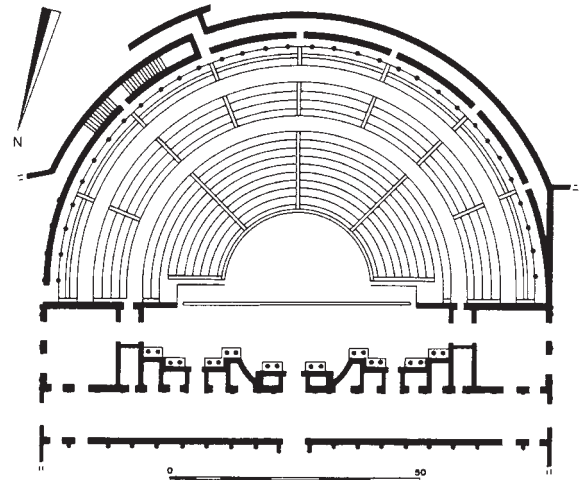


Fig. 5.7 Planta del teatre romà (a l'aire lliure) d'Orange, França (font: L'Architecture Romaine)

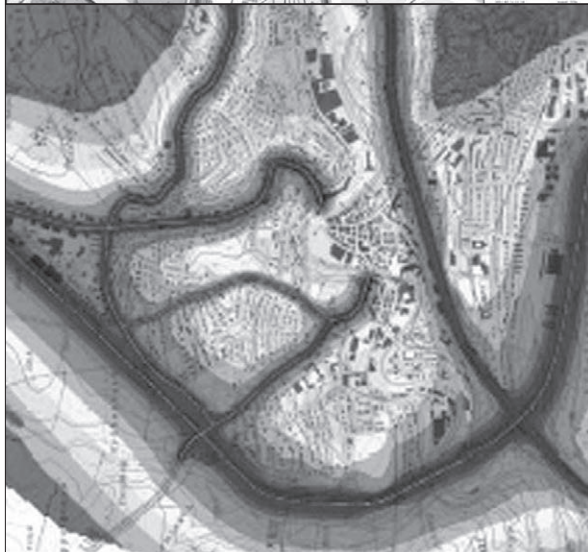


Fig. 5.6 Mapes de soroll d'unes poblacions

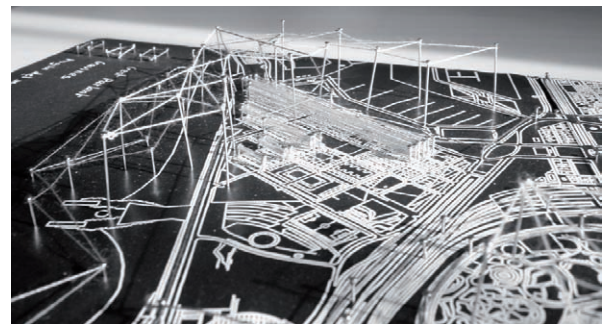


Fig. 5.8a Maqueta sonora dels teixits del barri del Born i la Barceloneta de Barcelona (fotografia de R. Calafell)



Fig. 5.8b Maqueta pel Fòrum 2004 de la ciutat de Barcelona (fotografia de l'autor)

va fer a iniciativa dels propietaris dels pisos afectats pel soroll d'aquesta via (**fig. 5.9**).

Després s'han anat cobrint altres parts de la Ronda del Mig, amb diferents alternatives (**fig. 5.10**).

La ciutat queda més cohesionada quan una via important s'amaga per a la pròpia ciutat. Així, el cobriment inicial de la Ronda del Mig va portar a descobrir que el teixit social existent a ambdós costats d'aquella ferida tornava a unir-se i adquiria les mateixes vivències o fins i tot noves experiències respecte de les que havia tingut abans que aquell vial travessés aquell sector.

Un cas a part és el cobriment de la Gran Via de Barcelona. La **figura 5.11** inclou la fotografia de la maqueta que es va presentar al Fòrum 2004 de Barcelona. Podem veure el projecte del despatx d'Enric Miralles i Benedetta Tagliabue, on es varen plantejar solucions de semicobriment i apantallament.

En general, les vies ràpides i en rasa es fan en una ciutat quan es genera una nova via que permet donar front a edificacions noves d'un caràcter social més elevat i amb una qualitat de vida més d'acord amb els estàndards de l'habitabilitat actual. Això no vol dir, però, que no deixi de donar-se l'esquena a la resta del barri. En alguns casos, i tal com va passar amb la Via Laietana a Barcelona, l'existència d'aquesta ferida amaga una realitat existent a escassos metres. No veure-la no vol dir que deixi d'existir amb la seva problemàtica quotidiana.

Per això, l'existència de blocs de pisos que donen a la nova via no l'hem de plantejar com un sistema d'**apantallament acústic** i de protecció del soroll que generem en aquell barri antic. L'apantallament cal entendre'l com una nova muralla de separació i d'aïllament al bell mig d'un cas antic i de ferida profunda entre els dos sectors en què hem dividit ara aquell barri.

Per això, quan aquesta via desapareix, encara que quedin els blocs de pisos més alts, si venim normalitzats per l'alçària reguladora d'acord amb

l'amplària dels carrers, no podem suprimir aquests blocs per altres de més baixos, com els que ens donava l'edificabilitat materialitzada d'abans. Però, en canvi, sí que serveix per tornar a recuperar aquella vida en comú que havia tingut el barri abans de la creació d'aquesta ferida.

En **cicatritzar diferents ferides del territori i de la ciutat** observem com el ciutadà torna a aprendre aquells llenguatges i torna a donar valor simbòlic a aquells sons (parroquials, gremis, etc.) que existien abans de la creació de la ferida.

Això permet generar uns sons nous que siguin definidors dels desitjos del paisatge i de l'entorn sonor en el qual viurà aquell sector en el futur i en relació amb la seva sostenibilitat.

Tant és així que aquest mètode de cicatrització que facilita un pas fluid entre ambdós llavis de la ferida permet una cohesió total del barri. Si la cicatrització no és total (com és el cas de la Gran Via) i només es cohesionen uns indrets sectoritzats permetent-ne uns passos sectoris associats als eixos transversals que travessen aquestes ferides, el barri difícilment adoptarà la cohesió necessària (queden punts oberts de la ferida que poden ser objecte d'infecció sonora).

En definitiva, des del punt de vista acústic, aquests trams que queden oberts sempre esdevenen petites nafres que poden ocasionar veritables problemes a la ciutat atès que no representen un tancament real i definitiu del problema.

5.3.3 Els poders local, comunitari i portuari

Els poders local portuari i aeroportuari d'una ciutat fan que la sectorització sigui important. Aquest apartat ens remet a l'alternança i a la conjunció dels diferents poders dins d'una mateixa ciutat.

Com a exemple, estudiarem el cas de Barcelona.

Barcelona està governada per un consistori, però algunes competències pertanyen a la Generalitat de Catalunya (com poden ser les relatives al con-



Fig. 5.9 Cartell de propaganda del cobriment de la Ronda del Mig

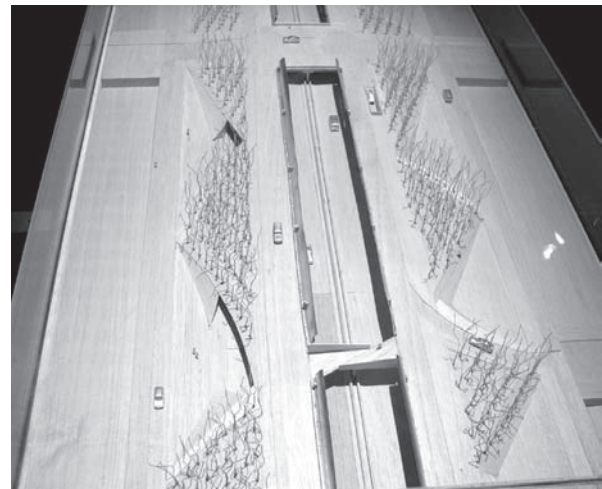


Fig. 5.11 Maqueta per al Fòrum 2004 de la semicobertura de la Gran Via de Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 5.10 Nova part coberta de la Ronda del Mig (fotografia de l'autor)



Fig. 5.12 Pati d'illa de la Torre de les aigües rehabilitat

fort col·lectiu i d'altres que són de mancomunitat). Però n'hi ha d'altres que corresponen a l'entitat portuària, que fins i tot pot arribar a tenir una policia diferenciada de la resta de policies que hi ha a la ciutat. Si també hi afegim la xarxa d'aeroports, ens trobarem amb diferents policies totalment diferenciades.

Tot això vol dir reglaments i lleis que responen a interessos polítics molt diferents els uns dels altres. Encara que en el fons les proteccions per a les persones siguin les mateixes, les formes segur que no ho són. És a dir; no són les mateixes les normatives (lleis) que faran complir els mossos d'esquadra de la Generalitat de Catalunya, que les ordenances que la guàrdia urbana faci complir, com ara les ordenances mediambientals, de les vies públiques, d'activitats, etc.

No són el mateix les normes que s'estableixen per als diferents usos en una ciutat portuària, ja que potser a més de l'ús portuari inclouen els de lleure, restauració, terciari, etc. Ho hem vist a Barcelona amb el Maremàgnun, on s'han desenvolupat unes activitats de lleure molt importants.

El mateix succeeix amb els aeroports. Tot això vol dir que existeixen unes diferències de resolució legislativa de cada poder, i que la resolució específica ha de venir aparellada amb els tractaments també específics dels sons.

5.3.4 La comunicació sonora

Les comunicacions són cabdals dins el flux d'energies. El que més ens preocupa ara és la **comunicació sonora**. L'hem d'estudiar amb molta cura.

Parlant amb gent entesa en so, sobretot respecte als sorolls de les ciutats, em vaig adonant que pràcticament per a ells no hi ha sons positius a la ciutat. Només hi intervenen els **sons negatius**. Fins i tot aquells sons que per a d'altres poden ser positius, per a ells també poden ser sorolls.

Em deixa preocupat quan un tècnic creu que els sons de les persianes dels establiments d'una ciutat

poden ser sorolls. Aquest so, per a altres, era característic d'aquesta ciutat.⁴

Quan hi ha tècnics que consideren que això és un soroll, de segur que hi ha gent que també creu que s'han de resoldre mitjançant la legislació amb unes ordenances que els eliminin. Potser a algú altre no el preocuparà, però a mi sí que em preocupa, perquè potser arriba el moment en què tot so el poden considerar negatiu, i això pot comportar la seva eliminació simptomàtica, taxativament.

Però qui dissenya **nous sons**? Qui sap si els nous sons dissenyats són millors que els anteriors?

Aquesta darrera és una pregunta de sostenibilitat sonora que cal fer-se en el cas de les ciutats.

Quan estem pensant en una sectorització, és evident que en fer un sector protegit hem de saber què hem de protegir i quins sons (tant positius com negatius) són els que volem protegir. Hem de protegir el nyigui-nyogui dels gronxadors? O volem protegir el so de la gent quan és a la terrassa d'un bar a les dues de la matinada? I el so de les cadires metàl·liques fregant per terra? I el dels gots dringant per les taules, o els coberts sonant en contacte amb els plats? Quin és exactament el so que nosaltres diem que volem protegir o que volem eliminar?

Tot això no és fàcil. Aquella campana d'aquell barri que sona esquerdada potser té un compromís que recorda alguna gesta històrica i potser per això la gent l'estima.

De la mateixa forma que ens estimem la veu afònica que pot tenir el nostre fill. T'adones que el dia que l'operen de nòduls ha perdut part de la seva personalitat. Després, de mica en mica, acceptem la seva personalitat diferent, ens anem adaptant a la nova veu amb què actua dins del nostre paisatge familiar. Però, d'entrada, no ens sobta aquest canvi?

Bé, ens poden sobtar aquests canvis a la ciutat, i estic d'acord que alguns d'ells els hem d'adoptar

amb cura. En aquesta sectorització, ens adonem que no és tan fàcil, que no es pot dir que tot es srolli. Si algú es posa a esborrar de qualsevol manera els sons de la ciutat, pot produir unes absències enormes.

5.3.5 L'eix verd i els canvis d'usos

Hi ha alternatives com ara les superfícies amb traçats exclusius per a les persones, més en connexió amb el recorregut pedestre, els enjardinaments i el paisatge. Aquest podria ser el cas de la rehabilitació per a verd no privat dels espais interiors de les illes de l'Eixample de Barcelona, que l'ajuntament d'aquesta ciutat impulsa (fig. 5.12).

En aquesta acció de rehabilitació de la ciutat de Barcelona, crec que un element fort per a l'èxit hauria consistit que l'Ajuntament hagués permès la transformació de les plantes baixes i els entre-sòls que donen als patis de l'illa.

En efecte, un canvi d'ús de residencial a terciari potser no és bo estendre'l a tot l'Eixample, però atès que aquesta transformació ja s'ha anat produint (en molts casos, de forma encoberta), fóra bo que les plantes més vinculades amb aquestes noves àrees verdes recuperades per a l'ús del ciutadà poguessin anar acompanyades de residències d'avis, guarderies, establiments d'esplai per a nens, jardineries, floristeries i altres botigues en contacte directe amb aquests espais.

Però hem de tenir en compte que aquesta relació entre els equipaments i l'espai exterior s'ha de fer mitjançant el compliment d'unes normes sonores, per tal de respectar el veïnat que dona al pati d'illa. A la **figura 5.13** hi ha les normes de convivència de l'espai exterior d'una comunitat.

En aquest sentit, tindríem les actuacions que es poden fer amb un equip pluridisciplinari, on uns es dedicarien pel seu grau d'expertesa a reconèixer la importància de la consecució semafòrica d'alguns traçats o carrers, i altres podrien aportar de les seves idees respecte a la millor oxigenació i les possibilitats de crear riquesa en el teixit urbà i edi-

ficatori. La **recuperació d'espais verds** interiors a les illes, intentant disminuir els estàndards col·lapsats o obsolets pels antics planejaments, com ara les **densitats** excessives de població en alguns sectors de la pròpia ciutat, com també els canvis en els **plans d'usos**, han de ser, entre d'altres, les prioritats d'aquest equip interdisciplinari.

Cal anar fent **transformacions de zones** d'antigues ocupacions industrials obsoletes a **nous usos**, ja siguin de destinació portuària amb ports esportius o pesquers. Per a això, es poden aprofitar esdeveniments importants per a la ciutat, com són les fires de mostres, els fòrums o les olimpíades. És evident que amb aquests compromisos les ciutats poden anar adquirint uns canvis molt importants en alguns sectors, quant als paràmetres qualitius i quantitius. Atesa la seva extensió, permeten una actuació més àmplia per a l'augment de la qualitat de l'entorn, i així s'aconsegueix reduir el flux intern necessari per a l'activitat que s'hi desenvolupa.

5.4 La rehabilitació acústica del transport públic i privat

Dins el feix de possibilitats existents, segurament la més important és la reducció necessària del trànsit rodat.

Però, com s'aconsegueix reduir el trànsit rodat d'una ciutat si és precisament un dels determinants de la mobilitat de la seva gent i de la mobilitat de les seves mercaderies?

Una de les solucions que es poden plantejar consisteix a substituir aquesta **mobilitat privada** (automòbil particular) per la mobilitat mitjançant **transports col·lectius**. D'entre aquests transports col·lectius, hi ha els de **superfície** i els **soterrats**.

Òbviament, en una ciutat, poques vegades es plantegen alhora el **transport aeri** i el **marítim** o **fluvial** (tot i que també podria ser una de les solucions en alguns tipus de ciutats com a Valladolid amb el seu Pisuerga, Girona amb l'Onyar o Saragossa

amb l'Ebre, que tenen un cabal d'aigua suficient com per basar la seva mobilitat fent servir també les vies aquíferes).

5.4.1 El transport públic de superfície

La rehabilitació del transport ens hauria de demanar solucions i inventiva, sobretot si n'hi ha prou a reservar unes vies importants amb un ús exclusiu per als vehicles col·lectius. A ciutat es veu com el **carril bus** descongiona el transport públic, tant el d'autobusos com el de taxis.

Zones restringides

A les grans ciutats, un possible camí és deixar una restricció particular d'ús per al comerç i els propietaris de determinats indrets, com a usuaris directes del carrer.⁵ La resta es podria reutilitzar per al transport públic.

Però cal que anem pensant en altres solucions per al transport públic que no alterin tant o no deixin al marge el transport privat. En aquest sentit, les **motocicletes** són uns vehicles d'una mobilitat molt elevada, i s'hauria de permetre que circulessin en els carrils reservats als autobusos i taxis. La xarxa de transport crec que no se'n ressentiria, sinó al contrari, i en canvi es podria aprofitar tot un seguit de solucions pel que fa a les comunicacions internes de la ciutat basades en aquest criteri d'ús compartit i en la intensificació del petit autobús, o "**bus del barri**", que donés servei intensiu en àrees concretes de la ciutat (**fig. 5.14**).

Una altra solució seria establir una **xarxa d'autobusos i tramvies interurbans** molt més potent entre la ciutat i el seu extraradi. Pel que fa als autobusos interurbans, veiem que en moltes poblacions no han tingut massa bon resultat. Tot just ara comença a acceptar-se i a implantar-se el tramvia des de Barcelona cap a alguns indrets de l'extraradi (Sant Just, Cornellà, Esplugues, etc.).

Tramvies

De caràcter potser més romàntic, el que és important

dels tramvies és el seu silenci actual, però aquest és també el seu defecte, perquè l'absència de so no serveix per avisar el vianant del seu pas. Aquest és el cas del tramvia de Barcelona, que en alguns encreuaments emet un senyal sonor (**fig. 5.15**).

En el decurs dels darrers anys, hem vist grans canvis en algunes ciutats: a València, amb el traçat del tramvia que va de la ciutat (passant per la Universitat) al port, o a Bilbao, amb el tramvia que va pel costat de la ria. Fan un recorregut pels nous equipaments i habitatges amb els quals la ciutat s'està dotant en el seu entorn de rehabilitació (i, en el cas de Bilbao, pel canvi d'ús industrial a residencial de la ria).

D'una hora lluny queden els canvis previstos per a les ciutats. La diferència de nivells i la varietat del transport es convertirà en l'estratègia de la nova ciutat. Els visionaris de finals del segle XIX, com Calvany, ja projectaven metròpolis immenses plenes de gratacels, passos elevats i línies de ferrocarrils enlairades, com es veu a la **figura 5.16**. Ens en podem imaginar el soroll.

Per això, la transformació d'una ciutat és la que pot propiciar també les transformacions de la seva mobilitat. És evident que aquestes anècdotes dels tramvies i els ferrocarrils urbans, a vegades de petita escala, s'han d'aprofitar per anar-les inserint dins una estructura jeràrquica de domini superior, on puguin formar part d'una **oferta sostenible** per a la xarxa de viabilitat d'una ciutat.

Jerarquies

Les vies de transport han de quedar jerarquitzades d'acord amb una estructuració que respongui a les noves expectatives de zonificacions acústiques, que d'altra banda tota ciutat ha d'anar complint d'acord amb el que exigeixen les noves lleis de la CEE, estatals i autonòmiques respecte al soroll.

Ens trobem, llavors, que aquest equip pluridisciplinari ha d'anar-se plantejant com seran els nous sistemes de rec sanguini per a la mobilitat entre les diferents àrees de la ciutat. Això, òbviament, ha

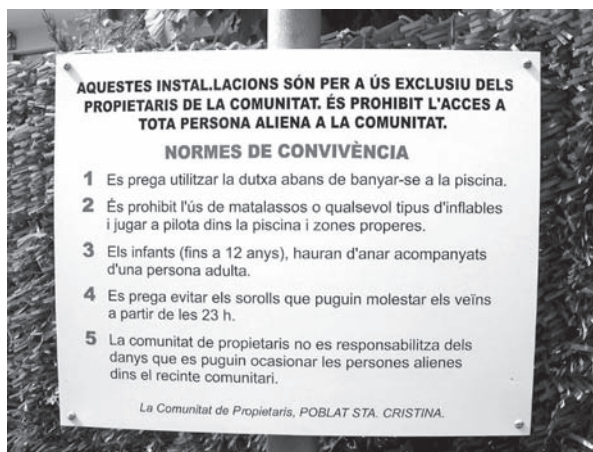


Fig. 5.13 Normes sonores per a un recinte comunitari d'una urbanització (fotografia de l'autor)



Fig. 5.14 Bus del barri, Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 5.15 Pas silencios del trambaix de Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 5.16 Dibuix de Calvany



Fig. 5.17 Imatges d'una estació de línia exterior i interior del metro de París (fotografia de l'autor)

d'anar contraposat amb aquests criteris, que abans s'han esmentat, de fer intervenir tots els mètodes, tots els sistemes de superfície i soterrats de transport col·lectiu.

Potser la ciutat de demà necessitarà uns **carrils exclusius** per als seus **autobusos**, que la connectin de forma fluida a les autopistes i a les principals avingudes i carreteres de sortida. Però això voldrà dir, òbviament, que o bé s'amplia el nombre de carrils de vehicles privats o lògicament aquest transport privat es veurà menystingut (amb la llei de l'embut, en una solució de no retorn).

5.4.2 El transport públic soterrat

Què ens queda?

Ens queda el **transport soterrat**. El transport soterrat permet racionalitzar la descongestió, perquè possibilita desplaçar-se amb un temps bastant exacte, que és molt diferent al *tempo* de desplaçar-se per la superfície.

En efecte, si agafem un autobús des d'un indret a un altre, amb l'estimació optimista de fluïdesa del trànsit superficial podem trigar un mínim de 20 minuts. Si presumim que hi pot haver congestió per alguna causa, com que el moment punta s'està apropant, és preferible agafar un transport soterrat (que potser faci més recorregut o necessiti fer algun transbordament), perquè el seu temps el podem tenir més garantit.

Encara que aquells 20 minuts d'autobús es transformin en 35 minuts en agafar el metro, estem segurs que quasi sempre són 35 minuts. En canvi, amb l'autobús en moments punta el temps pot passar a més d'una hora, com ens ha passat a molts de nosaltres.

En moments de congestió i hores punta val més deixar córrer aquests transports superficials comunitaris?

Caldrà oferir altres solucions, com ara més control dels vehicles privats que fan servir aquest carril i

que redueixen la velocitat mitjana a ciutat (de 14 a 12 km/h), etc., o més transport públic soterrat.

D'entre el transport soterrat tenim els metropolitans i els ferrocarrils.

Ambdues xarxes són confluents en molts casos dins d'una ciutat i hi poden haver alguns transvasaments entre elles, com ara els **sistemes tarifaris unificats**. Per tant, les polítiques de concertació, els bitllets amb tarifes unificades i la implementació (no només entre aquests serveis sinó també amb els altres transports col·lectius de superfície) són mesures que poden intentar dissuadir qui circula mitjançant un vehicle individualitzat per la ciutat.

Estacions i transbordaments

La solució de reforçar, d'enriquir i d'establir llocs de connexió i estacions intermodals entre les diferents xarxes de transport per via fèrria, és una solució molt bona per a la ciutat moderna del futur.

Un dels problemes d'anar per sota la ciutat és com pugem cap a dalt, és a dir, com sortim a la superfície. Les estacions haurien d'estar en llocs estratègics i que servissin per connectar-se.

Per exemple, un lloc estratègic no és la part central d'una via important (la sortida a Zona Universitària de Barcelona), perquè la gent s'ha d'esperar més temps per a travessar el semàfor (o bé se'l salta, cosa que fan molts i que comporta més perill).

Les línies han de connectar-se mitjançant les pròpies estacions i no pas amb uns passadissos llarguíssims per a fer el transbordament. Aquest transbordament no hauria de representar un temps de pèrdua per veritables carrers interiors, sinó que les estacions haurien d'estar a la vertical una amb l'altra a fi que els recorreguts fossin els mínims possibles (**fig. 5.17**).

Rehabilitació de les vibracions sòlides

Una altra qüestió és la de les vibracions. Hem vist



Fig. 5.18 Línia de metro amb pneumàtics a París
(fotografia de l'autor)



Fig. 5.20 a) Obstrucció de la circulació dels vianants i b)
peatonalització del mateix carrer (fotografies de l'autor)



Fig. 5.19 Estació central dels FGC:
a) originalment i b) rehabilitada acústicament
(fotografies de FGC i de l'autor)

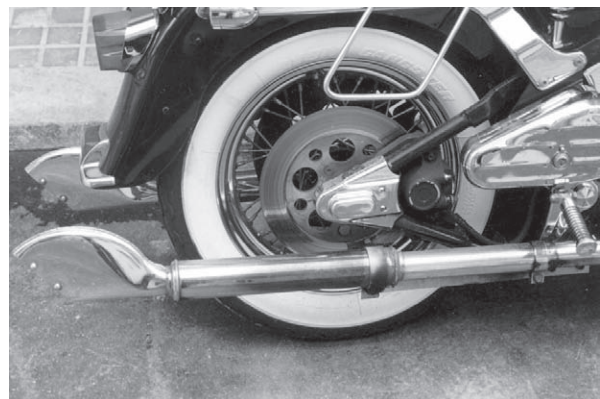


Fig. 5.21 Motocicleta Harley Davidson
(fotografia de l'autor)

a París que hi ha diferents línies de metro on els combois fan servir pneumàtics tant en vertical com en horitzontal. És el cas de la línia 6, que podem veure a la **figura 5.18**.

Moltes ciutats podrien adoptar, en comptes de la via fèrria, unes veritables rutes amb pneumàtic (sistema més nou i menys sorollós). No només fan menys soroll quan circulen per la superfície, sinó que també redueixen moltíssim les vibracions que s'introdueixen dins dels edificis.⁶

La rehabilitació acústica dels espais soterrats

En el cas de les estacions de trens i metropolitans, hem de parlar de l'acústica perquè els problemes s'agreuïn sobretot en espais tancats i poc tractats sonorament. Amb acústiques sovint negatives, trobem moltes estacions que destaquen per les seves acústiques ecoiques, reverberants i sorolloses.

Cal també tractar les andanes. La rehabilitació que s'ha fet de l'estació central de Catalunya dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (**figures 5.19 a i b**) ha estat exemplar per la reducció de la reverberació i, consegüentment, de soroll que s'ha assolit.

Encara queda molt a fer, tant en els passadissos i altres espais dels metros com en tots els sistemes de transport col·lectius, no només soterrats sinó també de superfície.

En cas que sigui necessari allargar la connexió soterrada, crec que els passadissos s'haurien de convertir en un bulevard amb botigues, cafès, expositors, museus, etc. que li donessin unes veus soterrades més generoses que les de les passes atapeïdes i precipitades dels seus usuaris.

5.4.3 El transport privat

Pel que fa a la tipologia de vehicles i al seu grau de contaminació, sorgeixen cada dia dins els transports individuals uns altres de més **ecològics** i més respectuosos amb el medi ambient, com ara: *a*) vehicles que ja no consumeixen benzina, sinó

que poden disposar d'un motor híbrid de diferents combustibles, *b*) vehicles de dimensions reduïdes que són fàcils d'aparcar a la ciutat i ofereixen una mobilitat molt elevada per anar de porta a porta (quasi tanta mobilitat com amb una motocicleta).

La motocicleta

El problema de la motocicleta és l'estacionament. Cal habilitar zones reservades, perquè aquest estacionament pot ocasionar problemes de convivència amb les persones que circulen per les voreres. Les motos no sempre estan en situació d'aparcar on els dóna la gana. És evident que, a les voreres de més de tres metres, la irrupció d'una motocicleta, encara que sigui per aparcar, obstrueix la circulació normal del vianant, i com més transitada sigui aquesta vorera, pitjor (**figures 5.20 a i b**).

L'altre problema és el soroll que poden provocar aquestes motocicletes. Cal esmentar els compromisos que ja es tenen (respecte a les limitacions de soroll) amb les ordenances i normatives, com les de la Convenció de Ginebra i les de les Comissions Europees sobre els sorolls que generen aquests vehicles, controlats des de la seva fabricació en les indústries d'origen. Sempre s'ha de tenir en compte l'alteració que pot provocar, en les zones restringides, el soroll de motocicletes com ara les Harley Davidson (**fig. 5.21**).

Altres vehicles

Hem dit que existeixen altres alternatives a l'ús individual, com poden ser els **vehicles elèctrics**. El problema acostuma a ser la seva autonomia, que depèn de la capacitat que puguin tenir les bateries respecte al temps de funcionament (i al quilòmetratge). Podríem arribar a carregar l'electricitat en garatges particulars i recanviar en benzineres (**figures 5.22a i 5.22b**).

També podríem esmentar altres sistemes de transport, com ara els **patinets elèctrics** o aquestes **motorettes petites de motor elèctric**, o fins i tot les **bicicletes assistides** amb algun petit motor elèctric (per a les pujades, les persones grans, etc.).

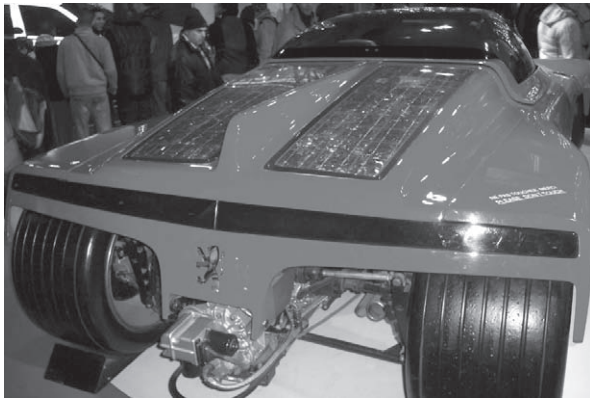


Fig. 5.22a Vehicle elèctric. Prototipus de cotxe (fotografia d'E. Crespo)



Fig. 5.22b Fotografia d'un vehicle elèctric. Patinet emprat per Koizumi (font de diari)

[Inici](#) [Mapa](#) [Español](#) [English](#) [Web del Pacte Industrial de la Regió Metropolitana de Barcelona](#)
 Pacte Industrial de la Regió Metropolitana de Barcelona

Què és el Pacte? | Membres del Pacte | Activitats | Bones pràctiques | Directori de webs | Novetats | Línies de Treball | SIMAE
 Inici > Línies de Treball > Mobilitat

Línies de Treball: Mobilitat

Compartir Cotxe

Menú d'opcions
 Per anar a treballar
 Cercar viatges
 Afegir viatge
 Cercar companys de viatge
 Les meves dades
 Els meus viatges
 Els meus contactes
 Registrar-me
 Diposita a un SIMC
 Erros de funcionament
 Preguntes freqüents

S'han trobat: 5 viatges coincidents amb el teu trajecte
 Abrera (Barcelona) [SP] - POBLE NOU 2202 (Barcelona) (Barcelona) [SP]
[Canviar origen](#) - [Canviar destí](#)

Precisió: OK

Modificant la precisió obtindràs més o menys viatges. A menor precisió, major nombre de viatges.

Selecció de viatges: 1 - 5
 Fes clic a sobre del número de viatge per veure més detalls del viatge (preferències de l'usuari, tipus de cotxe, mapa del viatge, calendaris...)

| Núm. | Precisió | Tipus de viatge | Usuari | Origen | Destí | Data d'inserció | Disponibilitat |
|------|----------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|--|-----------------|--|
| 1 | 100% | Viatge regular | miuque 07 35 49 | Abrera (Barcelona) | Barcelona (Barcelona) | 2005/12/29 | DEIXAR UN MISSATGE MES INFO |
| 2 | 85% | Viatge regular | Imma Esparreguera 07 35 49 | Barcelona (Barcelona) | Zona Universitaria UB (diagonal) (Barcelona) | 2005/5/2 | DEIXAR UN MISSATGE MES INFO |
| 3 | 78% | Viatge regular | Joan Martorell 07 27 49 | Barcelona (Barcelona) | Barcelona-Sarrià Sant Gervasi (Barcelona) | 2006/1/23 | DEIXAR UN MISSATGE MES INFO |
| 4 | 78% | Viatge regular | Carlos Martorell 07 32 49 | Barcelona (Barcelona) | Barcelona (Barcelona) | 2006/1/23 | DEIXAR UN MISSATGE MES INFO |
| 5 | 78% | Viatge regular | Carlos Martorell 07 32 49 | Barcelona (Barcelona) | Barcelona (Barcelona) | 2006/1/23 | DEIXAR UN MISSATGE MES INFO |

LOGIN
 e-mail:
 Password:

MAPA DE L'ITINERARI

Consell: Guarda el teu viatge fent clic a "AFEJIR AQUEST VIATGE". D'aquesta manera, podràs ser trobat per altres usuaris. El sistema també t'avisarà quan trobi viatges que siguin del teu interès. NO TE CAP COST.

[Contacta amb nosaltres](#) [Política de privacitat](#) [Condicions d'ús](#)

Fig. 5.23 L'agrupació (font: <http://www.compartir.org>)



Fig. 5.24 Estacionament de dissuasió. Granollers-Les Franqueses (fotografia de l'autor)

Tot això, òbviament, són alternatives que algunes indústries ens estan oferint per cercar solucions al problema de la mobilitat a la ciutat. Esperem que el sector de l'automòbil anirà oferint a l'usuari unes alternatives més àmplies i amb graus de fiabilitat més elevats respecte a aquesta sostenibilitat futura. Cal fabricar uns vehicles que consumeixin poc i que no facin emissions negatives a l'ambient, no només pel que fa als sorolls, sinó també als altres contaminants.

Agrupació

No pot ser que la gent entri a la ciutat conduint un vehicle reiteradament de forma unipersonal, quan els usuaris es podrien **agrupar** per trobar una solució més ecològica. Els assentaments ubicats a prop de la ciutat en extraradis amb localitzacions favorables de ciutat jardí i de més contacte amb la natura acostumen a estar poblats amb famílies d'estatus més elevat, les quals disposen segurament d'un segon vehicle.

Si ens hi fixem bé, en els moments de col·lapse d'algunes ciutats la quantitat mitjana de persones que viatgen per unitat de vehicle és d'1,8 a Barcelona (llevat dels taxis, amb ocupants o sense, que també hi circulen).

En altres països, els treballadors es desplacen als llocs de treball amb un únic vehicle (avui et toca a tu, demà li toca a un altre), o bé assumeixen les despeses comunitàries d'aquest vehicle i les reparteixen entre tots. Dins i fora de la ciutat només representen un vehicle, en comptes dels quatre o cinc que haguessin desaparegut, transitat i aparcat en aquells sectors.⁷ Per al retorn, cal que existeixin diferents mitjans, com els que esmentàvem abans: trens, autobusos i metros cap a l'extraradi, etc.

La primera solució, com hem comentat, sembla que és que els **conductors s'associïn** i entenguin que el sistema de transport ja no pot respondre a unes solucions de conducció plenament individualitzada. És a dir, la gent s'ha d'agrupar per anar plegats als seus llocs de treball (**fig. 5.23**). Són mètodes que als Estats Units es fan servir com a sistemes realment

dissuasius i, per tant, els viatges per anar a treballar també es rendibilitzen.⁸

Cal dir que això no és tan fàcil de fer en països com el nostre, atès que el sistema que tenim implantat no respon als estàndards de vida dels nord-americans, en què una mateixa jerarquia de llocs de treball comporta mantenir també les mateixes jerarquies pel que fa al barri on es viu.

En el nostre cas, la gent ja defuig la vida de les grans ciutats per anar a buscar una perifèria, on la promesa d'estar a mitja hora del nucli poblacional és quelcom que el vehicle privat pot donar, però això és un esquer.

Les immobiliàries fomenten l'interès de sortir de la ciutat, que es veu reforçat per la inexistència de sistemes del mercat per posar productes immobiliaris a l'abast de la gent (dins el mercat de la pròpia ciutat). En poques paraules: si a la gran ciutat l'habitatge resulta elevadament car (tant per al lloguer, perquè no ha existit una política administrativa, com per a l'adquisició de l'habitatge), la gent no té més remei que fugir de la ciutat. Per això moltes grans ciutats estan perdent habitants.⁹

Estacionaments de dissuasió

Si tothom decideix agafar el vehicle privat per anar de manera individualitzada fins al centre de la ciutat, la situació pot ser totalment caòtica. Hem de començar a preveure aquestes polítiques d'aparcaments de dissuasió i altres ofertes, per fer veure al ciutadà que la seva irrupció a la ciutat genera uns conflictes molt elevats.

Els **estacionaments de dissuasió** en la ciutat són àrees que s'ubiquen a la perifèria o, fins i tot, al bell mig, i que permeten l'accés a d'altres indrets de la ciutat mitjançant el transport públic, a peu o en bicicleta. És a dir, el conductor hi arriba amb el seu vehicle, aparca pagant una tarifa bastant reduïda i es desplaça a la ciutat (per fer les seves gestions) mitjançant el transport col·lectiu o individual, però del tipus tou. Per sortir, fa el mateix però a l'inrevés.

També es pot emprar l'altra política dissuasiva: que les poblacions des dels quals han de venir fins a ciutat tinguin **estacionaments de dissuasió a l'origen**. Sovint, en aquestes poblacions l'accés és fàcil fins en aquestes àrees. La mobilitat és bastant elevada per acompanyar els fills al col·legi o per fer les gestions que calguin, i llavors és millor que l'estacionament de dissuasió no estigui a la gran ciutat sinó a les poblacions petites.

Com a exemple, tenim les àrees de dissuasió de les Fonts de Terrassa, Mira-sol, Sant Cugat, La Floresta, etc. La gent agafa els Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC) per desplaçar-se al centre de Barcelona i, amb els bons combinats, fa transbordament als altres sistemes comunitaris de transport, tant de superfície com soterrats. El mateix succeeix amb els aparcaments de Renfe a Granollers-Les Franqueses (**fig. 5.24**).

Com hem esmentat, podem combinar-ho amb una solució d'alta sostenibilitat: que en arribar a un lloc o altre poguem agafar un altre tipus de vehicle (elèctric, una bicicleta, etc.) per l'interior de la ciutat, si és que no volem anar amb transport públic.

Taxes del peatge

Una altra solució és establir una **taxa de peatge**,¹⁰ com en algunes ciutats importants, que ens recorden els antics impostos que es pagaven en entrar a la Barcelona emmurallada del passat, en passar d'un poble a un altre, en creuar determinats ponts, etc.

Però això serà vàlid per a qui ve de fora de la ciutat (cas de Londres), perquè si es paga aquest impost de circulació per circular dins de la ciutat de residència, poden sorgir conflictes si, a més, es fa pagar el peatge als qui viuen a fora.

5.5 La rehabilitació acústica en els sectors d'interès

Hi ha espais on l'acústica és tan negativa que no podem parlar amb el nostre acompanyant ni gaudir

del lleure en els espais verds.

5.5.1 Els espais per als vianants

El vianant té uns interessos en recórrer la ciutat amb un ambient acústic delimitat. És a dir, que hi hagi una producció de sons positius interessants i una protecció dels sons negatius, sobretot els procedents de vehicles automòbils, motocicletes, autobusos i camions.

Per tant, l'espai per al vianant no és només un espai del qual hem d'eliminar els sons que podríem dir sorolls i deixar pas a la **comunicació** de la gent. No n'hi ha prou amb això, perquè per deixar pas a la conversa de la gent hem de fer que aquesta pugui ser factible i no es vegi tergiversada per altres converses.

Llavors, els espais per als vianants no poden tenir massa reverberació, ni focalitzacions en certs indrets. Tot això ho hem d'anar eliminant, i no sempre és fàcil trobar les solucions en els casos de rehabilitació d'aquests sectors.

El disseny de l'espai públic compta amb uns elements, com ara la vegetació, que poden millorar la condició sonora d'una zona (**fig. 5.25**).

El vianant és alhora emissor i receptor d'aquella cadena de transmissió de comunicació que havíem comentat. El que ens interessa és que la comunicació es faci amb la màxima fidelitat i rigor, amb totes les garanties que puguin oferir els espais i ambients, a fi que l'usuari s'hi trobi en confort.

Tenim la possibilitat de rehabilitar amb uns paviments que podem aprofitar i emfatitzar. El pas de la gent per un sector determinat del paisatge el podem redissenyar d'una manera positiva (el so del pas es pot amplificar en determinats indrets, o amortir totalment fins i tot en els llocs on es generi més fort, com és el cas de les escales).

El mateix podem fer -i de fet s'hauria de fer així- amb la circulació d'aquest vianant en un indret tancat. Curiosament, els èmfasis sonors en els re-

correguts per una ciutat es vinculen amb els canvis d'exterior a interior dels porticats, els augments i les disminucions de nivell sonor i de reverberació en passar d'espais amples a estrets, etc.

Per tant, quan estem parlant d'espais públics per a vianants, hem de pensar tant en una **zona interior com exterior**. I és en una zona interior on també hem de tenir cura de com es farà la rehabilitació acústica, ja que és als interiors on acostumem a tenir més problemes, perquè les altres veus interiors també procedeixen d'altres comunicacions.

L'exterior és molt exposat. Podem anar eliminant aquelles fonts productores de soroll, com ara els vehicles i els elements de trànsit més importants, però a les proximitats dels aeroports els sorolls dels avions ens trasgiversen la comunicació parlada de la gent. És a dir, a ciutat hi ha moments que podem tenir els sons zenitals d'avions i helicòpters, i potser també els del subsòl, amb les vibracions en algun indret immediat a les línies de ferrocarril o metropolitanes.¹¹

Al vianant li hem de poder oferir uns espais amb uns sons positius o, millor encara, que ell els pugui generar en deambular.¹²

5.5.2 Els espais verds i l'apantallament

Dins dels espais del vianant, ara hem de parlar dels espais verds i la forma de preservar-los del soroll dels límits mitjançant el disseny o el redisseny del límit o del seu necessari apantallament.

Als espais verds, els vianants realitzen unes activitats adequades d'oci i de lleure més estàtiques que les pròpies de les voreres dels carrers, amb una difusió bastant elevada de llocs d'esbarjo, tant per a adults i joves com per a la canalla.

En especial, la mainada ha de poder disposar de diferents àrees lúdiques on córrer, patinar, gronxar-se, etc. Però sovint aquestes zones deixen de tenir un manteniment municipal, i els seus engranatges a poc a poc es van fent malbé (**fig. 5.26**). És evident que aquests llocs no interessa que estiguin

afectats pels sorolls horitzontals que hi arribin de la resta de la ciutat.

És a dir, potser n'hem de fixar els límits **apantallant els contactes** d'aquests espais de lleure amb les vies de circulació.

Alhora, aquests espais de lleure pot ser que també ens permetin fer de tampó, d'espais intermedis entre el carrer i els habitatges del veïnat. Aquest és el cas de la plaça situada davant dels edificis de les Cotxeres de Sarrià (de Coderch) a Barcelona i la Ronda General Mitre - Via Augusta - Ganduxer (**figures 5.27a i 5.27b**). En el cas de les Cotxeres de Sarrià, l'apantallament s'ha realitzat fent servir la forma de promontori de terra, amb la vegetació corresponent. Darrere aquest apantallament disposem d'una veritable illa silenciosa que fa de tampó divisor respecte de la resta del límit i, per tant, respecte dels edificis que hi aboquen.

Una cosa similar succeeix al Parc de l'Estació del Nord amb referència al carrer dels Almogàvers, també a Barcelona. S'hi ha construït una muralla en forma de talús, molt important pel que fa a l'alçària en aquest cas, que apantalla acústicament aquest carrer respecte a l'interior del parc (**fig. 5.28**).

D'aquesta manera, s'aconsegueixen unes diferències de nivell molt notables, d'uns 17 dBA entre el nivell existent a l'exterior (70 dBA) i el nivell existent a l'interior (53 dBA) un cop superades aquestes pantalles.

Altres mètodes de límit consisteixen a fer servir arbats, arbustos i tanques vegetals, com a elements que impedeixin la visió dels vehicles (i si no es veuen és com si no n'arribés el soroll) i pel filtratge sonor que puguin produir. A la **figura 5.29** podem veure un exemple d'aquestes **barreres**, que podem anomenar **psicològiques**. Actuen més per eficàcia visual que tecnològica, perquè fan que l'individu ubicat en aquests espais verds perdi la noció de la seva excessiva proximitat als vials.

Per aquest motiu, són molt criticades totes aquelles accions que tendeixen a eliminar la barrera



Fig. 5.25 Espai per a vianants a París, on els arbres juguen un paper important (fotografia de l'autor)



Fig. 5.26 Elements mecànics de les zones d'esplai de la mainada (fototeca Stone)

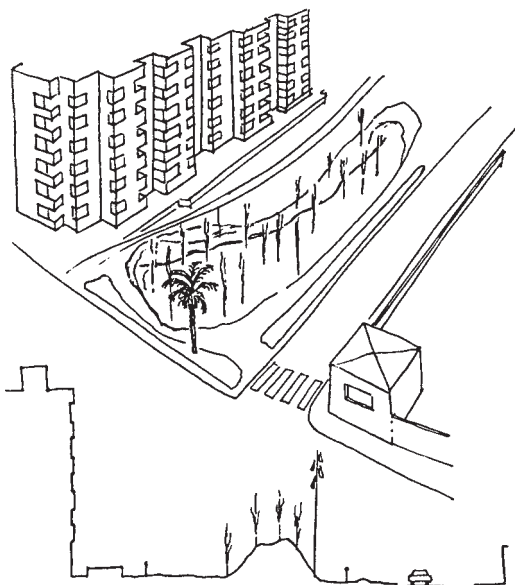


Fig. 5.27a Duna de les Cotxeres de Sarrià, Barcelona (dibuix de l'autor)

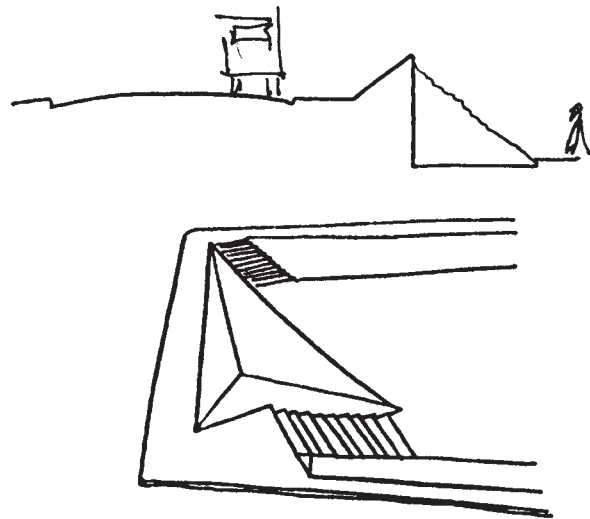


Fig. 5.27b Duna a la Ronda General Mitre - Via Augusta - Ganduxer, Barcelona (dibuix de l'autor)



Fig. 5.28 Pantalla verda del Parc de l'Estació del Nord (fotografia de l'autor)



Fig. 5.29 Barreres psicològiques a les ciutats, on els arbres absorbeixen sorolls que vénen de les vies de trànsit rodar (fotografia de l'autor)

vegetal i visual, i que es presenten en els límits del seu perímetre. Aquest ha estat el cas del Turó Parc de Barcelona, on l'eliminació de la vegetació perimetral ha portat a un debat controvertit sobre la seva conveniència o per a la seva privacitat visual i acústica. Potser ara també cal parlar de la pèrdua de la privacitat acústica dels habitatges ubicats a l'entorn del parc, que certament, abans de l'eliminació dels sectors perifèrics quedaven més protegits dels sons que es generaven dins del parc (fig. 5.30).

Tot això ho exposem com a exemples, perquè el fons de cada actuació presenta una temàtica que òbviament té un compromís social específic.

Ja veiem que el tema dels **filtres acústics** en el paisatge i a ciutat segurament ha de fer intervenir aquestes pantalles més suaus de terra i vegetals. Jo crec que és una molt bona discussió per a les rehabilitacions del territori i de la ciutat, però no sempre són factibles de desenvolupar en tots els casos.

5.5.3 El patrimoni de l'interior dels patis d'illa tancada

A l'interior d'una illa tancada obtenim uns espais perfectes, des del punt de vista de l'aïllament acústic de l'exterior (fig. 5.31). Però sovint els sorolls dels veïns ens poden arribar a molestar. En el disseny de les façanes es podrien plantejar dissenys (formals) diferents per a la façana de carrer i l'interior d'illa.

Podem fer diferents activitats, fins i tot musicals, però, com s'ha demostrat en els actes d'inauguració d'algun d'aquests indrets, la gent està acostumada a un silenci molt elevat. Per aquest motiu, els usuaris dels habitatges d'aquella illa de cases pot ser que rebutgin l'ús indiscriminat, a vegades intensiu, de la música, l'oratória o el teatre, que no sigui del seu gust.

El pati emissor de sorolls

Abans de la inauguració d'uns d'aquests patis, es

va donar el cas que des d'una galeria van recordar als músics que acabaven d'assajar que al vespre hi havia partit i, per tant, que no fessin més soroll. L'apropiació del carrer, els patis d'illa, etc. per fer música sovint no ofereix unes bones condicions acústiques (fig. 5.32). A l'estiu, la gent dorm amb les finestres obertes, i per això aquests patis d'illa tenen una característica acústica molt diferent de la façana que dona al carrer.

És a dir, aquí tenim aquest doble compromís: d'una banda, l'aïllament fantàstic que ens proporcionen els edificis respecte a la ciutat, i, de l'altra, una problemàtica d'excés de sons interiors (fins i tot, una relació excessiva de sons que existirà entre els receptors i emissors d'aquests espais).

El pati receptor de sorolls

Una altra qüestió és la incidència elevada d'un soroll zenital, provinent d'un helicòpter o una avioneta, atès que queda tan ben protegit dels sorolls lateralitzats que el soroll de fons de la ciutat no arriba a suavitzar els sorolls zenitals, que ara poden arribar a tenir una importància cabdal.

Però al pati també pot arribar-hi el so de les diferents ràdios, dels televisors o de les converses dels habitatges que hi aboquen.

L'excés de reverberació

Una altra qüestió que convé tenir en compte és la reverberació d'aquests espais de pati d'illa.

Tot fa pensar que aquesta serà alta en el pati d'illa de l'Eixample de Barcelona, perquè té unes grans dimensions, d'uns 50x50 metres de planta. Les façanes són altes i poden existir uns habitatges a les cantonades perquè els edificis del xamfrà puguin arribar a gaudir d'aquests espais interiors. Tot això fa que l'ambient d'aquests espais als quals aboquem no només l'edifici, sinó també les activitats que realitzem, pugui quedar distorsionat amb un excés de reverberació (i un descontrol de les focalitzacions), que prové dels rebots de so entre les diferents façanes.



Fig. 5.30 Tanca actual del Turó Parc
(fotografia de l'autor)

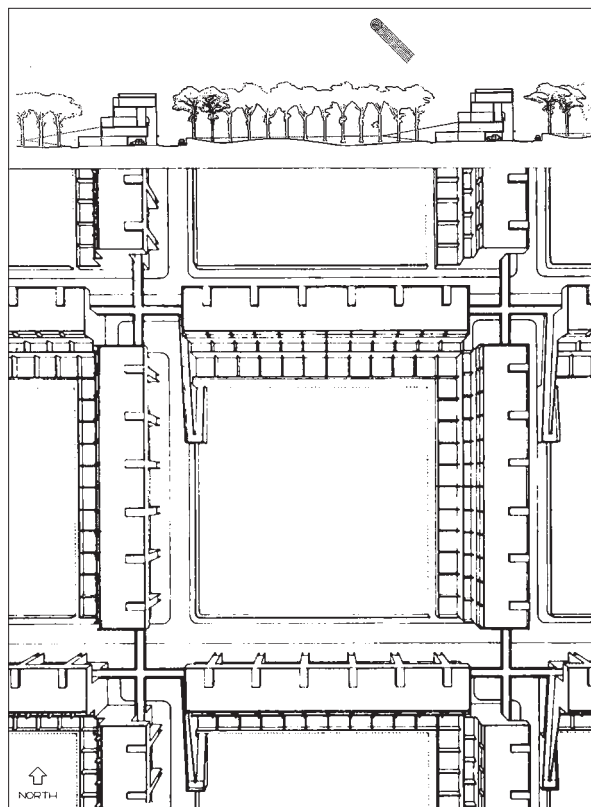


Fig. 5.33 Projecte de J. Stirling, d'habitatges a Runcorn
(New Town, 1967). Secció i planta fugada



Fig. 5.31 Interior d'un pati d'illa a París
(fotografia de l'autor)



Fig. 5.32 Músics actuant al carrer (fotografia de l'autor)



Fig. 5.34 Tapa de registre d'instal·lacions urbanes
(fotografia de l'autor)

D'aquí el poc èxit que tenen els escenaris en alguns d'aquests indrets, perquè en el propi escenari se sent molt malament i, si hi volem fer representacions, aquests patis han de tenir una acústica preparada per a les activitats que s'hi han d'executar. I això no es fa molt sovint.

Tampoc no és que tinguin unes solucions de rehabilitació excessivament senzilles, perquè en molts casos la rehabilitació ha d'afectar no tan sols els paviments dels patis, sinó eminentment les façanes dels edificis. Com que aquestes façanes pertanyen a moltes i diferents comunitats privades, no s'hi pot actuar de qualsevol manera ni amb qualsevol material o solució.

Sí que veiem, en canvi, que poden existir actuacions a nivell de col·lectivitat de barri, de veïns i col·legis. En aquest cas, es pot incidir sobre la forma, els forats, la manera de disposar alguns elements d'absorció, d'aïllament o de revestiment dels paraments (parets mitgeres, etc.).

En aquest sentit, es pot fer un estudi sobre els projectes urbanístics de Stirling, que proposa patis d'illa interessants (fig. 5.33), com aquest interior d'illa tractat com a espai per a la ciutat.

5.5.4 La rehabilitació de l'itinerari acústic

Quasi totes les ciutats han tingut uns gremis determinats i, per tant, unes veus diferenciades, que en alguns casos han esdevingut símbols sonors d'aquelles urbs. Aquests gremis s'ubicaven concentrats o difosos en determinats llocs, i l'itinerari per la ciutat, sobretot a peu, feia que sentíssim aquelles veus en moltes èpoques de l'any.

Avui, la situació està negant també el so del propi executor (en molts casos, fins i tot els diem als nens que no facin soroll).

Al carrer el que interessa és el so del peu. En trepitjar un paviment, pel seu so podem saber si hi ha una tapa de registre d'electricitat, de gas, d'aigua, etc. (fig. 5.34). I amb la roda de la bicicleta sabem si els panots estan solts.

Això no ho sap tothom, però si des de petits eduquem la mainada a generar i saber escoltar els sons de la seva ciutat, s'adonaran que aquests itineraris per a cada ciutat estan plens de diferents sons, que provenen de diferents fonts sonores i ens acompanyen per tot arreu.

Per exemple, ens podem trobar amb: a) l'**efecte túnel** (diferent reverberació i amplificació del so, figura 5.35), que apareix en passar al costat d'una portalada quan gairebé totes les façanes són molt especulars o quan hi ha el soterrament d'una via, b) la **diferència entre un carrer i un altre** quan té balcons, arbrats o una disposició específica de materials d'absorció de les façanes, com a la figura 5.36. Tots aquests elements el diferencien d'un altre carrer, encara que hi passin els mateixos vehicles i tingui les mateixes dimensions, tant en amplària com en alçària.

El conjunt d'aquests caràcters configura uns itineraris, plens de les diferents personalitats de cada ciutat, amb els seus ponts, les seves portalades, porxos, etc.

Com sona aquest espai? Ens interessa? Ens agrada? Si pensem que l'hem de rehabilitar, anul·lem tota l'absorció d'aquell mercadal? Traiem tots els vestits que tenien aquells porxos i els deixem reverberants?

És a dir, si canviem els acabats d'un sector, cal veure com estem canviant la seva acústica.

Per exemple, les catedrals no havien estat mai tan despullades com avui. Si una catedral disposa de diferents ornaments, com poden ser les senyeres, tapissos, cortines, etc. (elements que fan absorció i que trenquen el xoc dur del so contra les parets interiors), és probable que no existeixin problemes de ressò. Cal tenir en compte les alçades característiques d'aquestes edificacions gòtiques, on els problemes de ressò eren evidents, com a la basílica de Santa Maria del Mar de Barcelona (fig. 5.37).

Avui ja no s'utilitzen gaire els materials absorbents en moltes parets. Cal potser resoldre-ho en

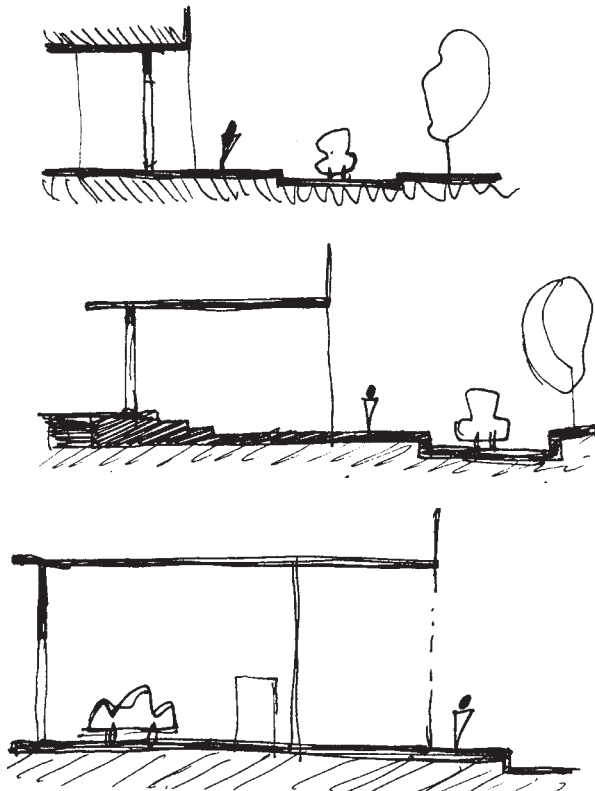


Fig. 5.35 L'efecte túnel (dibuix d'A. Pérez)

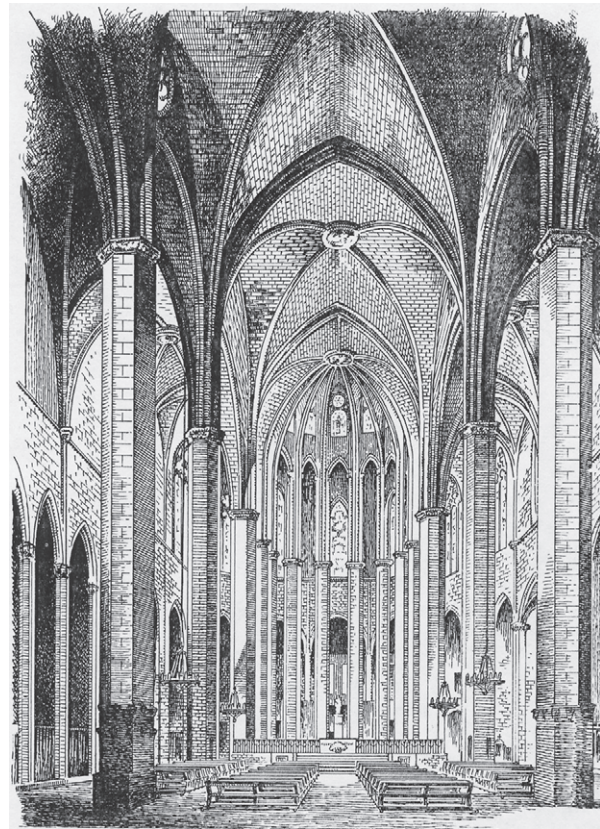


Fig. 5.37 Gravat de Santa Maria del Mar, Barcelona



Fig. 5.36 Passatge de Barcelona que es caracteritza perquè té vegetació a banda i banda de les parcel·les (fotografia de l'autor)

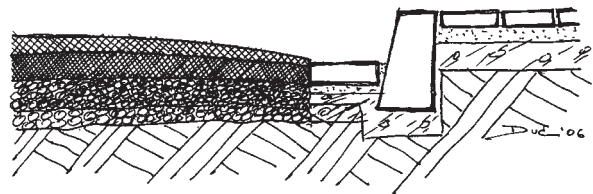


Fig. 5.38 Secció tipus d'un carrer amb asfalt fonoabsorbent (dibuix de l'autor)

altres llocs, com poden ser els sostres, o bé emprar superfícies o elements de tipus baffle penjat. Però penso que encara és molt millor l'absorció per la forma, és a dir, per la geometria i els acabats amb que treballem aquests diferents espais.

5.6 Les ordenances acústiques

En parlar de les ordenances acústiques, ens volem referir a aquelles legislacions i normatives que fan que cada ciutat pugui tenir uns estris adients per a la seva rehabilitació sonora i no només per al seu disseny.¹³ En aquest cas, jo faria referència també a les decisions de l'equip polític i tècnic sobre com mantenir aquelles coses que funcionen i adequar les què requereixen canvis.

Aquí hi distingim uns subapartats: el primer fa referència a la ciutat en general; un altre, als carrers i, el tercer, a les façanes.

Què cal fer amb els resultats del mapa sònic d'una ciutat?

En aquells casos en els quals ja s'ha fet un mapa sonor d'una ciutat i passen els anys, quin és el resultat de l'anàlisi i quines accions es deriven d'aquell mapa sonor? És un punt molt important sobre el qual caldrà fer recerques per a cada ciutat en concret.

A mi em sembla que des que als anys setanta es van fer a les grans ciutats els estudis de mapes sònics, ja hi ha hagut conseqüències. Per tant, molts consistoris ja estan fent la rehabilitació acústica, com a conseqüència de la comparació del mapa sònic amb el seu model ideal de ciutat.

L'asfalt fonoreductor

Per exemple, en el cas de Barcelona, ara està per sobre del seixanta per cent el nombre de carrers asfaltats amb asfalt fonoreductor.

Només amb una capa superficial d'uns cinc centímetres ja es produeix un gran rendiment de

l'absorció sonora superficial, que contribueix a la reducció del soroll al carrer, com es veu en una secció tipus de carrer a la **figura 5.38**, on les capes queden ben diferenciades.

Per què? Doncs perquè la reducció del soroll generat pel pneumàtic en contacte amb l'asfalt se sap que pot superar més de 3 dB. De fet, en conjunt, podem arribar fins i tot a 6 dB, perquè eliminem també la reflexió del so del motor en el paviment. És a dir, especialment pel que fa al trànsit rodat, estem rebaixant el nivell de soroll dels carrers.

El nivell sonor màxim

Si poguéssim aconseguir uns carrers amb un nivell de soroll durant el dia de **65 decibels de límit**, això seria molt favorable. Aquesta és la tendència que han seguit a Barcelona i altres ciutats, com a resultat dels seus estudis anteriors.

Per tant, l'aixecament dels mapes sònics i les seves actualitzacions ulteriors ens permeten conèixer els carrers més sorollosos, i el seu reasfaltatge és, entre d'altres actuacions necessàries, una fase molt important de la rehabilitació acústica de les ciutats respecte a la seva sostenibilitat.

5.6.1 La rehabilitació acústica de les ciutats

Quan ens trobem amb una **ciutat antiga**, sempre sabem que podem tenir diferents arguments per fer-ne la rehabilitació des del punt de vista sonor. Òbviament, els processos per a aquesta rehabilitació poden ser tous o durs, i alguns fins i tot poden portar alguns col·lectius professionals i associacions veïnals a rebutjar algunes solucions actualment existents.

I, d'altra banda, quan les solucions existents fins i tot són molt emprades i estimades pels ciutadans, el plantejament de la seva rehabilitació ens pot portar a unes situacions d'enfrontament.

Però potser hi ha altres solucions que ens deixen la ciutat molt més adequada a la tolerància amb les persones que hi viuen i treballen. Aquests casos

ens permeten dosificar els recursos amb unes solucions de rehabilitació que no porten a confrontacions amb els ciutadans.

Per exemple, cal que pensem en la rehabilitació integral del carrer, i això ha d'incloure els tractaments de façana. Podem rehabilitar les façanes del carrer pensant en l'absorció sonora?

Imaginem-nos que podem jugar amb elements que permeten l'aïllament respecte a l'exterior. Aquest és el cas de la **figura 5.39**, on el tractament vegetal dels balcons fa que s'aïlli de l'exterior.

L'ordenança de la rehabilitació acústica

Què hi ha respecte a l'existència d'**ordenances** que ens permetin la **rehabilitació acústica** de tot el que existeix en una ciutat?

No només es tracta de tocar un carrer o una façana, sinó fins i tot de com configurar unes illes de la ciutat.

Per exemple, és bo el projecte de Barcelona de fer una macroilla (**fig. 5.40**) formada per nou illes deixant l'espai intermedi més protegit del soroll que la perifèria?¹⁴

Què pot passar, llavors, amb els carrers importants del perímetre pel que fa al trànsit rodat? O, què pot passar amb els carrers interiors (**fig. 5.41**), ara més emprats amb un so de vianants i activitats de lleure? Les diferències previstes pels sorolls d'aquests carrers interiors poden anar dels 50 dBA en els més interns (rec secundari) als 60 dB en els de rec principal. Tots aquests aspectes són els que s'han de tenir en compte en el moment de fer propostes per a la rehabilitació acústica d'una ciutat.

Jo crec que les normatives i ordenances haurien de donar uns camins, uns estris, per permetre unes direccions de sostenibilitat acústica, a fi que tot això fos factible sense grans traumes.

Un altre exemple: la rehabilitació de la Gran Via de Barcelona. Al final, si els veïns han de sortir

al carrer posant pancartes, és que alguna cosa no funciona. No pot ser que l'únic sistema de rehabilitació acústica integral d'una zona sigui la sortida al carrer dels seus habitants per denunciar les polítiques que encara se segueixen.

El mateix pot passar ara amb la rehabilitació de la plaça de Lesseps de Barcelona. En tot el sector immediat d'aquesta plaça, varen aparèixer diferents cartells a les façanes dels edificis propers. Com podem veure a la **figura 5.42**, es demanava a l'alcalde que els veïns no volien que la Ronda del Mig fos una autopista urbana.

Tot això són temes que haurien d'estar regulats per aquesta ordenança de la rehabilitació acústica de la ciutat, però, pel que es veu, no ho són.

L'ordenança d'usos

Hi ha, això sí, unes ordenances sobre el comportament de les activitats. S'anomenen també **ordenances d'usos** i regulen la disposició de bars, discoteques i bars musicals a la ciutat, com també els seus requeriments tècnics. És a dir, si aquests establiments han de mantenir unes distàncies respecte a d'altres activitats especials, com ara hospitals, etc., o han d'estar allunyats de la població. En definitiva, si poden ubicar-se a ciutat o en un lloc industrial, a quina distància d'un centre sanitari i amb quines mesures d'aïllament s'han de protegir.

Tot això són, més aviat, unes ordenances de disseny específic. Però ara estem parlant de la rehabilitació, és a dir, aquestes ordenances s'haurien de referir a la rehabilitació d'aquelles activitats o usos que ja funcionen i el que ara cal veure és com s'hi adequen.

Per posar-ne un exemple, segurament les formes d'adequar a la ciutat un teatre antic, en el qual potser també es fan representacions musicals, no haurien de ser les mateixes que les d'un teatre de nova planta (el qual, des del mateix projecte, pot preveure una distribució interna i uns tractaments d'absorbents i d'aïllaments acústics adients).

Com hem vist, les recerques dels equips pluridisciplinaris sembla que, en principi, busquen un factor comú, que és el de quins estris poden permetre emprar als diferents polítics que passen per les ciutats, des del punt de vista tecnicoartístic, per tal de fer aquesta rehabilitació sonora.

5.6.2 La rehabilitació acústica dels carrers

La rehabilitació acústica dels carrers queda molt clara: passa per l'arranjament específic de l'asfaltatge i, per tant, amb el **reasfaltatge** incorporem una forta contribució sonora que permet emfatitzar les altres veus de la ciutat.

Alhora, també tenim els mètodes per reduir la velocitat, com ara els ressals verticals al mig de les vies, els passos zebra aixecats a nivell de la vorera, etc.

Convé incidir en altres qüestions, com l'existència d'un **canvi de paviment** per emfatitzar el pas dels vehicles en un sector determinat de la ciutat, com es veu a la **figura 5.43**, on hi ha un canvi de textura del carrer, en aquest cas de llambordes a asfalt o d'un asfalt porós a un altre on el porus és quasi tancat, etc.

El reasfaltatge. Microasfalt i asfalt porós

Si bé ja n'hem parlat, ara en podem tornar a fer esment.

Ara bé, quin problema planteja un asfalt fonoreductor?

Si bé es pot aprofitar l'antic asfalt com a base perquè es produeixi l'escorrentia de l'aigua, l'asfalt superior ha de ser porós; per tant, hem de poder netejar-lo de la presència de fangs i d'altres productes (pulverulents, en suspensió, etc.) que van caient de l'atmosfera o dels propis vehicles que hi circulen, com ara els camions de runes, les formigoneres, etc. (**fig. 5.44**).

Els experts parlen de microasfalt i el diferencien de l'asfalt porós. També, en altres casos, hi ha qui

treballa amb asfalt que en comptes de grava conté pneumàtics triturats (cautxú). Pel que sembla, els rendiments acústics disminueixen amb el temps perquè va disminuint la capacitat de porus obert i comunicat en el cas del porós.

Els ressals, els passos de vianants, zones de vianants

Posar ressals transversals al mig del carrer, fer passos de vianants al mateix nivell de les voreres, o instal·lar convexitats com ara les mitges canyes, de manera que amb el vehicle hagi de pujar i baixar, tot això contribueix a ralentitzar la velocitat de circulació quan es travessa aquest sector (**fig. 5.45**).

Soroll de llambordes

Totes les solucions que tendeixen a disminuir la velocitat de circulació en un indret determinat portaran a una disminució del soroll sempre que aquests ressals del paviment no generin nous sons específics quan el vehicle hi passa (bots de la càrrega, amortidors que sonen, etc.), o circula sobre ells. A la **figura 5.46** podem veure uns ressals disposats a Santa Cristina d'Aro (Girona), que provoquen uns sons similars a la circulació sobre llambordes.

També es pot rehabilitar el paviment de les àrees de vianants mitjançant altres tipus de paviments vibratoris, com ara lloses de pedra. Hem d'anar amb molt de compte perquè aquestes solucions, que contribueixen a una estètica de **zona de vianants**, comporten quasi sempre una producció sonora de bastant mala qualitat i amb uns nivells molt elevats. En definitiva, el pas dels vehicles genera, fins i tot a baixes velocitats, un brogit poc tolerat pels residents d'aquell sector. Per tant, cal anar amb compte a posar un gual i paviments a base de llambordes, perquè van introduint veus específiques, i qui visqui al davant realment ens ho agrairà poc.

És clar que sovint és millor el so de les llambordes que el de les lloses de ciment, que canten trencades pel pas dels vehicles pesants. En aquest cas, sovint



Fig. 5.39 Façana d'un edifici d'habitatges amb vegetació a Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 5.41 Exemple de rec secundari, al carrer d'Enric Granados a Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 5.42 Cartells de reivindicació veïnal contra el soroll (fotografia de l'autor)

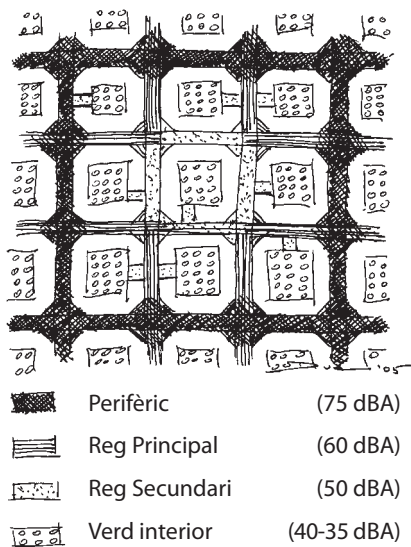


Fig. 5.40 Projecte de macroilla a Barcelona (dibuix de l'autor)



Fig. 5.43 Canvi de textura d'un carrer a Barcelona (fotografia de l'autor)

la rehabilitació comporta la restitució novament per llambordes.

Els registres d'instal·lacions

Una altra qüestió és la dels registres d'instal·lacions existents al bell mig o al costat dels carrers. Sovint els vehicles, en passar-hi per sobre, fan que aquelles tapes sonin amb uns sorolls determinats. Això ho hem vist en moltes poblacions,¹⁵ on els propis residents acaben girant la tapa a fi d'evitar aquell brogit.

Normalment, la gent que viu a tocar de carrer ja sap que tindrà una molèstia determinada, però si a sobre de tenir una tapa que produeix sorolls quan hi passen els vehicles també sent si el vehicle puja o baixa, llavors ja té doble molèstia.¹⁶

Les rases i les galeries

Hi ha alguna normativa que imposi que el manteniment i la disposició de les instal·lacions de la ciutat no generin cap trauma sonor als vianants i als ciutadans?

Aquestes obertures de rases, que s'estenen per tots els barris per tal de mantenir i estendre noves instal·lacions, són una constant que afecta moltes ciutats.

També les obres noves, com les del metro o el ferrocarril, afecten les poblacions d'alguns sectors.

En el moment de fer la rehabilitació d'un carrer perquè passi a ser de vianants, pràcticament s'ha d'aixecar tot l'asfaltatge i totes les voreres, i quan està tot aixecat es pot mirar si el clavegueram està bé o no. Llavors és el moment de replantejar-se que les instal·lacions que hi circulen es facin d'acord amb una normativa de rehabilitació de la ciutat. Potser s'ha de fer aquesta normativa de rehabilitació de la ciutat, si és que no existeix, imposant una previsió d'extensa xarxa de galeries que serveixin per quan toqui rehabilitar i substituir les antigues instal·lacions.

Ja sabem que hi ha unes preferències d'ús i de pas a les galeries. Això ja s'ha implantat en el model de la Vil·la Olímpica de Barcelona. Ens ha ensenyat molt, i és evident que a la Vil·la Olímpica era fàcil de fer perquè era una obra de nova planta pel que fa a la urbanització (fig. 5.47).

Però, per a les conservacions dels barris antics de Barcelona (Sant Gervasi, Sarrià, Gràcia, l'Eixample, etc.), cal replantejar-se la possibilitat de la galeria. D'aquesta manera, ens estalviaríem aquests aixecaments freqüents de rases a les voreres que trenquen sempre els paviments. Crec que no s'ha d'admetre que per a qualsevol feina, d'avaries (que no de manteniment), per petita que sigui, es vagin destrossant voreres i asfalts. Després veiem com es tapen provisionalment de qualsevol manera, amb planxes d'acer descalçades i molt sorolloses, com podem veure a la figura 5.48, i finalment s'acaben les obres moltes vegades sense respectar els acabats preexistents.

Sovint, quan es fan les obres, s'utilitzen aparells com els compressors, que produeixen sorolls al carrer (fig. 5.49).

5.6.3 La rehabilitació acústica de les places

Un dels problemes sonors de tota ciutat sempre és el soroll que fa la gent en sortir dels establiments públics i, sobretot, a les terrasses i als bars. No tan sols és un problema de veus, sinó concretament del mobiliari, en el moment de plegar-se (fig. 5.50).

Hi ha ciutats que ja tenen normatives sobre la matèria, perquè aquesta operació de tancar sigui molt menys molesta per als veïns.

Aquí podem preveure mètodes de rehabilitació basats en petites pantalles vegetals o en metacrilats, com també l'efecte esmorteïdor de tendals i ombrel·les.

5.6.4 La rehabilitació acústica de les discoteques i els 'after hours'

Són llocs d'oci musical que sovint s'han d'ubicar



Fig. 5.44 Pellada de material a la Diagonal de Barcelona (fotografia de R. Calafell)

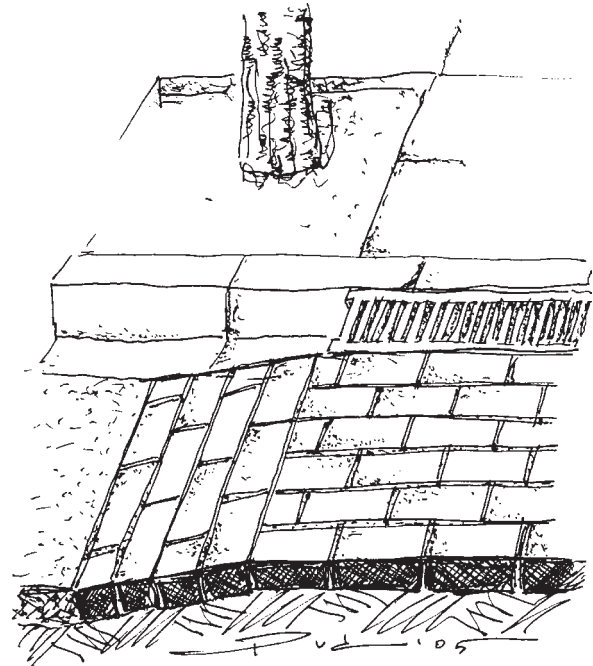


Fig. 5.46 Ressalts amb llambordins per fer disminuir la velocitat dels vehicles (dibuix de l'autor)

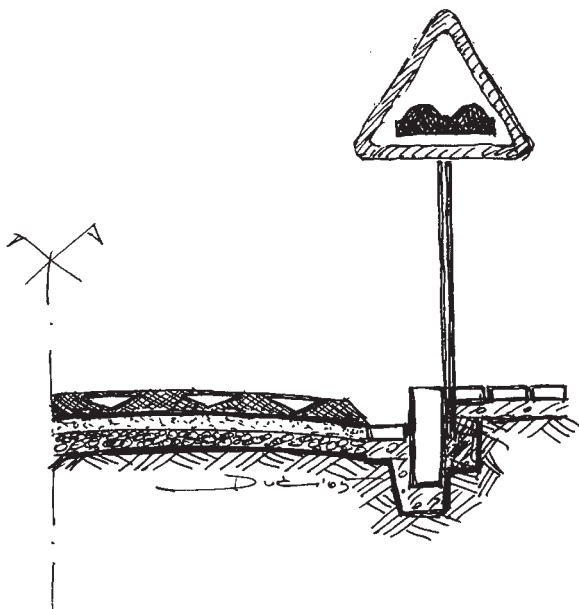


Fig. 5.45 Ressalts transversals al mig del carrer (secció de l'autor)



Fig. 5.47 Galeries de serveis a la Vil·la Olímpica (fotografia de l'autor)

fora de població. Tot això cal regular-ho mitjançant unes normatives que no tenen perquè ser necessàriament de caràcter local.

En principi, haurien d'existir unes normatives autonòmiques que definissin uns nivells de màxims i de mínims per a aquests locals i, a partir d'aquests, les diferents entitats metropolitanes i els ajuntaments hi podrien desenvolupar les seves ordenances específiques.

La mobilitat

Però això representa un problema afegit (com a mínim): la **mobilitat** de la gent fins a aquests sectors. Si traiem l'oci de prop on vivim, ens passarà el mateix que quan disposem els llocs de treball fora de l'entorn residencial.

És a dir, quan una ciutat, en comptes de ser compacta, és difusa, és que ja no hi ha límits. Igual estem vivint en contacte amb el camp i hem de tornar a la ciutat per anar al treball, o a l'inrevés. D'aquesta disparitat de funcions s'origina una mobilitat de les persones, en aquest cas dels treballadors. Però si això també ho fem amb altres activitats, com poden ser les de lleure; llavors aquesta mobilitat queda palesa amb uns horaris nocturns, en els quals pot haver-hi més perillositat, no només pels efectes d'una conducció més difícil, sinó també per la perillositat de transitar i d'anar a peu a la nit, tot sol o en grup. Quasi obligatòriament caldrà agafar els vehicles per anar i retornar des dels llocs de lleure fins a les residències (o que ens vinguin a buscar els familiars).

Tot això s'ha de tenir en compte, perquè apareix un resultat negatiu, atès que la problemàtica de convivència amb altres usos s'origina per efecte del soroll i la concentració de les veus quan la gent surt d'aquests llocs que estan dins de la ciutat i s'acumula al carrer.

Però, com veiem, un altre problema és aquesta mobilitat, ja que es deriven unes conseqüències negatives pel fet de no tenir el lleure a peu de l'habitatge.

5.6.5 La rehabilitació acústica de les façanes

Aquí abordem un tema que afecta directament els usuaris i propietaris dels edificis. Què es pot fer quan es vol rehabilitar l'edifici, en aquest cas la rehabilitació de la façana? Què caldria que tinguessin aquestes normatives per tal de millorar l'estètica sonora del carrer?

Tenim les **façanes exteriors** (a carrer) i les **façanes interiors** (normalment a pati d'illa).

També tenim altres façanes, més íntimes, que donen a un **pati d'il·luminació** o ventilació. En aquest tercer cas, la temàtica ja pertany a l'interior de l'edifici.

Dins d'aquest capítol, podem entendre que les façanes que donen al carrer i al pati d'illa pertanyen a les ciutats. D'alguna manera, són la barrera entre la ciutat i l'edifici.

Les façanes al carrer

Cal esmenar la normativa que regula la rehabilitació de la façana. De moment, sembla que l'única preocupació és la restauració del color i la textura exterior. És a dir, si existeixen uns esgrafiats, que es conservin i, respecte a la pintura, adequar-se a la carta de colors que imposa aquell municipi per a aquell sector.

Però, com es fan l'absorció i l'aïllament acústic de les façanes?

Cal que els baixos tinguin una absorció superior a la resta perquè estan a nivell de carrer?

Hi ha unes ordenances de publicitat relatives als rètols dels establiments, els enllumenats, etc. Però, què hi ha respecte a l'acústica de les façanes dels establiments en aquesta planta baixa de contacte amb el carrer?

Sembla que la preocupació per emprar materials que estan a l'abast de la mà del vianant obligui a una duresa impròpia del vestit absorbent necessari



Fig. 5.48 Residus d'obres (fotografia de l'autor)



Fig. 5.50 Mobiliari d'una terrasseta de bar a Venècia



Fig. 5.49 Les obres es poden fer sense soroll emprant compressors insonoritzats (fotografia de l'autor)

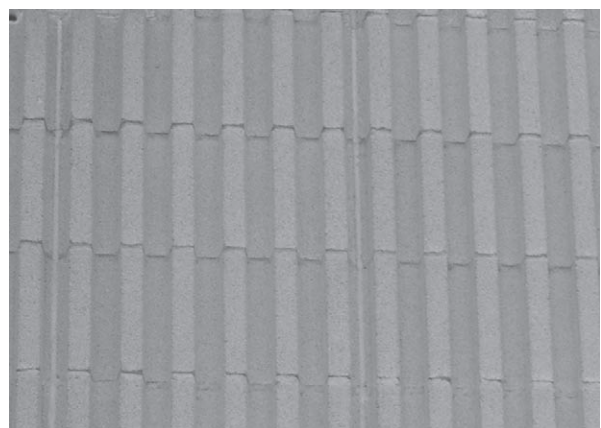


Fig. 5.51a Tractament de façana (fotografia de l'autor)

en aquest contacte amb el carrer.

Però l'actuació no ha d'acabar aquí. Anem pujant (deixant els locals comercials de les plantes baixes) i passant a les oficines de les plantes superiors, on també podríem fer algunes actuacions de rehabilitació acústica de façana.

Per exemple, pel que fa als sotabalcans, se'n pot fer el tractament en el propi amplit del balcó o a la resta de les façanes (tret que aquestes no s'hagin de mantenir perquè són d'obra vista o presenten uns aplacats de marbre, granit, etc.) (figures 5.51a i 5.51b).

En aquests darrers casos, com és que moltes ciutats han deixat que s'imposessin uns edificis frontó on els sons del carrer reboten? Tothom pot apreciar que no només afecten els propis edificis, sinó també els edificis veïns.

A ciutat, proliferen cada cop més aquests grans miralls sonors en què s'estan convertint alguns edificis pantalla, amb murs cortina o parets totalment reflectants des del punt de vista sonor.

Què cal fer, des del punt de vista de la rehabilitació d'aquestes façanes, si és que abans s'han deixat construir aquests edificis? Cal ara imposar-ne alguna esmena? Quins criteris són els que les **ordenances** de rehabilitació haurien d'establir sobre la matèria?

És evident que des d'aquí tan sols podem indicar-ne algunes solucions, com és el cas dels tractaments per fer les façanes absorbents, mitjançant sistemes d'estructures poroses o perforades, i altres solucions puntuals. Tot això ho tractarem d'una manera específica al proper capítol, dedicat a l'edifici.

Les façanes al pati d'illa

Les façanes que no donen a carrers sinó a espais grans com ara els patis interiors d'illa podrien estar en un cas de semiciutat (pel que fa al barri) i interior per les parts comunitàries però d'ús privatiu. Aquí tindríem algun problema perquè segurament

l'ús de l'espai interior d'illa pot generar conflictes quan passa de privatiu a ser comunitari.

A més, el concepte de comunitari pot estendre's fins a la propietat consistorial.

Hi ha façanes al pati d'illa que han quedat quasi com a privades. A més, en molts casos els propietaris possiblement varen adquirir aquell habitatge o oficina per la seva llunyania respecte al carrer i pel seu ús més restringit.

Per això, aquest canvi de qualificació de privat a públic podria provocar un canvi d'ús de la ciutat respecte als interiors d'illa. En aquesta transformació poden sorgir tots els problemes politicossociològics motivats pels canvis de la intimitat que abans es tenia en els espais i locals que hi donen.

Segurament, l'**ordenança** podria incloure els espais frontera d'edifici, com són les galeries obertes, les galeries envidrades, les tribunes, miradors, etc.

Hem dit que l'ordenança podria regular aquestes façanes dels patis interiors, perquè en el moment en què aquests patis es transformin a un ús comunitari cal veure com queda l'acústica general del pati d'illa. És a dir, cal donar directrius perquè l'espai no serveixi d'amplificador o de distorsionador dels sons que s'hi produeixin, no només per a les activitats que es facin en aquest interior d'illa, sinó sobretot per l'ús dels espais de l'edifici que hi aboquen, mitjançant aquestes galeries obertes o tancades (hem de pensar que hi ha molts dormitoris i sales d'estar que donen a aquests patis).

5.7 La rehabilitació acústica del mobiliari urbà

Quan passegem pel carrer, ens adonem dels diferents elements del **mobiliari urbà** que produeixen sons. Aquestes veus, en alguns casos, poden fins i tot resultar positives. N'hi ha que informen sobre el manteniment d'un gronxador, quan algú s'hi està gronxant, i d'altres sobre algun vianant que està fent servir algun d'aquests mobles.



*Fig. 5.51b Tractament sota balcó, ràfecs i volades
(fotografia de l'autor)*



*Fig. 5.53 Semàfors sonors a Barcelona
(fotografia de l'autor)*



Fig. 5.52 El banc Barcelona



*Fig. 5.54 Anunci amb cortines metàl·liques a Barcelona
(fotografia de l'autor)*

Però no sempre els sons que produeixen són positius, i en molts casos els podem catalogar com a sorolls, com el dels contenidors de brossa, reixes poc anivellades, etc. És en aquest moment quan hem de pensar en la seva rehabilitació des del punt de vista acústic.

Hem de diferenciar físicament els elements que intervenen en aquests mobiliari perquè n'hi ha alguns que estan disposats al carrer, però n'hi ha d'altres en llocs més apartats i arrecerats. Per això, distingim entre els **elements de carrer** i els **elements del parc**, perquè en aquest darrer cas els sons són menys fàcils de quedar emmascarats pels sorolls de l'ambient.

5.7.1 Els elements del carrer

Diferents elements del mobiliari urbà disposats al carrer produeixen sorolls quan són emprats pels vianants. En aquest cas, cal que els donem els mecanismes de rehabilitació necessaris.

Mobiliari estàtic

En un banc de fusta, moltes parts poden sonar: les fustes poden cruixir o espetegar quan algú s'hi asseu. Això pot ser molt insuportable per als que viuen al davant (**fig. 5.52**).

Queda també el tema de les **papereres** i altres elements del mobiliari, com els **semàfors**, a vegades amb senyals sonors per als cecs.

En el cas dels semàfors, cal estudiar si el senyal sonor d'advertiment als cecs molesta el veïnat. Si és així, se'n pot reduir el nivell a les hores nocturnes o variar el senyal cercant l'ús d'ocellets o altres sons informatius positius (semblants a la natura) (**fig. 5.53**).

Un altre tema també interessant que cal tenir en compte i resoldre són els bàculs de les senyeres. Quan els cables es mouen amb el vent van donant cops contra els propis bàculs i produeixen uns sons característics de fuetejos, que segons l'oient poden arribar a ser positius o negatius.

També hi ha el cas dels sons de les senyalitzacions de carrers (direccions contràries, stops, etc.) o els cartells.

D'una manera especial, cal tenir cura dels anuncis amb cortinetes metàl·liques mòbils que informen de l'hora, la temperatura, etc., pel brogit nocturn que generen (**fig. 5.54**). Així com el so de la vegetació, dins d'una ciutat, és més aviat interpretat com a positiu, tots els sons mecànics poden representar sorolls. Per això, cal tenir cura amb les informacions dels comunicadors quan no són digitalitzades sinó que provenen dels canvis en unes cortinetes metàl·liques.

Accessos a equipaments del subsòl

Totes les construccions que es realitzen sota la cota de carrer requereixen uns accessos pel als vianants.

Tant si l'equipament es tracta d'un estacionament soterrat com d'una línia de metro, el cas és que al carrer o a la plaça hi apareixen un remat d'escala o la torreta d'un ascensor.

Molt sovint no s'ha donat prou importància als sons que **les màquines i portes instal·lades** poden produir en el veïnat. Sobretot a les nits estivals, els cops de metall contra metall seguits pel ressò dels bucs d'escala reverberants poden ser molt molestos perquè es poden associar a la tipologia de **sons d'impacte**, és a dir, aquells que apareixen de cop amb gran energia, com quan piquem de mans (cops de palmell).

A la **figura 5.55** hi ha la porta d'accés de vianants a l'estacionament soterrat situat sota la plaça Bonanova, de Barcelona, on els impactes poden arribar a 78 dBA (*fast*), tot i que s'ha inaugurat fa poc temps. Recentment, s'ha revisat el mecanisme i s'ha situat a 62 dBA.

Tot això porta a reconsiderar les veus d'aquest mobiliari urbà i, sobretot, a pensar que cal redisenyar-les en cas que la seva informació no sigui acceptable.



Fig. 5.55 Accés al soterrani de la plaça de la Bonanova, Barcelona (fotografia de l'autor)

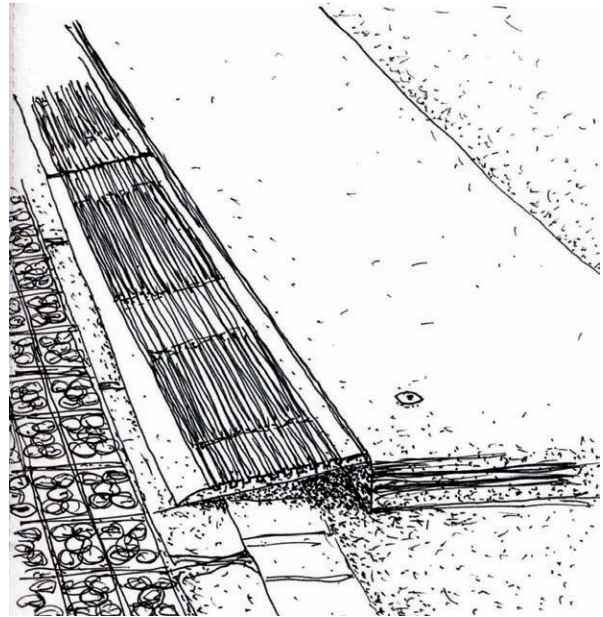


Fig. 5.57 Reixa d'anivellament entre vorera i parada d'autobús, disseny N. Foster (dibuix de l'autor)

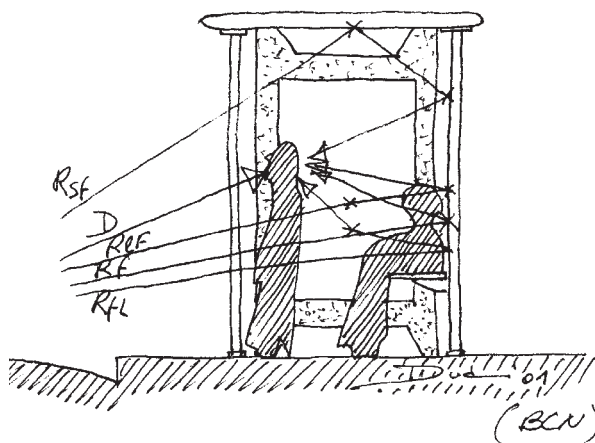


Fig. 5.56 Raigs directes i reflectits a la marquesina de Norman Foster, per a la parada del bus de Barcelona (dibuix de l'autor)

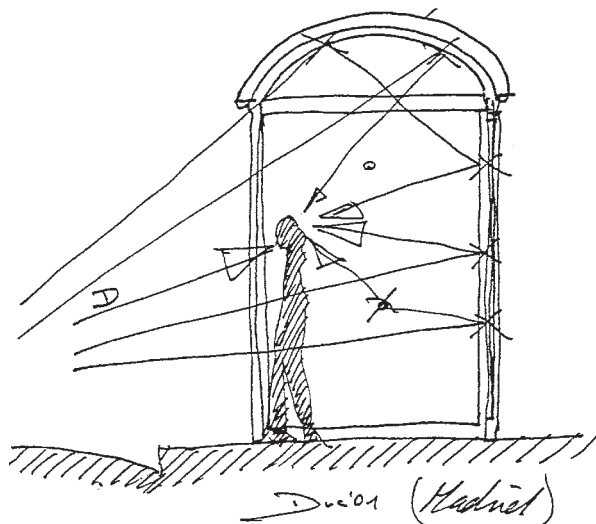


Fig. 5.58 Raigs directes i reflectits a la marquesina d'una parada del bus de Madrid (dibuix de l'autor)

Les parades d'autobús

En moltes de les parades d'autobús existents a les nostres ciutats es detecta una disfunció acústica molt important. Això és degut a la presència de plànols excessivament especulars al so, que generen un augment del nivell sonor dins la marquesina (fins i tot de més de 3 dBA respecte al nivell existent fora de la parada).

A la **figura 5.56** podem veure el cas de la marquesina dissenyada per Norman Foster per a Barcelona, on el tancament lateral amb dos plans verticals (darrere i a un costat) per preservar del vent i alhora ubicar-hi informació i publicitat ajuda el soroll a entrar en un camp de reflexions que augmenta fins a 5 dBA.

Cal anar amb compte amb el so que pot produir la reixa existent entre l'avanç de la vorera i l'antiga vorera, com podem veure a la **figura 5.57**, perquè quan està desfalcada sona molt amb el pas de la gent.

Alhora, segons el disseny formal, també es poden produir focalitzacions, que incrementen encara més el domini sorollós, com és el cas d'alguna marquesina de sostre còncau (**fig. 5.58**).

Per a la rehabilitació acústica d'aquests casos, cal preveure l'absorció sonora en els plans laterals i superiors.

El mateix caldrà pensar per als panots de paviment de la vorera.

Encara que el sol de la marquesina sigui absorbent, com ara de sauló, els dies de pluja es colmaten els porus i, a més a més, des del carrer hi ha molta més emissió de sons aguts provocats pel rodament dels vehicles en aixecar l'aigua.

La substitució per asfalt porós de la banda de circulació de l'autobús també seria molt oportuna.

Altres marquesines obertes i amb sostre difusor al so, encara que s'hagin dissenyat sense absorció

acústica, pel tipus de forma calada i divergent al so (com per exemple la marquesina de Palma de Mallorca, representada a la **figura 5.59**) se suposa que no requereixen rehabilitació acústica.

Mobiliari mòbil

Com hem dit abans, hi ha també altres elements del mobiliari urbà que produeixen sorolls negatius, com poden ser els contenidors de la brossa. Com que no són uns elements fixos del mobiliari urbà, aquests llocs de deixalla plantegen preguntes sobre la conveniència de mantenir-los fixos en un indret o desplaçar-los regularment a fi de distribuir la seva repercussió a tot el veïnat i no a uns veïns determinats.¹⁷

Sobretot el que més molesta és el vidre, amb el seu estrèpit en caure i trencar-se, més que altres residus, com ara els plàstics o els papers, que en abocar-se produeixen més amortiment. En general, les tapes de registre d'aquests contenidors fan que es produeixi una immissió de soroll cap als habitatges veïns.

5.7.2 Els elements del parc

El mobiliari que hi ha als parcs en molts casos produeix un so positiu per als seus usuaris però, en canvi, aquest so pot ser considerat negatiu per als qui viuen al costat.

Els gronxadors

Els **gronxadors** en són l'exemple més clàssic. Els gronxadors d'un parc van grinyolant perquè no es posa bé (o no es posa) el greix als elements giratoris, les parts mecàniques i mòbils, com engranatges, politges, coixinets, etc., que produeixen gran quantitat de sons, que podrien solucionar-se si se'n fes bé el manteniment (**fig. 5.60**).

L'aigua

També tenim molta producció de sons en el cas de l'**aigua**. Les fonts, les caigudes d'aigua i les cascades en els parcs, en principi, són acceptades

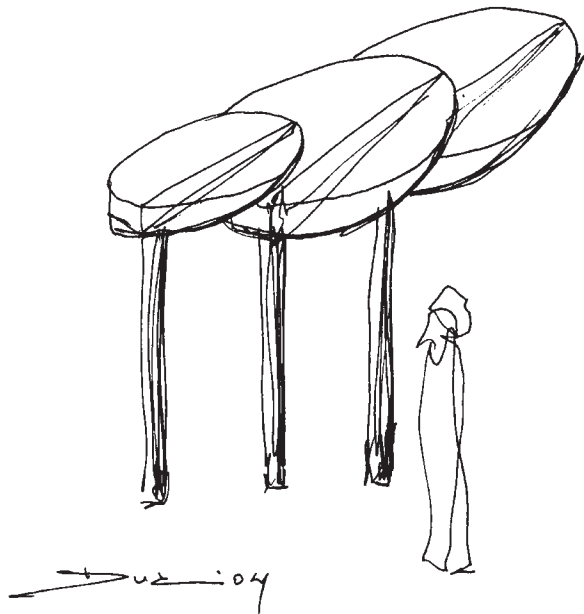


Fig. 5.59 Marquesina de Palma de Mallorca, de sostre difusor (dibuix de l'autor)



Fig. 5.61 L'aire pot fer que cantin els vidres dels fanalets (fotografia de l'autor)



Fig. 5.60 A la nit, els gronxadors dels parcs poden molestar el veïnat (fotografia de l'autor)



Fig. 5.62 Músics a Taormina, Sicília, Itàlia (fotografia de J. M. Llanas)

com a positives. Hi ha algun cas en què l'aigua és interpretada de forma negativa, sobretot a la nit, si el nivell d'aquesta és molt elevat o si el seu so és intermitent o va fent unes cadències determinades. Si s'hi introdueixen uns ritmes, pot fer que també siguin interessants, però s'ha d'anar amb compte amb el seu joc, perquè en alguns casos introdueixen un control del temps poc positiu.

Si el seu disseny no està d'acord amb uns criteris de continuïtat o dins uns marges, va fent unes melodies que poden arribar a pertorbar el descans, interpretat com a senyal negatiu i, per tant, com a soroll. Llavors, les fonts, els brolladors i les caigudes d'aigua s'han de parar durant la nit.

A més, l'aigua pot arribar a amortir els sorolls d'altres tipus de sons. En aquest cas, fa un efecte emmascarador, que tapa els altres sons.

Quasi sempre el seu so és acceptat positivament (les fonts volen dir vida).

Els fanalets

Un altre element dels parcs són els **fanalets**, els vidres dels quals van picant amb el vent i van produint sons en percutir amb l'estructura metàl·lica que els suporta. Aquí la solució és molt fàcil, perquè es tracta de posar un perfil de neoprè entre l'estructura i el vidre. Si el vidre queda confinat, ja no es produeix ni la vibració, ni se surt de l'estructura que el suportava. A la **figura 5.61** n'hi ha un exemple.

5.8 La sostenibilitat acústica de les ciutats

Òbviament, quan estem plantejant la rehabilitació de la ciutat, hem de tenir en compte la sostenibilitat d'aquesta rehabilitació. Potser hem hagut d'arribar a unes poètiques noves o a redefinir les poètiques antigues en el decurs d'aquesta rehabilitació acústica. En qualsevol dels dos casos, el tema serà totalment diferent si estem parlant d'una ciutat preexistent i amb molta història, o d'una de construcció molt recent.

5.8.1 Les ciutats històriques

En aquest cas, la ciutat potser ha crescut amb un eixample, producte d'haver passat per unes èpoques de restriccions, unes èpoques on la vida es desenvolupava amb un amuntegament molt evident, amb carrers molt poc salubres i amb uns llums molt reduïts. Una ciutat emmurallada comporta, en molts casos, uns usos afegits amb un apinyament molt elevat. Llavors ens hem de plantejar què es farà amb aquest nucli antic en el moment de la rehabilitació i en l'altre estadi de la sostenibilitat.

Per exemple, un tema molt important potser serà quines veus antigues i noves deixem ara amb un concepte de sostenibilitat alt. És evident que la ubicació de músics en un nucli antic ha afavorit el romanticisme d'aquella zona (**fig. 5.62**). Els turistes visitants d'aquell lloc hi poden trobar un ressò, vinculant la música que es produeix amb l'encant de les pedres i dels indrets, summament interessants des del punt de vista arquitectònic. Llavors, la música s'afegeix a l'arquitectura, però això no es pot fer a totes les hores ni a qualsevol lloc. S'ha de fer en llocs on hi hagi poca residència i en unes hores que no s'estenguin durant tot el dia.

Parlant de la rehabilitació acústica de les ciutats, ens hem de plantejar la convivència entre les veus antigues i les veus noves que anem dissenyant o deixem que existeixin en el paisatge de la ciutat. Per tant, des dels consistoris han de sortir unes idees, i s'ha d'arribar a uns pactes amb els músics (com ja s'està fent en altres ciutats) i definir unes zones i uns horaris, és a dir, deixar l'activitat reglada d'alguna manera.

Recordo que, estant a París, uns músics van entrar al metro i van començar a tocar dins el vagó. Una persona els va dir que estava prohibit i va començar una discussió. Com a conseqüència d'això, la meva pregunta és: fins a quin punt no tenim la llibertat d'escoltar la nostra música o fins i tot el nostre silenci, si volem? Per què ens han de venir a imposar una música buscant l'almoïna, quan sovint tampoc no és que ho facin tan bé? Segura-

ment, amb músics excepcionals seria un veritable regal per a les nostres oïdes. No crec que en aquest cas hi hagués ningú que els prohibís fer la interpretació (per més lleis que ho diguessin).

Aquests són temes que cal tenir en compte, i preservar aquestes veus amb vista al futur. Aquest és un concepte que jo crec important pel que fa a la sostenibilitat de les ciutats.

5.8.2 Les noves ciutats

En una ciutat nova, hi ha elements del paisatge que encara no s'han consolidat d'una manera específica. Per exemple, hi ha sectors que encara no s'han edificat. Per tant, podem aprendre de la tipologia de l'edificació del carrer o bé la forma en 'L', del carrer, en 'U', o de carrer soterrat, la forma de façana amb rasa o amb depressió, amb un talús lateral, etc. Fins i tot, segons les tipologies de façanes en els edificis, si aquests són blocs lineals, perpendiculars o paral·lels a la via, etc. Tot això permetrà introduir canvis en altres sectors que

encara no estiguin consolidats.

Per altra part, una ciutat nova potser té més possibilitats de fer la seva sostenibilitat acústica, perquè les seves veus no han tingut encara tant temps per a consolidar-se, és a dir, potser no han arrelat tant en els seus habitants. Tot i així, cada ciutat és diferent l'una de l'altra.

Les veus de les campanes antigues en una població potser poden ser transcendents, però no son generalitzables. En un altre cas, ho són les de les noves factories que s'instal·len, perquè poden donar un sinònim de veu que, per a aquella població, caracteritza els signes del progrés.

En tot cas, tot això cal estudiar-ho punt a punt i ja veiem que aquest tema de la sostenibilitat acústica de les ciutats passa per analitzar tots els apartats anteriors, sobretot amb uns equips interdisciplinaris de treball que esperem que puguin establir unes estratègies de futur consensuades per tots els grups d'opinió d'aquella ciutat.

¹ El servei de sorolls de l'Àrea del Medi Ambient, dirigit per l'enginyer Plácido Perera, s'ha basat no només en la formació del ciutadà sinó també en la formació del futur ciutadà.

² És evident que un habitatge situat al carrer d'Aragó de Barcelona té un preu, però aquest preu podria ser superior, tot i tenir una centralitat i una mobilitat, respecte a un altre carrer en què hi hagi més tranquil·litat (hem fet uns estudis en aquests sentit).

³ La maqueta sonora a escala 1:5.000 es va presentar en un grup de l'assignatura d'urbanística IV de l'ETSAB per Roser Calafell Torras i Eric Rusiñol Cambray. La maqueta amb la Diagonal es va presentar al Fòrum 2004 a l'exposició *Ciutats-Cantonades*.

⁴ Un expert en sonorització de pel·lícules va dir que li havia agradat Barcelona, sobretot la personalitat sonora de Barcelona. Aquest batec del cor de Barcelona per a ell era el fet d'apujar i abaixar les persianes dels establiments comercials a les hores d'obrir i de tancar al matí, al migdia i al vespre.

⁵ Aquestes zones restringides impedeixen la lliure circulació dels vehicles automòbils. Les motocicletes sembla que hi puguin circular (es colen entre els fitons de protecció), però la contaminació sonora que provoquen potser és encara més elevada perquè ara es refereix a un nivell de fons sonor més baix.

⁶ Algunes línies del metro de París surten a la superfície i circulen per la cota de planta baixa o dels pisos superiors respecte als edificis del carrer.

⁷ Vegeu-ne polítiques similars ofertes pel Pacte Industrial o altres entitats a Catalunya: <www.compartir.org>.

⁸ És a dir, gent que té el mateix estatus viu als mateixos llocs, la qual cosa vol dir que els pot ser més fàcil reunir-se per anar a treballar però omplint totes les places possibles d'aquest sistema individualitzat.

⁹ Aquesta pèrdua d'habitants no prové d'una política de disminució del que seria la densitat d'habitants per hectàrea en una ciutat, sinó pels seus moviments migratoris ficticis (perquè al vespre la gent torna a aquestes ciutats dormitori que han quedat pràcticament abandonades durant el dia).

¹⁰ Com ara Londres, on actualment per entrar a la ciutat has de pagar un peatge i, a partir d'aquí, ja hi pots circular.

¹¹ Hi ha un pas de vianants a la Via Laietana de Barcelona on es nota exactament el pas de cada metro que circula per sota. També es nota davant del Liceu de Barcelona.

¹² Això ho podem aconseguir si basem la rehabilitació en els temes que s'indiquen en el llibre de poètica, el primer llibre de l'autor, i en el del disseny específic de l'arquitectura acústica, el segon.

¹³ Del qual ja s'ha parlat en el llibre de disseny.

¹⁴ Aquest projecte va ser molt defensat en el Fòrum 2004 de Barcelona, però hem de ser conscients que genera una jerarquia de carrers diferenciats. En efecte, en els perifèrics pot existir trànsit passant, mentre que els interns són exclusius de trànsit de reg en dues modalitats. També es genera diferència d'espais del vianant entre les illes perifèriques i la central.

¹⁵ Ho hem exposat en els llibres anteriors d'aquest mateix autor, amb exemples concrets de Santa Cristina d'Aro.

¹⁶ La tapa la tenim ubicada en un costat o a l'eix de la via. Si els vehicles aparquen en un costat o un altre, podem saber el sentit ascendent o descendent dels vehicles.

¹⁷ En aquest sentit, hi ha diferents teories, i algunes apunten que la seva localització vagi canviant a fi de distribuir la molèstia i que es respectin els horaris establerts per a l'abocament per part dels usuaris i el buidatge en la recollida municipal.

6. La rehabilitació acústica dels edificis

Quan es parla de la rehabilitació dels edificis, tothom es pensa que es tracta de canviar la fusteria o alguna paret interior que aïlli malament. I poca cosa més.

En canvi, hi ha tot un conjunt d'accions acústiques que cal tenir en compte, que comencen pels canvis d'escales usuals en els projectes d'arquitectura, és a dir, des de l'escala 1:500 fins a la 1:50, en què s'han d'estudiar les veus exteriors de l'edifici, les veus interiors i els interventors. Cal estudiar temes com ara la importància de la crosta ben forta o dels mètodes per a l'aïllament d'aquest territori en els espais o en els intersticis exteriors de l'edifici.

Alhora, s'han d'afrontar les diferents tipologies d'edificacions que cal restaurar, i s'ha de veure si els canvis provenen de variar la disposició de funcions i tancaments o si també se n'ha de canviar l'estructura.

Per a tot això, s'analitza la zonificació necessària de funcions aïllants, silencioses i sorolloses dins l'edifici. Aquí també interessa veure com podem disposar les funcions perimetrals i interiors a fi d'aprofitar els sons positius provinents tant de l'exterior com de l'interior del propi edifici.

Pel que fa al so aeri d'impacte i vibracions, s'analitzen els diferents focus de so i soroll exterior i interior, com també les seves vies de propagació per l'arquitectura i la forma com reben aquest missatge els receptors i els usuaris. Però també s'estudia la forma de disposar la rehabilitació de les instal·lacions de l'edifici i el condicionament

necessari de les zones comuns.

L'anàlisi ens porta a unes últimes reflexions sobre l'avaluació del confort i l'impacte acústic, i a preguntar-nos si l'edifici sord-mut pot existir.

6.1 L'audició de l'escala 1:500 a l'escala 1:50

Ja veiem que en la rehabilitació dels elements que integren el paisatge, l'urbanisme, l'arquitectura i l'interiorisme cal anar passant per les diferents escales.

Ara ja ens estem separant de la ciutat i entrem en unes escales d'edifici, més properes a l'escala del local.

En aquest canvi de les escales de la ciutat fins a les primeres escales de l'edifici a 1:500, cal començar a replantejar-se la integració de l'edifici a la ciutat i el territori que l'envolta. Per això, la pell d'aquest edifici i el seu perímetre adquireixen ara un gran compromís en les tasques de bescanvi acústic en aquells casos en què els sons positius o negatius siguin significatius.

Això és el que permet l'arribada des d'aquesta gran escala 1:500.

De mica en mica, anem entrant a l'interior de l'edifici amb les escales 1:200 i 1:100, en què ja estudiem aquells compromisos amb les distribucions interiors, com ara les agrupacions dels serveis, etc.,

que fan factible que les funcions que produeixin soroll dins l'edifici comencin a integrar-se i agrupar-se per tal d'aïllar-les de la resta.

Un cop aquí, d'alguna manera hem superat aquestes fases dels sorolls exteriors i podem arribar als itineraris sonors i a les conduccions de sons importants a l'interior. Això vol dir rehabilitar i fer alguns tractaments de portar o aïllar el so d'un lloc a un altre, i no tan sols reduir-lo al condicionament de sales.

Ens apropem a l'escala 1:50, que és la màxima a nivell d'edifici, perquè si ho detallem més ja hem d'entrar a les escales de resolució del propi local, que ja tractarem al capítol següent. Aquí és on hem de deixar clares quines són les formes interiors i ja comencem a tenir una certa idea dels materials que configuren els acabats i les separacions entre els diferents recintes.

Per a la rehabilitació dels locals, cal deixar clar que suposem que la pell ja ha estat restaurada, com exposem en aquest capítol de l'edifici. Tot i així, aquests elements frontera que són els espais de transició i la pell interior tornaran a sortir en el cas dels locals.

6.1.1 Les veus exteriors

Com hem vist en els capítols precedents, el territori que envolta l'edifici i la pròpia ciutat presenten un conjunt de veus exteriors a l'edifici, que no li són indiferents.

Aquestes veus es tradueixen ara en els camps següents:

Sons negatius

En primer lloc, trobem el camp dels **sons negatius** dels quals l'edifici s'ha de preservar. Aquests sons negatius no ho són per a tothom, però si observem el que ens diuen majoritàriament els diferents habitants de l'edifici, entendrem que és important que molts d'aquests sons siguin tractats a fi de reduir-ne l'impacte ambiental sonor.

Ens referim en aquest tema com a **sorolls**. Els representem com un signe de la nostra pol·lució sonora produïda per la tecnologia o el creixement de la pròpia ciutat, i necessàriament l'edifici s'ha de protegir mitjançant els sistemes de tancament i també mitjançant els sistemes de filtratge en els espais entre l'edifici i aquests focus sonors.

Per exemple, quan un edifici es veu des de l'autopista, el que és quasi segur és que arribi a l'edifici el soroll de l'autopista (**fig. 6.1a**). Si no es poden disposar barreres acústiques al costat de l'autopista, com les que veiem a la **figura 6.1b**, és necessari protegir la façana.

Sons positius

Però d'altres veus no són considerades negatives i el seu interès pot quedar fins i tot palès pels seus ocupants. En molts casos, els **sons preexistents i simbòlics** del paisatge o de la ciutat (les campanades, els sons de diferents gremis no pertorbadors, etc.) no són considerats sorolls. Caldria preguntant-se si en la rehabilitació de l'edifici ens hem de preocupar per deixar-los passar, de la mateixa manera que ens hem de preocupar per filtrar i eliminar els sons considerats negatius.

La nostra preocupació, en cas que sigui evident que aquests sons simbòlics s'han de deixar passar, serà veure si l'edifici es pot acomodar a la rehabilitació acústica d'acord amb aquests factors. Potser podem plantejar que les zones receptores de sons vagin a disposar-se a les proximitats d'aquests focus sonors positius, mentre que les activitats que cal preservar dels sorolls no es disposin en els llocs d'atac dels sorolls exteriors.

Alguns edificis, com el World Trade Center d'Estocolm, representat a la **figura 6.2**, presenten una façana absorbent al *mall* o zona de relació de l'edifici, que en aquest cas és com una plaça interior coberta amb vidre i, per tant, sotmesa a la reverberació deguda al seu volum tancat. En haver previst des del projecte el control de l'ambient acústic interior, si el seu manteniment es fa bé no caldrà pensar en la seva rehabilitació sonora.



Fig. 6.1 a) Desprotecció i b) protecció sonora des de la font de soroll fins a l'edifici (fotografies d'autor)



Fig. 6.2 Mall cobert del World Trade Center d'Estocolm (fotografia de l'autor)

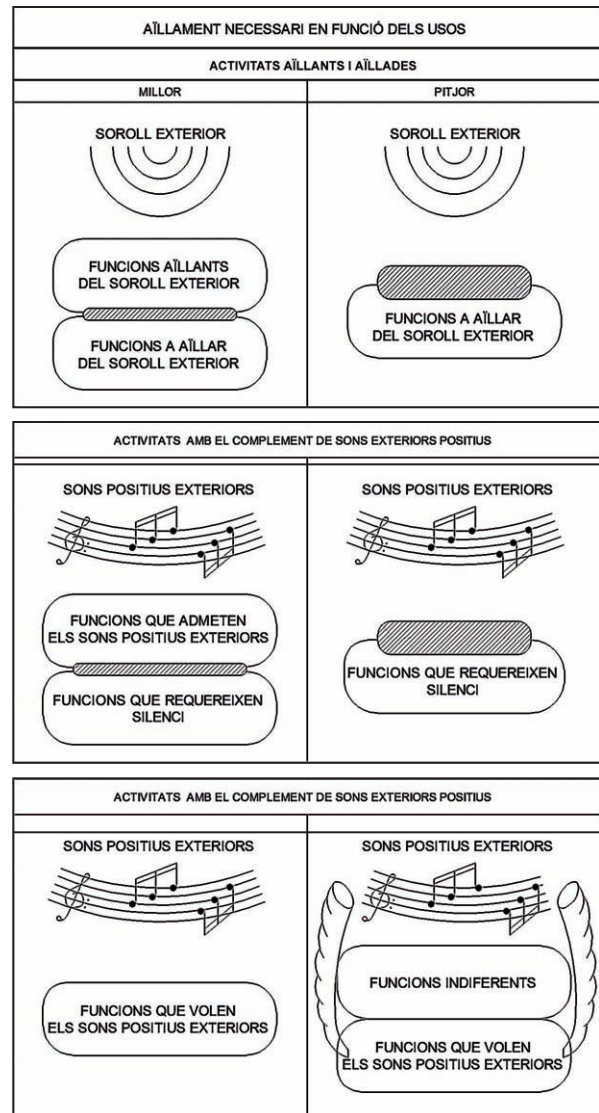


Fig. 6.3 Funcions dins l'edifici en relació amb el so exterior (esquema de l'autor)



Fig. 6.4 Hall de l'aeroport d'Estocolm (fotografia de l'autor)

Per tant, potser cal pensar la rehabilitació de l'edifici d'una manera més integral. És evident que, per a fer-ho, no tan sols hem de disposar la zonificació d'espais i funcions interiors de l'edifici d'acord amb el seu grau de permissibilitat a la immissió o no de sorolls exteriors, sinó també dels sons desitjats (**fig. 6.3**).

Ahora, cal tenir en compte que hi ha funcions interiors que produeixen sorolls. Per això, hem de cercar la **compatibilitat** també **entre les diferents funcions internes** del propi edifici.

6.1.2 Les veus interiors

Ara ens toca veure si les veus que es produeixen a l'interior de l'edifici interessa o no que es distribuïxin dins del propi edifici i, alhora, si poden afectar l'exterior d'una manera positiva o negativa.

És a dir, cal considerar la influència sobre el veïnat d'algunes activitats que es desenvolupen dins l'edifici, i també de les màquines o els equips instal·lats, etc., com també les veus dels propis veïns.

Si en aquesta escala 1:500, 1:200 i 1:100 no tenim en compte les veus de l'exterior i les veus provinents de l'interior, podem tenir un fracàs rotund. La rehabilitació de l'edifici ha de donar resposta total a aquest tema del so. Ja veiem que això ens dóna una complexitat superior.

Analitzarem ara, a grans trets, quines són aquestes veus interiors.

De forma anàloga a les veus exteriors, en aquest cas també hi ha dues categories, la dels **sons positius**, que ens pot interessar que es puguin transmetre d'un indret a un altre de l'edifici, i la dels **sons negatius**, dels quals és obvi que ens haurem de preservar al màxim possible.

Com s'observa a la **figura 6.4**, una constant actual és la del tractament absorbent dels grans espais que es necessiten als aeroports. En aquest exemple d'Estocolm, veiem que l'absorció no tan sols es

planteja al sostre sinó també a les parets, a més d'oferir espais amb volums més relacionats amb l'escala humana. El sistema de megafonia, que és imprescindible d'entendre en aquests llocs, no ofereix problemes d'intel·ligibilitat gràcies al control de la reverberació de l'edifici.

Cal veure si els camins lògics d'aquests sons positius són els que permeten transmetre'ls d'un local a l'altre a través de l'edifici.

Per exemple, en la rehabilitació del nostre edifici podem disposar uns elements que generin sons agradables o simbòlics, com ara brolladors d'aigua, vegetacions interiors mogudes per l'aire, presència d'alguns animals, art sonor o alguna realització en la qual existeixin sons positius creats en els halls i espais de relació interior de l'edifici. Als *halls* dels grans hotels i als *malls* dels grans centres comercials, pot convenir la presència d'un so de fons "dissenyat" a fi d'emascarar els sons dels usuaris. Per aquesta raó, hi ha un gran brollador amb caiguda de l'aigua al Gran Hotel Santiago (**fig. 6.5**) de Santiago de Compostel·la. Pot ser interessant transmetre aquests sons a la resta de peces i locals de l'edifici, sempre que siguin sons positius que permetin desenvolupar l'activitat i la voluntat respectiva de generació dels propis sons interns per part dels usuaris dels locals receptors.

Ja veiem que el so positiu, en el cas dels sons interiors, és molt més complex que no el so negatiu. En el cas dels sons negatius, queda molt clara la intenció de tothom de posar-hi un remei, de cercar una solució que possibiliti que aquests sorolls no pertorbin o que no ens arribin a les funcions adjacents. Es tracta tan sols d'aïllar.

Però els sons positius algunes vegades poden deixar de ser art o natura i es poden convertir en sorolls, i aquest és un tema ple de **subjectivitat**.

6.1.3 Les intervencions

Les intervencions són les maneres que tenim d'afrontar la rehabilitació acústica a l'edifici per a aquests sons exteriors i interiors.

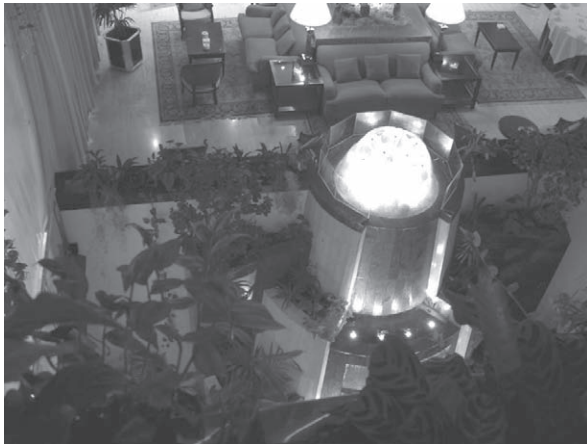
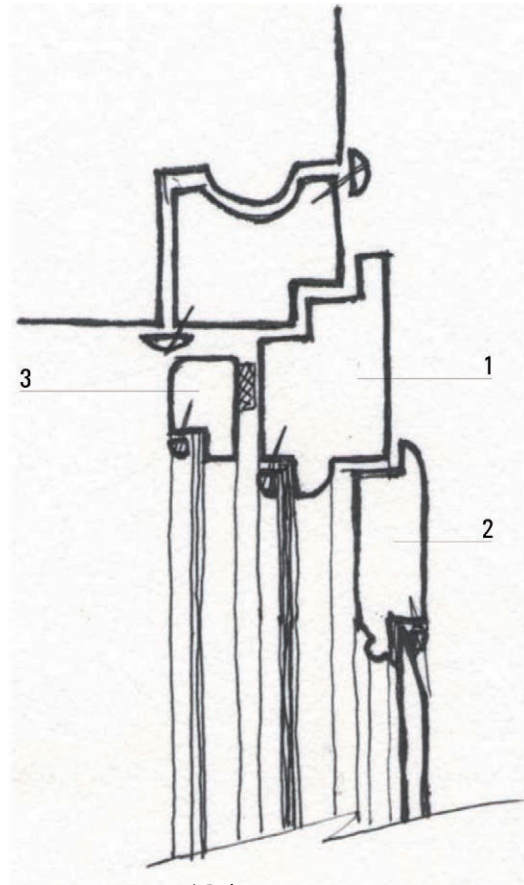


Fig. 6.5 Sons positius dins l'edifici. Brolladors d'aigua al hall del Gran Hotel Santiago, Santiago de Compostel·la (fotografia de l'autor)



- 1) Balconera
- 2) Porticó interior
- 3) Afegit exterior (fix o registrable)

Fig. 6.7a Rehabilitació acústica minimalista (esquema de l'autor)



Fig. 6.6 Rehabilitació integral. Transformació de les oficines de La Vanguardia a l'Hotel Catalonia (fotografia de l'autor)



Fig. 6.7b Doble finestra de la Casa Barcelona. Construmat 2007 (fotografia de l'autor)

I quines són aquestes maneres? Doncs van des de les posicions més radicals, de canvi més rotund, fins aquelles més toves o d'escassa rellevància en l'edifici.

Entre les primeres hi ha el plantejament de la **rehabilitació integral**; de si no val realment la pena canviar tota la distribució interior de l'edifici (pel que fa a les seves funcions i compartimentacions) i tornar a començar com si fos un edifici de nova planta (**fig. 6.6**).

Alhora que es respecta l'estructura existent, s'ha de veure si cal mantenir o intentar redistribuir els baixants i les instal·lacions interiors més fortes.

Però potser també cal esbrinar tot el que es pugui sobre la manera d'entendre la relació entre l'interior i l'exterior, i així poder establir la relació entre les pròpies funcions interiors.

Vol dir això una rehabilitació integral o fins i tot l'enderroc, des del punt de vista acústic? Potser no cal arribar en aquesta valentia de tirar per després tornar a fer.

En qualsevol cas, aquesta intervenció pretén donar una resposta a les maneres de disposar les funcions a l'edifici, en relació amb l'exterior i a dins l'edifici mateix.

Però, si no és factible la rehabilitació integral o començar de zero, la problemàtica és molt diferent, perquè la intervenció pot arribar a l'altre extrem: el minimalisme, que consisteix a tocar el mínim possible.

Ens referim a les solucions de extradossats, doblat de finestra mantenint l'existent, etc. És a dir, solucions realment molt toves, fins i tot de bricolatge (**figures 6.7a i 6.7b**).

D'aquest darrer cas, en podem esperar algun èxit parcial, però cal tenir clar que aquest èxit no serà mai del 100%. No podem donar unes garanties absolutes quan no podem fer una rehabilitació integral. Però això no sempre és factible.

Per aquests motius, entre les dues postures extremes, segurament hi ha la d'**equilibri**, amb possibilitat de donar garanties superiors al 90% pel que fa al confort acústic.

Com a solució més tova, tenim, òbviament, la vegetació rampant. La vegetació de fulla caduca és molt bona companya de l'acústica i la higròtermia als edificis. A la **figura 6.8** veiem una masia amb la *vinya borda* a la façana, que pot captar la radiació solar del migdia a l'hivern. A l'estiu, es vesteix amb les fulles que la protegeixen del sol i alhora la façana passa a ser absorbent sonora. És un exemple de variabilitat acústica i higròtermica.

6.2 Tipologia de les edificacions a restaurar

Cal distingir les necessitats de la rehabilitació acústica quan aquesta es basa en canvis d'activitats o usos o bé quan s'han d'afrontar canvis en els elements estructurals.

6.2.1 Canvis funcionals

Pel que fa a la tipologia dels edificis, la restauració acústica no tracta les diferents **activitats o usos** de la mateixa manera. Una edificació destinada a antigues oficines i que s'ha de rehabilitar per a habitatges té unes característiques, des del punt de vista acústic (òbviament també des d'altres àmbits), molt diferents de les d'un edifici d'habitatges que s'hagi de rehabilitar per a ús d'oficines. I això també succeeix si disposem la transformació d'ús d'unes naus industrials a *lofts* per a habitatges, o d'un edifici amb alguna activitat comercial o industrial que després es vulgui rehabilitar per a activitats musicals, etc.

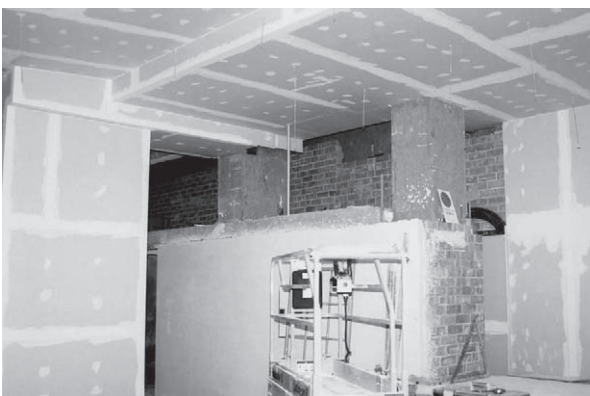
Com a exemple d'aquest cas de tipologies d'edificis a restaurar, cito el d'una antiga nau industrial que vaig rehabilitar i condicionar per a una nova utilització com a oficines a les plantes superiors, i als baixos i a l'altell un pub musical amb actuacions en directe. Aquest cas (que es mostra a la **figura 6.9**) va plantejar uns problemes concrets, com ara el fet que el forjat, les parets i els tancaments



*Fig. 6.8 Façana ombrejable de "Can Xevi".
Santa Cristina d'Aro, Girona (fotografia de l'autor)*



*Fig. 6.10 Rehabilitació d'edificis antics amb forjats febles.
Igualada (fotografia de l'autor)*



*Fig. 6.9 Rehabilitació d'edifici industrial a oficines i
música en viu. Granollers (fotografies de l'autor)*



*Fig. 6.11 Exterior d'un cafè-concert rehabilitat a Girona
(fotografia de l'autor)*

de vidre no s'adequaven gens als aïllaments necessaris. Calia pensar, a més, en sistemes antivibratori pel que fa a la transmissió de subsònics des dels equips de climatització, atesa l'amplificació del so amb els equips fixos i mòbils ubicats a la sala. Sovint la rehabilitació potser és pitjor que si no existís l'edifici i es pogués començar a plantejar tot de nou.

És a dir, en cada cas ens trobem amb un conjunt de dificultats específiques que fan que el tractament global de l'edifici no sigui tan generalitzat. Llavors, les recomanacions acústiques no són extensibles als diferents camps en els quals fem l'aplicació.

6.2.2 Canvis estructurals

Un altre cas és el de l'edifici que presenta unes **dificultats estructurals** determinades que en el procés de rehabilitació obliguin a afectar l'estructura.

És el cas que ja ens hem trobat en molts exemples de rehabilitacions d'edificis antics amb forjats de fusta, molt elàstics, o també amb forjats metàl·lics (també molt elàstics) i amb revoltons de volta catalana. Aquests exemples, com el de la **figura 6.10**, on calia rehabilitar un edifici que abans era d'habitatges per a transformar-lo en restaurant amb cava de jazz al soterrani, presenten unes capes molt primes entre l'embigat. L'aïllament al so aeri entre la part de dalt i la de baix, en els dos sentits de transmissió de so aeri entre locals, és realment molt feble.

Hem de pensar que, en edificis d'aquestes característiques, val la pena plantejar-nos el canvi d'estructura o bé emprar reforços estructurals com els que s'han exposat a l'exemple anterior per millorar el seu comportament d'aïllament al so aeri. Ja no cal dir l'aïllament al so d'impactes, el qual, com sabem, es basa en un bon aïllament al so aeri.

6.2.3 Prospecció

Si tot això cal tenir-ho molt en compte, segurament l'arquitecte que ha d'opinar en algun moment so-

bre l'adquisició d'un edifici determinat per part d'una propietat, ha de preveure les possibilitats reals que presenta aquest edifici per a ser rehabilitat d'una manera suficientment efectiva, des del punt de vista acústic.

L'única forma de saber-ho amb garanties és fer un bon aixecament de plànols reals, fer diferents cales per a examinar els materials i sistemes constructius amb què s'han fet els fonaments, les estructures de parets, pilars i forjats, les cobertes i els tancaments i, finalment, realitzar els precàlculs acústics necessaris. Però tot això no sempre és factible de fer-ho abans de comprar un edifici, perquè no tothom deixa fer aquesta prospectiva de forma completa. Quan no sabem respondre aquestes preguntes, llavors ens queda un marge de dubte superior al 20%, que ens fa abaixar les garanties acústiques.

6.3 La planificació acústica: zonificació

Si a l'edifici es preveu amb suficient anticipació una bona **distribució topològica de funcions**, és a dir, el que anomenem **zonificació**, se'n poden obtenir uns beneficis acústics veritablement importants.

Existeix un compromís acústic convingut entre el *com* es disposen les diferents funcions de l'edifici dins d'ell i la manera en *què* després seran tractades les separacions entre aquestes zones. La conjunció entre ambdues parts és, sens dubte, important a fi que aquest edifici tingui un bon comportament acústic interior.

Si no pensem en la millor distribució de les funcions dins l'edifici, de manera que unes aïllin les altres, ens serà molt més difícil confiar aquest aïllament tan sols en els seus tancaments.

Igual com hem vist abans a la **figura 6.3**, hem de pensar que la distribució topològica de funcions també ha de tenir en compte aquelles veus exteriors. Per tant, potser caldrà obrir entrades per als sons exteriors que considerem importants i interessants a fi de fer-los accedir a l'interior de l'edifici

i, en canvi, ubicar les funcions que requereixen més silenci en àrees protegides del soroll (a l'altre costat quant a l'orientació de l'edifici respecte a les fonts exteriors de pol·lució sonora).

A fi de millorar aquesta distribució topològica de funcions, és interessant poder-se basar en una classificació acústica de les diferents funcions que es realitzen a l'edifici. És a dir, es tracta, fins i tot, de diferenciar aquelles funcions que requereixen silenci respecte de les que els és indiferent. Aquestes últimes les situarem a les façanes, als indrets on hi pugui haver problemes de soroll exterior. Alhora, pel que fa a aquelles funcions que requereixin silenci, intentarem veure si en la rehabilitació de l'edifici es poden disposar al voltant de patis interiors (aïllades de les perifèries més sorolloses).

Però no es tracta només d'entendre que les funcions puguin necessitar silenci, sinó de diferenciar-les segons si generen soroll o no. Si és així, i cal preveure que a l'edifici existiran funcions productores de soroll, també les hem d'aïllar de l'exterior, perquè per normativa l'exterior també requereix silenci.

Aquest és el cas de les sales de música, que no admeten els sorolls exteriors. Però s'ha de vigilar, perquè amb aquestes sales de música i discoteques podem afectar d'altres sectors del propi edifici o, pitjor encara, si afectem l'exterior, el veïnat de la ciutat o el del territori extern, com pot succeir a la sala de la **figura 6.11**.

Per tant, cal donar tota la importància que es mereix a aquest tema de la distribució topològica de les funcions, començant per un replantejament de la capacitat o no de produir so positiu o bé soroll d'aquestes funcions i la capacitat o no de requerir silenci dels sons que els arribin, o la seva indiferència respecte d'aquests requeriments.¹

Com hem vist, no es tracta tan sols de fer un catàleg de les funcions de l'edifici, sinó de preveure una distribució topològica òptima d'aquestes funcions a l'edifici, tan cara a l'entorn exterior com al seu interior.

A la **figura 6.12**, es representa el silenci monacal. És un silenci ple de vida, perquè el vent fa sonar les fulles dels arbres, on s'hi posen a cantar els ocellets, i el murmuri de l'aigua hi és present com a signe de vida. Mai no hi ha un silenci absolut, però aquest silenci permet organitzar els sons de les cambres que hi donen.

Potser cal tornar a preguntar-nos per l'èxit de les organitzacions interiors a les cases-pati. Des de sempre, el pati de la casa mediterrània ha permès organitzar els sons de les seves funcions perimetrals.

6.4 Cirurgia acústica

Quan parlem de cirurgia acústica, estem dient que el cas és tan greu que l'única intervenció, des del punt de vista de la rehabilitació acústica, és obrir i extirpar el mal.

Ens trobem casos en els quals els edificis no han estat originalment ben aïllats des del punt de vista acústic, ni tan sols per a les funcions que s'hi havien de desenvolupar. Ja no estem parlant d'una rehabilitació per canvi d'ús, sinó que estem dient que cal intervenir quirúrgicament l'edifici, atès que la intervenció constructiva o la rehabilitació anterior no van ser suficientment potents, es van realitzar amb deficiències des del punt de vista acústic, han canviat els veïns receptors, etc.

Per exemple, ens podem trobar amb discoteques que necessiten el nostre servei, tot i que ja havien encarregat i executat el seu aïllament acústic a alguna altra empresa anterior, amb resultats sorprenentment negatius.

Encara que la solució instal·lada sembli correcta, amb la inspecció ocular puntual es poden detectar conflictes de posada en obra (trobadres de materials, mala elecció de sistemes d'execució constructiva, etc.), que fan deduir una mala intervenció anterior. Ara l'únic remei que hi ha és extirpar el mal existent i tornar a començar. Això no li agradarà gens al client.

Aquest és el cas pitjor per a l'acústic: quan et fan intervenir urgentment just després d'una realització, com a conseqüència del seu escàs rendiment acústic. En aquest cas, no queda cap més remei que posar-se de valent a descobrir l'origen de les fuites d'aquest aïllament, atès que la solució emprada fins i tot pot semblar al principi suficientment correcta. A partir d'un estudi molt exhaustiu, ja es pot fer la intervenció necessària.

Moltes vegades es fa molt difícil afegir segones o terceres capes a sistemes que buscaven la diferenciació del suport transmissor però que, en canvi, no han superat l'aïllament necessari o han introduït enllaços rígids en aquell suport i ha destruït l'eficàcia dels bons materials acústics emprats.

Però quan es descobreix, per desgràcia, que cal tirar per terra tot el que s'havia executat i tornar a començar, cal confiar que es podran trobar industrials de qualitat perquè aquelles solucions que ara novament es plantegin es portin a terme de manera fidedigna i eficaç.

Dissortadament, el tema de la cirurgia acústica també comença des del propi projecte. En ocasions, ens podem trobar que el projecte ja no incorpora els bons plantejaments acústics que hauria de considerar. La raó pot ser que no ha tingut prou en compte les normes d'aïllament acústic vigents o que la manera de disposar les funcions no és la més adequada per als sorolls exteriors. És a dir, a vegades no cal anar a buscar la base del problema en el vestit exterior o interior de l'edifici (les seves compartimentacions), sinó que cal veure si la morfologia i la distribució topològica de funcions han estat les més adients des del disseny inicial de l'edifici.

6.5. Focus, vies de propagació i receptors

Aquest és un camp en el qual podem dir molt de l'edifici.

L'edifici té la seva definició pel que fa a la seva pell exterior, que és la que ara tractarem, però les

seves respostes i els comportaments que van passant a dins ho són també respecte de la seva pell interior, com després veurem.

Pel que sembla, amb la pell exterior ens hem de separar dels sorolls que es produeixen a l'exterior de l'edifici. El que passa és que a vegades no són només sorolls, sinó que són també sons interessants que ens poden agradar.

6.5.1 L'emissor

Quan l'emissor és un focus exterior, acostumem a pensar que és negatiu, que produeix un soroll i que no té una acceptació per part de l'usuari de l'edifici.

Com veurem tot seguit, no sempre ha de ser així.

Focus positius

En el moment de rehabilitar hem de pensar que la rehabilitació vol dir que hem d'intentar no només aïllar l'edifici d'aquells sorolls exteriors, sinó també **obrir aïllaments i tirar les pantalles** que oferia cap a algunes orientacions de la ciutat o cap a uns indrets interessants del seu exterior.

Sovint aquests indrets fins i tot poden ser parts del propi edifici. Quan és així, encara serà més fàcil, perquè la rehabilitació de l'edifici és, per si mateixa, més concreta.

En canvi, rehabilitar les façanes de l'edifici per poder-hi deixar entrar sons interessants de la ciutat o del territori vol dir compaginar-ho amb els sons no interessants d'aquest territori. Sempre que els sorolls siguin en aquelles façanes o en aquelles direccions (perquè una façana vol dir una direcció espacial), ens trobarem amb dificultats per a **escoltar i aïllar** alhora.

Focus negatius

Per tant, tot i que l'emissor pot ser un emissor interessant, sovint, o gairebé sempre, ens aporta una informació que considerem que no és positi-



Fig. 6.12 Claustre de la Colegiata de Sta. Maria de Sar, Santiago de Compostel·la (fotografia de l'autor)



Fig. 6.14 Antiga passera de vianants, molt propera a la façana d'un edifici de la Ronda del Mig, Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 6.13 Fotografia i Emplaçament de l'edifici d'habitatges a l'M-30, de Madrid, de Saiz de Oiza

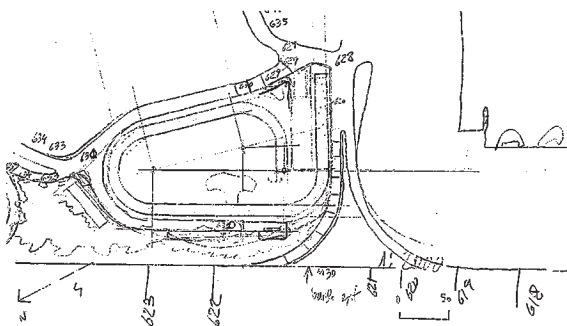


Fig. 6.15 Sostre translúcid al MACBA, Barcelona (fotografia de l'autor)

va. En aquest cas no ens queda més solució que aïllar-nos.

També podem fer servir altres solucions, com ara l'apantallament de l'exterior. Però, en comptes de posar molt més aïllament en una direcció concreta, el que fem és que l'edifici ens presenti una pell menys gruixuda en les direccions on interressi que entri el so positiu. Però si el so és negatiu, potser en comptes de tractar façanes i millorar aïllaments el que podem fer es donar la volta a l'edifici.

En donar-hi l'esquena (amb l'acte de girar-se o d'apantallar-se), el propi edifici està actuant com a barrera ja des del seu origen, des del moment en què tenim alguna direcció negativa exterior. No sempre podrem fer això. Però és una actitud.

L'edifici de Saiz de Oiza ('La oreja', com l'anomenen simpàticament) situat a la M-30 de Madrid actua d'aquesta manera: dona l'esquena al front que és la carretera M-30, en el qual hi ha els sorolls exteriors no acceptats al seu interior (**fig. 6.13**).

Aquests focus, com és el cas dels grans eixos viaris d'una gran ciutat, en general els definim com a emissors negatius. Creiem que no ens donen un so interessant i, per això, els rebutgem.

Però, d'emissors, pel que fa a l'edifici, n'hi ha molts: òbviament hi ha l'**emissor exterior** i l'**emissor interior**. Ambdós tenen un comportament molt diferenciat.

Focus exteriors

L'emissor exterior podríem dir que no té nom. És **anònim** aquell vehicle que passa, aquell autobús, fins i tot aquella moto. A vegades, el podem conèixer, però tret de casos molt particulars entre veïns, poblacions petites, etc., d'alguna manera podríem dir que és bastant anònim.

En algunes ocasions, les mirades indiscretes i les veus dels vianants s'apropen als pisos alts dels edificis. A la fotografia de la **figura 6.14** es pot observar la proximitat existent entre l'antiga passera per

als vianants i l'edificació. La rehabilitació acústica podia basar-se en l'apantallament transparent del final d'aquesta passera, però per sort es va decidir suprimir-la.

Focus interiors

En canvi, l'emissor dins de l'edifici quasi sempre té nom i cognoms, és a dir, sabem d'on prové el soroll, sabem **qui el genera**, fins i tot sabem qui viu en aquell pis.

Això vol dir un comportament de l'emissor i del receptor molt diferent. L'usuari que rep un soroll interpreta la molèstia d'una forma radicalment oposada quan desconeix o quan coneix la persona que ha generat aquest soroll.

Dit d'una altra manera, el mateix so, el mateix impuls, el mateix brogit, si sabem que els generen el veí del 2n 3a i, a més, aquest veí ens ha provocat unes molèsties (perquè ens va prohibir fer alguna ampliació, posar testos a la terrassa, etc., és a dir, el considerem una persona no amigable), aquest mateix soroll ens està molestant molt més que no pas si prové d'algun vehicle anònim que passa pel carrer.

Així, el mateix nivell que podríem trobar en un sonòmetre que mesurés un cas i l'altre no ens proporciona la mateixa molèstia. Sempre hi ha aquesta **càrrega subjectiva** de qui és l'emissor dels sorolls.

Imaginem-nos una casa amb els forjats translúcids (similars als de la casa translúcida que proposava l'arquitecte Alfons Soldevila). Podríem tenir el mateix resultat visual que l'existent al MACBA de Meier, com veiem a la fotografia de la **figura 6.15**. Quan ens trepitgen, sentim els sons al forjat sobre nostre, que ens envolta per tot arreu. El problema és si podem localitzar-lo exactament.

A la **figura 6.16** podem observar habitacions que donen al pati de llums i ventilació de l'edifici, on també participen dels sorolls de l'escala i de l'ascensor.



Fig. 6.16 Pati de llums i ascensor antic al replà (fotografia de l'autor)



Fig. 6.18 Finestra doblada a Bordeus (fotografia de l'autor)



Fig. 6.17 Galeria a Santiago de Compostel·la (fotografia de l'autor)



Fig. 6.19 Doble finestra (independent) amb cambra d'aire, al Centre Cívic de Navarcles (fotografia de l'autor)

Per sort, podem dissenyar l'espai per tenir focus productors de sons positius (no només ens hem de basar en sorolls sinó que tenim un gran ventall de sons agradables).

6.5.2 Millora dels aïllaments exteriors

La millora dels tancaments exteriors s'assoleix amb dos elements, un és el **tancament envidrat** i l'altre és el **tancament de la part cega**. Com veurem després, pràcticament aquest darrer quasi sempre compleix les característiques de bona qualitat acústica.

Quan volem rehabilitar l'aïllament acústic del que és la façana, ens hem de basar pràcticament en la problemàtica de la part envidrada. En efecte, és justament en aquest sector on podem disposar de molt poca protecció, perquè l'eficàcia dels tancaments envidrats, més pel que fa a la fusteria que als vidres, no és realment espectacular.

El tancament envidrat

En primer lloc, cal comprovar si la **fusteria** és apta per a la restauració. Els marcs i les fulles de les fusteries permeten una rehabilitació? Quan traiem o decapem la pintura, descobrim que aquella fusta està sana o té, en canvi, alguna malura? Si està sana, podem millorar-la amb alguns tractaments de materials concrets, juntes de neoprè, ruptures de ponts acústics, etc.

Una solució possible és afegir un **nou marc** o un nou bastidor, fins i tot unes **noves fulles**, superposades a les preexistents, mantenint la mateixa estètica i disposició de manera d'obrir. Cal llavors també incorporar algun sistema intermedi per enfosquir, com una persiana disposada a l'interstici entre les dues finestres o balconades?

Un altre tema és el dels **vidres**. Podem millorar el vidre? Hi podem posar un vidre més gruixut? Hi podem posar algun vidre fins i tot amb capa de butiral intermedi? Hi podem posar algun vidre doble amb cambra intermèdia? Tot això són preguntes que ens hem d'anar fent i que depenen de

la fusteria.

En canvi, la galeria tancada amorteix sobretot la pèrdua de la calor a l'hivern i serveix per a aprofitar l'efecte hivernacle (**fig. 6.17**). En aquesta època hivernal, permet alhora regular la transmissió dels sorolls de l'exterior a l'interior. A l'estiu s'obren les finestres exteriors a fi que ventili la galeria eliminant l'escalfor, però també es perd l'efecte d'espai tampó acústic que fins llavors havia tingut.

En el sistema de **doble finestra**, cal que es compagini la cambra intermèdia amb un tractament acústic. Però això depèn de l'espai que separa les dues finestres. Quan la distància és petita no s'acostuma a disposar.

Ara hem de mirar que es pugui obrir alguna de les fulles, per poder netejar aquest espai de possibles condensacions, pols, etc., a fi d'obtenir la visibilitat en els vidres. A la **figura 6.18** tenim un exemple d'aquesta solució a l'hotel de Bordeus, on la finestra exterior és més petita que la interior a fi que passi pel marc (en obrir-se cap a dins).

L'altra solució, potser més interessant des del punt de vista acústic, és separar-se molt de la finestra o balconada primitiva i generar-ne una de nova, pràcticament a l'exterior, quasi alineada ja amb la façana. Amb això hem guanyat uns 20 cm o més. Ara tenim una cambra d'aire realment important, des del punt de vista acústic, perquè ens farà de molt bon aïllador de les dues fulles.

A la **figura 6.19** podem veure com ho vàrem resoldre al Centre Cívic de Navarces, on la paret que suporta la fusteria interior és també totalment independent de l'exterior.²

Però, això no obstant, quins problemes té?

En primer lloc, els canvis estètics, si cadascú fa el que vol, com veiem a la **figura 6.20**, on cada propietari ha fet instal·lar una solució, encara que fos totalment diferent de les dels altres, canviant la configuració estètica de la façana. Però, a més, potser ara la nova fusteria no ens obre igual que



Fig. 6.20 Autarquia en la rehabilitació acústica de finestres i balconeres (fotografia de l'autor)



Fig. 6.22 Façana de rehabilitació unitària (fotografia de l'autor)



Fig. 6.21 Doble finestra interior a l'Hotel Capítol a la Gran Vía de Madrid (fotografia de l'autor)



Fig. 6.23 Baixa relació buit-ple de la façana del Museu d'Ullastret, Girona (fotografia de l'autor)

l'anterior, com la de la **figura 6.21**, o ens obliga a substituir els porticons amb cortines per la part de dins, etc.

Amb tot, podem aconseguir un cert catàleg de solucions factibles que, òbviament, segons el tipus de fusteria que tinguem, serà igualment fiable des del punt de vista acústic.

A la **figura 6.22** hi ha un exemple de rehabilitació unitària de la façana, amb una única solució per a tots els veïns.

És molt difícil, en aquests casos, portar la solució antiga més la nova a assaig. Si la rehabilitació és d'una escala important, convé agafar la fusteria preexistent, portar-la al laboratori i afegir-hi la solució que nosaltres volem incorporar. Si són poques les finestres que hem de tractar, cal veure si el pressupost general de la rehabilitació pot incloure-ho.

En qualsevol cas, sempre ens queda tractar amb absorbents la part de sota dels balcons i els laterals de portes i finestres. Aquest és un dels temes importants quan parlem de la millora d'aïllaments exteriors pel que fa a les fusteries i parts envidrades.

El tancament cec

Quant a la millora d'aïllaments exteriors de les **parts cegues**, potser l'única solució que tenim actualment és l'extradossat.

Amb l'**extradossat**, com més importància acústica presenta la paret suport, menys eficient és el resultat d'aquest extradossat. És a dir, aconseguim menys decibels per euro gastat. En canvi, si la paret és una paret prima, o amb molt poc aïllament acústic, val la pena gastar-nos-ho en aquesta part de la façana.

L'aïllament global

Ara bé, sempre hem de pensar en el més dèbil, sobretot quan componem part cega i part envidrada.

Quasi sempre són més dèbils la façana envidrada i les fusteries que no pas la paret.

Ens hem de gastar els diners a rehabilitar acústicament les fusteries i els vidres, i no pas les parets.

En el cas del territori espanyol, la norma acústica actual fa referència als 30 dB d'aïllament global (entre part envidrada i part cega).³ Hem comprovat que si millorem la part cega no obtenim benefici (sempre que la part envidrada sigui molt poc aïllant). El que interessa és fer precisament que tots dos estiguin en equilibri. Si no és així, no aconseguim una gran millora de l'aïllament. Caldria tenir una paret amb un aïllament acústic increïble per poder-nos basar en una obertura que fos com un forat amb molt poc aïllament.

Ens podem basar en la fórmula ponderada per poder obtenir la contribució a l'**aïllament global a_g** .

Pensem que en aquesta mitjana ponderada hi ha una contribució entre cada aïllament i cada superfície. Com més superfície vulguem de part envidrada (a fi que hi entri més llum, sol, vistes, etc.), tant més d'aïllament acústic ha de tenir aquesta part envidrada. No cal confiar llavors en la part cega, perquè aquesta tindrà una fluixa contribució que no ens ajudarà a complir amb l'aïllament global.

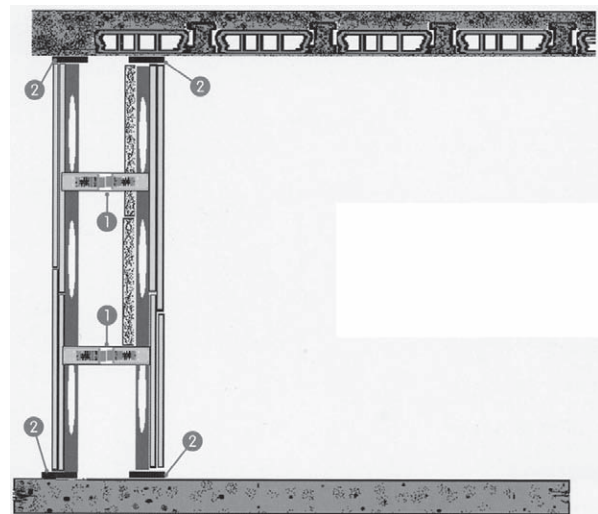
On sovint trobem un cert equilibri és en el cas de les cases molt antigues amb parets molt gruixudes i finestres molt petites, com a la Casa Museu d'Ullastret (**fig. 6.23**), on podem apreciar la façana amb una gran proporció del ple del mur respecte del buit.

6.5.3 Millora d'aïllaments interiors.

En parlar d'aïllaments interiors, quasi sempre ens referim als envans i als paredons, però òbviament hem de parlar també de les portes. Aquí ens hem quedat molt coixos amb la normativa, perquè si de l'aïllament de la part cega sí que se'ns parla a tot arreu, de la part perforada (la fusteria interior) quasi no se'ns en parla.



Fig. 6.24 Porta amb retorn d'aire (fotografia de l'autor)



- 1. Aïllador 'Tabicon SE-9600-TBM2'
- 2. Banda estanca SENOR

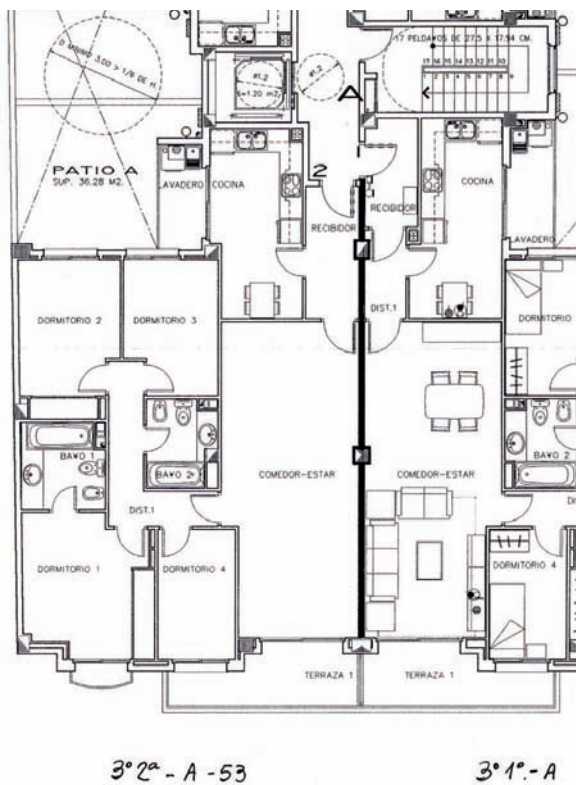


Fig. 6.25 Retorn per conducte vertical disposat a la sala d'estar (planta de l'edifici de l'arquitecte Fabregat)

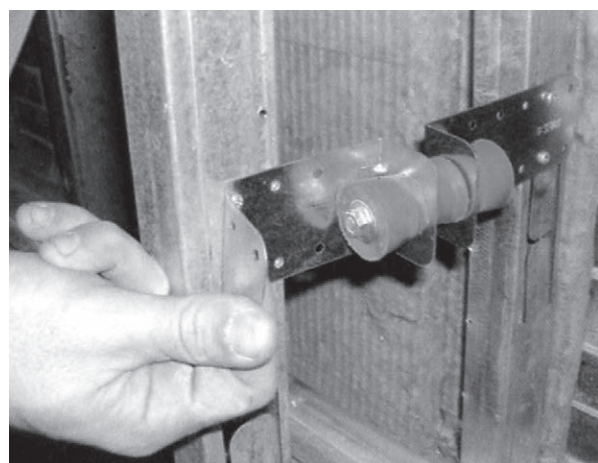


Fig. 6.26 Esquema i unions diaacústiques entre parets (font: Catàleg SENOR)

Les portes, oïdes interiors

En aquest cas de la fusteria interior, el tema pot quedar encara més agreujat si basem el retorn de l'aire condicionat just a les reixes que disposem a la part de sota de les portes, a fi de fer un retorn pel passadís (fig. 6.24).⁴

Òbviament, és millor fer un retorn pel *plenum* superior, tot i ser un problema perquè fem la impulsió i l'extracció des d'un mateix pla horitzontal.

Cal dir que a l'hivern el retorn hauria de ser a dalt i la impulsió a baix, la qual cosa és molt difícil de fer quan els conductes els tenim passant per un fals sostre. En canvi, a l'estiu va bé el retorn per sota, és a dir, convé la reixa ubicada com es mostra a la figura 6.25 corresponent a un habitatge.⁵

En aquests casos, ja veiem que la solució de rehabilitació és bàsicament sempre repensar el retorn de l'aire i independitzar-lo de les portes.

En cas de no poder prescindir de la reixa de retorn, cal veure si podem disposar un model amb absorbent acústic interior, de manera que filtri el so d'un local cap a l'exterior o a l'inrevés.

Són sons interiors i per tant, sabem qui els genera. Són interiors del propi habitatge i aquests sons poden produir unes molèsties realment elevades.

Què fer amb la paret del veí?

Si el soroll prové d'un pati d'illa o un pati de llums, és una qüestió d'obertures, com ara les immissions de l'interior a l'exterior, o viceversa, degudes als sons procedents dels patis de llums.

Però una altra qüestió és quan sentim el veí a la paret del nostre dormitori i, sobretot, si a l'altre costat també hi ha un dormitori.

Aquest cas s'ha de resoldre mitjançant l'aïllament supletori de la nostra paret o bé de la del veí. Cal actuar per un costat o altre, i això pot comportar una reducció de la superfície útil.

En cas que algú consideri que té poc aïllament en aquesta paret, l'única alternativa que sembla factible és comprovar si s'ajusta a les prescripcions de la normativa acústica d'aquell lloc. En el nostre país, en concret, és la NBA/CA-88. Si no les compleix, s'ha de comprovar l'any de visat del projecte bàsic i executiu de l'obra abans de fer les denúncies corresponents.

Tanmateix, complir la norma no vol dir que deixarem de sentir el veí.

Si, malgrat això, creiem que estem sentint excessivament el veí, no ens queda més remei que solucionar-ho. En aquest cas, hem d'actuar pel nostre costat, sobretot si no és problema del veí ni de la paret, sinó que és una prioritat nostra.

6.5.4 Transmissions indirectes

Les transmissions indirectes són un dels mals més grans que pot tenir l'acústica d'un edifici.

Així com l'aïllament d'una paret es pot comprovar en el laboratori i la permeabilitat d'una finestra també, la transmissió indirecta real a l'edifici és molt difícil de determinar *in situ* i realment no es pot fer res en el laboratori. És pràcticament impossible en un laboratori reproduir la solució constructiva que farem a l'obra, perquè hauríem de fer el forjat igual al que tenim, i les trobades exactament iguals a les que farem en el perímetre de l'obra, les parets laterals, etc. I tot això, òbviament, no hi ha cap manera de poder-ho fer com a l'obra.

Arribats en aquest punt, potser l'única manera de controlar aquestes transmissions indirectes seria que a l'obra es fessin unes comprovacions. La normativa diu que no és lògic posar una paret gruixuda (que, en principi, farà molt aïllament) sobre un forjat més fluix, perquè tindrem transmissions indirectes que ens faran perdre part de l'eficàcia. El mateix succeirà si hi ha alguna part on la trobada és amb una paret més senzilla o amb massa superficial més lleugera.

Això ja ho veiem, però, com avaluar-ho?

Aquí podem perdre 5 dB ràpidament i, en casos límit, fins i tot podem arribar a 8 dB, segons ens diu la norma. Però, és així?

Crec que les pèrdues més importants a les parets no són pas per transmissions indirectes sinó per les instal·lacions. Es construeixen debilitant la paret, fent unes rases i encastant-hi vaines i conductes amb materials aliens a elles. Hem vist envans que pràcticament semblaven una guillotina, que s'aguantaven només per la part de dalt perquè per sota s'havien rebotat totalment per poder fer la instal·lació d'aigua dels lavabos.

Ja veiem que, quan es tapi, serà de qualsevol manera; per tant, mai no tindrem un gruix efectiu i una eficàcia d'aïllament d'aquella paret com en el laboratori, sinó que serà el resultat d'un híbrid estrany.

I així és l'obra tradicional: una barreja de sistemes poc depurats, tret que des de l'inici ens basem en uns sistemes i gruixos de parets interessants.

Per això, les transmissions indirectes no només preocupen en el cas de parets i forjats, sinó també en els lliuraments amb altres elements, com poden ser els falsos sostres.

Com es poden solucionar aquestes transmissions indirectes?

En el cas de trobades d'uns elements amb altres, les parets aïlladores s'han de disposar sobre bandes de neoprè o sobre elements resilients repartidors, que impedeixin la transmissió cap als altres elements. Això no és gens fàcil a l'obra i sobretot en obra humida, on costa de fer una subjecció diacústica de la paret. Aquest tipus de desunió a les bases i als suports vol dir cercar un isostatisme en comptes de l'hiperestatisme en què s'està acostumat a construir en l'obra humida tradicional.

En aquest cas de les parets a sobre d'aquestes bandes elàstiques, la millor solució és disposar un perfil metàl·lic repartidor. Aquest perfil permet aixecar la paret sense que hi apareguin fissures

posteriors. Aquesta paret s'ha d'aguantar amb una altra paret de suport, també mitjançant elements diacústics (**fig. 6.26**) que en permetin la subjecció totalment elàstica i isostàtica en comptes d'hiperestatística.

Això vol dir que tampoc no es pot atracar directament la paret al sostre. Ha de quedar també flotant i segellar-se amb unes bandes elàstiques o uns guixos especials amb alt índex d'elasticitat.

Les trobades amb els falsos sostres són molt importants. Quan una paret s'uneix directament amb el fals sostre, li està transmetent la vibració. Llavors, el fals sostre pot actuar com a tambor reconstruint el so que circula per vibració sòlida per a convertir-lo en forma aèria.

Quina és la manera de solucionar-ho? A la **figura 6.27** es representen en secció les trobades del fals sostre amb les parets mitjançant un sistema elàstic (amb massilles elàstiques o bandes de neoprè convenientment disposades), amb unes unions amagades com si fos una junta de dilatació d'algun element estructural.

Cal cercar aquestes solucions perquè milloren substancialment l'aïllament dels edificis. Com ja sabem, l'aïllament final és la suma de la contribució de cadascun dels elements parcials. Si tenim elements de separació que aïllen molt però, en canvi, presenten transmissions indirectes, estem perdent l'eficàcia d'aïllament de l'edifici.

6.5.5 Immissió de l'interior

Entenem per **immissió** aquells sons que ens arriben des de l'altre costat de les parets o de les finestres. També podem anomenar immissió interior tota aquella que es produeix per les pròpies activitats de l'interior de les oficines o dels habitatges, és a dir, els sons o sorolls que es generen al propi edifici. Com que els sorolls de la cuina poden afectar la sala d'estar, això també és una immissió. Però, normalment, quan parlem d'immissions ens estem referint a les que es produeixen, d'origen, als habitatges, locals o dependències veïnes i, per tant,

alienes al lloc de recepció.

Maquinària d'ascensors, clima i altres elements mecànics

Potser el soroll d'una maquinària interior o d'una vibració de l'edifici, de la maquinària dels ascensors de l'edifici (**fig. 6.28**), i de la maquinària de climatització comunitària o individual també ens molesta, però en tot cas són sons de màquines que sempre informen més positivament, en principi, que no pas un clavegueram.

Aquests casos, en general, es resolen amb anti-vibradors disposats sota una bancada d'inèrcia, encamisats de màquines, tractament absorbent del recinte i pantalles.

A la **figura 6.29** podem veure tres remats que succeïen l'aire dels conductes al girar en presència d'una mica d'aire. Tot i que estan molt equilibrats, són components mecànics que s'introdueixen als edificis i que comporten sorollets més o menys elevats en funció del grau de manteniment.

Si ens hi fixem bé, veurem que les tres xemeneies estan unides per un rigiditzador i un vent a fi que no fimbrin amb l'efecte de l'aire.

A l'hora de rehabilitar acústicament les instal·lacions climàtiques dels edificis, hem de distingir si originen vibracions o si tan sols són sorolls aeris. En el primer cas, poden existir coincidències entre les freqüències pròpies de ressonància del sistema vibratori amb algunes parts de l'estructura de l'edifici. Costa molt aïllar les vibracions, sovint inaudibles, que poden afectar certs llocs de treball estàtic, com ara les oficines (**fig. 6.30**).

A la **figura 6.31** podem veure les unitats de condensació exterior de l'equip de refrigeració d'un hotel, ubicades a la coberta de l'edifici i apantallades mitjançant el cos de la cambra de calderes i unes parets que l'envolten totalment pels quatre costats. Amb aquesta actuació difícilment es produeixen fuites de sorolls aeris cap a les habitacions de sota.

La rehabilitació acústica dels condensadors ubicats a l'exterior es pot sofisticar bastant, atès que potser no n'hi ha prou amb l'aïllament de vibració (bancada inercial amb amortidors) sinó que poden requerir-se pantalles fonoabsorbents aptes per a la intempèrie i d'altres recursos absorbents a fi que el soroll no reboti entre les diferents parets del terrat (**fig. 6.32**).

Desguàs

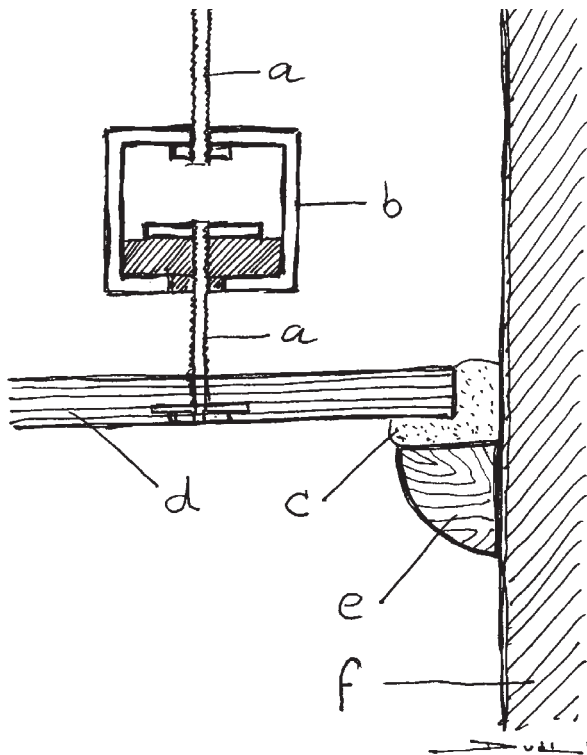
D'entre les pitjors immissions interiors destaquen les instal·lacions de desguàs, perquè aquestes informen exactament "de què" prové aquell so i, per tant, del coneixement de l'origen, que tampoc no és positiu.

Per l'altra part, els sorolls produïts als baixants i als col·lectors horitzontals vistos o penjats són més difícils d'eliminar. Podem recórrer a l'aïllament intercalant elements esmorteïdors del so entre la baixada i el dormitori, com podria ser un armari que en estar ple de roba, disminuiria el nivell de soroll a l'habitació. Aquesta solució no és efectiva en cas d'hotels en què l'armari sempre queda mig buit. Per descomptat, si el baixant coincideix amb la capçalera del llit, cal aïllar-lo immediatament abans que es generin els problemes consegüents per part de l'usuari.

També es poden produir sorolls a la xarxa de baixants com a conseqüència principalment d'una ventilació deficient de la xarxa. En aquest cas, es detecten unes veus específiques en forma de roncs, deguts a aspiracions i refilets produïts per compressions en els sifons.

Aquest problema requereix preveure una ventilació adient, o bé perllongant el propi baixant per sobre de la coberta (deixant-lo obert) o recorrent a una ventilació secundària (de menys secció i acoblada a la principal) si l'edifici té més de deu plantes.

És més còmode si ho resollem en el projecte i no en obra, on aquest baixant pot tocar uns envans i afavorir-se de les seves ressonàncies. En general,



- a) Vareta roscada al forjat
- b) Aïllador acústic de compressió
- c) Massilla elàstica
- d) Fals sostre de guix laminat
- e) Motllura o tapajunts
- f) Paret, pilar, baixant, etc

Fig. 6.27 Detall de l'aïllament acústic del fals sostre (esquema de l'autor)



Fig. 6.28 Maquinària d'ascensor abans d'aïllar-la (fotografia de l'autor)

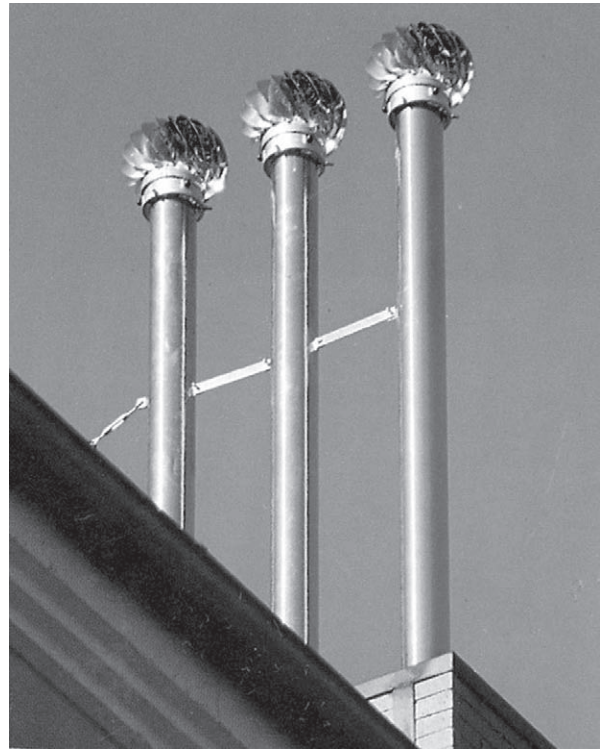


Fig. 6.29 Aspiradors eòlics (font: Catàleg)

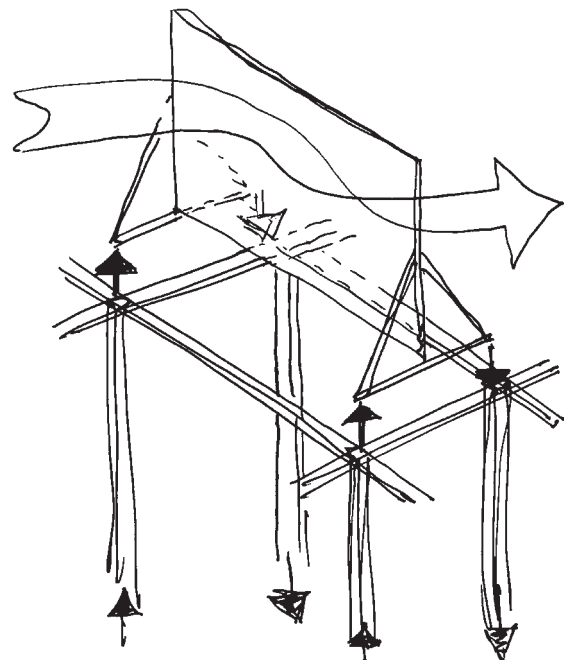


Fig. 6.30 Vibracions subsòniques que s'introdueixen a l'edifici des de l'anunci a coberta (esquema de l'autor)

els baixants de PVC no pesen ni aïllen i, per tant, des dels dormitoris i sales d'estar-menjadors es va sentint tot el so del transport d'aquests líquids.

Si no s'ha solucionat en el projecte, cal preveure encamisar-ho amb material resilienc que esmorteixi la vibració.

En tornarem a parlar més endavant.

Shunts i patis de ventilació

No és gens fàcil rehabilitar aquests veritables conductes perquè són com uns telèfons per on el so circula lliurement.

A través d'ells escoltem les converses i els sons dels altres habitatges, i la seva rehabilitació no és senzilla.

En el cas dels *shunts* dels banys, és molt difícil actuar en el propi conducte, però sempre és important descobrir si la connexió de la nostra peça al conducte principal és directa i enfrontada amb la del veí o bé connectada convenientment al conducte principal mitjançant un braç suficient.

La solució pot consistir a disposar una reixa amb laberint o absorbent interior, on el problema ara pot ser que afecti el tiratge.

En el cas dels patis de ventilació de les cuines i que sovint també il·luminen d'altres dependències, les seves parets nues transporten tots els sons sinovials de l'edifici, i la rehabilitació acústica és cara, perquè cal folrar les parets o revestir-les amb material absorbent acústic. Quan el conducte es troba obert a la intempèrie, el problema s'incrementa perquè cal disposar una solució que no es rebli amb l'aigua i no es podreixi.

En aquests patis, són molt aptes els ressonadors de cavitat amb acabat blanc, on les perforacions siguin de l'ordre del 20% de la superfície total. El problema d'aquests revestiments a l'hora de la rehabilitació de l'edifici és que la seva modulació no acostuma a coincidir amb les dimensions dels

patís (ni de les seves obertures i parts cegues), i que costa molt adaptar-los quan ja existeixen les esteses dels conductes i instal·lacions superficials ancorades a les seves parets (**fig. 6.33**).

6.5.6. Immissió de l'exterior

La immissió de sorolls exteriors sembla que és molt més preocupant per als usuaris dels edificis. En canvi, jo crec que el seu protagonisme no és tan descarat com quan la immissió procedeix de l'interior.

En efecte, crec que la immissió de l'exterior té un caràcter de desinformació. En general, tret de casos particulars, no sabem qui és el que la origina. La molèstia ve deguda, sovint, per la inoperància dels estaments oficials.

Els aparells de finestra i les unitats exteriors dels sistemes partits o *splits* per a la climatització individualitzada dels despatxos trenquen la uniformitat de la composició arquitectònica de les façanes (**fig. 6.34**). Ara, a més a més del soroll del carrer, per la façana ens arriba el soroll d'aquests compressors veïns.

Com podem veure a la **figura 6.35** hi ha gent amb bones intencions que intenta apantallar-ho redirigint l'aire cap a dalt, d'altres hi posen un filtre acústic i d'altres no hi fan res.

Quant a la mobilitat, hem vist abans que els agents d'origen són asfalts o empedrats sorollosos, vehicles que no vénen controlats d'origen o amb un excés de producció sonora que genera aquesta molèstia. Però quasi sempre no té el caràcter informatiu, com en el cas del so provinent de l'interior de l'edifici, com hem vist a l'apartat anterior.

És cert que, en el cas del trànsit, aquest soroll té un problema afegit, i és que depèn de les intermitències del sistema semàforic.

A part dels sorolls dels vehicles, quina altra immissió hi ha provinent de l'exterior? Doncs, òbviament moltes, com la dels vols d'helicòpters,

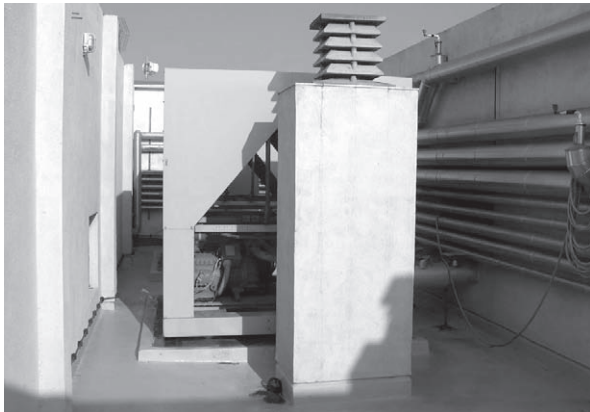


Fig. 6.31 Climatitzadors de l'Hotel Hesperia. Barcelona (fotografia de l'autor)

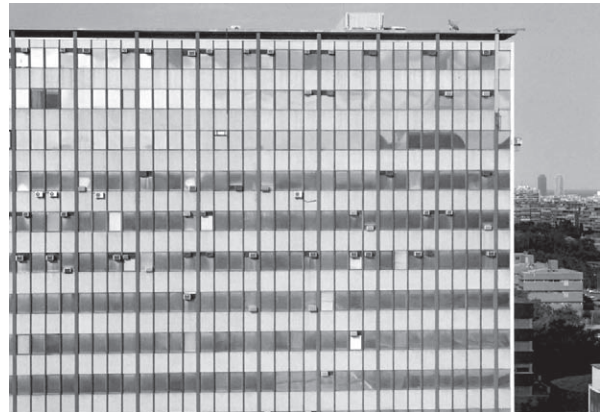
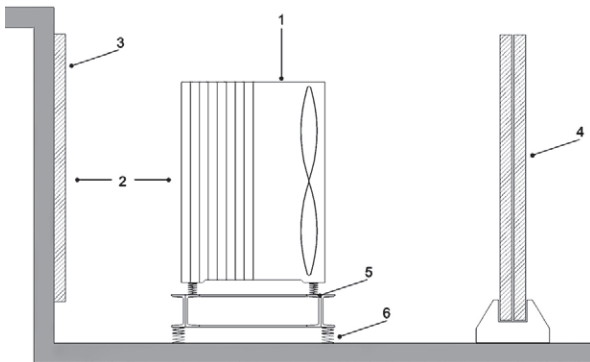


Fig. 6.34 Façana a ponent de l'ETSEIB (fotografia de l'autor)



1) Condensador 2) Separació de la paret 3) Absorbent a paret 4) Pantalla absorbent 5) Bancada inercial 6) Amortidors

Fig. 6.32 Pantalles absorbents a Cardedeu (dibuix de S. Velasco)



Fig. 6.35 Unitats exteriors apantallades, descobertes i amb filtre acústic. Via Augusta, Barcelona (fotografia de l'autor)



Fig. 6.33 Pati de llums i ventilació d'un edifici (fotografia de l'autor)

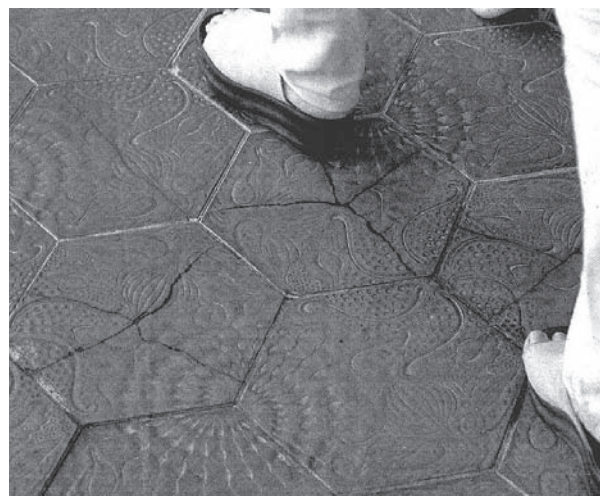


Fig. 6.36 Paviments del carrer que "canten" (font: diari)

sirenes d'ambulàncies, alguns tipus de comerç, activitats d'oci que es desenvolupin a les voreres, etc. Llavors, sí que les molèsties són ja informatives, com també ho són els sons produïts pel veïnat i que arriben a l'edifici a través de l'exterior i dels patis d'illa. És a dir, en tots aquests casos, són sons d'activitats com a molt concretes i que tenen un origen, una causa reconeguda. Fins i tot ens arriben els càntics dels panots trencats de les voreres dels carrers que veiem a la **figura 6.36**.

En alguns casos, el coneixement de l'origen pot semblar que siguin denunciabls, tot i que no sempre és així.⁶

Però també pot ser que la immissió sigui de sorolls simbòlics de la ciutat, com poden ser les campanes d'una església o d'una catedral, o bé esports, polítics o culturals, com ara un camp de futbol o una plaça de braus, etc. En aquests casos, hi ha uns símbols pel mig que poden pertorbar, i fer que la immissió no només sigui un tema de nivells sonors, sinó un tema psicològic o d'acceptació per part d'un determinat color social, polític, religiós, etc.

Per aquest motiu, fins i tot un element urbà, com ara un banc on les fustes cruixin o espeteguin quan algú s'hi asseu, pot ser molt insuportable per als que hi viuen davant.

Hi ha també altres elements del mobiliari urbà que produeixen sorolls negatius, com poden ser tots els contenidors de la brossa. Ja hem vist abans que, com que no són elements fixos del mobiliari urbà, la gent vol que es desplacin. Sobretot molesta el de vidre, amb el seu estrèpit en trencar-se més que no pas els plàstics i papers (que produeixen més amortiment). Però, de vegades, són les tapes del registre d'aquests contenidors de plàstics i papers les que fan que es produeixi una immissió cap als habitatges veïns.

Queden també els temes de les papereres i altres elements del mobiliari urbà, com poden ser els semàfors. De vegades (quan incorporen senyals sonors) poden ser també senyalitzacions de carrers, com ara direccions prohibides, stops o senzi-

llament cartells, que impacten pel vent.

Un altre tema també interessant a tenir en compte i a resoldre són els bàculs de les senyeres. Quan es mouen amb el vent, les cordes van donant cops contra els propis bàculs i produeixen uns sons característics, de fuetades o batecs, que poden arribar a ser positius o negatius en funció del ritme del vent i, sobretot, de l'estat d'ànim del receptor.

Tot això porta a reconsiderar les veus d'aquest mobiliari urbà i redissenyar-les en el cas que la seva producció no sigui acceptable.

Així com el so de la vegetació dins d'una ciutat és més aviat positiu, tot el que hi produeixi soroll, com ara els senyals de temperatura que van canviant amb cortinetes metàl·liques, i altres informacions no digitalitzades, poden ser considerats focus d'immissió que cal denunciar.

6.5.7 El receptor

En aquest cas, els receptors dins de l'edifici gairebé sempre són les persones, tret que l'edifici tingui uns micròfons receptors, com és el cas d'estudis de gravació, platós de televisió, etc.

Llavors, ens referim a uns receptors que actuen dins d'uns locals determinats, tot i que també podrien estar captant unes energies procedents de la resta de l'edifici.

El *feed-back* o retroalimentació

En el cas de locals amb micròfons, aquests receptors poden rebre una retroalimentació deguda a la sortida mitjançant altaveus. Aquesta sortida torna a entrar en els micròfons per reflexions indègudes en algun pany de paret o per amplificació excessiva en alguna de les freqüències fonamentals. En aquest cas, es produeix l'efecte 'Larsen' o de retroalimentació, i es comprova perquè els altaveus xiulen o s'acoblen fent '*mu*' o una nota greu. S'estableix llavors un circuit tancat entre el micròfon i l'altaveu, amb independència de l'emissor original (**fig. 6.37**).

No tots els receptors tenen les mateixes respostes; per tant, el que per a un receptor pot ser un so agradable, com ara el so de la persona que viu amb ell i que ronca, per a una altra persona de l'edifici aquell so no té per què ser agradable, sinó potser bastant desagradable.

En aquest cas, necessitarem uns aïllaments que separin els ambients on es produeixen les emissions, dels ambients on hi ha els receptors. En alguns casos, com veiem a dins de l'edifici, això pot ser en els dos sentits, és a dir, en un moment s'és el receptor i en un altre s'és, en canvi, l'emissor.

Què havíem dit del receptor? Que té un audiograma normalitzat de l'oïda i, per tant, sent una sèrie d'energies; a més, aquest receptor té una cultura, té una educació, i això fa que es manifesti d'acord o en desacord amb el tipus de sons. D'altres, en canvi, li són o no li són favorables.

La resposta o *feed-back* que donem els éssers humans a una immissió de soroll és la irritabilitat, la denúncia i, en casos extrems, l'agressió. Tots els diaris estan plens de notícies de manifestacions, talls de trànsit, cartells a les façanes, etc., que sovint són les úniques sortides que queden als usuaris davant la negligència dels estaments oficials per a limitar la contaminació sonora. Dissortadament, quan el que fa el soroll el tenim a l'abast de la mà i no ens fa cas, potser perdem el seny.

De totes les energies que arriben o es generen en l'edifici, l'energia sonora és aquella que més pot afectar-nos psicològicament, perquè es tracta de comunicació d'un senyal que pot portar a la incomunicació d'altres senyals. Per aquesta raó, hem d'intentar posar tot l'esforç a trobar vies de solucions sostenibles.

6.6 Conductes i instal·lacions

No hi ha dubte que un dels temes que obliga a anul·lar alguna de les veus negatives d'un edifici són aquelles veus que informen de l'activitat energètica d'aquest edifici o de l'activitat dels usuaris

de l'edifici.

Per tant, aquelles informacions que ens estan dient coses (de si estem fent servir aigua, de si hi ha degoteig, de si s'ha anat moltes o poques vegades al lavabo aquell vespre), cal que les tractem amb molta precaució. Hem d'emprar una cura exquisida perquè aquesta informació òbviament està dient al receptor qui ha fet aquell so i com ho ha fet. És a dir, encara que parlem d'energies, li està donant informació dels orígens de determinades fonts productores d'aquells sons.

Aquí hem de distingir una sèrie d'apartats referents a la conducció dels fluids (velocitat de circulació de l'aire i l'aigua) i la sortida d'aquests fluids.

6.6.1 La velocitat de circulació dels fluids a l'edifici

Aquest tema ja s'ha tractat en el camp del disseny, quan vam dir que hi ha unes velocitats de circulació que són les velocitats límit, on s'ha de mirar de no arribar.

Tot i així, ara ho tornarem a veure amb vista a la seva rehabilitació.

6.6.2 La velocitat a l'aigua sanitària

Si l'aigua és calenta i pot portar sals dissoltes, no ens interessa que la seva velocitat sigui excessivament baixa, perquè poden existir **sedimentacions** d'aquestes sals i, per tant, els problemes poden sorgir per una disminució de la secció eficaç d'aquell conducte.

Si agafem un fluid com l'aigua, com fer que la velocitat és redueixi? Potser venim d'un conducte de secció molt petita? La velocitat de circulació excessiva ens pot donar una remor i unes vibracions que es transmeten a l'edifici. Tant si és d'una manera com d'una altra, els conductes els hauríem d'aïllar respecte de l'obra de l'edifici, i això no és tan evident ni tan immediat.

Una altra problemàtica són els **cops d'ariet** que

ens puguin donar les aixetes perquè el tancament de la vàlvula es fa anar molt ràpid (o té massa pressió).

Els cops d'ariet en una instal·lació originen sorolls i vibracions en forma de sotragueigs, que generen unes veus molt molestes als diferents compartiments de l'edifici.

Per evitar aquest problema, s'han d'instal·lar compensadors del cop d'ariet al final dels ramals ascendents (**fig. 6.38**), que fan de molla absorbint aquelles turbulències que circulen per la pròpia aigua. Els apèndixs de secció més gran que sovint es col·loquen no són eficients perquè, a la llarga, acaben diluint l'aire que contenen en l'aigua de la instal·lació.

6.6.3 La velocitat de l'aire als conductes

Les velocitats de circulació en el cas de l'aire són d'uns pocs metres per segon, i si pugem a més de 7m/s ja en podem sentir perfectament la remor. Llavors, cal que els conductes disposin de llanes minerals a l'interior, protegides amb un vel o teixit de vidre, alumini, etc. A la **figura 6.39** veiem un exemple de la pèrdua del soroll en decibels per metre de conducte.

Si la velocitat de circulació en un conducte és excessiva, tenim maneres de fer que baixi interposant elements on hi ha variacions de volum en algun indret o bé bifurcacions. També podem pensar a substituir-ho per un altre conducte i distribuir de manera bicèfala, en comptes d'unificar-ho tot en el conducte anterior en què ens basàvem.

En cas que la **velocitat sigui massa baixa** a dins del conducte, potser hem de veure si no hi estem introduint massa elements que li produeixin una pèrdua de càrrega elevada.

Per tant, com hem vist, s'ha d'anar controlant tots aquests elements en el cas de conductes per on circulen els fluids i sobretot, atendre la seva velocitat de circulació, que no ha de ser ni excessivament alta ni excessivament baixa.

6.6.4 La caiguda de l'aigua, l'aixeta i el degoteig

Quan tenim un aparell per on surt o es recull l'aigua, pocs cops mirem la manera com sorgeix o li arriba. Sobretot, a la pica, li pot arribar l'aigua de manera tangencial, o fins i tot ortogonal. És evident que si l'aigua cau d'una manera ortogonal a la superfície d'aquest aparell, es produeix un so de volum bastant elevat.

Pel que fa a la caiguda de la gota, quan aquesta és molt tangencial a la paret lateral de la pica podem tenir un degoteig del qual pràcticament no ens adonem, a causa de la quasi absència del so.

El so informatiu del degoteig segurament serà apreciat com a negatiu. S'intenta fer desaparèixer perquè, en definitiva, ens està informant d'una pèrdua de l'aigua (**fig. 6.40**).

Si deixem aquest paràmetre i passem al següent, el de recollir i conduir l'aigua servida, estarem entrant en els temes del desguàs de l'edifici i de com la caiguda de l'aigua afecta l'edifici.

6.6.5 La xarxa de sanejament

En massa ocasions ens trobem amb xarxes de sanejament que produeixen sorolls, sobretot a peu de baixant, quan hi ha aquells colzes on canvia de vertical a horitzontal. Des d'aquest punt, l'aigua es redirigeix cap en algun altre indret, pilars, parets massisses o llocs per on es pugui després fer arribar aquell baixant fins al pàrquing o al soterrani existent a la part de sota de l'edifici.

En aquests casos, l'aigua que circula pel baixant ens està donant una informació òbviament molt negativa. El que és encara pitjor és el cop que es produeix en el colze que podem tenir just a la vertical del nostre despatx. Ja n'hem parlat abans en l'apartat d'immissió de l'interior.

Aquests canvis acostumen a succeir quan abandonem la tipologia d'habitatge (on hi ha una verticalitat respecte als baixants i es recullen quasi sempre

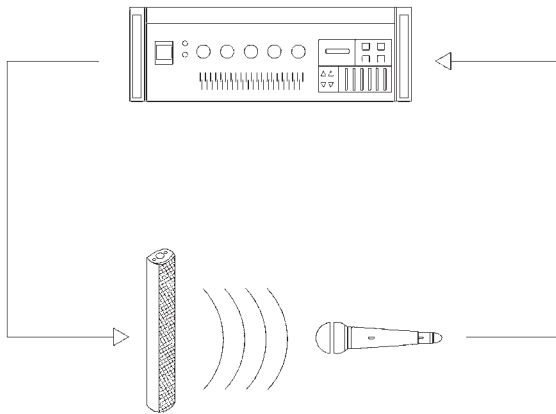


Fig. 6.37 Efecte Larsen o de retroalimentació micròfon-altaveu

| ACUSTICA EN INSTALACIONES DE CONDUCTOS | | | | | | |
|--|--------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| TIPO | ATENUACIÓN ACÚSTICA (dB/m) PARA (Hz) | | | | | |
| | 125 | 250 | 500 | 1.000 | 2.000 | 4.000 |
| CHAPA | 0,07 | 0,07 | 0,19 | 0,19 | 0,1 | 0,07 |
| CHAPA + VN 12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 1,28 | 2,8 | 3,2 |
| CHAPA + IBR.AL | 0,14 | 0,14 | 0,38 | 0,38 | 0,2 | 0,14 |
| CLIMAVER* | 0,23 | 1,13 | 5 | 8,28 | 9,45 | 9,45 |
| CLIMAVER PLUS* | 0,14 | 0,92 | 3,58 | 3,78 | 3,19 | 1,92 |

(*) Según ensayos del CSIC Instituto de Acústica y norma ISO R 354.

Fig. 6.39 Taula de pèrdua de soroll per unitat de longitud de conducte (font: catàleg de Climaver)



| DIÀMETRE | A (alçada) | B (longitud) |
|----------------|---------------|-----------------|
| 25 mm (1") | 355 | 127 |
| 32 mm (1,1/4") | 355 | 127 |
| 40 mm (1,1/2") | 355 | 127 |
| 50 mm (2") | 406 | 140 |
| 65 mm (2,1/2") | 432 | 165 |
| 80 mm (3") | 432 | 165 |

Fig. 6.38 Compensadors d'ariet al final dels ramals ascendents.

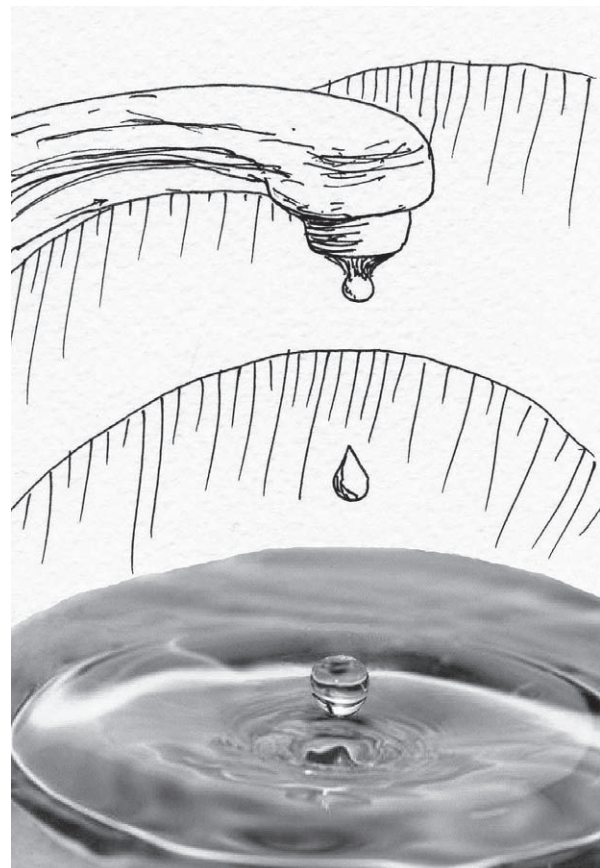


Fig. 6.40 El degoteig (composició de l'autor)

totes les peces humides per igual) i entrem en un ús totalment diferent, com és el d'oficina diàfana, ubicada a la planta entresòl o el de l'establiment comercial de planta baixa.

Ja sabem que els **falsos sostres** ens aïllen d'impactes provinents del pis superior quan la gent camina. En canvi, el seu aïllament al so aeri de l'impacte d'un fluid sobre un baixant és molt difícil i pràcticament insuficient amb l'escassa massa que presenta un fals sostre.

Les solucions per a aquest cas ja les coneixem. En principi, es tracta de no fer que ressonin els baixants o els conductes, que quedi apagat el so amb materials gruixuts i pesants com la fosa. Això ho deixa solucionat.

I, si no hi ha brides que eliminen la ressonància, també es poden interposar elements que esmorteixen aquesta vibració. Podem ajudar-ho amb un encamisat de llanes, suro, neoprè, butil o goma escuma d'algun tipus de densitat. En aquest cas, el que ens interessa no és tant revestir de llana de roca de baixa densitat (absorció del ressò) com fer algun tipus d'aportació de pes a fi d'amortir aquesta ressonància.

Després de tot això, es pot fer un calaix amb guix laminat. Aquest calaix serà aïllant respecte al recinte receptor sobretot si el fem separat elàsticament i el farcim de material absorbent, com pot ser la llana de roca o fibres de vidre de baixa densitat, o materials similars (**fig. 6.41**).

Hem vist que es poden trobar solucions en el cas dels colzes de baixants quan coincideixin dins una oficina o local silencios.

Un altre cas és el típic so de l'aire o '*glu, glu*' que fan els desguassos quan es buida la pica veïna o quan es fa la descàrrega d'un dels aparells connectats a la mateixa instal·lació. Aquí tot depèn de com es van cosint al tronc principal les diferents branques que recullen els desguassos dels aparells. Val la pena descobrir aquest punt de connexions en sèrie fins on es pugui. És convenient anar des

de cada aparell amb independència dels altres, fins arribar al baixant o bé ajuntar-se en un indret molt a prop del baixant.

És a dir, no hem de fer la suma de sèries, perquè l'aire no és independent d'un aparell a l'altre, sinó que al final es reuneixin tots en forma de 'y' en el punt de connexió amb la xarxa principal d'evacuació (**fig. 6.42**).

En altres indrets, el que es fa servir és un bot sifònic, és a dir, un sifó general per a local.

6.7 Millora del condicionament de l'edifici

Hi ha unes àrees comunes de l'edifici el condicionament de les quals cal tenir en compte. Després veurem que les àrees particulars seran objecte de condicionament específic dins el capítol de locals.

Els vestíbuls, les sales de màquines, els conductes d'ascensors, les escales, etc., totes aquestes àrees que pertanyen a la comunitat de l'edifici haurien de tenir uns tractaments de condicionament acústic. Això ajuda a l'aïllament dins de l'edifici.

Ja hem comentat abans que, des del projecte, cal introduir els tractaments d'aquests espais. I si no s'ha produït així, és ara quan s'han de fer.

Alguns casos són fàcils de reintroduir, perquè es tracta de posar algun tipus de moqueta, catifa o petit element penjat.

Hi ha cert moment en el qual algú ha de definir i decidir quin mobiliari és el que es posa en els indrets comunitaris. És llavors que cal pensar en l'aspecte acústic i evitar els rebedors i *halls* reverberants com ho va fer l'arquitecte Moragas al *hall* de la **figura 6.43**.

El mateix podem dir també respecte a l'aïllament acústic aeri o al tractament acústic antivibratori. Hi ha producció de sorolls des d'aquestes activitats, des de les maquinàries, des de les escales (quan puguen o baixen els usuaris), etc.

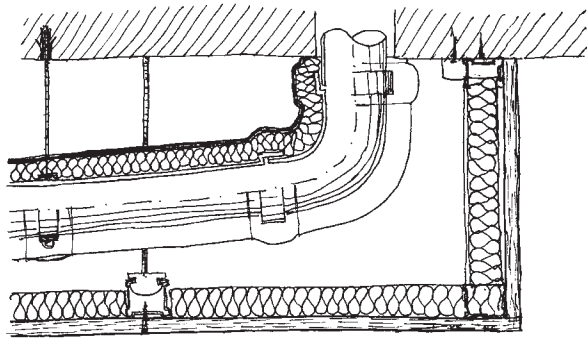


Fig. 6.41 Tractament d'un col·lector i peu d'un baixant (dibuix de l'autor)

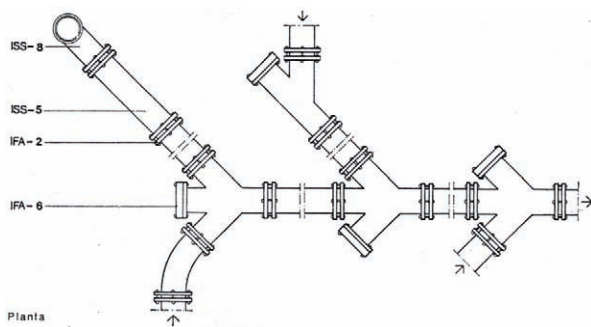


Fig. 6.42 Connexions de col·lectors horitzontals (font: NTE)



Fig. 6.44 Hall de la Maison de la Musique, de Portzamparc a París (fotografia de l'autor)

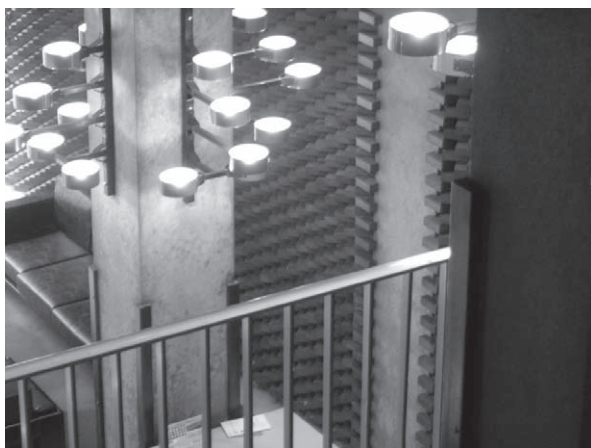


Fig. 6.43 Hall absorbent de Moragas (fotografia de l'autor)

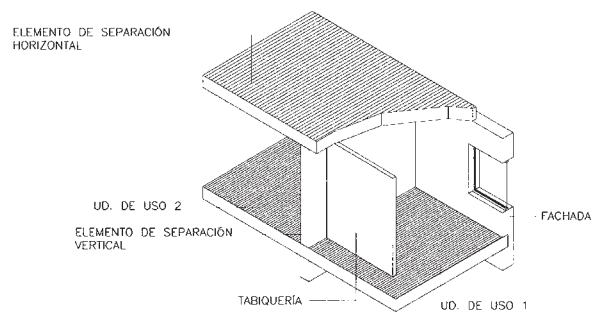


Fig. 6.45 Elements divisoris de dos recintes (font: esborrany del DB HR del codi tècnic de l'edificació)

Els entapissats de les parets, els emmoquetats dels sostres o terres, la presència de cortines i mobiliari absorbent ens poden ajudar moltíssim a resoldre la reverberació del rebedor i els distribuïdors de l'edifici, però les escales i sales de màquines requereixen un estudi específic cas a cas.

Sorprèn trobar edificis nous, amb un ús d'alta especialització acústica, com ara la Maison de la Musique a Paris, de l'arquitecte Portzamparc, els *halls* de la qual reverberen descontroladament i demanen urgentment un tractament de correcció sonora. Sortosament, com es veu a la **figura 6.44**, les funcions interiors, com ara el museu dels instruments musicals, queden tancades d'aquest espai per finestres suficientment aïllants.

6.8 Avaluació

Tenim diferents mètodes de càlcul per avaluar l'aïllament i el condicionament acústic de l'edifici. Sembla que, amb els nous sistemes de simulació que el nou Codi Tècnic de l'Edificació implanta (**fig. 6.45**), disposarem d'unes eines per veure si en principi són suficients o no les mesures de seguretat que estem aplicant a l'hora d'aïllar certes funcions entre si.

Segurament en certs casos hem d'anar a buscar una tècnica de comprovació, com l'amidament intensimètric *in situ*, per veure si aquells problemes que tenim provenen del projecte, d'una construcció deficient de l'edifici o d'una instal·lació en desacord amb el nostre projecte.

No sempre els materials ens donen les mateixes prestacions al laboratori que en obra. Ja hem esmentat que al laboratori tenim molts més recursos per delimitar el problema de l'aïllament. En obra, en canvi, ens apareixen les transmissions indirectes, a més d'altres deficiències de debilitament del divisor durant el moment de construcció o com a conseqüència d'instal·lacions realitzades posteriorment.

En aquest cas, aquest estudi vectorial de la intensimetria sonora ens pot permetre saber si cada element que intervé en l'aïllament entre funcions participa o no en la transmissió d'energia a l'altre costat del tancament. Si aquella presència d'energia és il·lògica i alta, això vol dir que tenim un pont acústic i que ens està transparentant més energia de la que hauríem de permetre.

Caldrà abaratir el procés, però ja veiem que amb aquest sistema podem comprovar la part que actua de pont acústic.

Pel que fa als edificis i a l'exterior, també podem fer avaluacions mitjançant sistemes d'ultrasons si disposem l'edifici en una escala molt gran, com ara d'1:5.000 o 1:10.000, etc. Podem simular què és el que succeeix des del punt de vista de la carretera, el carrer o la gran escala de l'edifici. Això cal fer-ho en un laboratori amb sales de grans dimensions, mitjançant un procés d'ultrasons. Hi ha un canvi d'escala, però és evident que en algun moment ens interessa tenir-ho en compte, i especialment quan estem treballant el tema de sorolls en l'urbanisme, o des de l'ordenació del territori.

¹ Aquesta distribució lògica de funcions s'ha estudiat al capítol sobre l'edifici, del llibre d'aquest autor destinat al disseny.

² Aquest autor va participar a la fase de la direcció d'obra, amb l'arquitecte Escudé Muncunill.

³ En breu s'aprova el DB HR del CTE que la substitueix.

⁴A vegades, fins i tot encara que tinguem un passadís intermedi, des d'una habitació o des d'una cambra se sent perfectament el televisor o l'equip de música instal·lat a la sala d'estar, tot i que aquest estigui bastant lluny.

⁵El retorn es realitza per un conducte vertical disposat dins el bany amb la reixa inferior abocada a la sala d'estar i la part superior connectada al retorn de la unitat evaporadora situada sobre el bany. L'autor és l'arquitecte Fabregat.

⁶Aquest és el cas d'una denúncia que es va fer en una escola. Dins d'un pati d'illa de l'Eixample, hi havia el pati de jocs dels nens d'aquella escola. Unes oficines veïnes van presentar-hi una denúncia, que es basava en l'Ordenança tipus del medi ambient de l'Ajuntament de Barcelona. Argumentaven que els crits dels nens eren sons impulsius, per la qual cosa, segons l'Ordenança, hi havia una penalització més elevada que no pas si haguessin estat sons continus. Per tant, cal anar amb compte amb el tipus de classificació que el tècnic acústic faci de les activitats no de màquines o vehicles, sinó dels propis humans.

7. Paràmetres i tècniques de rehabilitació acústica dels locals, el mobiliari i els electrodomèstics

Al capítol de la rehabilitació acústica d'edificis hem vist que l'usuari és fonamental per mantenir el compromís de convivència amb els altres usuaris, sobretot perquè com a emissor i receptor afecta uns aïllaments sovint molt limitats entre i dins dels habitatges.

Ara, dins un local, aquest usuari tant pot patir una acústica reverberant com haver d'escoltar el que passa al local veí.

Alhora, normalment es pensa que la rehabilitació acústica dels locals està molt vinculada amb el sentiment de confort dels seus usuaris, però sovint s'oblida el dels intèrprets.

Res ha canviat. Continuem trobant-nos amb el fet que en aquest llibre d'acústica el lector pot ser el veritable protagonista. I quan el protagonista arriba al moment àlgid, a l'instant de màxima atenció, és quan es troba dins el local, dins l'espai, amb els mobles i electrodomèstics que l'acompanyen en aquest escenari on viu.

7.1 De l'escala 1:50 al detall a escala natural

Parlem, en primer lloc, de l'audició des de l'escala 1:50 fins arribar al detall a escala 1:1.

És evident que, en parlar de l'acústica als locals, el que ens interessa per a la rehabilitació és anar-nos apropant a la realitat del detall constructiu que cal realitzar en el nostre cas concret.

7.1.1 L'escala 1:50

En primer lloc, ens hem de plantejar el local amb tota la seva complexitat, amb tota la sèrie d'elements divisoris que hi intervenen fent de separació respecte a veïns i altres dependències nostres, com també poden ser els ambients exteriors, i això ens pot portar a una problemàtica diferent de cada detall.

Hem de començar pensant com intervenen en aquesta escala 1:50 els elements complexos que existeixen a la **cadena de transmissió del senyal sonor**.

El mateix succeeix a la **cadena de supressió d'aquesta transmissió**, i això fa que una sala de lectura o un auditori tinguin uns paràmetres de posada en marxa molt diferents dels de l'aïllament dels equips o els aïllaments entre locals, o entre el local i l'exterior.

Així, les intervencions que cal anar plantejant varien en funció de les diferents escales.

Per exemple, l'**escala 1:50** permet anar treballant el local ja amb una concreció molt elevada pel que fa als plànols ortofònics (la seva disposició i el dibuix concret) i, en el cas dels sistemes de difusió, el seu disseny com a element arquitectònic (la forma, les proporcions i els volums).

Això és el que hem d'anar esbrinant, perquè cal poder arribar en aquesta concreció del detall, que va des de l'escala 1:20 fins a l'escala natural.

7.1.2 L'escala natural

En general, va molt bé exigir que ens facin una **mostra** d'aquest detall natural abans de construir-lo. En molts casos és imprescindible, atès que la despesa econòmica de l'execució material de tot el projecte és bastant elevada. A la **figura 7.1** en podem veure una mostra senzilla a escala natural.

La complexitat d'un detall constructiu ens pot portar a considerar que és necessari fins i tot concretar no tan sols les solucions acústiques, sinó especialment les constructives i materials, i també els seus sistemes de subjecció més oportuns i la fiabilitat que després podrem obtenir pel que fa a la posada en obra (anivellació, estanqueïtat, etc.), com també per al seu manteniment (neteja, seguretat al foc, etc.).

Encara que l'element diacústic perdi les seves facultats (per exemple, neoprè que s'envelleixi), cal preveure que no es perdin mai les **facultats portants** del mètode constructiu (en cas de foc, es transmet el so però no cau el sostre) (**fig. 7.2**).

Per exemple, quan s'implantin en obra, ens han de permetre tenir els plànols ortofònics exactament a l'indret que havíem previst en el projecte, a la maqueta a escala (si l'hem realitzat) o ordinador (amb un programa de simulació oportú o de localització dels plànols, a fi d'obtenir una bona distribució sonora en el recinte).

Tot això configura aquestes diverses aproximacions a la realitat que es concreten amb aquesta mostra necessària a escala natural. En ella, els constructors i els diferents industrials que hi intervenen ens ensenyen com ho resoldran a l'obra. Nosaltres ara podem reaccionar oferint **noves alternatives** que millorin el procés de construcció o bé atenent les seves demandes de substitucions o variacions que en alguns moments ens plantegin.

Cal tenir molta cura perquè no es tracta de canviar tan sols uns colors, sinó també textures o fins i tot qualitats d'alguns dels materials que teníem previst instal·lar-hi.

Per tot això, en aquest capítol arribem a la concreció real. És ara quan s'està a punt d'executar l'obra amb els estudis més propers a l'usuari i al bon rendiment del recinte, tant des del punt de vista arquitectònic com acústic.

Com que estem parlant de rehabilitació, és obvi que o bé l'antic local no ens funcionava, o bé estem atenent unes noves demandes, que són les que ara s'han d'anar satisfent fins arribar en aquests detalls.

7.2 Esquema bàsic de la rehabilitació acústica de locals

Per rehabilitar locals, l'esquema és similar al que cal fer servir en els edificis, però en aquest cas la rehabilitació ateny una **complexitat individualitzada**, ja que no ens hem d'afrontar amb uns equipaments i amb unes instal·lacions comunitàries sinó tan sols les qüestions intrínseques de cada recinte.

Per tant, ja podem obviar la problemàtica de la gran escala i passar a la de l'escala petita.

7.2.1 Locals normals

Aquest esquema bàsic passa per atendre quin són els **paràmetres acústics** que hem de tenir en compte, veure com generarem i repartirem el so en el recinte, i quins seran els millors mitjans per a fer aquesta rehabilitació sonora en els locals usuals.

7.2.2 Locals especials

Quan aquests locals són unes sales d'activitats acústiques específiques, com ara auditoris, discoteques i pubs musicals, és molt probable que amb els mitjans normals per fer la rehabilitació no en tinguem prou i necessitem uns **mitjans més especialitzats**.

Aquest també és el cas de les **transmissions dels senyals**, que han de ser **d'altíssima qualitat** a les

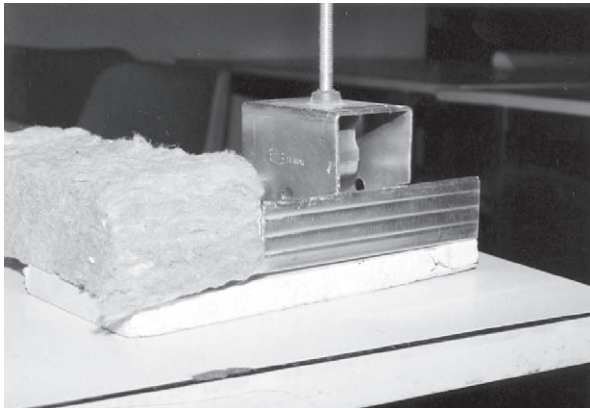
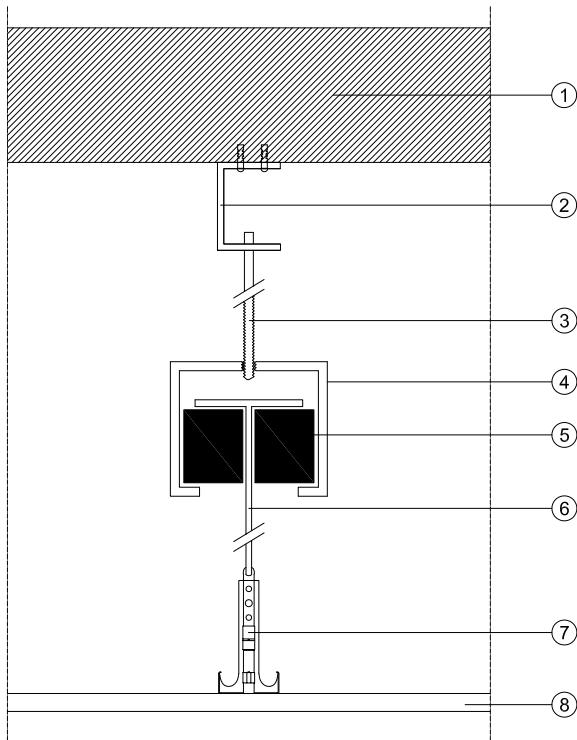


Fig. 7.1 Mostra real de la subjecció elàstica de la primera capa d'un fals sostre (fotografia de l'autor)



1. Sostre
2. Peça d'unió al sostre
3. Tija
4. Cos exterior de l'aïllador
5. Aïllament de neoprè
6. Compressor de l'aïllador
7. Element regulable
8. Fals sostre

Fig. 7.2 Esquema d'un sistema de subjecció elàstica de fals sostre (dibuix d'E. Crespo)

| Tipus d'edifici | Local | Nivell L_{eq} màx. d'immissió recomanat en dBA | |
|----------------------------|-------------------------|--|------------------------|
| | | Durant el dia (8-22 h) | Durant la nit (22-8 h) |
| Residencial privat | Estances | 45 | 40 |
| | Dormitoris | 40 | 30 |
| | Serveis | 50 | - |
| | Zones comunes | 50 | - |
| Residencial públic | Zones d'estada | 45 | 30 |
| | Dormitoris | 40 | - |
| | Serveis | 50 | - |
| | Zones comunes | 50 | - |
| Administratiu i d'oficines | Despatxos professionals | 40 | - |
| | Oficines | 45 | - |
| | Zones comunes | 50 | - |
| Sanitari | Zones d'estada | 45 | - |
| | Dormitoris | 30 | 25 |
| | Zones comunes | 50 | - |
| Docent | Aules | 40 | - |
| | Sala de lectura | 35 | - |
| | Zones comunes | 50 | - |

Fig. 7.3 Nivells sonors continus equivalents (L_{eq} , d'immissió de soroll aeri, que es recomana no sobrepassar als locals (font NBE/CA-88)

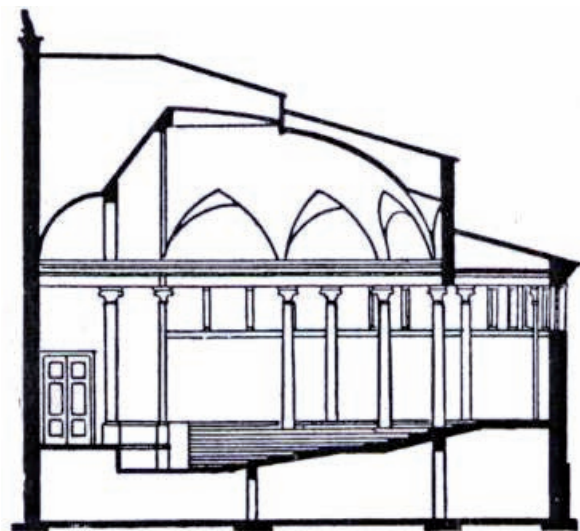


Fig. 7.4 Secció de la sala de graus de Harvard abans de la correcció de W. C. Sabine (font: W. C. Sabine)

sales d'òpera i sales de concerts. Però això també pot succeir a sales de graus i de lectura d'alt nivell.

Òbviament, en aquestes sales especials, si no desitgem que hi hagi alteracions d'aquesta comunicació, ens trobem en el cas que volem impedir la transmissió de determinats missatges. Llavors, els **sistemes d'aïllament** que s'han d'emprar en els tancaments i les fonts internes hauran de ser molt estudiats, a fi d'obtenir uns bons resultats en uns recintes amb **zones de restricció** extremes.

7.3 Els paràmetres de confort acústic

Aquests ingredients de l'esquema bàsic són, en primer lloc, els que fan referència al soroll aeri i d'impacte, però també els que fan referència a la reverberació, a les vibracions, a les focalitzacions, als ecos, etc.

7.3.1 Paràmetres de confort al so aeri

Pel que fa al **so aeri**, algunes normatives ens indiquen (**figura 7.3**, corresponent a la norma NBE/CA-88) i d'altres exigeixen (Llei del soroll de la Generalitat de Catalunya i Normatives locals sobre immissions) quin és el màxim nivell d'inmissió que podem rebre en els nostres locals. Això és important sobretot en els locals de descans, com ara els dormitoris, i també en els locals especials, com els teatres d'òpera i els auditoris. Hi ha d'altres indicacions o exigències també a les normatives d'àmbit autonòmic, comarcal o local pel que fa a aquests locals on dormim, especialment en el cas de dormitoris de centres hospitalaris, on la gent està convalescent.

En cada cas, caldrà atendre si hi ha normativa específica per a la funció principal.

7.3.2 Reverberació

La reverberació és un dels fenòmens que sembla que pot generar més molèsties en els recintes. Si més no, acostuma a preocupar molt els usuaris i

propietaris dels locals, tot i que no és l'únic paràmetre perquè, com veurem, n'hi ha d'altres a corregir tant o més importants que el de la reverberació.

Per això l'excés del ressò va ser el primer que va fer treballar els arquitectes, físics i enginyers a fi de corregir els defectes de la sala. Això es va aconseguir quan se li va encarregar a en Wallace C. Sabine que fes la correcció de la sala de graus de Harvard, representada a la **figura 7.4**. Potser ha estat el primer rehabilitador acústic de sales que ha treballat deixant els mètodes empírics, per passar a emprar els mètodes experimentals de caràcter científic.

Per tant, ha estat un tema de rehabilitació acústica el que ha permès assolir la gran exquisitesa de formulacions i mètodes actuals per al control de la reverberació dels locals.

Abans, i encara ara en algunes ocasions, la manera usual de corregir els locals era anar fent proves. Sobretot el mètode més emprat era anar augmentant l'absorció a base d'afegir-hi cortinatges, entapissats, catifes, draps i fins i tot cordes, és a dir, a base de treballar amb l'augment d'absorció porosa (**fig. 7.5**). En molt pocs casos, es tractava amb una visió general la integració de tots els **acabats** conjuntament amb la **forma** i les **proporcions** dels recintes.

Per tant, aquells conceptes sobre la **forma** que, com hem comentat, intervenen amb gran importància sobre l'acústica, en principi haurien d'anteposar-se als criteris d'elecció de materials de correcció acústica, que sovint empen exclusivament alguns interioristes.

Quan ja tinguem concretades les **proporcions**, podrem passar a les **dimensions** dels recintes. I quan tinguem acotats els seus prisats, la presència o no de superfícies focalitzants, la presència o no de superfícies difusores, i especialment quan tinguem en compte quins són tots els temes vinculats a la geometria del local, llavors podrem passar al capítol de la reverberació des de tan sols l'aspecte dels **materials**.

Defectes de reverberació

Ara no tractarem encara la correcció dels defectes de reverberació dels recintes, sinó que tan sols exposarem quins són aquests **defectes de reverberació**.

Hi ha tres defectes de reverberació en un recinte: *a)* que no s'aconsegueixi el temps de reverberació per excés, és a dir, la sala és **excessivament reverberant** i, per tant, el missatge es fa intel·ligible; *b)* per defecte, la sala és **excessivament seca** i, per tant, té una absorció superior a la que hi hauria d'haver, i *c)* que la reverberació estigui distribuïda de manera desigual en el recinte. És a dir, una **reverberació no uniforme** a les diferents localitats de la sala.

a) Sala reverberant

La reverberació excessiva requereix, en primer lloc, pensar si la intel·ligibilitat (pel que fa al missatge oral) del local pot augmentar, i si pot millorar l'audició de la música (passant d'unes representacions romàntiques de música i òperes a altres tipus).

Veiem que no sempre podem augmentar el material absorbent perquè en alguns locals, com ara una catedral, és pràcticament impossible. El que cal és buscar altres recursos, com ara sistemes absorbents a base de jugar amb la pròpia pedra, jugar amb els ornaments fent ressonadors de cavitat, disposar ressonadors de membrana, etc. (**fig. 7.6**). És a dir, cal cercar unes solucions que no són les del vestit tradicional, no són les del material absorbent amb el qual ens pensem que n'hi ha prou per a qualsevol sala. Però, com veiem, en el cas d'una església monumental o una catedral això no és factible, perquè no podem vestir la pedra amb qualsevol material o sistema absorbent.

Cal deixar sempre vista aquesta pedra?

La reverberació l'hem de tenir controlada però alhora les solucions ens han de deixar la sala amb la seva noblesa, conservant aquell estil. Pel que fa

als centres de culte, és difícil conservar la pedra i alhora tenir absorció acústica. En continuarem parlant en el capítol de resolucions.

Hi ha qui fa servir sistemes electroacústics per a la correcció de locals on la reverberació és elevada, a fi de fer-se audible i augmentar la intel·ligibilitat. Sobretot les catedrals i les esglésies disposen uns altaveus d'emissió cilíndrica. De fet, no és un sistema de correcció, sinó que és un sistema d'ajut.

b) Sala sorda

Pot ser fàcil augmentar la reverberació en un local excessivament sord, encara que no sempre és a l'abast. Per exemple, en el cas d'un restaurant on hi ha una reverberació excessivament seca, els comensals entenen perfectament les converses de les taules del costat. En aquest cas, la reverberació tan baixa no és positiva i el que cal és disposar uns **plànols reflectors** per augmentar la reflexió i, per tant, la reverberació (**fig. 7.7**). Si això no es pot fer, no hi ha més remei que disposar un fil musical, és a dir, un so de fons (perfum sonor) que serveixi per emmascarar les converses.

Si la reverberació és molt curta, sembla que les solucions per augmentar-la siguin fàcils, però no sempre és així. No sempre podem disposar plànols per a fer reflexió o per a augmentar la intimitat de la sala o per a fer que els músics se sentin entre ells sense tanta sequedat.

En alguns casos, es poden emprar sistemes de reverberació artificials, tot i que no acostumen a ser molt recomanables per a audiències de música simfònica en auditoris o per a l'audició de música i cant en teatres d'òpera. Sembla que la reverberació artificial tergiversa i varia la noblesa de l'acústica natural.

Però avui, en molts concerts amplificats, l'acústica es basa en sistemes de transmissió ubicats *in situ* (amb fil o sense fil), amb conversió de transductors, fins arribar a la distribució per altaveus.

Bé, potser el futur ja està fent que de mica en mica

anem aprenent a fer servir aquests mètodes. Al Palais Garnier (l'Òpera de París) ja hi ha un sistema d'altaveus per a donar sortida als cors, des del sostre del teatre (fig. 7.8). Hi havia un problema per a encabir-hi els cors propers a les espatlles de l'escenari, i per això es va fer servir una captació microfònica des d'una sala externa, que amplifica el so i el distribueix pels altaveus. Però això no convenç gens, perquè hi ha melòmans als quals no agraden aquestes solucions de transducció del so natural a artificial.

Tot i així, avui hem millorat molt l'**electroacústica**. Els transductors que actualment es fabriquen són d'una qualitat molt elevada. Hem superat tota l'era de l'alta fidelitat (HiFi) dels anys seixanta, i ara podem dir que aquest tema de la baixa reverberació el podem treballar amb els actuals sistemes electroacústics amb molt bons resultats.

c) Poca uniformitat de la reverberació

El fet que hi hagi algun lloc amb una reverberació superior als altres, tot i que el valor mitjà de reverberació d'aquell recinte ens doni quasi una situació òptima, és inacceptable en alguns casos. Si la dispersió és excessiva (20%) entre els màxims i els mínims, haurem de fer un control de la sala per eliminar aquests defectes i trobar uns valors més uniformes al llarg del recinte.

Aquest és un tema difícil de la rehabilitació, perquè ens obliga a determinar quins són els plans importants en aquest efecte.

Reverberació òptima

Interessa poder conèixer quina és la reverberació òptima per a cada tipus de recinte. Però això és un problema, atès que la reverberació ha de ser el paràmetre que ens permeti precisar la resposta bona o dolenta d'un recinte, però no l'únic.

En efecte, totes les teories actuals ens indiquen que no és l'únic paràmetre i, per tant, quan algú ens indica uns valors òptims del **temps de reverberació**, s'han d'agafar amb precaució, sense que

això sigui un absolut. A la **figura 7.9** s'inclouen els valors recomanats per la norma NBE/CA-88, per als diferents locals habitables de diversos tipus d'edificis.

7.3.3 Vibracions

Els recintes, igual que els edificis, poden estar sotmesos també a vibracions.

En el cas de l'edifici, hem vist que el que s'ha de fer és aïllar, des dels fonaments, l'arribada de les vibracions mitjançant talls isostàtics de l'estructura amb materials resilents. La vibració, ja sigui procedent de l'exterior o de l'interior (sobretot si nosaltres la generem), pot arribar a necessitar un sistema de tall molt efectiu en el nostre local.

El mateix passa respecte a la maquinària ubicada dins el nostre recinte, com per exemple si estem tractant un local de maquinàries d'ascensor o de clima. La vibració l'hem d'aïllar mitjançant una **caixa**, que en principi intentarà aïllar-nos del so-roll aeri, la qual ha de tancar les màquines sobre una **llosa flotant** i s'ha de disposar amb els seus **esmorteïdors** o **silent-blocks**. Els silent-blocks han d'estar calculats perquè no es produeixi ressonància a la freqüència fonamental de vibració d'aquesta nova estructura, que es podria transmetre a l'estructura general de l'edifici. És a dir, que en general, ens cal escollir uns elements amb una freqüència de ressonància molt baixa.

En el cas d'un local, sempre ens serveix una llosa flotant per a tota mena de vibracions, ja siguin les que arriben de l'exterior o del propi edifici. Si fem un local flotant, podem tenir un estudi de gravació perfectament aïllat de les vibracions. I si nosaltres hem de generar vibració sòlida, com ara en una discoteca, on podem produir un fort so aeri a freqüències baixes, cal anar amb compte de prescindir d'aquesta llosa flotant, atès que es pot excitar l'estructura de l'edifici.

Les vibracions es poden transmetre a d'altres indrets de l'edifici, fins i tot als edificis veïns. Si la rehabilitació és per a un **ús especial**, com ara de



Fig. 7.5 Antiga forma d'augment d'absorció porosa per cordes (fotografia de l'autor)

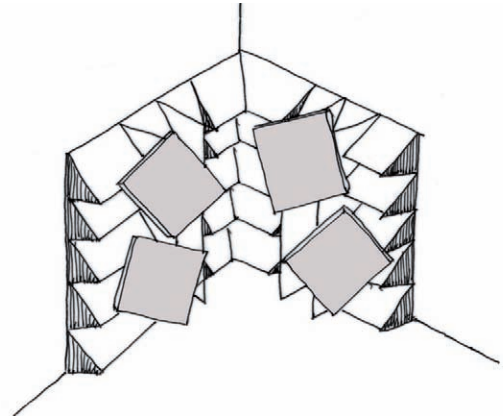


Fig. 7.7 Sala sorda amb plans reflectors (dibuix de l'autor)

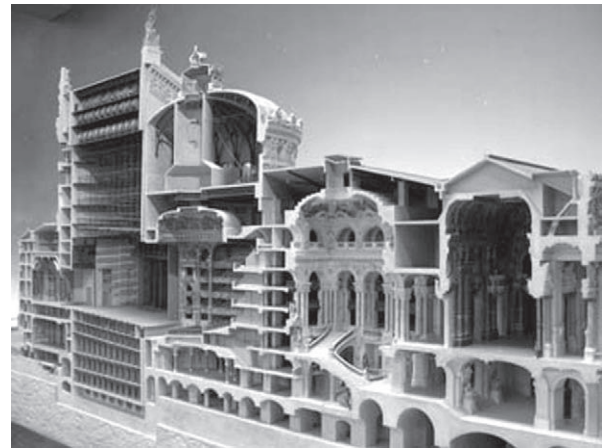
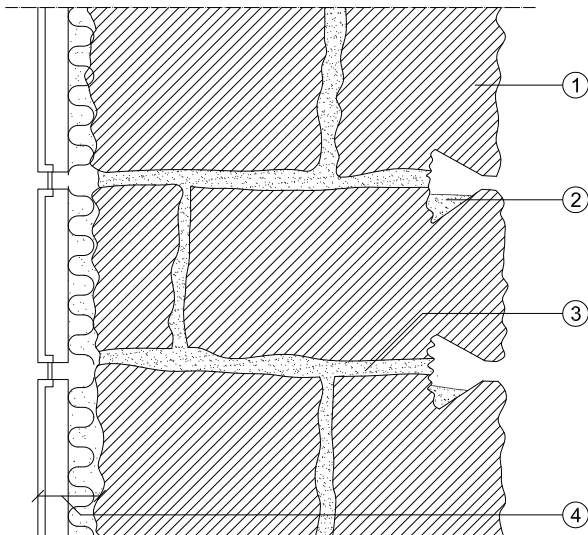


Fig. 7.8 Maqueta de la secció longitudinal de l'Òpera de París (Palais Garnier) existent al musée de la Musique de Paris (fotografia de l'autor)



1. Paret de pedra
2. Ressonadors de cavitat
3. Morter original
4. Ressonadors de membrana, de cavitat i/o porosos

Fig. 7.6 Sala reverberant: material absorbent/ressonadors de cavitat (esquema de l'autor)

| Tipus d'edifici | Local | Temps de reverberació recomanat, en segons |
|----------------------------|-------------------------|--|
| Residencial privat | Estances | $\leq 1,0$ |
| | Dormitoris | $\leq 1,0$ |
| | Serveis | $\leq 1,0$ |
| | Zones comunes | $\leq 1,5$ |
| Residencial públic | Zones d'estança | $\leq 1,0$ |
| | Dormitoris | $\leq 1,0$ |
| | Serveis | $\leq 1,0$ |
| | Zones comunes | $\leq 1,5$ |
| Administratiu i d'oficines | Despatxos professionals | $\leq 1,0$ |
| | Oficines | $\leq 1,0$ |
| | Zones comunes | $\leq 1,5$ |
| Sanitari | Zones d'estança | $0,8 \leq T \leq 1,5$ |
| | Dormitoris | $\leq 1,0$ |
| | Zones comunes | $1,5 \leq T \leq 2,0$ |
| Docent | Aules | $0,8 \leq T \leq 1,5$ |
| | Sala lectura | $0,8 \leq T \leq 1,5$ |
| | Zones comunes | $1,5 \leq T \leq 2,0$ |

Fig. 7.9 Temps de reverberació recomanats, en segons, per a diferents locals (font: NBE/CA-88)

discoteca, pub musical, estudi de gravació o platós d'enregistrament, etc., caldrà disposar una **caixa totalment hermètica** (totalment flotant), per no fer arribar les vibracions a la resta de l'edifici ni als edificis veïns.

Aquestes vibracions acostumen a ser de baixes freqüències. Per tant, en alguns casos se'n produeixen d'audibles i d'inaudibles. Les inaudibles acostumen a ser generades per determinades maquinàries pesades.

El que nosaltres acostumem a tenir són, doncs, vibracions sòlides i vibracions audibles generades per sons musicals de freqüències baixes, però no infrasoniques.

Anem entenent que tot el que es realitza en un local ha de ser dins uns paràmetres de confort, on fonamentalment hi ha unes limitacions al so aeri, la reverberació i les vibracions. Cal dir que els valors de limitació d'aquest darrer són els que han especificat les diferents normatives (**fig. 7.10**).

Això no obstant, cal anar amb compte ja actualment en l'habitatge, per que fa a la vibració que produeixen els equips musicals d'alta potència. En efecte, normalment tots els valors límit s'han fet per a la producció de vibracions de maquinària. Darrerament, fins i tot a l'habitatge ja comencen a introduir-se també vibracions musicals de baixes freqüències (freqüències audibles). L'oïda humana hi està acostumada perquè provenen d'instruments que porten la informació rítmica de la música (els baixos i els bombos).

7.4 El so en el recinte

La rehabilitació dels locals per al seu ús teatral, simfònic i operístic troba la dificultat de necessitar unes solucions projectuals i constructives basades en la seva major o menor adaptabilitat als requeriments funcionals (a vegades nous i sovint variats).

Això implica que, al contrari de l'obra nova, en

la rehabilitació trobarem determinats paràmetres difícilment assolibles en obra. Un exemple és el **volum per plaça**, que en certs teatres i auditoris presenta, abans de la rehabilitació, valors pròxims als 4 m³/ocupant, quan sabem que l'estàndard de confort en edifici de nova planta el situa en una mitjana superior al doble d'aquest valor, en el cas dels auditoris.

Per això, és necessari fixar els límits que les pròpies rehabilitacions han aconseguit optimitzar.

Com també cal fixar molts altres **paràmetres**, tant **objectius** com **subjectius**, en què se sustenta l'acústica òptima de les sales.

Com a conclusió d'aquests punts, l'aforament important que assisteix dia a dia en aquestes sales rehabilitades, i la primera magnitud de les representacions artístiques que s'hi desenvolupen, justifiquen per si soles la necessitat de continuar cercant en l'art, la ciència i la tècnica de tot el que intervé en el procés de comunicació dels éssers humans.

7.4.1 El so de l'aire lliure al local tancat

És molt important descobrir el que ha passat en un espai on, en tot cas, hi havia unes parets (recinte obert) i que, de cop i volta, es tanca (no només lateralment, sinó que s'hi incorpora un cobriment a nivell de coberta). Quan l'espai només disposa de tancaments laterals, el podem definir com una mena de **teatre grec** (aprofitant el pendent natural del terreny) o un **teatre romà** (fent ja veritable arquitectura). Quan l'hem de cobrir per unes exigències acústiques determinades estem en el cas de l'**odeó**, que és el local tancat dels romans per poder fer-hi representacions musicals.

Acústicament, passem d'una condició d'espai obert a una condició d'espai tancat.

Un espai obert l'hem de rehabilitar per a una problemàtica de **sorolls**, manca de **nivell** al final de la sala, etc. En canvi, un local tancat l'hem de rehabilitar per a uns **paràmetres de qualitat in-**

teriors, com poden ser un excés de reverberació, unes focalitzacions, unes tonalitats específiques degudes a les dimensions i proporcions que hem donat a la sala, etc.

Un exemple d'aquest procés de canvi va passar, precisament, en una discoteca que va néixer amb unes qualitats d'espai obert. Per tant, les ones i les vibracions importants acústiques que es generaven a l'interior no plantejaven cap problemàtica respecte a la resta de l'edifici, perquè era independent. El problema va consistir a adequar-se al seu entorn. A la **figura 7.11** es veu la discoteca Arqus des d'un càmping de 1a, situat a l'altre costat de la carretera. Això va implicar haver de fer un aïllament (**fig. 7.12**), en el qual després van començar uns problemes de reverberació i focalització interior (ja que té una forma semicilíndrica i el volum és realment important). A l'inici, tot estava pensat amb un material amb poc tractament acústic, tant d'aïllament com d'absorció, com era el plàstic amb què es tancava i s'acabava l'operació de cobriment.

Per tant, en el moment de rehabilitar, si passem d'una condició d'espai obert a espai tancat, és molt diferent el que obtenim al final. Cal anar amb molta cura sobre com hem obtingut aquell espai tancat, perquè segur que podem tenir problemes pel que fa al comportament acústic respecte a les condicions inicials.

7.4.2 Temps de reverberació

És el temps necessari perquè el senyal sonor disminueixi el seu volum, amb una magnitud de 60 decibels (T_{60} **normalitzat**).

No sempre el temps de reverberació que percebem a les diferents sales és el T_{60} , sinó que en alguns casos pot ser un temps superior, subjectiu, definit per altres paràmetres, com ara l'audició de música en directe. En els esdeveniments musicals actuals de la joventut, sobretot els amplificats, els nivells sonors poden arribar a ser de l'ordre de 110 decibels a baixes freqüències. Això prové des dels anys setanta amb la recerca que es fa del so, sobretot el

sòlid i les vibracions, que mouen les nostres parts del metabolisme.

Es genera així un ajut en la manera com entenem la música com a element de comunicació amb altres éssers humans.¹ Però això passa en aquestes baixes freqüències en les quals tot retruny, tot vibra. La reverberació pot ser, fins i tot, excessiva en un local que no tingui material ni sistemes absorbents, sobretot quan no s'hagi disposat res en el projecte per controlar aquest fenomen. Alhora, de retruc, també es pot afectar el veïnat.

En aquests casos, la rehabilitació de la reverberació és realment molt important. Com més baixes siguin les freqüències dels sons que es generin en el local, i com més elevat sigui el nivell sonor, pitjor ho tindrem per a controlar-ho.

Nivell elevat

Amb el temps de reverberació T_{60} potser no en tenim prou per controlar la reverberació a tots els locals i amb qualsevol nivell sonor. No és suficient baixar 60 dB per dir que la caiguda és normalitzada. Ens proporciona una manera d'entendre el que està passant al so d'un espai tipus, on a partir d'aquí tota la música està referida a aquesta dinàmica de 60 dB. Fixem-nos que si tenim un so de fons, posem per cas de 30 dB, en un auditori, aquesta dinàmica ens situa el nivell de l'orquestra sobre els 90 dB. Estem en aquest marge dels 60 dB, que està força bé.

Però, amb la música amplificada, això no és així. Vol dir que no ens podem refiar d'aquest temps de reverberació T_{60} i hem d'anar a un temps de reverberació subjectiu de més extensió, que és el que realment escoltarem quan estiguem en un concert amplificat en una sala semireverberant.

En una discoteca o en un concert amplificat hi ha un nivell sonor molt més elevat, que fins i tot pot estar en els 120 dB. Fins aquell nivell de fons de 30 dB hi ha una dinàmica de quasi 90 dB.²

Per tant, el temps de reverberació de la música

amplificada requeriria una normalització molt diferent que la caiguda de 60 dB.

Tot això comporta anar amb cura en el moment d'intentar rehabilitar un espai, perquè els temps de reverberació òptims no tenen per què subjectar-se només als diferents estils musicals. Ja sabem que un estil musical romàntic permet una reverberació més elevada.

Però cal anar amb compte perquè ara, amb les sales basades en so amplificat, el paràmetre de T_{60} ja no ens permet separar una sala d'una altra que tingui un ús molt diferent. Les orquestres simfòniques tenen uns volums sonors límit i aquests volums, òbviament, són molt difícils d'ultrapassar perquè cal disposar una gran quantitat d'instruments. Hauríem d'introduir el doble d'una secció per tenir 3 dB més a la sala i, en canvi, amb l'amplificació aquests decibels no depenen del nombre de músics sinó de l'amplificador, dels altaveus de l'equip i de la manera de fer la distribució d'altaveus.

Deixem aquest tema de la reverberació, en els casos de música amplificada, perquè cada espai s'ha d'estudiar en concret.

Distribució no uniforme

Una altra problemàtica que es pot presentar en el temps de reverberació d'una sala és que hi hagi grups de localitats amb un temps diferent. La manca d'uniformitat és negativa, perquè no ens permet actuar per corregir prou bé un excés o un defecte de la reverberació mitjana del local. A més, és molt difícil creure que pot existir un valor mitjà del temps de reverberació, si la dispersió de valors existents en les diferents localitats de la sala és molt gran.

Arribats en aquest punt, cal veure per què succeeix aquesta dispersió, i això vol dir cercar sistemes que permetin veure quins són els plans reflectors del recinte que intervenen més en els casos extrems. Això no és gens fàcil de fer, i encara és més difícil localitzar el perquè de les mancances. Si hi ha defecte per poca reverberació, s'ha de veure si

prové de la forma arquitectònica de la sala, de les proporcions, els prisats o els acabats, però segurament descobrirem que depèn d'una combinació de tots aquests aspectes alhora.

Intel·ligibilitat

Passem al control del temps de reverberació en sales d'oratori que tenien una deficiència greu quant a la seva acústica.

Aquest és el cas dels teatres i els aularis, on el temps de reverberació, escàs o excessiu, comporta que les paraules que s'hi executin no s'entenguin. Si els alumnes o les persones assistents no escolten prou bé aquella conferència, classe o representació teatral, caldrà rehabilitar-los cercant alguna de les solucions que s'exposen al capítol següent.

Trampes acústiques

Una trampa acústica és un mecanisme basat en uns forats, esclatxes o cavitats anomenades **boques** on pot entrar el so però no pas sortir-ne, atès que a dins hi ha disposats materials o solucions constructives absorbents acústicament.

Per exemple, l'espai lateral a la sala d'actes de l'ETSEIB que es va rehabilitar com a sala d'exposicions disposa d'una trampa acústica al fals sostre, d'acord amb l'esquema de la **figura 7.13**. D'aquesta forma, el so que es genera en el recinte i que rebota al terra i a les parets, quan arriba al sostre entra per la boca de la trampa acústica i queda absorbit. Així s'aconsegueix el control del temps de reverberació en aquest recinte tant llarg de 45 per 4,5 m, i 3,65 m d'alçària (volum 740 m³), amb 0,75 s en sala buida (sense ocupants) ni productes exposats (**fig. 7.14**).

7.4.3 El local tancat. L'aïllament, la difusió i l'absorció

Un local tancat de l'exterior ha de complir tres característiques:

- Ha d'estar **aïllat** de cara a l'exterior i òbviament

| Àrea | Valor màxim recomanat de K |
|-----------------------------|----------------------------|
| Àrea de repòs durant la nit | 0,1 |
| Àrea habitable | 5 |

Fig. 7.10 Taula de les vibracions límit recomanades
(font: NBE/CA-88)

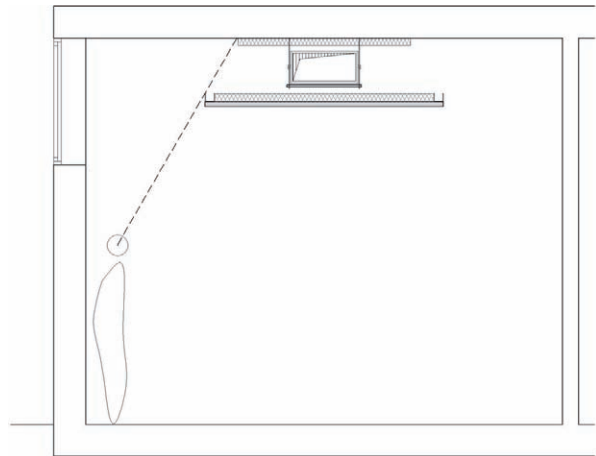


Fig. 7.13 Trampa acústica del fals sostre de l'ETSEIB
(dibuix d'E. Crespo)



Fig. 7.11 Vista de la discoteca Arqus des de l'altre costat
de la carretera (fotografia de l'autor)



Fig. 7.14 Passadís d'exposicions de l'ETSEIB
(fotografies de l'autor)

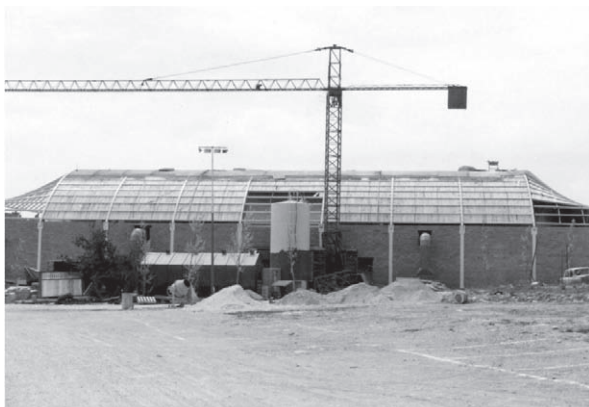


Fig. 7.12 Construcció de l'aïllament de la discoteca Arqus,
que en va canviar la reverberació i la focalització interior
(fotografia de l'autor)

també de la resta de l'edifici.

- La manera de repartir el so dins del recinte ha de ser **homogènia** i existir un equilibri en les diferents localitzacions del públic (platea i llotges). I, per tant, la **difusió** és un tema cabdal per assolir un control exhaustiu de les qualitats de l'acústica en el recinte. Això comporta disposar de plans i motlures reflectores on el que interessa és la forma com en surt el so seguint moltes direccions diferents de l'especular.

El tercer ingredient que cal tenir en compte és l'**absorció**, és a dir, on cal disposar els materials absorbents i amb quina capacitat absorbent han d'actuar, a fi d'aconseguir allò que havíem dit abans, que és el control de la reverberació.

L'aïllament

Si estem molestant des del nostre recinte o, encara pitjor, si ens molesten a nosaltres des dels altres, no podem fer una bona acústica interior sense haver resolt aquest problema, és a dir, hem de parlar de l'**aïllament acústic** dels locals.

Pel que fa a exemplificar l'aïllament acústic a local tancat, hem desenvolupat diverses actuacions, on precisament un dels problemes greus que calia resoldre era l'aïllament. En concret, es tractava de solucionar l'aïllament acústic respecte del veïnat en dos casos de rehabilitació d'edificis i locals.

L'activitat que es desenvolupa en aquests projectes és d'ús musical, per la qual cosa s'espera que el seus nivells sonors siguin relativament alts. No es tracta de discoteques, sinó de bars musicals o caves de jazz, ubicats en una situació urbana, que coexisteixen amb els habitatges veïns.

Per això, cal fer una caixa totalment hermètica de l'estructura existent d'aquells edificis (que, per altra part, ja estaven construïts).

És a dir, ens trobem que ja hi ha un edifici i hi hem de fer un gran aïllament de so aeri i vibracions, sobretot a baixes freqüències.

Si la rehabilitació és com d'obra nova, encara hi ha marge. Però quan la rehabilitació és per esmenar l'aïllament, perquè aquest ha sortit malament, realment la rehabilitació és molt preocupant pel que fa a la responsabilitat del segon tècnic acústic que hi intervé.

Per tal d'exemplificar l'aïllament acústic a local tancat, vegem les **figures 7.15 i 7.16**, on hi ha diferents detalls de l'obra.

La difusió

Un altre tema rellevant en el local tancat és la **difusió**. En general, un local amb difusió vol dir que el so arriba a tot arreu del recinte amb la mateixa magnitud.

Abans havíem dit que l'homogeneïtat era necessària per al temps de reverberació. Això també passa amb la difusió del so, que no només afecta la **reverberació** sinó que també afecta el **volum sonor**. És a dir, el nivell en què s'escoltarà des dels diferents llocs del recinte una orquestra o un grup amplificat depèn de la difusió dels tancaments laterals i del sostre (la difusió dels plans ocupats pel públic és quasi sempre la mateixa entre les sales).

Si no hi ha prou difusió, quines solucions tenim?

Les millors solucions de difusió són vestir el local basant-nos en un sistema de prisat dels plans. Això vol dir disposar elements volumètrics que entren o surten, fent relleus, i també recórrer a solucions més matemàtiques, com ara els difusors quadràtics. En general, cal fer servir grans superfícies que incorporin, per la seva volumetria, un trencament del so en diferents direccions de l'espai.

Sempre des de l'arquitectura, ens hem basat en solucions més unides a la forma arquitectònica, més harmòniques i més unitàries amb l'acabat de la pell interior del local. Però avui disposem d'unes solucions amb molt contacte amb la tecnologia actual, com poden ser aquests difusors quadràtics, l'eficàcia dels quals ja ha estat comprovada en molts recintes (**fig. 7.17**).

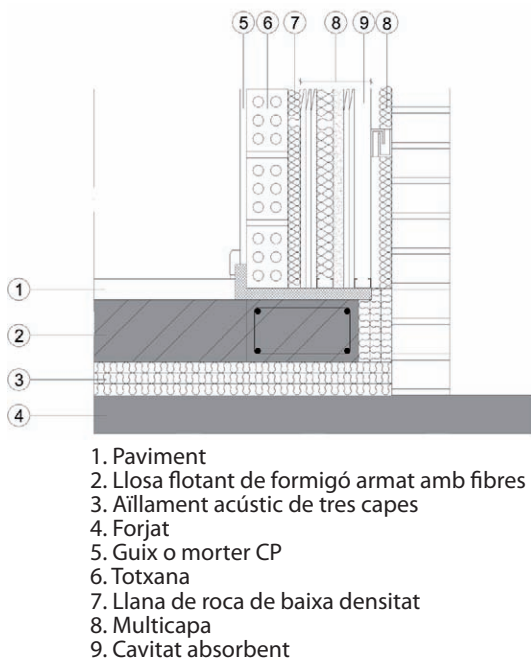


Fig. 7.15 Detall de l'aïllament acústic del bar musical Girona-10, Granollers (dibuix de W. Valdez)

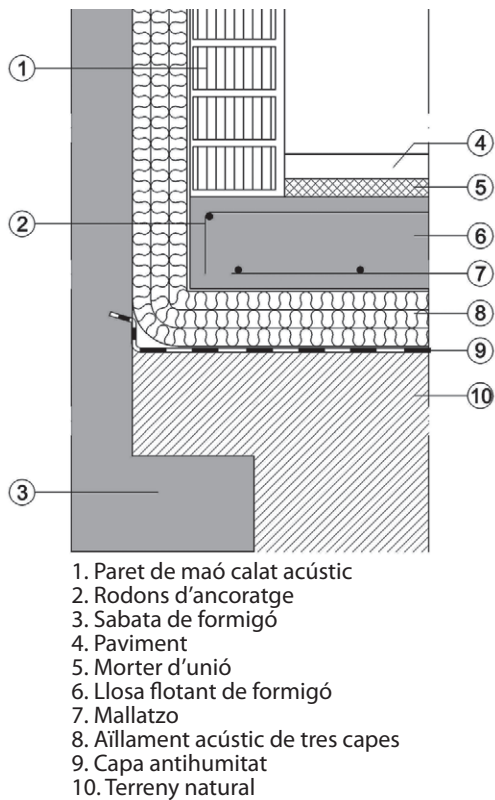


Fig. 7.16 Detall de l'aïllament acústic del bar musical Piano Blau, Girona (dibuix de W. Valdez)

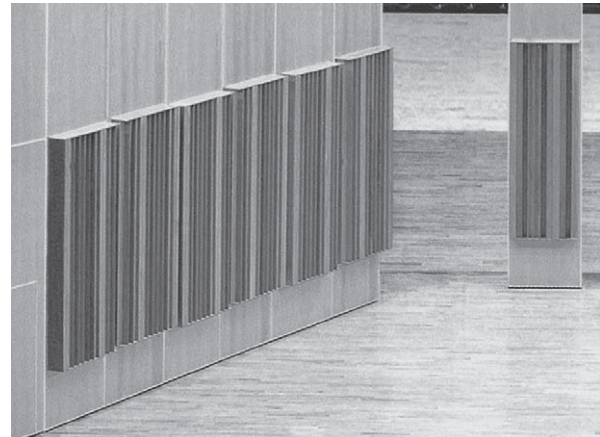


Fig. 7.17 Difusors quadràtics (font: Montajes TST, SL)



Fig. 7.18 Caixes absorbents que pengen del sostre del bar de la Fundació Miró, Barcelona. Arquitecte Jaume Freixa (dibuix de l'autor)

L'absorció

Parlar de l'**absorció** acústica vol dir distingir entre sala buida i sala plena, i també controlar uns sistemes absorbents, que no sempre és fàcil trobar on es disposen.

És clar que absorbir vol dir vestir, posar material, i aquest material ha de tenir un aspecte d'**acabat**, i aquest acabat pot ser que no ens agradi perquè sembli un fals sostre o unes caixes (bafles d'altaveus) que es penjen.

La solució de caixes absorbents de Jaume Freixa, emprades en la rehabilitació del bar de la Fundació Miró a Barcelona, crec que és un bon exemple d'integració entre la rehabilitació acústica i l'arquitectura (fig. 7.18).

Hi ha casos en què no es pot actuar a les parets. Llavors, no hi ha més remei que cercar solucions d'altaveus penjant, com en la rehabilitació de la discoteca Teatre de Mollet del Vallès (Barcelona), on aquest autor va controlar amb una tipologia específica de caixes absorbents l'**excés de reverberació** i unes **focalitzacions** originades pel disseny formal del local. A la **figura 7.19** es veu la planta del recinte i, a la **figura 7.20** les corbes de correcció del seu temps de reverberació.

Per tal de disposar els materials de l'absorció, les qüestions importants són: com fer el càlcul? Quin material utilitzarem? I on el disposarem?

Si podem **repartir** el material per tota la sala, tenim alguna garantia que l'absorció es pot resoldre a tota la sala per igual. Però, i si no ho podem fer? I si tan sols podem disposar tot el material concentrat en el mateix lloc?

Ara bé, si la producció sonora és molt forta en un indret determinat, per exemple a causa d'uns altaveus en una discoteca o pub musical, potser sí que convé **concentrar** l'absorbent prop d'ells (i dins el que s'anomena **radi crític**).

És a dir, hi ha casos on és més lògic també incre-

mentar l'absorció allà on més energia sonora pot arribar. El que és evident és que, en general, no es pot concentrar tot el material absorbent en una cantonada de la sala, de la mateixa manera que no concentrem tots els llums en un racó, perquè així no il·luminem uniformement la sala.

7.4.4 Camp directe i camp reverberant

En un espai tancat, el **radi crític** és aquella distància respecte de la font sonora en què s'igualen la **intensitat directa** amb la **intensitat difosa** del camp reverberant. La primera va disminuint respecte al quadrat de la distància que ens separa del focus sonor, com si fos una ona esfèrica:

$$I_d = \frac{W_a}{4\pi r^2}$$

La intensitat reverberant o de camp difós és la que s'estableix en el recinte a causa de la seva qualitat reverberant:

$$I_r = \frac{4W_a}{R}$$

Quan les dues intensitats s'igualen, tenim el **radi crític** i passem del camp directe al reverberant. En el radi crític, com que els dos camps se sumen, hi ha un increment de nivell de 3 dB respecte d'un dels dos (fig. 7.21).

Aquesta distància o radi crític és molt fàcil de trobar, perquè igualant les dues intensitats s'obté $r_c = 0,14 \sqrt{R}$, on R no és res més que la constant del local (relació entre l'àrea absorbent del recinte i el seu coeficient de reflexió mitjà):

$$R = \frac{S \cdot \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} = \frac{A}{1 - \bar{\alpha}}$$

Imaginem-nos un restaurant on la distància entre les taules és superior a aquest radi crític. És evident que els comensals estan parlant dins del camp reverberant, és a dir, tenen el soroll del recinte com a fons, i si és d'alt nivell no poden entendre les seves converses. A la **figura 7.22** veiem les diferents converses que s'estableixen en: a) una sala molt absorbent, b) una sala molt reflectant, i c) una sala equilibrada. Per entendre una conversa, s'ha

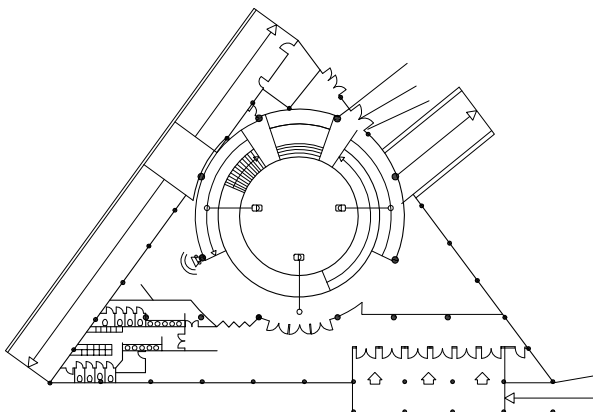
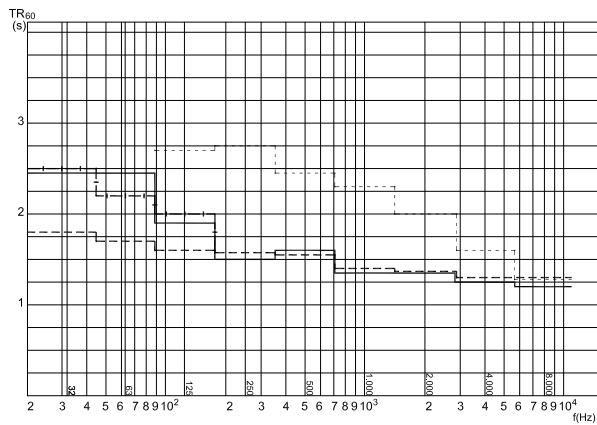


Fig. 7.19 Planta de la discoteca Teatre



- a) Amb material absorbent. Sala buida
- b) Ideal. Sala buida
- c) Ideal. Sala buida segons Beranek
- d) Sense material absorbent. Sala buida

Fig. 7.20 Corbes de correcció del temps de reverberació de la discoteca Teatre

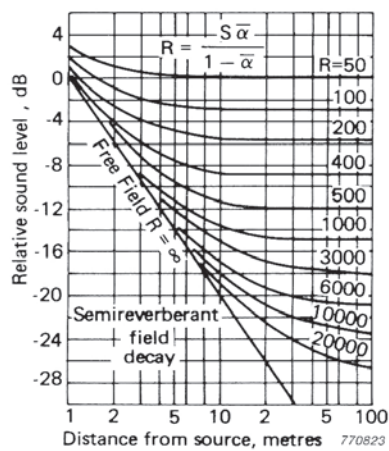
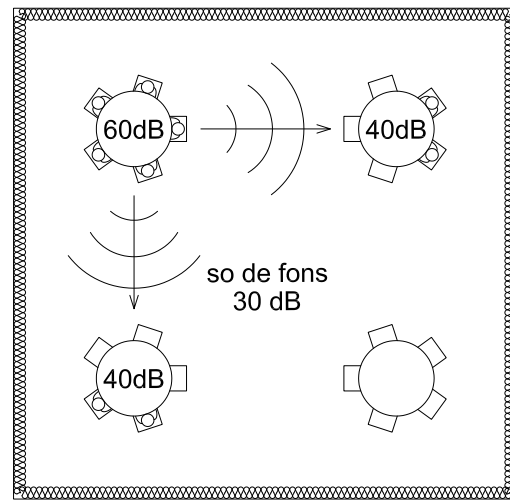
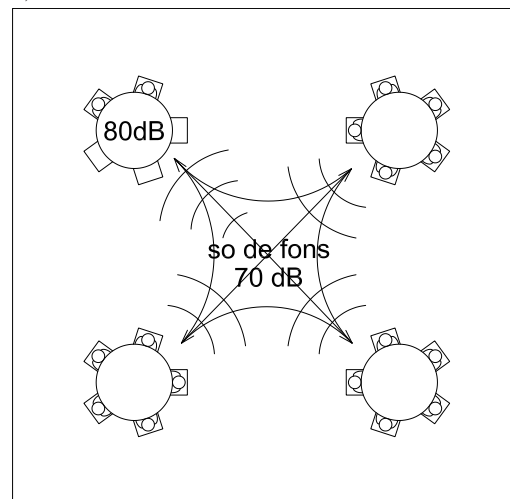


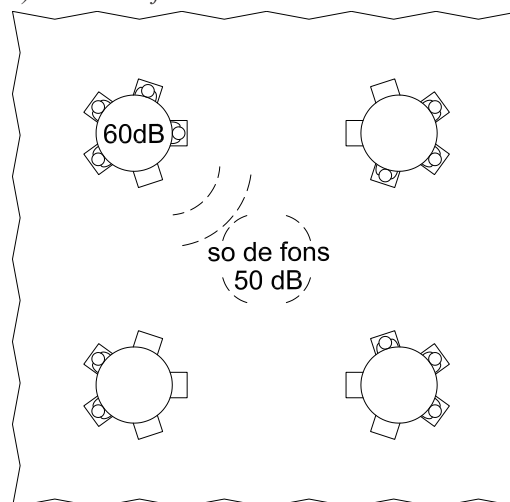
Fig. 7.21 Relació entre el camp directe i el camp reverberant (font: Brüel&Kjaer)



a) Sala molt absorbent



b) Sala molt reflectora



c) Sala equilibrada

Fig. 7.22 Nivells de fons en un restaurant (dibuix d'E. Crespo)

d'estar com a mínim a 10 dB per sobre del nivell de fons del local.

Si el nivell de fons és el seu nivell reverberant, això vol dir que per estar per sobre dels 10 dB hem d'estar asseguts a una distància bastant inferior al radi crític.

En un local molt reverberant, la recta de nivell de so reverberat del recinte se situa molt elevada a la gràfica de la **figura 7.21**, i això vol dir que queda menys joc per a les distàncies.

Com a conclusió, en un restaurant o bar reverberant, les taules han de ser més petites per poder entendre la conversa. Si volem atendre més comensals per taula, és a dir, tenir taules més grans, cal que el local sigui més absorbent (ho veurem amb més detall al capítol 8).

Com hem dit, tampoc no ens podem passar excessivament amb l'absorció, perquè llavors tot estaria influït tan sols pel camp directe i no hi hauria quasi cap so reverberat.

Sempre ens cal certa reverberació per afavorir la intimitat de la nostra conversa. Un ressò controlat pot generar un emmascarament que impedeixi que ens escoltin a les taules veïnes.³

Les focalitzacions i altres defectes de la sala

Òbviament, hem de fugir de les focalitzacions que es produeixen des d'un lloc cap a un altre. Cal cuidar molt la forma si tenim darrere nostre uns aplacats o uns materials excessivament durs que facin rebotar el so.

Anem amb compte perquè, en un restaurant, potser a la taula x ens estan entenent perfectament el que diem i... estem parlant d'ells precisament! Ja sabem que en les àrees de restauració es menja, però també es tanquen negocis i també hi ha moltes converses de les quals s'ha de poder mantenir la privacitat.

A la discoteca Arqus, a Roda de Berà, es va plan-

tejar resoldre la focalització disposant uns baffles absorbents penjats del sostre (**fig. 7.23**).

7.4.5 Rendibilitat de l'absorció

Un recinte molt reverberant presenta un coeficient d'absorció mitjà molt baix. Si amb la nostra rehabilitació l'incrementem, passem d'una reverberació molt alta a una de molt baixa. Obtenim el que s'anomena la **rendibilitat de l'absorció**.

Això afecta tant la intel·ligibilitat dins el nostre local com el soroll transmès a l'altre costat (cas de sala de màquines).

Quina és aquesta rendibilitat? La rendibilitat de l'absorció, pel que fa al nivell sonor, són els decibels per euro que estalviem de soroll. Si en un recinte tenim un nivell de soroll que ens dona el camp reverberant molt elevat, i el podem abaixar (fent que la constant de local sigui més alta), hauréem aconseguit millorar el joc dins del camp directe. Podem tenir una rendibilitat elevada i abaixar moltíssim el nivell en decibels del recinte, fent absorbents els tancaments del recinte.

Per exemple, tenim una habitació totalment nua, amb un coeficient d'absorció mitjà del 0,10 com a màxim, a causa de les parets i sostres enguixats, i al terra de terratzo. Si posem material absorbent a parets i sostres, podem obtenir a la freqüència de 500 Hz un coeficient d'absorció mitjà en el recinte de 0,9. La rendibilitat aproximada que nosaltres podem aconseguir en aquest cas s'obté multiplicant per 10 el logaritme de la R (constant de local) que tenia abans respecte a la que tenim ara (similar al logaritme de la divisió entre els coeficients d'absorció posterior respecte al coeficient d'absorció anterior). Estem quasi aconseguint 10 dB de millora del camp sonor, que és el màxim:

$$\Delta L = 10 \log (\alpha_2 / \alpha_1) = 10 \log (0,9 / 0,1) = 9 \text{ dB}$$

La baixada de nivell sonor en el recinte ha estat gràcies tan sols a modificar l'absorció, és a dir, a jugar amb els acabats sense aïllar cap màquina ni paret. Això vol dir que cada decibel que aconse-

guim rebaixar del nivell de camp reverberant tindrà un cost més baix que aïllant parets.

Una altra conseqüència, encara, si controlem el nivell sonor en el recinte i a més n'allunyem la màquina, és que aquella paret que abans estava rebent un nivell de soroll important ara en rep menys i, a més, ja no estem sotmesos al camp directe de la font.

El mateix ens pot passar, com hem dit, en un restaurant. El guany de baixar el nivell de camp reverberant és molt important a tots els efectes, no només pel que fa a la reverberació sinó, sobretot, per controlar el nivell sonor en el recinte.

Per això, la rendibilitat més important s'acostuma a necessitar en aquestes sales. És totalment imprescindible obtenir una absorció eficaç molt alta, a fi de no tenir un soroll excessiu a la sala, ni als seus límits.

7.4.6 Els paràmetres subjectius i objectius de la qualitat de les sales

Aquests paràmetres constitueixen un conjunt de compromisos als quals han arribat els arquitectes, els acústics, els músics, els directors d'orquestra i els melòmans entre ells.

Podríem dir que són les constants que defineixen si una sala permet la producció d'una música o d'unes conferències determinades, o bé l'activitat que s'hi faci ha de ser d'un altre estil. Hi ha llocs que permeten fer cants corals, però no músiques més barroques, i espais on, amb megafonia per a reforç de volum, es poden interpretar alguns tipus de manifestacions musicals i, en canvi, d'altres no es poden ni plantejar.

Els paràmetres que ara analitzarem depenen de dos vessants. N'hi ha uns que són totalment **objectius**, és a dir, depenen només del sistema de fer l'amidament i els càlculs. No hi ha res o molt poc pel que fa a la interpretació subjectiva d'intèrprets, músics, directors o oients. En canvi n'hi ha altres que estan totalment sotmesos als capricis d'aquests

executants i dels oients i s'enquadren dins el que s'anomenen paràmetres **subjectius** d'acústica de sales.⁴

Aquí, en tot cas, el que farem serà tornar a exposar cada paràmetre, pel que fa a la manera com podem rehabilitar la sala, a fi d'optimitzar els valors que ens proporcionem.

La intimitat

El primer paràmetre de tots és la **intimitat**. Com reconeixen alguns autors, la intimitat té un valor molt elevat pel que fa a la qualitat d'una sala. Està bastant lligat a la reverberació, però sobretot ho està al marge de temps existent entre que a l'oient li arriba el **so directe** procedent del músic o del conferenciant, fins que li arriba la **primera reflexió** procedent de la sala.

Per tant, aquesta absència de sons entre el so directe i la primera reflexió, o **temps inicial buit de retards** (ITDG), ha de ser petita a fi d'obtenir la intimitat acústica d'un recinte.

La intimitat ens dona idea de la magnitud de la sala; per això, a les sales grans interessa que aquest temps sigui baix.

Com es pot corregir un temps inicial buit de retard massa elevat, és a dir, una intimitat massa baixa? Ho podem fer mitjançant la disposició de plans ortofònics ubicats a prop de l'orquestra, que facin de laterals o de coberta de l'escenari. Tot això en un disseny d'escenari comportaria una petxina acústica. Quan l'escenari no permet la petxina acústica, la intimitat es pot basar en els laterals de l'escenari (i llavors seran uns laterals plegables), o bé a sobre de l'orquestra (amb els esmentats plànols ortofònics, que poden representar uns acabats fins i tot transparents).

A l'exemple de la **figura 7.24** trobem la correcció acústica d'una sala mitjançant plans ortofònics situats sobre l'orquestra.

A la rehabilitació que varem fer de la sala d'actes

de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona,⁵ vàrem basar gran part de l'eficàcia acústica en unes reflexions sobre els laterals i els sostres, ja des del mateix escenari (fig. 7.25).

La intimitat és preocupant, sobretot en una sala de gran volum, on és molt difícil obtenir uns tancaments tan propers als músics o a l'orador. Òbviament, la intimitat neix per l'analogia a com s'escolta la música quan estem en una sala petita. És el que acostumem a tenir a la sala d'estar i menjador de casa nostra.

La vivacitat

La **vivacitat** relaciona el temps de reverberació a freqüències mitjanes, en una sala ocupada, amb el tipus d'interpretació. Aquest és el paràmetre que ens fa la sensació de no estar en una sala sorda. S'expressa mitjançant la mitjana dels temps de reverberació a les octaves de freqüències de 500 i 1.000 Hz.

Si la vivacitat és petita, la sala sona seca a mitjans i aguts. Cal, llavors, disposar panells reflectors i difusors i treure els materials que absorbeixin excessivament en aquestes freqüències.

A la **figura 7.26** trobem unes corbes ideals de reverberació en funció d'uns paràmetres, com poden ser el volum, tot i que a l'apartat 7.4.7 hi ha el mètode d'aquest autor de la **velocitat d'esmortiment òptima**, i al llibre de disseny hi ha altres exemples.

La calor

La **calor** d'una sala no té res a veure amb la seva temperatura, sinó amb la presència de notes greus en el recinte. Aquesta presència de greus és més elevada com més alta sigui la **reverberació a les freqüències greus o baixes**. És funció de la relació entre el temps de reverberació en els sons baixos i en els sons mitjans (també per al local ocupat).

La calor ha d'estar delimitada. Quan n'hi ha massa, cosa usual en locals sense absorció, cal

disposar absorbents de membrana o de cavitat que absorbeixin en aquestes freqüències greus. Si s'han de fer complements de sostres flotants o extradossats per a l'aïllament, com vam fer a la rehabilitació de la sala d'actes de l'ETSEIB, podem fer-los servir per a aquesta absorció (fig. 7.27). Cal anar amb compte de no afectar la vivacitat amb l'absorció que presentin aquestes solucions a les freqüències mitjanes.

Quan hi ha poca calor, aquells absorbents de baixes freqüències s'han de retirar i posar-hi reflectors i difusors.

Òbviament, a ningú no li interessa tenir un augment excessiu de reverberació a baixes freqüències, on tenim les notes dels contrabaixos, els sons dels bombos, etc., perquè llavors la sala retruny excessivament.

Un dels problemes de la sala és que ha de fer sensació de volum i de fortesa en aquestes baixes freqüències, sobretot pel que fa als *contrabaixos* i *violoncel·ls*. En aquests instruments musicals, és molt difícil aconseguir volums sonors elevats, perquè hauríem de disposar molts músics a l'orquestra. Per això, s'admet que la reverberació sigui lleugerament més alta que la de les freqüències mitjanes.

En general, pel que fa a la calor de la sala, podríem dir que el temps de reverberació a freqüències baixes hauria de tenir un 20% d'augment respecte a la reverberació a freqüències mitjanes.

La brillantor

La **brillantor** expressa la riquesa de sons aguts respecte de sons mitjans de la sala.

Hi ha melòmans que creuen que ha d'augmentar la reverberació a freqüències elevades respecte a la de les mitjanes, però tothom coincideix que, com a mínim, ha de ser igual a aquestes.

El paràmetre que ho determina, és la senzilla divisió dels temps de reverberació a freqüències altes

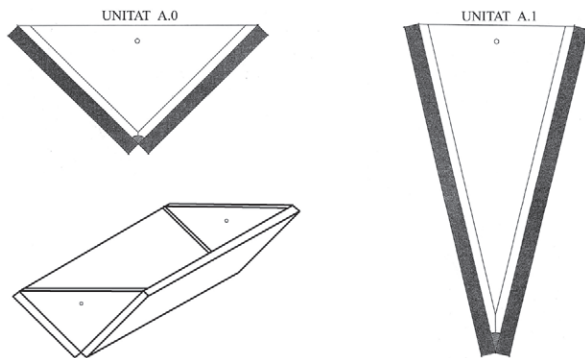


Fig. 7.23 Baffles absorbents de la discoteca Arqus, a Roda de Barà, Tarragona (fotografia de l'autor)



Fig. 7.24 Plànol ortofònic de Joan Miró sobre l'escenari de la fundació Joan Miró, Barcelona (fotografia de l'autor)

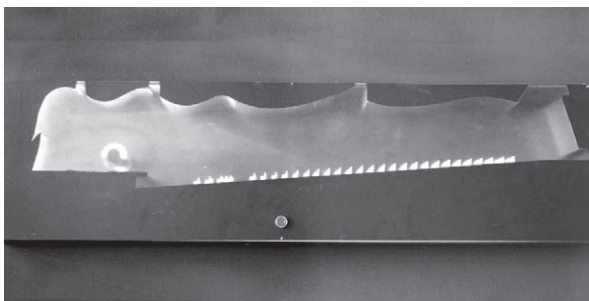


Fig. 7.25 Maqueta òptica de la rehabilitació de la sala d'actes de l'ETSEIB (fotografia UPC)

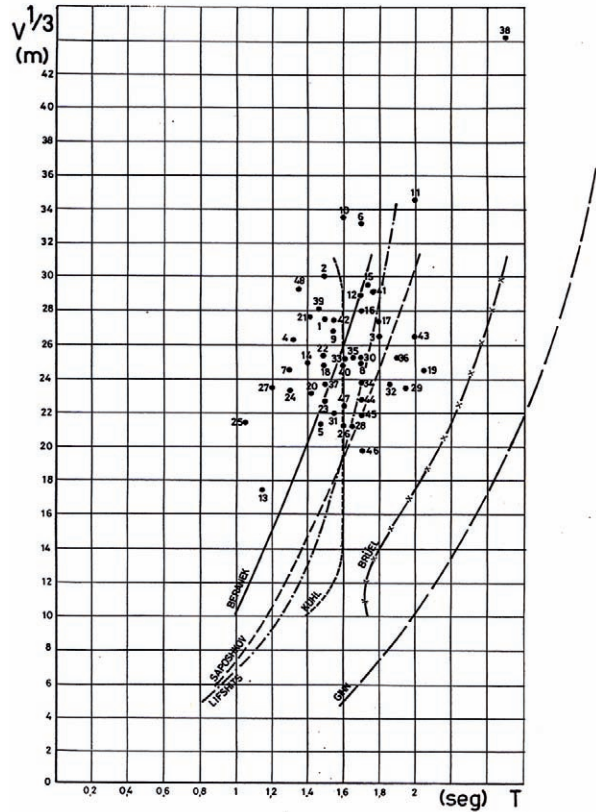


Fig. 7.26 Determinació del temps de reverberació òptim per a auditoris musicals segons alguns mètodes clàssics (font: tesi doctoral de l'autor)



Fig. 7.27 Absorbents de membrana a l'ETSEIB (fotografia UPC)

pel de freqüències greus.

La corba de reverberació de la sala permet veure si hi ha mancança o excés d'aquesta brillantor. Si la reverberació a altes freqüències és baixa, vol dir que ens hem basat massa en l'absorció per materials porosos d'estructura flexible o rígida, o que hem confiat que les solucions de disseny formal ens ho equilibrarien. La solució és fàcil: cal tapar algunes àrees absorbents on dominen aquests materials selectius.

El problema és que sempre que toquem aquí hem de retocar allà. En variar un camp de freqüències, de segur que s'introdueixen canvis en els altres camps (freqüències mitjanes o greus), on potser abans ja existia l'equilibri.

Reverberació tonal

Pel que fa a la reverberació a totes les freqüències, la corba general de resposta de reverberació de la sala no ha de ser plana, sinó que ha de tenir una forma similar a una catenària, que, com hem dit, augmenti la reverberació a baixes freqüències, se situï en els temps de reverberació òptims a freqüències mitjanes i torni a augmentar (però, en aquest cas, més lleugerament) a les freqüències agudes.

El nivell de ressò

El nivell de ressò interior depèn de la reverberació, sobretot de la de baixes freqüències (calor).

Ens indica com tenim, d'elevat, el camp reverberant, un cop hem deixat el camp directe, influenciable per la distància a la font.

Aquest camp reverberant pot ser massa alt, i llavors els sons interiors no s'esmoreeixen, sinó que van rebotant i generen aquest nivell de ressò massa alt, on es confonen les paraules dels conferenciant. Llavors, la rehabilitació ha d'abaixar el temps de reverberació del recinte, i ja sabem que aquest és funció inversa de l'absorció dels revestiments. Es tracta, doncs, d'augmentar el coeficient d'absorció

mitjà de la sala respecte al que hi havia abans.

Com hem vist, la diferència dels nivells en decibels que s'obtindria abans i després de la intervenció és el mateix que multiplicar per deu el logaritme de la divisió entre el coeficient d'absorció del local, una vegada tractat, respecte al que existia prèviament.

En alguns bars restaurants hi ha un soroll que se situa sobre els 82 dB. Això impossibilita la comunicació si els comensals ho volen fer amb veu normal. Tan sols mitjançant l'acostament personal al radi crític (la qual cosa s'aconsegueix amb taules més estretes) es pot reduir la disfunció sense intervenir en el nivell de ressò. Però les taules tenen, per sort, unes amplàries mínimes. Amb la rehabilitació, aquest camp sorollós pot quedar rebaixat amb un tractament absorbent inclòs en els acabats de la fase d'interiorisme. Abaixar 10 dB pot ser un gran èxit per a les comunicacions necessàries entre els comensals.

La lateralització

Un altre paràmetre que interessa tenir en compte és la **lateralització**, que significa la manera com el so arriba en una sala procedent de les parets dels costats, respecte del so que arriba des de l'escenari (so frontal). Es mesura com la relació entre l'energia lateral i la no lateral dintre d'un interval de 80 mil·lisegons.

La lateralització és un problema en el cas d'auditoris i sales que presentin una geometria i unes formes arquitectòniques properes al trapezi, amb uns angles d'obertura importants des de l'escenari. La correcció no és immediata perquè requereix tocar la forma de l'arquitectura.

Això vol dir evitar aquestes formes trapezoïdals? Si no podem evitar la forma del trapezi general, el que és segur és que hem de treballar amb uns prisats a base de plecs i replecs en els laterals de la sala. Cal anar a buscar una solució final com si la sala hagués estat de laterals paral·lels (**fig. 7.28**).

Aquest replantejament no és específicament de

l'acabat de la sala, sinó que és un intermedi entre la forma general de la sala (arquitectònica) i aquest acabat (interiorisme). A més, existeixen solucions que no tergiversen el concepte de la forma de la sala i que, en molts casos, es poden integrar amb els sistemes d'enllumenat.

Nivell de so directe

El **nivell de so directe** ens dona una idea de la proximitat de l'orquestra (en auditoris) o del cantant (en òperes) amb els oients. Aquest nivell o volum sonor directe depèn de la distància entre executant i auditori, i per això té uns límits, que podem establir pels voltants dels 40 metres. Si l'auditori és molt més llarg, caldrà renunciar als seients de les darreres files, o bé aconseguir disposar plans ortofònics amb molta proximitat a l'orquestra o als cantants, que incrementin aquest so directe dins dels primers 20 mil·lisegons. Cal tenir cura que la intimitat no es condicioni ara per aquestes mesures.

Nivell de so reverberant

El **nivell de so reverberant** relaciona la reverberació a freqüències mitjanes en la sala ocupada amb el volum del local. De fet, abans hem vist la relació del camp reverberant amb la constant del local R . Doncs bé, ara el que es relaciona són els elements de la fórmula de Sabine, on veiem que aquest quocient entre el temps de reverberació i el volum del local no és res més que un factor vinculat a l'àrea absorbent del recinte.

En efecte, de l'equació de Sabine $T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$
obtenim $\frac{T}{V} = \frac{0,16 \cdot V}{A}$

on T és el temps de reverberació (s), V el volum del local (m^3) i A l'àrea equivalent d'absorció (m^2 absorbents), que no és res més que el sumatori dels productes de cada superfície pel seu poder absorbent (coeficient d'absorció).⁶

Igual que amb el temps de reverberació, si el nivell de so reverberant és molt baix, la sala s'anomena

sala sorda.

La baixa reverberació tan sols és necessària en sales per a la paraula, però sempre interessa que hi hagi cert ressò, tret de les sales per a cinema. Com que el nivell de so reverberant depèn fonamentalment de l'absorció del recinte, les esmenes en cas de defecte o excés són similars a les que ja s'han exposat abans per a la *vivacitat*, la *calor* i la *brillantor*.

Relació entre el nivell de so directe i el reflectit

Ens permet observar l'**atac** de la sala, és a dir, si hi domina molt el camp directe respecte al reverberant, o a l'inrevés. És evident que l'equilibri entre els dos camps cal trobar-lo en relació amb el tipus d'interpretació que s'executi.

Tornem a trobar que aquest paràmetre està molt vinculat amb la capacitat absorbent del recinte i dels seus recintes acoblats.

Si ens fixem en la **figura 7.29**, observem que hi ha localitats del local on la relació pot ser òptima, però en altres casos (seients massa propers o massa llunyans a l'escenari) la relació és, respectivament, molt alta o molt baixa.

Òbviament, els plans disposats molt a prop de l'orquestra que augmentin el volum sonor del so directe també intervenen en tot aquest equilibri.

Balanç

El **balanç** i la **mescla o barreja** són la predisposició del local per a distribuir correctament els diferents instruments i plans sonors a tota la sala. També es denomina **equilibri**. Correspon a la percepció dels diferents instruments de l'orquestra amb nivells correctes. És a dir, que tots els plans sonors arribin igualment a l'auditori. Depèn fonamentalment del disseny formal i, en especial, de les superfícies reflectores més properes a l'orquestra.

La valoració, en el cas de les òperes, pot ser diferent que en el dels auditoris, atesa la localització

diferent dels cantants (a l'escenari) i dels músics (al fossar de l'orquestra).

Aquest tema repercuteix directament en la forma com els músics es disposen a l'escenari, i a les primeres reflexions (usualment del propi escenari i dels plans sobre ell) cap als oients.

No és lògic que la secció de metall ofegui la corda, o que dins d'una mateixa secció s'escoltin més uns instruments que d'altres.

Si hi ha alguna disfunció de les assenyalades, cal variar la disposició, l'angle o els materials d'acabat d'aquelles superfícies que la provoquen.

Difusió

La **difusió** és la propietat que el so arribi procedent de molts llocs de l'espai amb energia suficient. A la valoració de Beranek no es quantifica el cas de les òperes.

A les òperes, interessa més el raig directe (camp directe) que no els raigs reflectits per la sala (camp reverberant o difòs).

Als auditoris, interessa que amb els ulls clucs s'identifiqui més o menys la posició de l'instrument, que fa un *solo*, però no que es localitzi exactament, sinó dins d'un cert marge. És com si l'oient volgués apreciar-lo amb una certa indefinició pel que fa a la seva localització física o espacial (com si estigués inclòs dins d'un angle sòlid). Per això és molt necessari que el so directe sigui precís, però també que hi hagi la difusió necessària per plans propers a l'instrumentista, que enviïn el so a totes les direccions de l'espai.

Com que és un tema de textura formal, si no hi ha prou difusió la solució és posar difusors (quadràtics o formals) a prop de l'orquestra, preferentment al centre (fig. 7.30).

Conjuntació

La **conjuntació** és la capacitat perquè els músics

s'escoltin entre si (en el cas de les òperes, entre cantant i orquestra). Es resol tan sols des de l'escenari.

Els conjunts sonoritzats fan servir altaveus, "espies" o "xivatos", instal·lats a prop seu, que provenen d'una taula de mesclades i amplificació exclusiva de l'escenari. Fins i tot hi ha instrumentistes o cantants que tan sols escolten fonamentalment el seu instrument.

En el cas de so natural, com en una coral, orquestra, banda, cobla, etc., és primordial el disseny difusor de la part superior, els laterals i el fons de l'escenari (fig. 7.31).

Al Palau de la Música Catalana, la corba en planta de l'escenari provoca una audició d'un sector d'instruments respecte de l'oposat, que emmascara els instrumentistes veïns. Poc s'hi pot fer, perquè l'escenari és ja patrimoni universal, amb l'arquitectura de Lluís Domènech i Montaner i les figures de l'escultor Miquel Blay.

Disfuncions: eco, soroll extern i intern, distorsió tonal, focalització, etc.

Beranek inclou una valoració correctora en el cas de defectes notables, com l'**eco** (d'acord amb el retard i el seu nivell sonor), el **soroll extern i intern** (que comporta que la dinàmica en llocs llunyans no sigui alta) i la **distorsió tonal** o **variació del timbre**, a causa de la presència a la sala de materials selectius que produeixen corbes tonals poc planes. Cal eliminar aquesta selectivitat, tret que estigui imposada per a correccions de *calors* o *brillantors*.

Però hi ha d'altres disfuncions, com ara la **focalització**, i en cas d'amplificació l'efecte Larsen o de **retroalimentació**, etc.

Ens centrarem en els dos primers casos.

L'**eco** és una disfunció en el local, perquè fa la sensació que no hi ha continuïtat en la reverberació i hi domina un pla reflector excessivament llunyà.

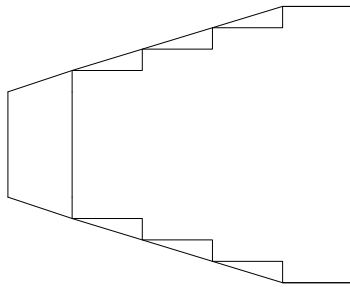


Fig. 7.28 Donar paral·lelisme amb prisats (esquema de l'autor)

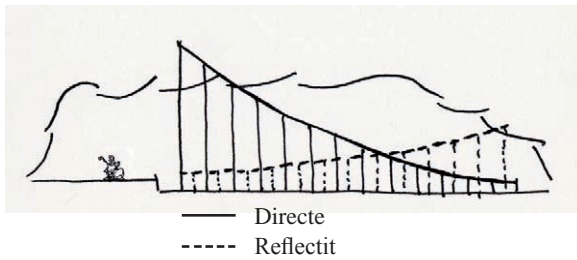


Fig. 7.29 Relació entre el nivell de so directe i el so reflectit (esquema de l'autor)



Fig. 7.30 Difusors propers a l'orquestra, a l'auditori de la Mercé, Girona



Fig. 7.32 Pla reflector òptim al final de la sala de l'ETSEIB (fotografia UPC)

| Sala | V (m ³) | S _r (m ²) | TR (seg) | v (m/s) | δ (% v) |
|--|------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| Estats Units | | | | | |
| 1. Lyric Theatre, Baltimore | 20.380 | 1.800 | 1,40 | 8,09 | +28,41 |
| 2. Indiana University Auditorium, Bloomington | 25.500 | 2.625 | 1,40 | 6,94 | +10,16 |
| 3. Arie Crown Theatre McCormick Place, Chicago | 38.300 | 3.490 | 1,50 | 6,93 | +10,00 |
| 4. Henry and Edsel Ford Auditorium, Detroit | 17.800 | 2.060 | 1,45 | 5,96 | -5,87 |
| 5. Purdue University Hall of Music, Lafayette, Indiana | 35.900 | 3.875 | 1,45 | 6,39 | +1,43 |
| 6. Metropolitan Opera House, New York | 19.500 | 2.575 | 1,20 | 6,31 | +0,16 |
| 7. Academy of music, New York | 15.080 | 1.740 | 1,35 | 6,42 | +1,90 |
| 8. Eastman Theatre, Rochester, New York | 23.950 | 2.230 | 1,65 | 6,51 | +3,33 |
| 9. War Memorial Opera House, San Francisco | 20.900 | 2.360 | 1,60 | 5,53 | -12,22 |
| Argentina | | | | | |
| 10. Teatro Colón, Buenos Aires | 20.550 | 2.145 | 1,70 | 5,63 | -10,63 |
| Austria | | | | | |
| 11. Neues Festspielhaus, Salzburg | 14.000 | 1.580 | 1,45 | 6,11 | -3,01 |
| 12. Staatsoper, Vienna | 10.660 | 1.460 | 1,30 | 5,61 | -10,95 |
| Bèlgica | | | | | |
| 13. Palais des Beaux-Arts, Brussels | 20.460 | 2.280 | 1,35 | 6,64 | +5,39 |
| Canadà | | | | | |
| 14. Alberta Jubilee Auditoriums, Edmonton and Calgary | 14.870 | 2.060 | 1,35 | 5,34 | -15,24 |
| França | | | | | |
| 15. Théâtre National de l'Opéra | 9.960 | 1.445 | 1,10 | 6,26 | -0,63 |
| Alemanya | | | | | |
| 16. Festspielhaus, Bayreuth | 10.300 | 975 | 1,55 | 6,81 | +8,09 |
| Anglaterra | | | | | |
| 17. Royal Opera House, London | 12.240 | 1.580 | 1,10 | 7,04 | +11,74 |
| Itàlia | | | | | |
| 18. Teatro alla Scala, Milà | 11.245 | 1.635 | 1,20 | 5,73 | -9,05 |
| Valors mitjans (excloso els extrems): | 18.866 | | 1,39 | 6,30 | |

Fig. 7.33 Característiques dimensionals i acústiques d'algunes sales d'òpera (font: tesi doctoral de l'autor)

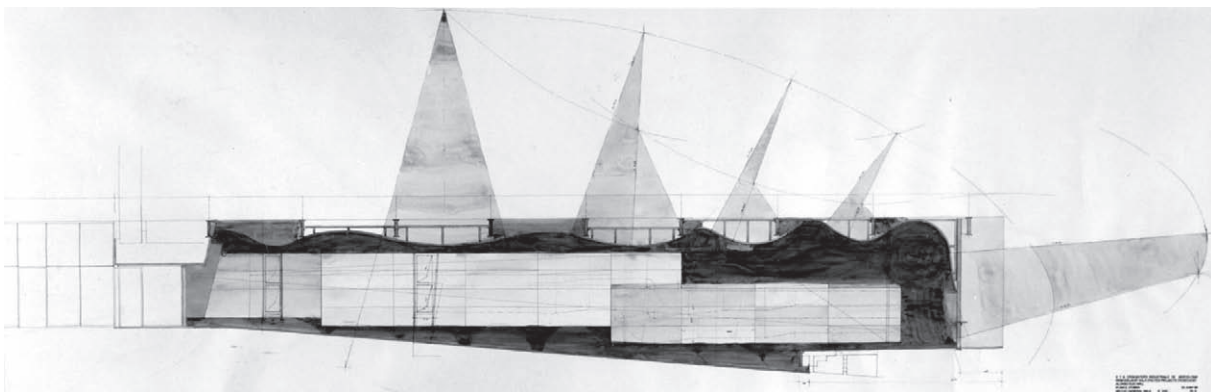


Fig. 7.31 Disseny difusor dels paraments de l'escenari de la sala d'actes de l'ETSEIB (secció aquarellada de J. L. Alonso, arquitecte)

L'única solució és convertir aquest pla en reflector òptim, variant l'angle d'inclinació, o trencant el seu tamany convertint-lo en difusor, o finalment augmentant-ne l'absorció (és a dir, revestir-lo de material absorbent) (fig. 7.32).

El **soroll exterior o interior** és un altre veritable problema de tot local. Com ja s'ha comentat, la seva solució comporta els camins següents: eliminar-ne la causa, desplaçar-ne o allunyar-ne la font, encamisar-la o aïllar-la, o bé finalment fer les parets més aïllants.

L'altre problema és el dels sorolls interns.⁷

Com s'ha comentat, altres investigacions han descobert nous paràmetres objectius i subjectius per a la qualitat sonora dels locals, alguns dels quals s'exposen breument a continuació.

Claredat

La **claredat** ens permet distingir diferents notes successives. Òbviament, depèn que la intimitat sigui elevada, que la relació entre el nivell de so directe i reflectit sigui alta, que hi hagi absència d'ecos i un temps de reverberació limitat.

Si la claredat es baixa, ens caldrà observar si hi ha algun eco o disfunció que s'hagi d'arreglar, i especialment ens remetem al que ja hem especificat per a la correcció dels casos al·ludits.

Brillantor

La **brillantor** defineix la presència d'harmònics. Depèn que el temps inicial buit de retards (ITDG) sigui curt, que el nivell de so directe sigui alt i que el nivell de so reverberant també ho sigui.

Per a una brillantor òptima, és molt important que el temps de reverberació en els aguts no sigui excessivament baix, perquè això indicaria una forta absorció en aquestes freqüències a les quals es produeixen els harmònics.

A l'hora d'incrementar la brillantor, s'ha d'anar

amb compte a no trencar el desitjat equilibri de la corba de reverberació a la resta del camp tonal.

Definició

La **definició** és la relació entre l'energia que arriba en els primers 50 ms i la de la totalitat del temps de reverberació.

La definició vincula l'energia inicial amb la que arriba a partir de rebots de més de 17 metres de recorregut. Per aquest motiu, tant depèn del fet que el numerador sigui elevat com que el denominador sigui petit. De fet, ens indica com és aquesta relació i, per això, a l'hora de fer correccions cal tenir-ho molt en compte.

Sonoritat

La **sonoritat** és semblant a l'anterior, però en aquest cas relaciona l'energia del raig directe amb l'energia de les reflexions.

Si tan sols considerem el raig directe respecte als provinents de les reflexions, la qüestió es concreta molt més en el camp de la directivitat de la font emissora i del rendiment d'aquest emissor.

Com en els altres casos de relacions, per millorar la sonoritat cal actuar en els dos components (raig directe i reflectit). El primer queda fixat per la limitació de l'emissor (escenari) i el segon, per les reflexions (és a dir, actua a la sala).

7.4.7 Mètode de la velocitat d'esmoreïment òptima

La **velocitat d'esmoreïment** que hem establert en la nostra tesi doctoral és un paràmetre de qualitat de les sales que relaciona el volum del local (V) amb el temps de reverberació a la sala ocupada, a l'octava de freqüències de 500 Hz (T), i la superfície ocupada pel públic, els cors i l'orquestra (S_T).

$$v = \frac{V/S_T}{T} = \frac{V}{T \cdot S_T}$$

La velocitat d'esmoreïment òptima s'ha deduït experimentalment de la corba de regressió de les sales reals classificades com a bones.

De l'estudi que vam fer a partir de l'anàlisi de 46 auditoris i 18 sales d'òperes,⁸ hem obtingut com a resultat que quasi totes les sales s'han anat optimitzant, i que presenten molt poca dispersió pel que fa al valor mitjà de la velocitat d'esmoreïment òptima (**figures 7.33 i 7.34**).

Això succeeix perquè les sales han tingut prou temps per a fer les seves reformes, adequar els seus vestits i els entapissats de les cadires, millorar les reflexions en panells laterals i sostres, les difusions des de l'escenari a la sala, els plans disposats sobre l'orquestra, les campanes acústiques en el cas de realitzar interpretacions musicals en sales dedicades a la veu, etc.

Si observem els paràmetres d'optimització de sales, sobretot els que es basen en la reverberació, veurem que hi ha unes fórmules, sovint basades en l'arrel cúbica del volum. Però cal dir que la dispersió dels resultats en aquestes sales en relació a aquests paràmetres és molt elevada.

Velocitat d'esmoreïment òptima

Per això, a la tesi doctoral vam desenvolupar el concepte de la **velocitat d'esmoreïment**. D'aquí vam deduir els valors òptims d'auditoris $v_{oa} = 6,58$ m/s, i sales d'òperes $v_{oo} = 6,30$ m/s.

Com podem ajustar una velocitat d'esmoreïment d'una sala quan es presenti amb un valor superior o inferior al considerat òptim?

En el cas que la velocitat d'esmoreïment de la sala sigui superior al valor òptim, voldrà dir que la relació del volum respecte a l'àrea d'ocupació és massa alta (el que diríem **alçària exagerada**). En aquest cas, cal reduir-ne el volum o augmentar-ne l'àrea absorbent (recordem que l'absorció ve controlada pel públic, cors i orquestra). En el primer cas, cal emprar un sostre variable que redueixi el volum quan ho desitgem i, en l'altre cas, cal cercar

seients amb l'absorció similar a la del públic.

L'altre lloc on incideix és en el temps de reverberació real de la sala, és a dir, per abaixar la v cal augmentar la reverberació del recinte.

Aquí tenim que el temps de reverberació d'un recinte és funció de l'absorció, i per poder augmentar el T_{60} cal abaixar l'àrea de l'absorció, perquè són inversament proporcionals. Però abans hem dit que calia apujar la S_T (superfície). Cal recordar que S_T no són sabinis mètrics, sinó tan sols una superfície (àrea).

Això vol dir que en el temps de reverberació de la sala hem de preveure no tan sols l'absorció d'aquesta àrea, sinó també les de les altres àrees, amb els seus respectius coeficients de reflexió. Llavors, hem de fer més brillants aquestes altres àrees dels laterals, sostres, etc. del recinte, sempre que ja haguem deixat com a estables les del públic, cors i orquestra.

Es veu, així, que cal anar amb molta cura, perquè quan estirem d'un costat cal arronsar l'altre.

En canvi, quan hem d'augmentar la velocitat d'esmoreïment de la sala a fi d'ajustar-la al valor òptim, el que cal és augmentar el volum (cosa molt difícil, si el tancament o l'estructura de la sala ja han establert els seus límits de forma rígida).

Disminuir l'àrea d'ocupació va en detriment de la qualitat de públic i orquestra, per la qual cosa, tret que sigui excessiva, no interessa modificar-la. El que sí que podem canviar és el temps de reverberació. Si ara l'hem de rebaixar, ho podem aconseguir incrementant l'absorció als passadissos, al final de la sala i en determinats llocs dels laterals i sostres. Però cal actuar amb molta cura a fi de no deixar una sala excessivament morta.

Evidentment, adoptant com a valor de la **velocitat d'esmoreïment òptima en auditoris** v_{oa} de **6,58 m/s**, s'obté també una expressió vàlida per al temps de reverberació òptim en auditoris: T_{oa} de **0,152 V/S_T**.

Adoptant també la **velocitat d'esmoreïment òptima en sales d'òpera**, $v_{oa} = 6,30$, s'obté el temps de reverberació òptim per a sales d'òpera: $T_{oa} = 0,159 V/S_T$, on el coeficient 0,159 és lleugerament superior al 0,152 dels auditoris.

A la **figura 7.35** s'han grafiat conjuntament els entorns del $\pm 15\%$ respecte a la v de les sales d'òpera i dels auditoris, delimitats pels valors màxims i mínims del temps de reverberació real de les sales considerades. Això permet veure la possibilitat de complir alhora les exigències per a ambdues funcions -òpera i audicions- en les sales amb velocitat d'esmoreïment incloses dins la intersecció de les dues zones ombrejades.

7.5 Els mitjans d'acció rehabilitadora contra els sorolls en els locals

Disposem de diferents mitjans per fer la rehabilitació dels sorolls que afecten els locals. Però ho hauré de fer de forma diferent si l'origen són sorolls **aeris**, sorolls d'**impacte** o **vibracions**.

Pel que fa al **soroll aeri** hem de tenir molt clar tot el camp del perímetre: façanes, finestres, parets, portes, forjats, patis interiors i conductes. Hi ha aspectes que ens vinculen amb la resta de l'edifici, o, fins i tot, amb la ciutat, com hem dit abans.

Finalment, les **vibracions** poden venir de l'exterior (metro, ferrocarrils, factories properes, obres, etc.). Algunes d'elles no les podrem tractar, però d'altres segurament sí.

I després tractarem els **sorolls d'impacte** i les vibracions a través dels forjats. També hi ha impactes a través de les parets (que s'originen per elements mecànics o per activitats humanes; cops al marbre de la cuina veïna, dels veïns en baixar les escales, etc.).

7.5.1 Soroll aeri de l'exterior. Façanes i finestres

Hem vist que cal tractar les veus exteriors a la

part més feble de la façana: les finestres i balcons. En aquests elements, no és tant un problema de vidres com de fusteries, perquè avui en el mercat ja disposem de vidres amb qualitats aïllants al so aeri molt importants, fins i tot a baixes freqüències, que és on tenim el màxim d'emissió del soroll de trànsit.⁹

Com diem, el punt més feble són les finestres (**fig. 7.36**). Aquí ens hem de basar en els seus graus d'hermeticitat a l'aire i en el manteniment que es fa dels rivets per aconseguir que aquests graus siguin permanents en el futur i no tan sols el dia de la inauguració.

Per tant, cal estudiar com es canvien els rivets de felpa, neoprè, etc., o com es reposen aquells elements que amb el pas del temps es van fent malbé a les façanes.

Sovint, cal plantejar-se emprar una doble finestra, on podem aconseguir aïllaments molt superiors als 40 dB o si no és millor fer passar una nova façana (ara envidrada) per l'interior. Aquesta solució la va escollir l'arquitecte Alfons Soldevila a l'hora de rehabilitar l'edifici d'oficines de l'Hospital Municipal de Badalona (**fig. 7.37**).

7.5.2 Soroll aeri de l'interior. Parets, portes, forjats i patis

Les parets

Pel que fa als tancaments interiors, és evident que hi ha una problemàtica molt elevada en el cas de les divisòries entre el veïnat. Aquest és el primer punt de batalla, perquè sembla que les parets actuals no aïllen tant com les que es feien abans (si més no, aquesta és la sensació que tenen molts usuaris). En aquest cas, tot i que compleixen la normativa d'aïllament, ens fa la sensació que escoltem el veí (i que, en conseqüència, aquest ens pot escoltar). S'ha de fer una rehabilitació.

El que va molt bé és començar estudiant si aquesta paret està ben construïda, que no hi hagi un problema d'enfrontament de caixetins (com s'ha pogut

| Sala | V (m ³) | S _T (m ²) | T ₆₀ (s) | v (m/s) | δ (% v) |
|---|------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------|------------|
| Estats Units | | | | | |
| 1. Lyric Theatre, Baltimore | 21.000 | 1.710 | 1,50 | 8,19 | +24,46 |
| 2. Indiana University Auditorium, Bloomington | 26.880 | 2.625 | 1,50 | 6,82 | +3,64 |
| 3. Symphony Hall, Boston | 18.740 | 1.550 | 1,80 | 6,71 | +1,97 |
| 4. Kleinhans Music Hall, Buffalo | 18.220 | 2.160 | 1,32 | 6,39 | -2,88 |
| 5. Kresge Auditorium, Cambridge | 10.020 | 980 | 1,47 | 6,95 | +5,62 |
| 6. Arie Crown Theatre McCormick Place, Chicago | 36.500 | 3.265 | 1,70 | 6,57 | -0,15 |
| 7. Orchestra Hall, Chicago | 15.170 | 1.855 | 1,30 | 6,29 | -4,40 |
| 8. Severance Hall, Cleveland | 15.700 | 1.395 | 1,70 | 6,62 | +0,60 |
| 9. Henry and Edsel Ford Auditorium, Detroit | 19.130 | 2.055 | 1,55 | 6,01 | -8,66 |
| 10. Purdue University Hall of Music, Lafayette, Indiana | 37.350 | 3.675 | 1,60 | 6,35 | -3,49 |
| 11. Tanglewood Music Shed, Lenox, Massachusetts | 42.450 | 3.065 | 2,05 | 6,75 | +2,58 |
| 12. Carnegie Hall, New York | 24.250 | 1.985 | 1,70 | 7,18 | +9,12 |
| 13. Grace Rainey Rogers Auditorium, New York | 5.480 | 640 | 1,15 | 7,44 | +13,07 |
| 14. Academy of Music, Philadelphia | 15.700 | 1.735 | 1,40 | 6,46 | -1,82 |
| 15. Eastman Theatre, Rochester, New York | 25.470 | 2.115 | 1,75 | 6,88 | +4,56 |
| 16. War Memorial Opera House, San Francisco | 21.800 | 2.165 | 1,70 | 5,92 | -10,03 |
| Argentina | | | | | |
| 17. Teatro Colón, Buenos Aires | 20.870 | 1.970 | 1,80 | 5,88 | -10,63 |
| Austria | | | | | |
| 18. Neues Festspielhaus, Salzburg | 15.500 | 1.570 | 1,50 | 6,58 | 0,00 |
| 19. Grosser Musikvereinsaal, Vienna | 15.000 | 1.115 | 2,05 | 6,56 | -0,30 |
| Bèlgica | | | | | |
| 20. Palais des Beaux-Arts, Brussels | 12.500 | 1.485 | 1,42 | 5,92 | -10,03 |
| Canadà | | | | | |
| 21. Alberta Jubilee Auditoriums, Edmonton and Calgary | 21.480 | 2.135 | 1,42 | 7,08 | +7,06 |
| 22. Queen Elizabeth Theatre, Vancouver | 16.750 | 1.975 | 1,50 | 5,65 | -14,13 |
| Dinamarca | | | | | |
| 23. Radiohuset, Studio 1, Copenhagen | 11.890 | 1.015 | 1,50 | 7,81 | +18,69 |
| 24. Tivoli Koncertsal, Copenhagen | 12.740 | 1.330 | 1,30 | 7,36 | +11,85 |
| Finlàndia | | | | | |
| 25. Kulttuuritalo, Helsinki | 10.000 | 1.110 | 1,05 | 8,58 | +30,39 |
| 26. Konsertiasali, Turku | 9.600 | 910 | 1,60 | 6,59 | +0,15 |
| Alemanya | | | | | |
| 27. Benjamin Franklin Kongresshalle, Berlin | 12.950 | 1.055 | 1,20 | 10,23 | +55,47 |
| 28. Musikhochschule Konzertsaal, Berlin | 9.600 | 910 | 1,65 | 6,39 | -2,89 |
| 29. Sender Freies Berlin Grosser Sendesaal, Berlin | 12.900 | 985 | 1,95 | 6,71 | +1,97 |
| 30. Beethovenhalle, Bonn | 15.700 | 1.320 | 1,70 | 6,99 | +6,23 |
| 31. Neues Gewandhaus, Leipzig | 10.600 | 1.020 | 1,55 | 6,70 | +1,82 |
| 32. Herkulesaal, Munich | 13.600 | 845 | 1,85 | 8,70 | +32,22 |
| 33. Liederhalle, Grosser Saal, Stuttgart | 16.000 | 1.535 | 1,62 | 6,43 | -2,28 |
| Anglaterra | | | | | |
| 34. Colston Hall, Bristol | 13.450 | 1.250 | 1,70 | 6,33 | -3,80 |
| 35. Usher Hall, Edinburgh | 16.000 | 1.530 | 1,65 | 6,34 | -3,65 |
| 36. St. Andrew's Hall, Glasgow | 16.100 | 1.385 | 1,90 | 6,11 | -7,14 |
| 37. Philharmonic Hall, Liverpool | 13.500 | 1.420 | 1,50 | 6,33 | -3,80 |
| 38. Royal Albert Hall, London | 86.600 | 3.715 | 2,50 | 9,32 | +41,64 |
| 39. Royal Festival Hall, London | 22.000 | 2.145 | 1,47 | 6,97 | +5,92 |
| 40. Free Trade Hall, Manchester | 15.400 | 1.555 | 1,60 | 6,18 | -6,08 |
| Israel | | | | | |
| 41. Binyanei Ha'Oomah, Jerusalem | 24.700 | 2.400 | 1,75 | 5,88 | -10,64 |
| 42. Fredric R. Mann Auditorium, Tel Aviv | 21.200 | 1.930 | 1,55 | 7,08 | +7,60 |
| Holanda | | | | | |
| 43. Concertgebouw, Amsterdam | 18.700 | 1.285 | 2,00 | 7,27 | +10,48 |
| Suècia | | | | | |
| 44. Konserthus, Gothenburg | 11.900 | 965 | 1,70 | 7,25 | +10,18 |
| Suïssa | | | | | |
| 45. Stadt-Casino, Basel | 10.500 | 895 | 1,70 | 6,90 | +4,86 |
| 46. Salle Musica, La Chaux-de-Fonds | 7.870 | 775 | 1,70 | 5,97 | -9,27 |
| 47. Grosser Tonhallsaal, Zurich | 11.400 | 1.020 | 1,60 | 6,98 | +6,08 |
| Veneçuela | | | | | |
| 48. Aula Magna, Caracas | 24.900 | 2.090 | 1,35 | 8,82 | +34,04 |
| Valors mitjans (excloso els extrems): | 18.870 | 1.615 | 6.58 | | |

Fig. 7.34 Característiques dimensionals i acústiques d'alguns auditoris (font: tesi doctoral de l'autor)

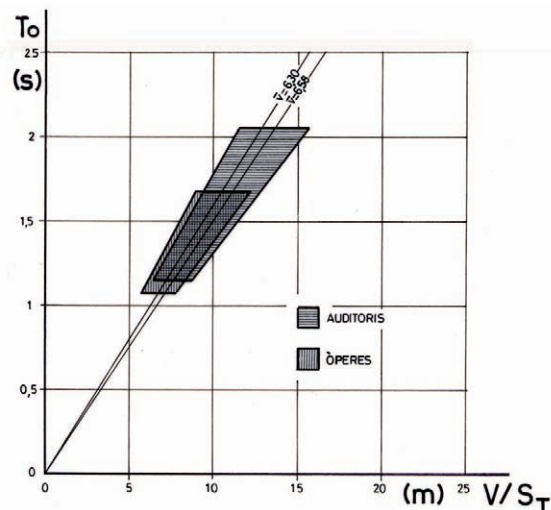


Fig. 7.35 Velocitat d'esmoreïment òptima per a sales amb polivalència d'audicions musicals i òperes (font: tesi doctoral de l'autor)

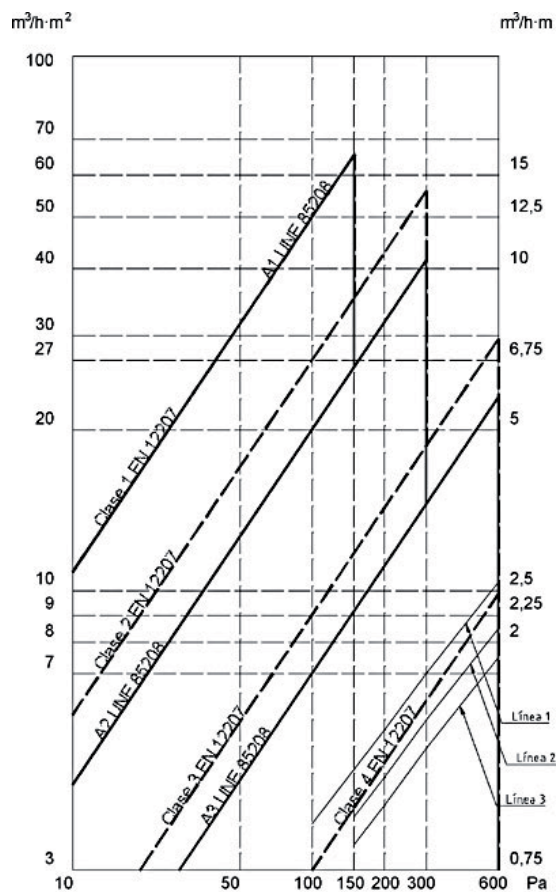


Fig. 7.36 Grau de permeabilitat a l'aire d'una finestra (font: www.ventanaenlared.com)

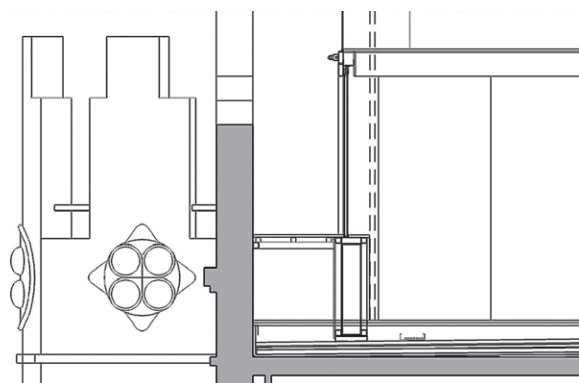


Fig. 7.37 Hermeticitat d'una paret envidrada. Secció de l'hospital municipal de Badalona (font: A. Soldevila, arquitecte)

observar en algunes obres inspeccionades arran de denúncies, **figura 7.38**), etc. Òbviament, l'enfrontament de caixetins fa que tinguem veritables forats entre un habitatge i el veí. Sobretot si el cul d'un caixetí està tocant el cul del caixetí de l'altre veí, com en el cas de parets molt primes.

La rehabilitació de la paret pot tenir dues solucions: afegir un extradossat per un costat o pels dos de la paret existent, o bé substituir-la per una altra.

Si hem de fer un **extradossat**, és evident que es redueix significativament la superfície útil, sobretot a les peces de petita dimensió. En efecte, en un dormitori amb la superfície mínima de 6 m² (dormitori senzill), si fem l'extradossat pel seu costat, segurament perdrem 5 cm d'amplària, que multiplicats per una longitud de 3 m significa una disminució de 0,15 m². Ens queda una habitació de 5,85 m².

És evident que, en aquest cas, el dia que algú ens vulgui comprar el pis, es pot trobar amb un peça que no compleix la superfície mínima. De fet, aquesta és una qüestió que ja argumenten les reclamacions per soroll entre habitatges que encara estan dins del període decennal d'assegurances (segons la Llei d'ordenació de l'edificació, això pot afectar tant el promotor com el constructor, l'arquitecte i l'aparellador o arquitecte tècnic). Cal anar amb compte perquè hi ha qui fins i tot avalua la pèrdua de valor de l'habitatge en el mercat per aquest fet.

Potser això d'extradossar cal fer-ho no tan sols en un dormitori, sinó també a tota la mitjana, perquè l'obra es va executar amb uns materials o tècniques constructives que no compleixen l'aïllament mínim que exigeix la normativa NBE/CA-88. En aquest cas, el problema és encara més greu, perquè extradossar tota una mitjana de 10 m de longitud ens portarà a perdre mig metre quadrat per planta de l'habitatge en qüestió.

Si la paret no compleix la normativa, hem de trobar una solució perquè ho faci. Això no vol dir que

ja no escoltarem el veí (complir la norma no ens allibera dels rons del veí).

A tot això, sembla lògic que tampoc no sigui exigible fer servir un extradossat mitjançant el qual s'obtingui un aïllament molt superior al de la normativa.

A la pràctica, és molt difícil substituir tota la paret per una altra de millor, tot i que així no es perd gens de superfície útil de l'habitatge, perquè el gruix total pot quedar igual que abans.

Quan la paret no compleix la normativa, els dos veïns d'ambdós costats es poden posar d'acord a enderrocar la paret i tornar a aixecar-la. Això suposa el trasllat d'instal·lacions, pols i pèrdua d'intimitat mentre duren les reparacions, i sentir el veí quasi a dins de casa (tret que ambdues famílies vagin a l'hotel).

I, si substituïm una paret per una altra, com és pot fer i com la construïm?

Segurament, la millor solució és veure les solucions actuals que ofereix el mercat amb aquell mateix gruix, i així no perdre superfície dels habitatges.

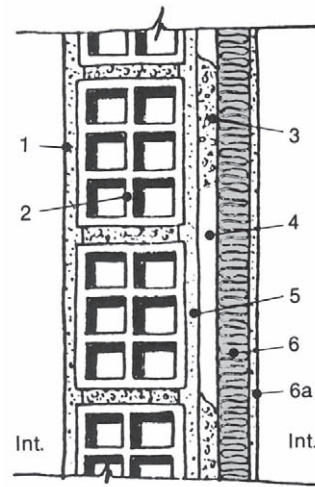
Si la paret era de 15 cm (en realitat, és d'uns 17 cm), podem buscar un element ceràmic més pesant (com un maó calat acústic), i continuar basant-nos en la llei de masses. També podem buscar una solució de paret amb elements tous a la flexió, com poden ser els guixos laminats (**fig. 7.39**) o bé una solució mixta (**fig. 7.40**).

En aquest cas, la solució és una mica sofisticada, perquè cal posar unes bandes de neoprè o cautxú perimetral, uns perfils inferiors i superiors i uns altres de verticals, unes llanes de roca, fibres de vidre o altres solucions absorbents de la cavitat, etc., i els panells de guix laminat exteriors (**fig. 7.41**).

Com aconseguir que, en colpejar la nova paret, no sembli que amb el veí no ens separa més que el panell de 13 mm de guix, o que el quadre i la prestatgeria hagin de caure a cada cop de porta?

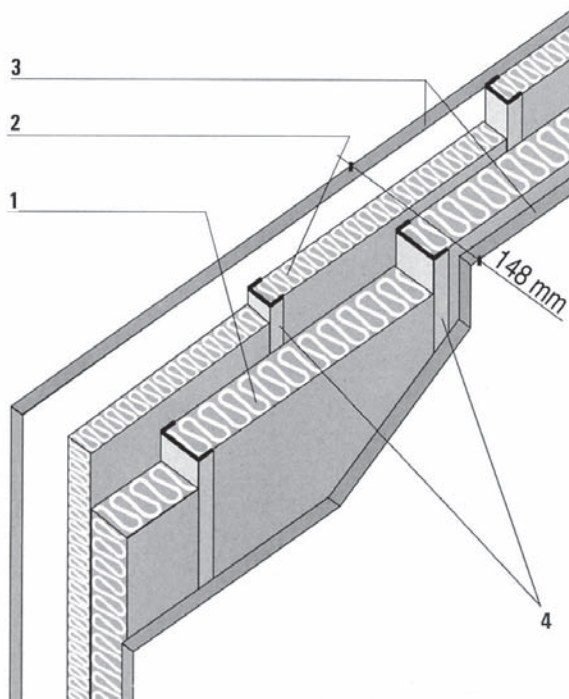


Fig. 7.38 Enfrontament de caixetins en una paret
(fotografia de l'autor)



1. Estesa de guix negre i emblanquinat
2. Envà de maó foradat doble
3. Pasta de fixació de l'extradossat
4. Cambra d'aire
5. Estesa de guix negre i emblanquinat
6. Panell ISOVER del tipus Calibel
- 6a. Placa de cartró guix del tipus Calibel

Fig. 7.40 Paret de ceràmica amb extradossat a una cara
(font: Manual d'ISOVER)



1. Rockcalm 211 (e=60 mm)
2. Alpharock 225 (e=40 mm)
3. Placa de guix laminat de 15 mm
4. Subestructura metàl·lica de 48/70 mm

Fig. 7.39 Paret de guix laminat de 148 mm de gruix
(font: Manual de Rockwall)

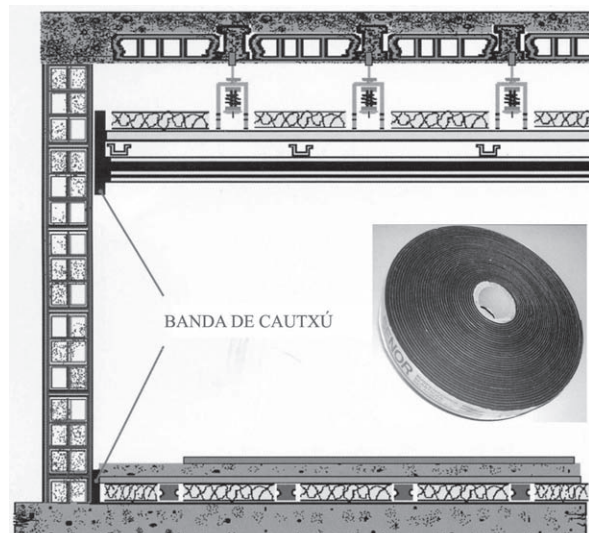


Fig. 7.41 Banda acústica de cautxú
(font: SENOR)

Una qüestió interessant en aquest tipus de paret és emprar una capa intermèdia metàl·lica que eviti aquesta sensació de desprotecció (**fig. 7.42**), perquè fàcilment ens podem arribar a imaginar el nen del veí que va gratant la paret amb l'ungla i un dia apareix a casa (i no ha entrat per la porta).

S'ha de poder oferir més seguretat i ara ja hi ha més solucions per poder-ho fer.

També hi ha altres panells més durs, de cel·lulosa i alguns vitrificats, que tenen aplicació tèrmica (**figures 7.43 i 7.44**).

A hores d'ara ja es comença a tenir molta experiència constructiva, que ha inundat el mercat de tot aquest tipus de materials. Per això, podem arribar a trobar solucions que superin, fins i tot, l'aïllament que ens fixa la norma.

A l'hora de rehabilitar arran de reclamacions judicials, només podem exigir que, amb la nova solució que es construeixi, es compleixi el que la norma estableix pel que fa a aïllament. No li podem pas exigir que la superi, perquè això no seria legal.

El que sí que és evident és que podem trobar una solució de mercat, a base d'aquestes alternatives toves a flexió, que ens permeti mantenir aquell mateix gruix.

Òbviament, haurem de tenir molta cura amb la seva execució, i no caure en els errors que s'acostumen a fer d'economia en l'estructura interna, d'absència d'absorbent a la cavitat, guix insuficient de les plaques exteriors, enfrontament d'instal·lacions, etc. A més, com que aquests panells tenen cavitats interiors, moltes instal·lacions ja no requereixen rases, sinó que els traçats poden fer-se fins aquells llocs on interressi sense massa forats. Aquest és precisament el gran avantatge d'aquest sistema.¹⁰

Les portes

L'habitatge està dividit en diferents peces, on es desenvolupen unes activitats que no tenen perquè

coincidir. Tot i que l'ús és únic (el d'habitatge), és igual que la cambra sigui un dormitori o la sala d'estar, perquè pot ser que s'hi estudiï o s'estigui escoltant música. L'ús és el general d'habitatge.

Això fa que tinguem una gran dedicació a intentar optimitzar i compatibilitzar les diferents activitats que s'hi poden desenvolupar. Per exemple, si des de la sala d'estar estem sentint la música de l'habitació del noi, vol dir que o no ens aïlla prou la paret que ens separa d'aquesta peça, o bé que el so surt i entra per les façanes o patis, o bé que la transparència la tenim a les portes o a les reixes de ventilació, etc.

Tot això ens porta a fer un estudi molt concret, cas a cas, perquè potser nosaltres ens pensem que el soroll ve de la paret i, en canvi, és la suma de moltes fonts (molts orígens) de transmissió sonora. Si féssim amidaments amb intensimetria, sabríem exactament els llocs en els quals tenim les màximes transparències. Llavors, podríem actuar just en aquells sectors on ens interessa, perquè obtindríem una gran rendibilitat en el nostre tractament.

El mateix passa respecte a les instal·lacions i les caixes encastades, etc., que hem esmentat abans. Dissortadament, els amidaments intensimètrics encara no s'han pogut generalitzar.

Imaginem-nos que és la porta l'element on tenim la transparència del so.

Aïllar una porta és bastant fàcil perquè, tot i que és un element que forma part de l'immoble, és quasi dels mobles més mòbils que hi ha a l'arquitectura. Això vol dir que podem fer que el nostre habitatge millori moltíssim si la canviem per una porta més ben aïllada.

Què vol dir més ben aïllada? En primer lloc, que tingui més **massa**. És clar, les portes s'intenten fer molt lleugeres perquè no hi hagi problemes amb les frontisses (que no se'n desprenguin perquè llavors no s'ajusten). Cal comprovar, en

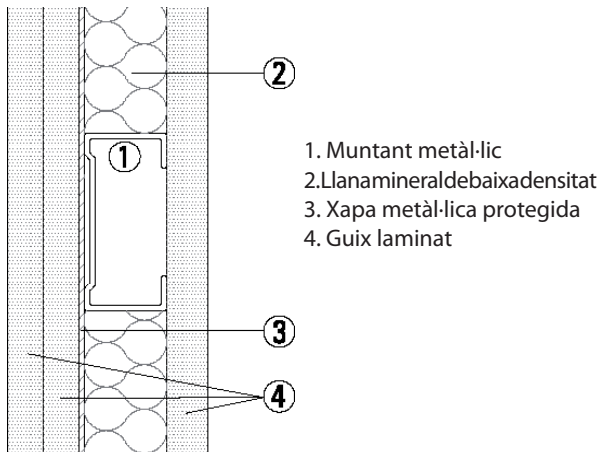


Fig. 7.42 Capa intermèdia metàl·lica en una paret lleugera (esquema de l'autor)

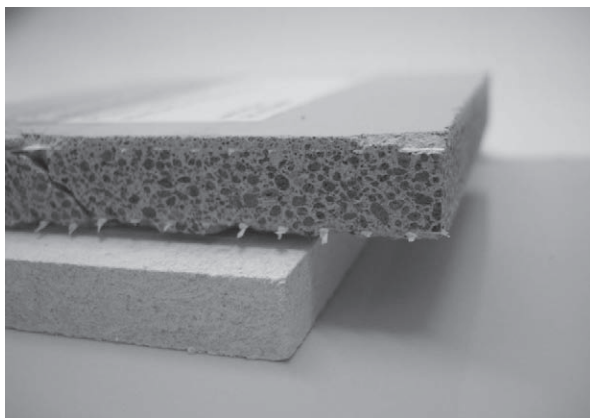


Fig. 7.43 Panell vitrificat FERMACELL (fotografia de R. Calafell)



Fig. 7.44 Panell BETONYP (fotografia de l'autor)

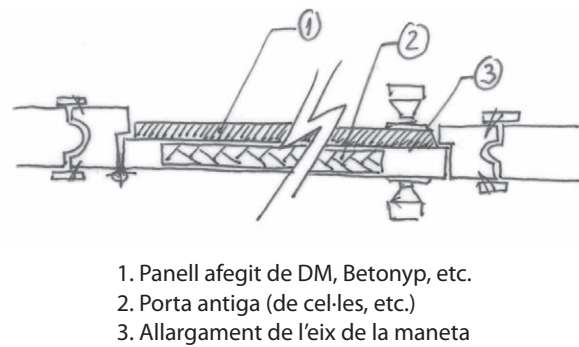


Fig. 7.45 Panells afegits (esquema de l'autor)

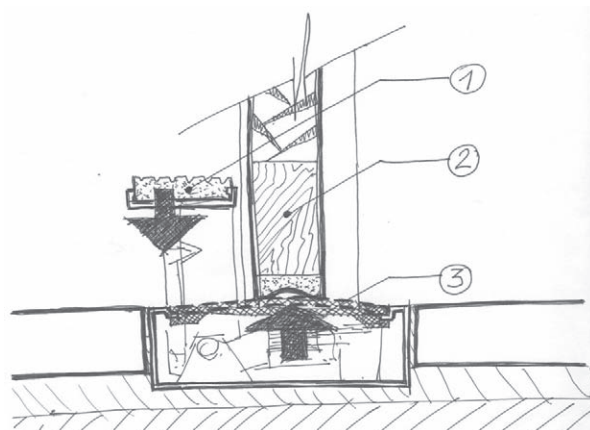


Fig. 7.46 Rivet inferior d'una porta (esquema de l'autor)

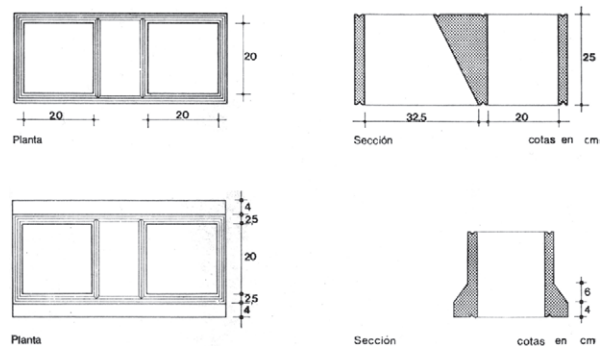


Fig. 7.47 Unió vertical de conductes d'extracció (font: NTE)

primer lloc, si els marcs i les frontisses aguantaran més pes. Òbviament, aquestes portes d'interior d'habitatge, encara que siguin les més aïllants i les més pesants, no són tan aïllants com podrien ser-ho les portes emprades per a uns estudis de gravació, per a un auditori o per a un conservatori de música.

Potser es pot veure si les que tenim instal·lades són suficients i les podem millorar amb un panell afeïgit a banda i banda (fig. 7.45), o bé emplenant-ne les cavitats interiors. Si la porta està feta amb un panell d'abella de cartró interior i després hi ha les dues fulles enganxades sobre aquesta estructura, el que hi ha de massís és tan sols als costats. És evident que és un porta que no admet cap tractament interior.

El més fàcil és agafar una porta de l'habitatge i fer-hi proves. Si la rehabilitació s'ha de fer a totes les portes de la casa, se n'agafa una, se serra i es mira per dins, perquè igualment s'haurà de canviar o millorar (si no es vol fer malbé, es poden fer cales amb un trepant per veure'n la composició).

És molt difícil reaprofitar portes barates. Tot i així, també cal anar amb molta cura amb els rivets. Les portes, avui dia, tenen uns recorreguts laterals que fan poc laberint. Llavors al so li és molt fàcil passar d'una habilitació al passadís, i a l'inrevés. Podem millorar aquest aspecte fent un itinerari més sofisticat, més laberíntic, i incorporant diferents rivets a les juntes (fig. 7.46).

Però sempre ens queda la part de sota, i aquí és realment molt complicat trobar una bona solució. Cal anar a buscar un mecanisme tipus guillotina que tanqui amb la maneta, o bé posar un ressalt del paviment (diferència de cota), que ens pot molestar moltíssim en el trànsit normal per casa nostra.

Les solucions sofisticades són obligades en el cas d'estudis de gravació, platós, etc., on no hi ha més remei que acceptar aquestes alternatives, no desitjables en usos normals. Per això, les portes quasi sempre són l'assignatura pendent que ens queda dels nostres habitatges.

Els conductes de ventilació

Ens referim als sistemes de ventilació mitjançant els shunts dels lavabos i els banys interiors. Sembla que els lavabos s'hagin de connectar amb unes xemeneies independents, però aquestes connexions moltes vegades no estan ben realitzades i s'escolta perfectament l'activitat que es desenvolupa al lavabo del veí.

Un altre problema pot ser degut al pas d'instal·lacions. Si hem posat la unitat central de l'aire condicionat per sobre del fals sostre del lavabo principal, potser ens trobem que aquest forat és ara un connector perfecte entre els sorolls d'un costat i de l'altre (a més de les olors).

Un punt conflictiu són les connexions d'una campana extractora a la xemeneia. Els llocs importants són els inicis d'unions cap als conductes d'extracció general verticals de l'edifici (fig. 7.47). No és fàcil rehabilitar aquestes connexions si estan mal fetes i no pugen una planta per després descarregar al conducte principal. Si passa directament al general, caldrà plantejar-ho amb unes solucions que, de segur, ens faran perdre més espai del que voldríem.

Els forjats

La transmissió del so aeri en els forjats és, com ja sabem, funció de la seva massa. Aquests forjats normalment tenen una part feble i una massissa, amb revoltos (que són la part lleugera) que carreguen a la biga o al nervi en el sistema unidireccional o bidireccional, respectivament.

Així, tenim uns elements d'una certa transparència acústica entre nervi i nervi (els cassetons), i en aquests cassetons tenim unes cavitats amb els laterals especulars. Quan el so entra a les cavitats, va rebotant i s'hi poden formar certes freqüències estacionàries de cavitat que provocaran unes transparències a l'aïllament entre un pis i un altre. Estem parlant d'uns forjats més pesats que 150 kg/m²; per tant, en podem obtenir uns aïllaments superiors als 45 dB.

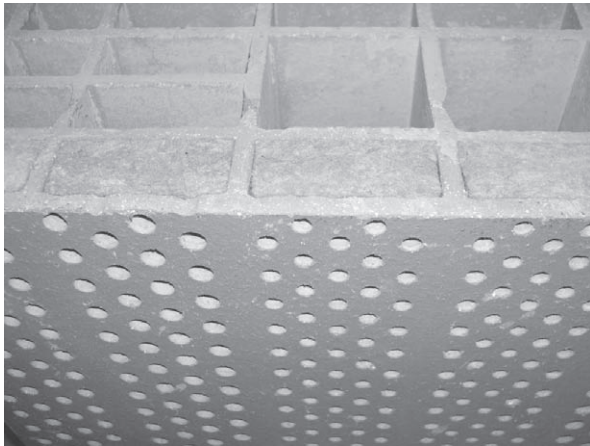


Fig. 7.48 Cassetó absorbent
(fotografia de l'autor)

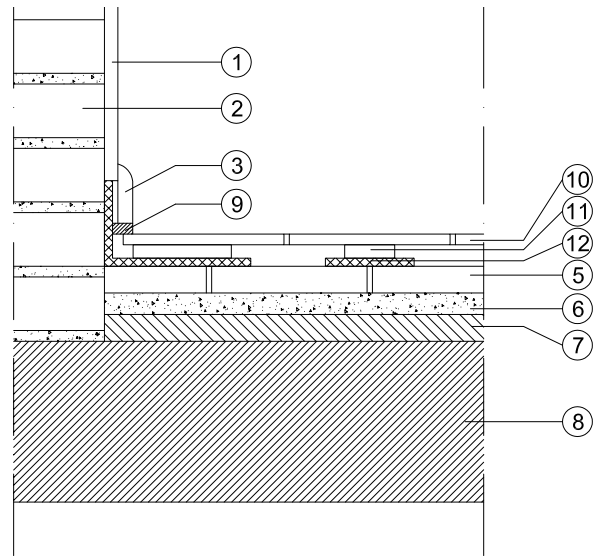


Fig. 7.50a Detall del parquet flotant



Fig. 7.49 Pati de llums actual amb pinta d'instal·lacions
(fotografia de l'autor)

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1. Guix | 7. Capa de compressió |
| 2. Paret | 8. Forjat |
| 3. Sòcol | 9. Massilla elàstica |
| 4. Moqueta | 10. Parquet |
| 5. Paviment | 11. Rastells |
| 6. Morter d'unió | 12. Felpes |

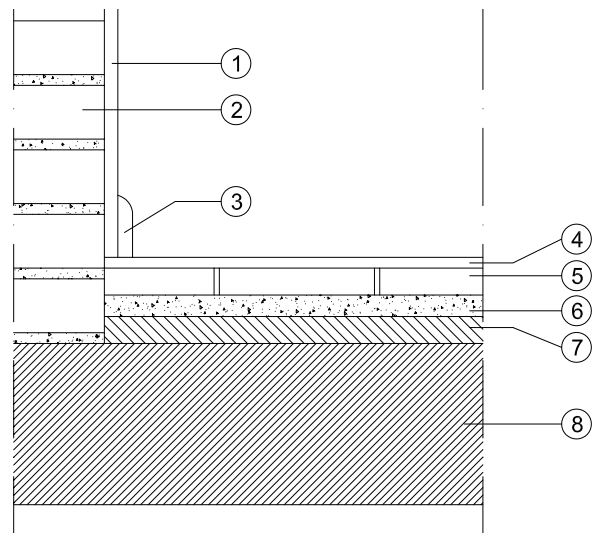


Fig. 7.50b Detall de catifa
(esquemes de l'autor)

Evidentment, si fem absorbent la cavitat, millorem molt l'aïllament del forjat (**fig. 7.48**).

Els patis

Els patis de llum i ventilació acostumen a ser excessivament reverberants (**fig. 7.49**). Per tant, una rehabilitació factible, des del punt de vista acústic, és precisament la del seu revestiment absorbent. Això és problemàtic perquè ja tenim unes instal·lacions ancorades a les seves parets, com ara els baixants i els muntants d'aigua, electricitat o gas, com també les vàlvules d'accionament (les claus de pas), ventilades al pati en el cas del gas i accessibles des de l'interior de l'habitatge.

Si analitzem les façanes del pati, ens adonem que hi ha molta superfície sense cap absorció acústica. Per això, la reverberació és tan alta, perquè és com una mena de tub, de poc volum, però especular. A més, es fa difícil disposar algun material absorbent perquè queda a cel obert. Fins i tot si hi ha clara-boia potser tenim esquitxades de l'aigua en alguns sectors.

Són comptats els casos en els quals es pot fer **rehabilitació per absorció** d'aquests veritables conductes que transporten la veu i els sorolls des de la cuina del veí fins al nostre dormitori o despatx.

Ja veiem que, en general, la problemàtica del so interior és realment molt gran. Moltes vegades solucionem el tema del so exterior, i llavors aquestes **veus interiors** adquireixen molt protagonisme. Per tant, cal que anem trobant solucions per a aquests elements que reenvien el so cap a d'altres parts també interiors de l'habitatge o dels nostres locals.

7.5.3 Soroll d'impactes. Forjats.

Local emissor i receptor

Sovint pensem en els sorolls d'impacte respecte dels que fa el veí del pis de dalt o del costat, o els que fem nosaltres i afecten el veí de sota. És cert que aquesta és l'acceptació normativa del soroll d'impacte: aquell que es rep en el recinte inferior

quan en el de sobre s'impacta sobre el paviment, s'arrosseguen cadires o el nen juga amb la piloteta fent-la botar o rodolar. Però també hi ha altres impactes, com els que fem als marbres de les cuines, els que provenen de tancar o obrir portes corredores, de tancar armaris i calaixos del mobiliari de la cuina, de baixar escales, etc. Aquests són sorolls impulsius.

En el cas del forjat, les solucions de rehabilitació tan sols poden anar per dos camins: des del local emissor i des del local receptor.

L'aïllament des del local emissor

Si interposem un material resilient entre l'impacte i el forjat, és a dir, una solució amb molt baix índex de rigidesa dinàmica, el contacte rígid es trenca i la força de l'impacte es distribueix per més superfície, amb la qual cosa es disminueix la pressió.

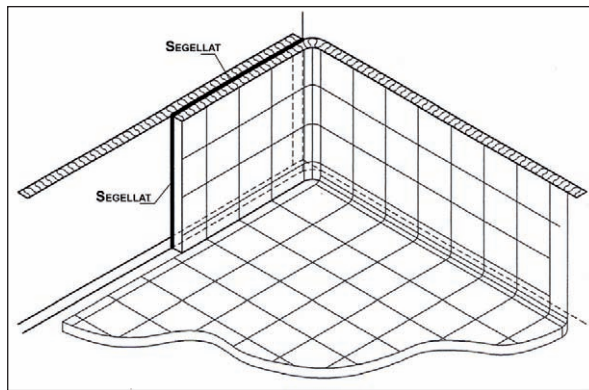
En comptes de tenir una massa de 5 kg que percu-deixi sobre 1 cm² de superfície, l'efecte que aconseguim amb una capa amortidora és el mateix que si haguéssim dividit la massa en moltíssimes parts petites de desenes de grams, que impacten sobre tota la superfície del forjat de la cambra. De fet, no eliminem l'impacte sinó que en repartim la força sobre molta més superfície.

I per a aconseguir això tan sols hi ha dues solucions: o **aïllar el propi paviment dels impactes** o bé **aïllar el forjat del paviment**.

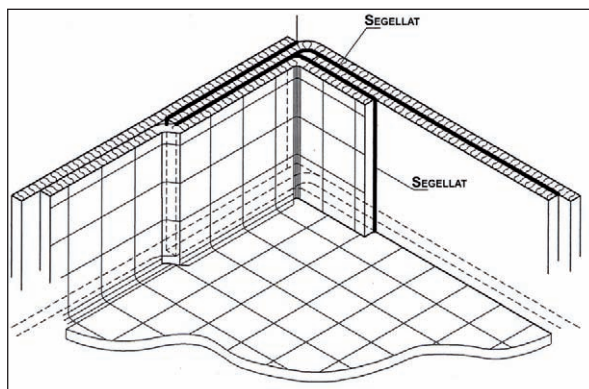
a) Aïllar el paviment dels impactes

La primera solució pot semblar la millor perquè l'actuació es realitza a l'origen, però no sempre és possible en els processos de rehabilitació.

Consisteix a **aïllar el paviment** o trobar un **paviment aïllant** en la seva superfície. El mercat ofereix peces de gres amb una capa inferior elàstica, com ara suro, etc., que pertanyen a la primera família, però el que és més usual és posar un parquet flotant (**fig. 7.50a**). L'última solució que sempre ens queda és emmoquetar el pis o bé fer servir ge-

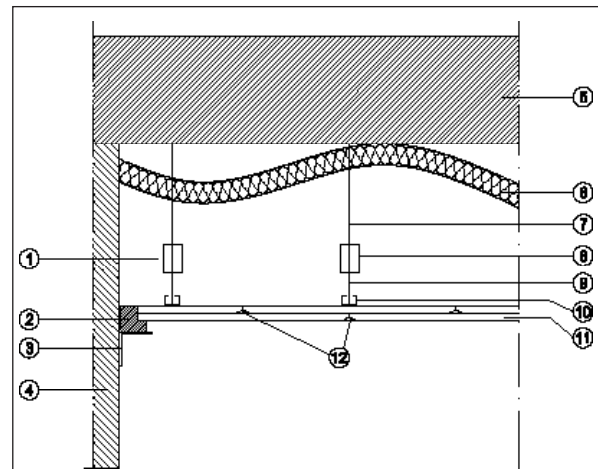


a) Primera capa



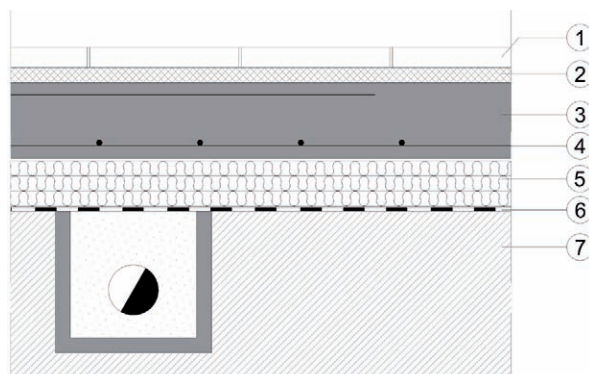
b) Segona capa

Fig. 7.51 Capes aïllants de llosa flotant al cafè-concert de Girona 10 (dibuix de Walter Valdez)



1. Cavitat
2. Massilla elàstica
3. Cornisa (motllura o tapajunts)
4. Paret
5. Forjat
6. Absorbent porós
7. Tija superior
8. Aïllador acústic
9. Tija inferior
10. Perfil omega de subjecció i anivellat
11. Fals sostre doblat a trencajunts
12. Unions amb malla d'encofrat i pasta

Fig. 7.53 Trobada de paret i fals sostre (esquema de l'autor)



1. Paviment
2. Morter d'unió
3. Llosa flotant de formigó
4. Mallatzo
5. Aïllament acústic de 3 capes
6. Capa antihumitat
7. Terreny natural

Fig. 7.52 Llosa flotant instal·lada al cafè-concert Piano Blau de Granollers, Barcelona (dibuix de Walter Valdez)



Fig. 7.54 Reixa de l'aire condicionat amb nínxol en afegir-hi un fals sostre (fotografia de l'autor)

neroses catifes (fig. 7.50b).

b) Aïllar el forjat del paviment

Tan sols es pot plantejar arrencar tot el paviment antic i la capa de compressió, si el que s'ha de fer de nou permet interposar ara una capa aïlladora de vibracions entre el forjat existent i determinada **llosa flotant** (encara que petita) per disposar-la al damunt. Aquesta llosa cal armar-la encara que sigui amb un mallatzo, i s'ha d'incrementar la quantitat de ferro a les zones perimetrals si sobre d'elles s'han d'aixecar parets totalment dessolidàries de l'estructura de l'edifici (en conservatoris de música, bars musicals i discoteques). A la **figura 7.51** podem veure les diferents trobades de les capes aïllants disposades sota la llosa flotant d'un projecte de rehabilitació acústica d'aquest autor, on el més important és que les darreres es van solapant respecte de les anteriors.

Aquest també és el cas que veiem representat a la **figura 7.52**, on es pot veure un exemple de llosa flotant realitzat per aquest autor al cafè-concert *Piano Blau* de Granollers.¹¹

Cal observar que tot el perímetre de la llosa sigui dessolidari de l'estructura i els tancaments preexistents. S'ha de tenir molta cura d'aquest detall, i pujar el material resiliènt fins als treballs finals del sòcol, peça que s'uneix a la base (resiliènt per darrere del sòcol) o que s'uneix a la paret o pilars (resiliènt per la base del sòcol). En qualsevol cas, és un aspecte a controlar en l'execució d'obra.

Aquest nou sistema de massa-molla-massa hem de calcular-ho a fi que no sigui fàcil aconseguir fer vibrar la seva freqüència natural de ressonància.

Òbviament, sobre la llosa flotant es pot disposar el paviment o l'acabat que desitgem. Tant si és dur com si és tou, l'impacte que aquest distribueix a la llosa ja no aconseguirà arribar al forjat gràcies a la capa resiliènt intermèdia, de la qual el mercat ofereix gran varietat de solucions.

Si en el nostre local es genera so amb molta ener-

gia a les freqüències greus (en bars musicals i discoteques, sales d'assaig de bateries, contrabaixos, etc.), les làmines que s'han d'interposar sota la llosa flotant han de ser molt eficients a aquestes baixes o molt baixes freqüències. Les solucions no són ara les de l'àmbit domèstic, on els impactes provenen de caigudes d'objectes i d'arrossegat mobles, sinó les de sons aeris que es transformen en vibracions, pròximes als subsònics i amb gran magnitud energètica (cas d'especialista en vibracions).

L'aïllament del sostre (local receptor)

L'altra forma de fer l'aïllament dels impactes és des del costat del receptor. Si qui provoca els impactes no fa res per trobar-hi remei, sempre queda el recurs d'actuar fent un **fals sostre**.

És clar que aquest fals sostre ha de ser dissenyat i construït de manera que sigui eficient, des del punt de vista acústic.

Això vol dir que ha de ser un fals sostre absolutament independent de les parets i del forjat en què se sustenti, i que la cambra d'aire ha de disposar d'absorbent a fi d'evitar-hi l'aparició de freqüències estacionàries.

A la **figura 7.53** s'ha representat una d'aquestes solucions, basada en els elements que existeixen al mercat. Com abans, cal tenir molta cura de totes les unions perimetrals i les del propi sistema suspensori, i així mateix preveure que, si les gomes es deterioren o es fonen en cas de foc, tinguem sempre garantit el suport (encara que rígid) del fals sostre.

En el cas de la rehabilitació d'habitatges, hem de tenir en compte que hi ha unes instal·lacions que caldrà desplaçar i, el que és més greu, unes reixes d'aire condicionat disposades en els finals dels passadissos just quan entrem a les peces d'estar o els dormitoris. Aquestes reixes òbviament estan disposades sobre la cota del fals sostre on hi ha el conducte. Si nosaltres també fem un fals sostre a la habitació, estem igualant pràcticament les cotes

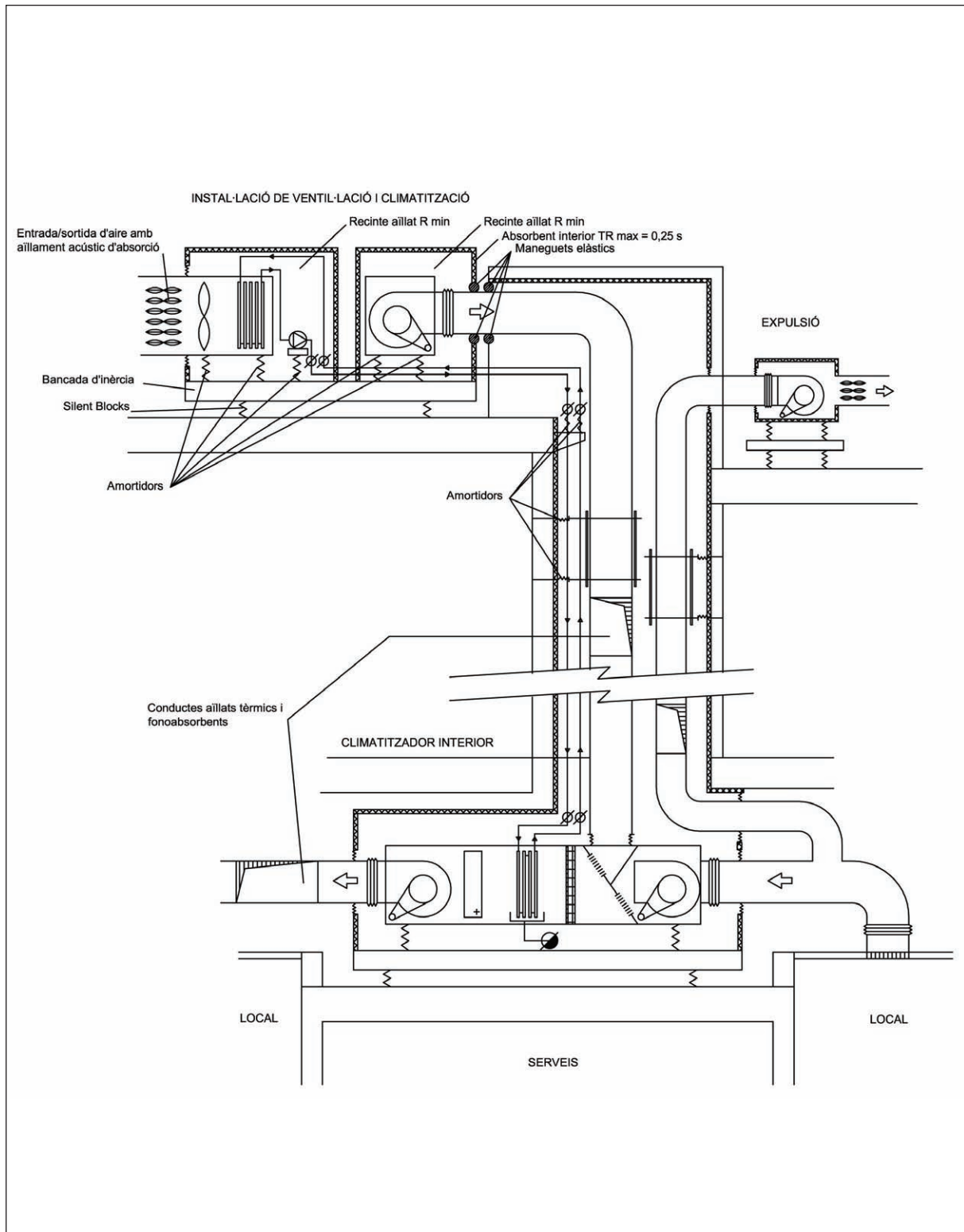


Fig. 7.55 Esquema del principi acústic de la climatització del cafè-concert Piano Blau de Granollers, Barcelona (dibuix de S. Pascual)

de falsos sostres de l'habitació amb les del passadís (estem sortint d'una superfície horitzontal i no d'una vertical com abans). Amb tot això ens serà més difícil disposar la nova reixa de l'aire, dirigida cap a la direcció on hi ha la màxima transmissió de fred o calor de la peça com és la seva façana (fig. 7.54).

Ja hem dit que la rehabilitació no ha de ser exclusivament acústica, sinó que ha de tenir en compte la problemàtica d'altres instal·lacions.

Impactes propis

Al nostre local, ens arriben molts més sorolls d'impactes, com ara els procedents del nostre propi habitatge, la picada que algú de la família fa al marbre de la cuina, els impactes en baixar l'escala del dúplex, etc. Quan això succeeix al nostre àmbit, sempre podem "educar" qui ho provoca, perquè els mitjans més senzills de solucionar-ho els podem trobar a l'abast de la mà.

Totes les solucions van pel mateix camí: disposar un drap entre la taula de picar i el marbre de la cuina, posar taps i topalls de suro o neoprè a les portes i als calaixos dels armaris de la cuina per evitar els seus cops, baixar les escales amb un calçat amortidor o folrar els graons, etc. Estem parlant dels nostres hàbits i, de la mateixa forma que podem educar els nostres fills si criden massa, també podem actuar amb més civisme en la forma d'utilitzar els estris, els mobles, etc.

Impactes aliens

És molt més difícil aconseguir aïllar-nos dels impactes si l'origen no està dins el nostre àmbit.

Es fa molt difícil dir al veí que camini més fluix, que no doni aquells cops de porta, que baixi la seva escala interior més sigilosament, que nivelli la rentadora, que obri més a poc a poc la balconera corredora, que...

Perquè, si sempre hi estem a sobre, vol dir que no el/la deixem viure com vol.

Potser ens hem de preguntar si no és un problema nostre?

En molts casos, he observat que el problema també és de l'edifici. I si no s'ha dissenyat o construït de manera que no s'hi transmetin els cops, què és el que ens queda per fer?

Quan veiem que ja s'ha esgotat la paciència del veí o la nostra, no hi ha més remei que cercar totes les solucions de rehabilitació puntuals.

7.5.4 Sorolls i vibracions d'instal·lacions individuals

Pel que fa a les instal·lacions comunitàries de l'edifici, ja ha quedat prou clar el que cal fer en el capítol anterior, on s'han estudiat els sistemes rehabilitadors dels ascensors, les torres de recuperació i els condensadors per aire, baixants, calderes, etc.

Ara s'analitzen aquells equips que influeixen sobre el local per la seva forma directa de fer-ho, com ara l'aire condicionat i les instal·lacions de ventilació, radiadors i extractors de cuina i bany.

L'aire condicionat i les instal·lacions de ventilació

Hi ha tres casos, com a mínim, que requereixen rehabilitació: *a)* quan escoltem el soroll de la nostra activitat a través dels conductes d'aquesta instal·lació; *b)* quan afectem els veïns amb els sorolls mecànics d'aquests equips, i *c)* quan al nostre local no hi ha prou silenci en els moments en què s'impulsa o s'extreu l'aire.

Tots aquests casos s'agreugen en el moment de rehabilitar pubs i bars musicals. Sobretot el darrer cas es produeix quan el local ha de permetre realitzar actuacions de música en viu, perquè els músics a l'escenari requereixen molt silenci dels equips.

A la **figura 7.55** es pot veure l'esquema de la instal·lació de l'equip de climatització del cafè-concert Piano Blau a Granollers, l'acústica de la

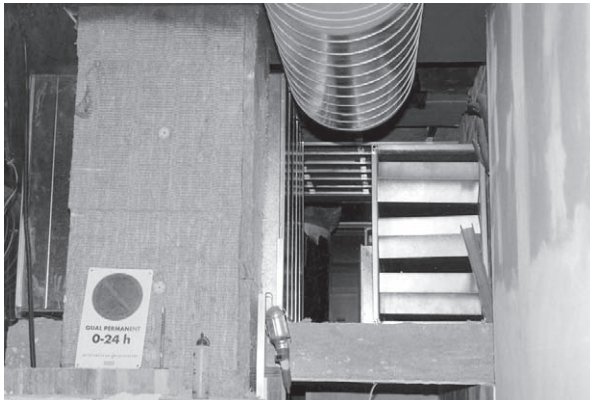


Fig. 7.56 Silenciadors interiors del cafè-concert Piano Blau de Granollers, Barcelona (fotografia de l'autor)

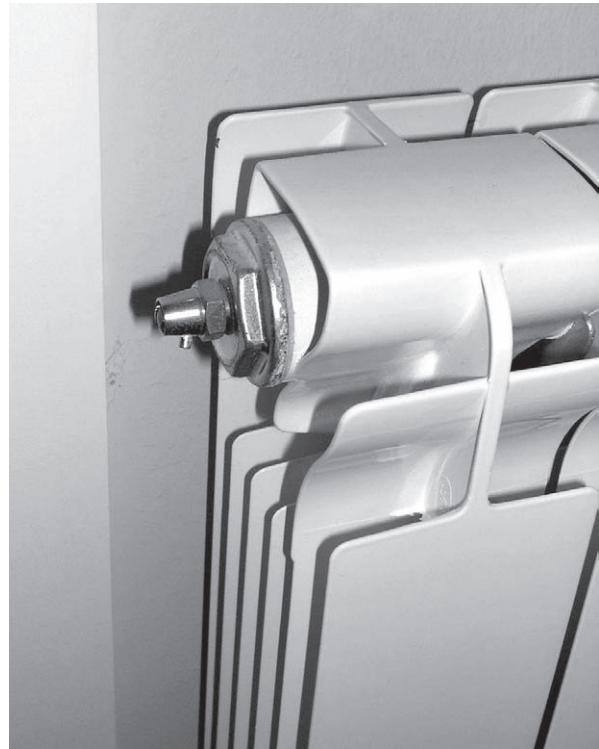


Fig. 7.59 Purgador de radiador (fotografia de l'autor)

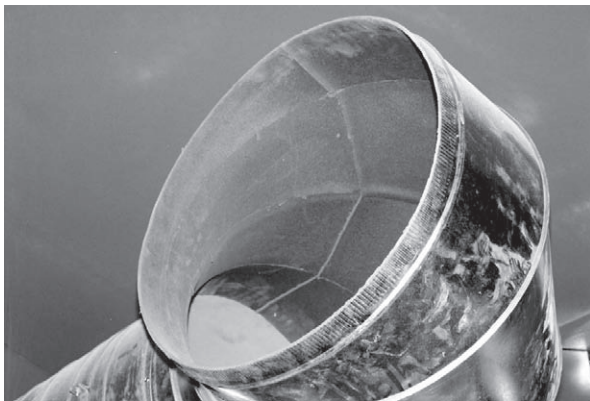


Fig. 7.57 Absorbent acústic instal·lat a la part interior d'un conducte d'impulsió al cafè-concert Piano Blau de Granollers, Barcelona (fotografia de l'autor)

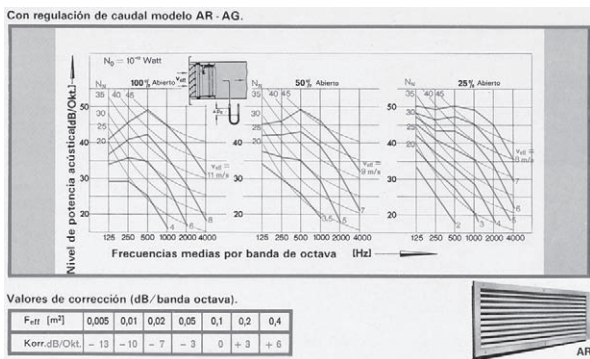


Fig. 7.58 Relaci3n entre el flux d'aire i la potència acústica (font: catàleg TROX)

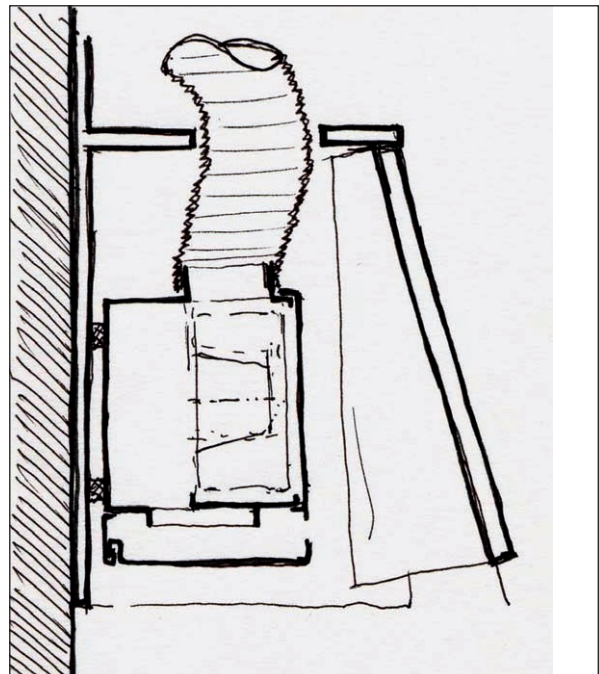


Fig. 7.60 Secci3n de l'aïllament acústic d'un extractor de cuina (dibuix de l'autor)

qual va ser realitzada per aquest autor. Fixem-nos que s'han disposat **silenciadors d'absorció** dins el local, tant per a la impulsió com per al retorn.

S'observen les grans dimensions dels silenciadors necessaris (**fig. 7.56**), que sempre cal preveure a les proximitats dels ventiladors d'impulsió, extracció i retorn.

Ja s'ha dit abans que els conductes (obligatòriament pel que fa a l'acústica i molt més en tots aquests casos) han de tenir, absorció molt alta per unitat de longitud. Es tracta que el propi conducte sigui l'aïllant i no pas el conductor dels sorolls de l'activitat o dels ventiladors (**fig. 7.57**).

Sovint pensem que l'aire condicionat fa molt soroll i no ens adonem que l'origen d'aquest soroll és precisament a les **reixes**, als **difusors** o a les **toveres** de sortida o impulsió de l'aire des del conducte al local.

A la **figura 7.58** s'inclou un fragment del catàleg d'aquests elements, on podem preveure el soroll que produiran en funció de les condicions de cabal, velocitat, etc. de la impulsió. Òbviament, si tenim soroll per aquests motius, es tracta de buscar-ne les dimensions adients en el moment de rehabilitar-los.

Radiadors

Sovint, i sobretot després d'omplir-les, hi ha aire dins les instal·lacions de radiació per aigua. I això vol dir sorolls.

Cal purgar els radiadors, si n'hi ha (la vàlvula de purga és a la part superior de l'entrada d'aigua del radiador), i per a fer desaparèixer bosses d'aire del circuit cal disposar un purgador a la part més alta dels anells d'anada i retorn (**fig. 7.59**).

Extractors de cuina i banys

Molt sovint no ens adonem de la gran transmissió de sorolls i vibracions que provenen dels extractors de cuina. En efecte, el seu sistema d'unió hiperes-

tàtica i fermament solidària amb l'obra (ja sigui directament o mitjançant els armaris de cuina, que poden fer de bafles amplificadors) fa arribar les vibracions a les parets pròpies i veïnes.

Sovint és un motiu de denúncia dins del període decennal de l'habitatge, i cal trobar-hi solucions alhora en els dos aspectes següents:

a) Dessolidarització del ventilador respecte el seu suport

Aquest és un tema que també pertoca al fabricant del ventilador, que ens hauria d'oferir la possibilitat d'instal·lar-los de forma flotant des d'origen.

Si no el trobem així en el mercat, podem instal·lar solucions resilientes en el seu muntatge, sobretot buscant uns mecanismes de subjecció per gravetat que puguin actuar com a *silent blocks* en funció del pes del ventilador. A la **figura 7.60** s'inclouen algunes solucions de rehabilitació pel que fa a aquests aïlladors.

b) Dessolidarització del ventilador respecte del seu conducte

Cal disposar uns elements d'unió que garanteixin la discontinuïtat en la transmissió de les vibracions entre ventilador i conducte. Això s'aconsegueix amb manegüets elàstics similars als de la **figura 7.61**, entre un ventilador d'impulsió o d'extracció i el conducte.

En tots aquests casos, especialment en les campanes extractores de cuina, cal tenir en compte la prevenció al foc d'aquests sistemes resilientes i el seu envelliment a causa de les altes temperatures que poden donar-se en alguns instants.

7.5.5 Sorolls i vibracions del mobiliari, equips i electrodomèstics

Mobiliari

Molta gent es preocupa per evitar els sorolls que produeixen els nostres mobles. A vegades, perquè

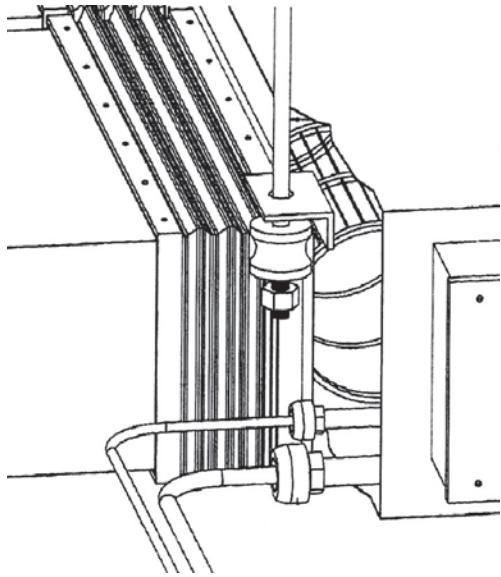


Fig. 7.61 Maneguet elàstic entre el ventilador i els conductes d'aire condicionat (detall de catàleg)



Fig. 7.63 Greixatge de les frontisses d'una porta (fotografia de l'autor)

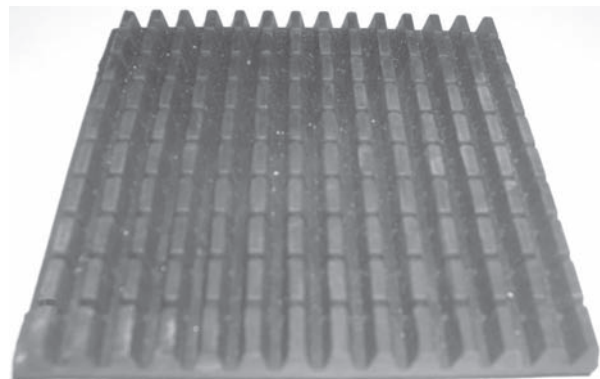


Fig. 7.64 Aïllament de la base d'un subwoofer amb bandes de neoprè o cautxú



Fig. 7.62 Tacs a les potes de les cadires del bar de l'ETSAB (fotografia de l'autor)



Fig. 7.65 Una de les aules d'informàtica de l'ETSAB (fotografia de l'autor)

els arrosseguem i molestem els de baix, o perquè fan uns cruixits o presenten disfuncions sonores respecte a allò que considerem un so normal.

Vegem quins sorolls produeixen i com podem evitar que ho facin si no ho volem. I en aquells que haurien de sonar d'una manera determinada, que ho tornin a fer amb el seu so original (si és que encara desitgem aquella poètica).

El primer aspecte que cal tenir en compte és el so del mobiliari que **arrosseguem**. Hi ha mobles fixos i d'altres mòbils, i els que arrosseguem acostumen a ser els darrers, com ara les **cadires**, cosa que fem molt sovint. En canvi, en altres ho fem puntualment (un cop al dia o amb molta menys freqüència, com ara els llits, sofàs, armaris, etc.).

Les cadires es mouen molt en el moment de fer-les servir. Els comensals d'un àpat, els alumnes d'una aula, etc., quan han de seure en una taula, ho fan endarrerint primer la cadira i després, un cop asseguts, s'han d'apropar a la taula a fi d'aconseguir la distància justa per poder-hi menjar o treballar. Aquest desplaçament sovint el realitzem amb el nostre pes a sobre d'ella.

Això vol dir que el moviment de la cadira s'inicia amb lleugeresa i després, es fa amb el pes de la persona, total o parcial, gravitant sobre ella. Són casos de mobles que tenen un so diferenciat en un moment i en l'altre.

Com podem evitar el so de la cadira si no ens agrada el que produeix?¹²

No és bo posar uns tacs qualssevol a cada pota per rehabilitar acústicament la cadira, perquè en desplaçar-la en podem frenar el desplaçament. Per tant, cal anar amb compte a l'hora de posar certs tipus de goma o neoprè excessivament tou o dur.

Les cadires que hi havia abans de la rehabilitació al bar-restaurant de l'ETSAB feien uns forts grinyols. A la **figura 7.62** es veuen les solucions realitzades.

Un altre tema és el de les **cadires amb rodetes**,

que sempre que es mouen produeixen un so. Però, a més hi ha altres sons secundaris produïts pel rodament i la vibració de la cadira, que també cal tenir en compte, perquè en alguns casos són o poden ser uns grans protagonistes.

En aquest cas, com més gran sigui la superfície de contacte de la rodeta amb el paviment, menys sorollosa serà. Hi ha rodetes molt silencioses, basades en les recerques de materials i coixinets dels fabricants de rodetes per a patins, monopatins, patinets, etc.

I l'últim tema és la rehabilitació del so que fa el propi mobiliari quan ens hi asseiem. Si recordem les veus que generaven les butaques dels nostres pares en asseure-s'hi, podrem prendre consciència que al nostre voltant hi ha molts seients que esbufeguen, cruixen o fan molts altres sons.

Òbviament, si els considerem sorolls, caldrà cercar-ne solucions rehabilitadores, i sovint són fàcils de trobar amb enginy (reentapissat, reemplaçar els espais buits amb plomes o goma escuma, etc.), però crec que també pot ser interessant que cada objecte soni amb certa personalitat, i per això ens cal que els dissenyadors també tinguin present i facin servir el so en els seus dissenys.

En el cas de les cadires i les butaques de **vímet**, els cruixits es produeixen quan desplaçem el pes d'un costat a l'altre. Podem matisar-ho intercalant-hi coixins, però és molt difícil evitar aquestes **veus característiques**. És el mateix que en vestir-nos amb aquelles sabates de cuir trenat per a l'estiu, que van fent un cruixit especial a cada pas que fem en llocs silenciosos, on la nostra presència sonora es va convertint en la protagonista del territori.

També els **cops de portes d'armaris** ens informen del fregament de la fulla i el bastidor, generalment per la part inferior. Igual que en els calaixos de les calaixeres, aquestes friccions es poden solucionar quasi sempre emprant pólvores de talc. No sempre la solució és perenne, però el manteniment és molt fàcil de fer. Hi ha qui també fa servir cera o sabó, però aquests productes poden captar les brutícies



Fig. 7.66 Professor excessivament envoltat de sorolls propers (màquines de transparències, diapositives, ordinador portàtil, etc.) (dibuix de l'autor)



Fig. 7.67 Timbres d'avís de la cuina



Fig. 7.68 Màquines Thermomix en una cuina

| Funció | Font sonora | dBA |
|--|--|-------|
| Cuina | Soroll de fons amb rellotge de cuina, rellotge del forn i peixera (fons exterior en estat silenciós) | 36 |
| | Soroll de fons amb nevera, rellotge del forn, rellotge de paret, peixera (fons: ocellets del pati amb la finestra tancada) | 38 |
| | Soroll dels plats i coberts a la pica (centre de la cuina) | 75 |
| | Extractor (centre de la cuina) | 62 |
| | Extractor (a 1 m) | 64 |
| | Rentavaixelles sol (centre cuina) | 48-52 |
| | Rentavaixelles + altres sons de la funció (centre de la cuina) | 57 |
| | Rentavaixelles + TV | 56-57 |
| | Rentavaixelles + TV + microones | 59-64 |
| Sala d'estar | TV | 49 |
| | TV sense converses | 60 |
| | TV de nit | 70 |
| | Tropicà amb les aletes parades: | |
| | Velocitat 1 | 45-46 |
| | Velocitat 2 | 49 |
| | Velocitat 3 | 53 |
| Tropicà amb les ales rodant (increment de 4 dB): | | |
| Velocitat 1 | 49 | |
| Velocitat 2 | 54 | |
| Velocitat 3 | 57 | |
| Pati | Ocellets al pati | 57 |
| Diversos | Arrugar una ampolla d'aigua de 5 litres a 1 m | 85 |
| WC | Descàrrega WC i emplenament al lavabo petit | 57 |

Fig. 7.69 Soroll dels aparells i electrodomèstics d'un habitatge de Barcelona (amidament de l'autor)

si la fricció es realitza sobre una superfície horitzontal.

Pel que fa a les **frontisses** que grinyolen (**fig. 7.63**), la solució és sempre emprar oli de màquina fluid o bé greix de màquina. No és recomanable emprar solucions de 6 en 1 perquè s'assequen i encara poden rovellar-se molt més i provocar nous grinyols.¹³

Ahora, cal pensar què fem amb **els cruixits de molles** de matalassos, sofàs, butaques i tresillos. En alguns casos, hi ha alguna molla o element que queda solt o que no està perfectament agafat, o bé hi ha algun contacte amb una part metàl·lica i llavors pot ser necessari cercar solucions per evitar aquestes veus a casa nostra. Les solucions no són tan evidents perquè sovint cal desentapissar per resoldre el problema.

Equips

Tenim alguns equips a casa, a l'aula o a la sala d'audicions, que poden produir molèsties perquè les seves veus s'afegeixen als sorolls de fons que hem de suportar.

Farem un repàs molt ràpid d'aquests equips, i ens aturarem tan sols en els sistemes que ens permetin reduir les veus negatives.

Potser els equips d'**alta fidelitat** i **cinema a casa** són els que més poden molestar els veïns, o a no-saltres mateixos quan el so es genera fora de la nostra cambra.

Segurament els sons que ens poden molestar més són els de les freqüències més greus. Com s'exposa a l'apartat de sales de música, en aquestes freqüències es produeixen pressions sonores elevades, degudes als instruments musicals que s'encarreguen del control del ritme i el *tempo*. Cal que aïllem del seu suport els altaveus que amplifiquen aquestes baixes freqüències, i això ho podem aconseguir intercalant **bandes de neoprè escumós** o altres sistemes, com petits amortidors, que alguns fabricants ja subministren per als seus

models d'altaveus. Sobretot és necessari que ho fem amb el subwoofer (altaveu tercer o cinquè, encarregat en exclusiva de l'emissió de les molt baixes freqüències de l'equip) (**fig. 7.64**).

Pel que fa a l'aparell receptor de televisió, la seva emissió de baixes freqüències sonores no és tan crítica com en el cas anterior. Tot i així, es poden adoptar solucions similars, on el que va molt bé és que, a més, la taula o el moble que el sustenta tingui també resolt elàsticament el contacte amb l'estructura (paviments i parets del local).

També hem de parlar dels **equips d'ordinadors** que tenim instal·lats a la sala. Es componen de la torre o CPU (o bé és un portàtil) i la impressora, la copiadora, l'escàner, etc.

De tots ells, els que més soroll produeixen són aquests darrers, sobretot la **impressora** quan és de raig de tinta (ja descartem les antigues matricials, avui dia obsoletes). Les úniques solucions viables actualment són **concentrar** aquesta producció de so en un lloc amb **mampares absorbents**, o bé **encamisar** aquests aparells individualment, com encara es fa amb alguns d'antics.

Però, dissortadament, el problema no es produeix tan sols amb els elements que generen més soroll. En efecte, els mateixos ordinadors sembla que facin poc soroll (de l'ordre de 37 dBA a 1 m), però si els concentrem en una **aula informàtica** (**fig. 7.65**) la seva emissió és ja molesta, perquè la suma de nivells fa augmentar el soroll de fons de l'aula.¹⁴ En aquest cas, el professor ha de parlar més fort perquè l'entenguin. És el que hem anomenat pertorbació de l'emissor per un **focus aliè**, on la solució més immediata consisteix que el professor es barregi amb els alumnes (però en aquest cas el soroll de fons també es genera barrejat amb els alumnes).

I, posats a parlar de les aules, també cal que n'esmentem els equips usuals: **retroprojector**, **projector de transparències**, **projector d'opacs**, **canó**, etc. Tots aquests equips contribueixen a augmentar el so de fons de l'aula però a més, com

| Model | Potència sonora | Model | Potència sonora |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| SF 25 T 053 EU | 49 dB (re 1 pw) | SE 24 M 255 EU | 52 dB (re 1 pw) |
| SF 24 T 558 EU | 49 dB (re 1 pw) | SE 25 E 555 EU | 54 dB (re 1 pw) |
| SF 24 T 258 EU | 49 dB (re 1 pw) | SE 25 E 255 EU | 54 dB (re 1 pw) |
| SF 25 M 853 EU | 52 dB (re 1 pw) | SE 24 E 843 EU | 54 dB (re 1 pw) |
| SF 25 M 253 EU | 52 dB (re 1 pw) | SE 24 E 243 EU | 54 dB (re 1 pw) |
| SF 24 E 232 EU | 54 dB (re 1 pw) | SE 44 M 561 EU | 49 dB (re 1 pw) |
| SK 25500 EU | 53 dB (re 1 pw) | SE 55 M 557 EU | 49 dB (re 1 pw) |
| SK 25210 EU | 53 dB (re 1 pw) | SE 55 E 551 EU | 52 dB (re 1 pw) |
| SE 20 T 494 EU | 40 dB (re 1 pw) | SE 64 M 359 EU | 49 dB (re 1 pw) |
| SE 20 T 294 EU | 40 dB (re 1 pw) | SL 64 M 360 EU | 52 dB (re 1 pw) |
| SE 25 T 052 EU | 44 dB (re 1 pw) | SE 65 M 330 EU | 54 dB (re 1 pw) |
| SE 26 T 290 EU | 42 dB (re 1 pw) | SE 64 M 360 EU | 52 dB (re 1 pw) |
| SE 25 M 577 EU | 47 dB (re 1 pw) | SF 64 T 355 EU | 49 dB (re 1 pw) |
| SE 25 M 277 EU | 47 dB (re 1 pw) | SF 64 M 331 EU | 52 dB (re 1 pw) |
| SE 26 M 851 EU | 52 dB (re 1 pw) | SF 64 T 355 EU | 49 dB (re 1 pw) |
| SE 26 M 251 EU | 52 dB (re 1 pw) | SF 64 M 331 EU | 49 dB (re 1 pw) |

Fig. 7.70 Especificació de potències sonores de màquines de rentar plats (font: catàleg SIEMENS)

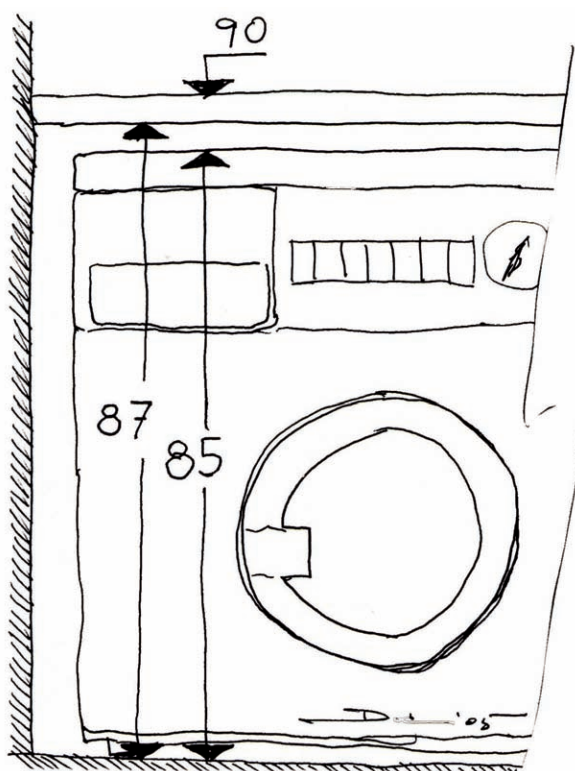


Fig. 7.71a Limitació del gàlib de la rentadora (esquema de l'autor)



Fig. 7.71b Cas real de la limitació del gàlib en un rentavaixelles (fotografia de l'autor)

que es disposen amb molta proximitat al professor, la seva afectació principal és sempre al primer (fig. 7.66).

No sembla que hi hagi normatives destinades a limitar aquesta emissió. Tan sols hi ha les corresponents als aularis i als centres d'ensenyament oficials, però hi ha pocs requisits respecte de la potència sonora màxima que aquests equips poden generar.

Aquí toca posar seny. A l'hora d'impartir una classe o una conferència, si no vol sorolls innecessaris, el professor s'ha d'encarregar d'anar apagant o desendollant aquells aparells que no utilitzi.

Un tema comú a tot local és sempre el soroll del seu **enllumenat**. Sobretot si l'equip instal·lat és a base de fluorescents, els elements productors dels sorolls són els **balastres** (reactàncies), tot i que en fases finals de la vida dels encebs o dels propis tubs, aquests darrers van produint els clàssics "clics" intentant desesperadament fer l'encesa.

El soroll de les **reactàncies** es pot eliminar si les concentrem en un indret específic i les encapsulem convenientment. Cal anar amb cura amb la calor, que convé dissipar.

Aquest és un dels problemes dels encamisats en general, en què sempre cal resoldre la ventilació de l'element o elements que disposem a l'interior.¹⁵

Pel que fa als senyals sonors d'avís, com ara els **timbres** i **telèfons**, és important que es puguin personalitzar per a no generar confusió. En efecte, si tots els telèfons d'una oficina sonen igual, és molt difícil saber que sona el del nostre lloc de treball (si en aquell moment no hi som a prop). Amb els mòbils passa quelcom similar i fins i tot generem melodies pròpies, però els acostumem a portar molt a prop. Alguns telèfons els podem personalitzar, però no pas tots ens permeten generar melodies pròpies. En alguns tan sols es pot graduar el volum del senyal de recepció de trucada.

En el cas dels **timbres** de campana de les portes,

sempre podem actuar-hi canviant-la, aïllant-la o farcint-la d'algun material esmorteïdor.

Electrodomèstics

En aquests elements, el fabricant ja ha de complir bastants normatives pel que fa a la potència acústica dels seus fabricants. Aquesta és sempre la millor solució per a la rehabilitació: que hi hagi unes **normes** més restrictives a fi que els electrodomèstics es puguin actualitzar millorant-ne ostensiblement les prestacions, entre elles les acústiques.

A la nostra llar, disposem d'una gran família (blanca, marró, etc.) d'electrodomèstics, quasi tots disposats a la cuina, al safareig i als banys.

Els aparells que molesten més els usuaris interns són els de la cuina, ja que en aquesta peça realitzem cada cop més activitats i, sobretot, hi mengem.¹⁶

A l'hora de menjar a la cuina, ens podem trobar amb diferents veus que s'afegeixen a la nostra conversa, com ara el **timbre d'avís del forn**, el **timbre extern** (fig. 7.67), l'**extractor de la cuina**, la **Thermomix** (fig. 7.68), un **robot**, el **rentavaixelles**, l'**aparell de TV**, el **microones**, etc.

En aquest instant, el nivell de pressió sonora a la taula, si hi afegim la nostra conversa, es pot situar de l'ordre de 70 dBA. Si observem la producció sonora individualitzada a la **figura 7.69**, ens adonem que la Thermomix, el robot, el rentavaixelles i el televisor fan molt soroll, que òbviament és més elevat quan funcionen tots els altres aparells.

Potser és millor anar a dinar a l'estar-menjador? Allà, el televisor ens ofereix 65 dBA i l'aparell de condicionament d'aire 40 dBA, que sumats donen com a resultat 66 dBA en total.

Com podem obtenir millors prestacions sonores?

Si mirem les ofertes dels fabricants dels aparells, podem descobrir que la seva producció sonora està limitada pel procés de fabricació, però també que encara queda molt marge de millora. Els millors

aparells del mercat competeixen en les seves ofertes com a productors de “silenci”. Però cal veure si això és real o és tan sols una utopia. A la **figura 7.70** podem veure un catàleg en què un fabricant de màquines de rentar plats especifica el nivell de potència màxima que va des de 40 a 54 dBA, és a dir, una diferència de 14 dBA.

I encara disposem de més electrodomèstics que sonen amb les seves veus constants, intermitents o puntuals, com ara la **nevera**,¹⁷ els **ventiladors** de sostre o de peu, etc. I no acostumem a comprar tot el que es presenta atenent tan sols el nivell de so que produirà.

Realment, resulta difícil dir res aquí per reduir aquests sorolls; només es pot indicar que, a més de vigilar el manteniment, hi ha bandes horàries on és segur que podem molestar els veïns, sobretot amb les **màquines de rentar la roba** i les **assecadores**, de les quals cal fer un ús amb previsió de la seva possible molèstia. Fixem-nos que acostumem a separar aquestes màquines de l’interior, disposant-les a les galeries exteriors.

En general, cal tenir cura amb el calçat d’aquelles màquines que tenen funció de centrifugació,

com ara les de rentar la roba i assecar-la, perquè acostumen a produir desajustaments en el sistema d’estabilització i sovint les veiem “caminant” per la galeria. Això produeix vibracions sòlides i cops d’impactes entre elles o amb les parets, que augmenten la generació i la transmissió de soroll.

El millor és que es disposin sobre unes plataformes que treballin a manera de **bancada inercial**, i òbviament un sistema de rodets que permeti desplaçar-les i també enclavar-les (i tot això ha de funcionar alhora com un sistema massa-molla que, unit al de l’electrodomèstic, estigui equilibrat, per tal de no provocar l’aparició de les freqüències de ressonància dinàmiques de tot el conjunt).

Sovint, un gran inconvenient per poder aplicar la solució anterior és que, en general, les alçàries lliures que es deixen a l’obra per als electrodomèstics són molt justes (**figura 7.71**, relativa a la màquina de rentar la roba) i no ens permeten posar-hi quasi cap d’aquestes bases.

En moltes ocasions, fins i tot, s’han de desinstal·lar els peus dels aparells per a poder-los entrar en els seus nínxols. Cal evitar que amb això desaparegui l’únic material amortidor acústic.

¹ Mitjançant la vibració a molt baixes freqüències, els *disc jockeys* aconsegueixen que la gent d’un espai fins i tot a l’aire lliure es posi a vibrar. Aquelles vibracions fan que tothom es mogui, balli i, per tant, hi hagi un contacte més elevat entre la música i el públic.

² Els músics saben que, amb música amplificada, la reverberació T_{60} no es correspon amb la que obtenen si exciten la sala amb l’equip de música i amb el volum sonor normal d’actuació, on aquest valor es pot incrementar un vint o un trenta per cent.

³ Comentari d’Oriol Bohigas a Catalunya Ràdio sobre els restaurants massa absorbents.

⁴ Tant en un cas com en l’altre, les definicions les podem veure en el llibre de disseny d’aquest mateix autor.

⁵ Realitzada per aquest autor, d’acord amb el projecte i la direcció de l’arquitecte José Luis Alonso Eijo.

⁶ Vegeu el paràmetre R_v en l’apartat 5.6.5 de llibre de disseny d’aquest mateix autor.

⁷ Recordo la melodia de les culleretes del bar de l'amfiteatre quan faltava poc per inaugurar la reforma del Palau de la Música Catalana.

⁸ Les dades s'obtingueren de l'estudi realitzat per Leo Benarek al seu llibre *Music Accoustics & Architecture*, editat l'any 1962 a Nova York per John Wiley & Sons.

⁹ Per això, els francesos fan l'aïllament respecte d'un soroll tipificat, que anomenen soroll de trànsit.

¹⁰ Que molta gent anomena sistema de parets de Pladur.

¹¹ Obra de rehabilitació realitzada per l'arquitecte Pere Calvo Soria com a arquitecte-interiorista, juntament amb l'autor com a consultor acústic.

¹² És un cas molt diferent de si ens molesta perquè estem situats al recinte inferior, és a dir, a sota del forjat on es mouen les cadires. Llavors, ja és un tema de transmissió d'impactes a través del paviment i del forjat, com hem vist abans.

¹³ Cal anar amb molta cura amb el tipus de grinyol de les reixes i les grans portes d'accés: que no sembli que els nostres visitants entrin en el típic castell de les pel·lícules de por.

¹⁴ A les classes que faig per al Graduat Superior en Disseny de l'UPC, m'han insistit molt que un treball dels alumnes es dediqui a la reducció del soroll dels ventiladors dels ordinadors.

¹⁵ Tant en el cas de les impressores com en el de les reactàncies, cal que pugui circular l'aire des d'una entrada baixa fins a una sortida més elevada (el corrent convectiu de l'aire en escalfar-se és ascendent).

¹⁶ Antigament, hi havia una peça exclusiva per a menjar -el menjador-, però a poc a poc s'ha passat a fer-ho a la sala d'estar-menjador i, encara més familiarment, a la mateixa cuina.

¹⁷ A l'exercici d'escoltar casa seva que faig fer als meus alumnes d'aquestes matèries acústiques, tots coincideixen en la sorpresa de descobrir el gran protagonisme de les diferents veus de la nevera, on el so elèctric del compressor en els moments de funcionament va acompanyat, en altres instants, per un xiuxiueig, alguns cops d'ariet i retrunyys del freó en fase líquida i gasosa en realitzar el seu circuit tancat entre l'evaporador i el condensador.

8. Aproximació tipològica de la rehabilitació acústica de sales

En particular, en el cas de la rehabilitació de les sales d'audicions amb presència de comunicacions orals i musicals, com ara els teatres, les aules, els restaurants, els pubs, les discoteques, etc., poden presentar-se tres formes d'intervenció:

- a) La **rehabilitació** de la concepció dels diferents espais, dissenyats amb els seus **itineraris acústics**, a través de les personalitats o **caràcters sonors**, tant naturals com electroacústics (**poesia acústica i electroacústica**).

Aquests caràcters es poden barrejar entre si, i amb això determinar la personalitat acústica específica de cada local. Després podem establir el ritme de connexions entre aquests espais i finalment dissenyar els itineraris acústics interns i externs de l'arquitectura.

- b) La **rehabilitació** de l'**organigrama** o *planning* funcional, i la delimitació del **sistema constructiu** i els materials frontera dels espais i els equips, perquè des de l'inici del nou disseny s'intenti evitar l'aparició de futures disfuncions acústiques (**disseny acústic**).
- c) La **rehabilitació dels espais de les fronteres i dels equips** a causa de l'aparició de disfuncions acústiques en l'obra executada (**patologia acústica**).

Intentarem explicar-ho a partir de rehabilitacions realitzades per aquest autor, tot i que òbviament també ens ajudarem d'altres experiències, que ens permetran veure-ho més àmpliament.

8.1 Primeres preguntes en la poètica, el disseny i la rehabilitació acústica

Ja hem vist al llarg del llibre que, d'entre les fases de projecte, cal atendre en primer lloc les de la poètica, les **intencions**, també en l'aspecte de rehabilitació. I continuant amb aquells temes referents al disseny, la **implantació** en el lloc, és a dir, l'adequació al seu entorn i, posteriorment, els mecanismes, els **estris** que hem fet servir de rehabilitació, per tal d'assolir els objectius desitjats de confort dels usuaris, ocupants, veïnat, etc.

Podem plantejar moltes preguntes, però aquestes tres que segueixen són suficients per iniciar el diàleg amb la propietat o amb l'equip responsable del disseny o la rehabilitació del local.

La primera pregunta és molt important. Ja sabem que quan es tracta d'obra nova podem disposar de tots els recursos tecnològics al nostre abast, però en la rehabilitació ens hem de plantejar en algun moment aquesta base crucial: és millor **mantenir les parets**, o hem de **començar de nou**?

Òbviament, la resposta no s'obté de forma immediata, perquè cal analitzar molts més paràmetres; no tan sols els que afecten l'acústica.

En segon lloc, com podem establir el *planning* o **distribució topològica de funcions** més òptima des de l'aspecte acústic i d'acord als usos específics?

Per fer-ho, s'ha d'examinar cada local segons les

seves necessitats acústiques de generar o no soroll, i de silenci o no.

A les sales especials, sempre hi ha funcions que no produeixen soroll i no requereixen silenci, com ara: el *hall*, els accessos, el guarda-roba, els vestuaris, els serveis, etc. Totes aquestes activitats que poden utilitzar-se com a fronteres de les funcions sorolloses, substitueixen així la necessitat de plantejar-se sofisticades parets aïllants.

D'acord amb l'organigrama de funcions del local, des del principi del disseny podem plantejar una matriu de compatibilitat acústica de cada espai, tant interior com exterior, que permeti la distribució topològica de funcions més òptima per al cas estudiat (**fig. 8.1**).

Si es fa així, llavors és quan, en darrer lloc, es resolen les **fronteres de les funcions sorolloses**, que per motius projectuals no han pogut quedar aïllades amb aquestes funcions silencioses. És a dir, d'acord amb el projecte de rehabilitació, les parets aïllants només són necessàries en els casos en què la distribució de funcions no pot, per ella mateixa, resoldre el tema acústic.

Altres preguntes que cal fer-se són si les **formes i proporcions**, com també les **textures** i els **materials** d'aquestes sales, són els més adients. D'això, ja n'hem parlat en altres apartats, però hi insistirem més en l'estudi cas a cas.

8.2 Patologia acústica de les sales especials per a la parla

En aquests locals, el que és bàsic és que l'orador se senti a gust (que s'escolti molt bé) i que el públic pugui entendre perfectament el que diu.

En la rehabilitació, sovint ens trobem que, a més de les dificultats per mala acústica de la sala, hi hem d'afegir els altres interventors de la comprensió del missatge, és a dir, la capacitat o la dificultat de l'emissor i el receptor per mantenir la comunicació parlada.

8.2.1 Teatres

Quan anem a parlar amb els mestres dels nostres fills, observem que alguns tenen una veu que demostra una patologia inequívoca de les seves cordes vocals. És clar, ells i elles han de competir amb les veus dels nostres fills (sovint no tan disciplinades com voldríem), tant en les aules com en les zones de joc.

Però, llavors, què fan els actors i cantants de teatre (Palau Garnier a París), que han de parlar per a més de 2200 persones i en volums de més de 10.000 m³? Realment, si tan sols atenem el canvi d'escala no s'entén que ho puguin assolir.

Sempre hi ha diferents raons: una d'elles és que els actors estan acostumats a parlar per a un públic en silenci (no sempre) i, sobretot, que els arquitectes i interioristes de teatres saben que han de tractar el tema acústic, cosa que en les aules no sempre ha estat així.

El cas dels teatres és un cas particular de les sales per a la paraula, en el qual hem de tenir en compte diferents ingredients. Especialment, cal considerar aquells que afecten la distància que hi ha entre els assistents i l'escenari.

A la **figura 8.2** podem trobar unes estructures diferenciades, com la del Teatre Integral de Gropius o la d'un teatre lliure, on l'escenari està ficat al bell mig del públic. Aquests exemples poden tenir una altra relació d'acústica, no tan influenciada per la distància com en el cas dels teatres tradicionals unidireccionals, que segueixen un eix longitudinal.

Al meu parer, un dels temes més importants d'un teatre són els llavis de l'escenari. El prosceni és aquesta zona que tant està a dins com a fora de l'escenari. Participa de certes situacions de privilegi, amb una certa complicitat, un estar als dos costats. Aquest element arquitectònic permet fer un canvi d'impedància, de resistència acústica, entre el que és pròpiament l'escenari i la sala o zona de públic.

| Ús aïllant | Ús indiferent | Ús que vol sons exteriors positius | Ús que vol aïllament dels sons exteriors negatius |
|-----------------|------------------|------------------------------------|---|
| Armari empotrat | Passadís | Despatx | Sales de: |
| Distribuïdor | Distribuïdor | Restaurant | Teatre |
| Passadís | Carrer | Sala de música | Cine |
| Magatzem | Sala de màquines | Jardí | Auditori |
| Galeria tancada | | Parc | Òpera |
| Foyer (vuit) | | Sala de reunions | Aula |
| Claustre | | | Despatx |
| Pati interior | | | Restaurant |
| Impluvium | | | Estudi de gravació |
| Pati de llums | | | Sala de reunions |

Fig. 8.1 Exemple d'usos segons els requeriments acústics (taula de l'autor)



Fig. 8.3 Rehabilitació de la inclinació del pla superior del prosceni del Liceu, a Barcelona (fotografia de l'autor)

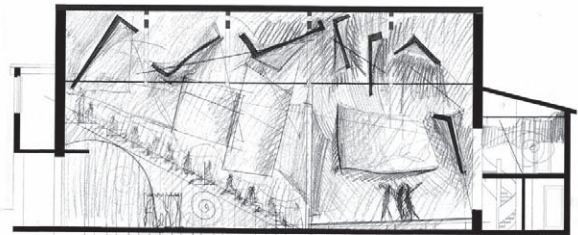
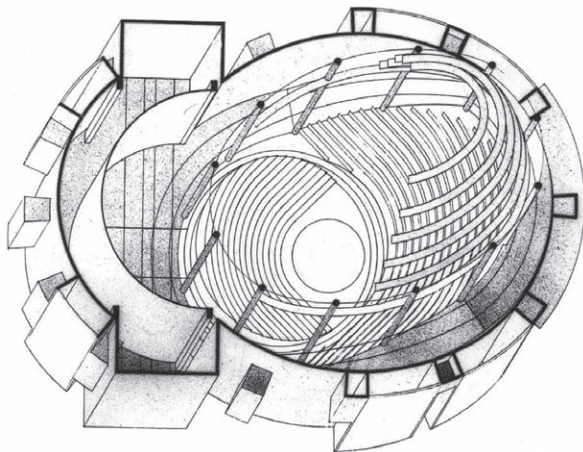


Fig. 8.4 Secció d'intencions del Teatre Ateneu de Celrà, a Girona (dibuix de J. L. Eijo)

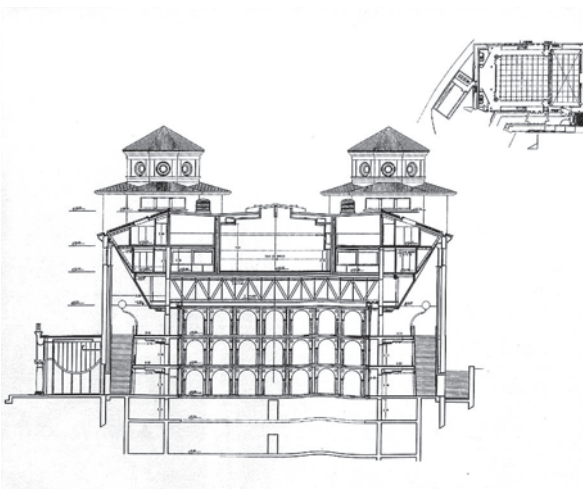


Fig. 8.2 Diferència entre el Teatre Integral de Gropius i un teatre lliure amb l'escenari al mig del públic (font: Walter Gropius i l'Informatiu del CAATB)

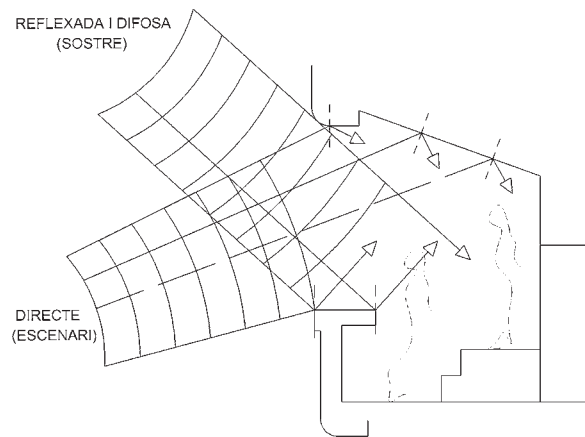


Fig. 8.5 Boques de les llotges dels teatres (dibuix d'E. Crespo)

Fixem-nos que, en el cas del Liceu de Barcelona, Higini Arau aprofita la rehabilitació (de fet, reconstrucció) per canviar la inclinació del pla superior del prosceni (**fig. 8.3**).

Els llavis del prosceni, la forma de ferradura de les llotges en aquests llavis, el sostre de volta, etc., tot això comporta unes característiques de teatre a la italiana, que és el model que ha predominat més fins avui. En aquest cas, la rehabilitació és una tasca fantàstica, on si de cas els ajustaments són a escales més accessibles, com ara tocar un fons d'escenari, un fons de sala, un sotabalcó, etc. En molts casos, són tan sols actuacions puntuals -en podríem dir "locals". En canvi, en un teatre més modern podem trobar que cal canviar-ho tot, perquè des de l'inici del disseny no es va considerar bé el que calia fer.

Sigui quin sigui el cas, s'han de prendre unes decisions. Poden ser tan fortes que l'arquitecte autor de la rehabilitació s'hagi de refiar de l'acústic. És molt important poder generar un equip artístic-tècnic i acústic en el qual totes les qüestions (formes, dimensions, textures, grau d'absorció sonora, grau de difusió sonora, etc.) puguin assolir-se conjuntament.

Actualment, aquest autor està participant en la rehabilitació del Teatre Ateneu de Celrà¹ a Girona, on les reflexions i els comentaris que es van establint amb l'arquitecte responsable poden influenciar notablement el resultat final.

A la **figura 8.4** es representa la secció d'aquest teatre, on es veuen les primeres intencions del dissenyador.

No és el mateix trobar-se en una nau on pràcticament no hi ha res sota les encavallades que si hi ha un fals sostre. En aquest darrer cas, cal qüestionar les característiques acústiques d'aquest fals sostre, si es manté o si es canvia i amb què es fa.

Actualment, la intenció inicial de l'equip és mantenir vistes i restaurades les encavallades, i disposar uns segments semicorbats en els espais intermedis.

Cal veure com es combinaran tots aquests plans reflectors-difusors acústics amb els altres aspectes importants en els teatres, com ara la climatització i l'enllumenat (sobretot l'enllumenat de l'escenari des del sostre de la platea).

El projecte encara es troba en fases inicials. Potser més endavant en puguem donar resultats.

Relació entre el so directe i el so reverberant

Un teatre ha de tenir un clar domini del so directe respecte al so reverberant de la sala.

A la **figura 8.5** es detalla el fet que en els teatres amb llotges la dimensió de la boca d'aquestes determina la quantitat de so que hi pot entrar, com també l'angle sòlid de raig directe i la possibilitat de fer-hi entrar la reflexió del sostre de la sala.

L'angle del sostre de la llotja, òbviament, ha d'estar en relació amb l'eix del raig directe. A la **figura 8.6** s'observa que, com més baixa es troba la llotja, més inclinat cal que estigui el seu sostre, a fi que el raig s'aprofiti per reflexió cap als assistents.

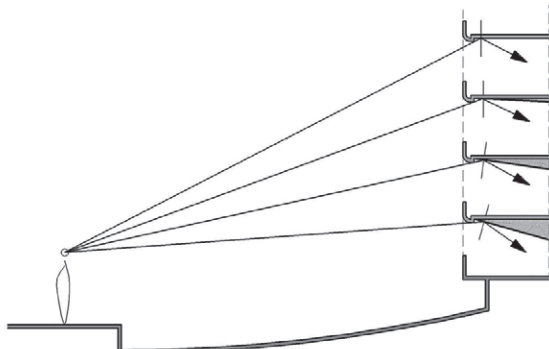
Reverberació

Quan el problema del teatre és que ressona massa, sempre podem trobar solucions com les que ja hem exposat als capítols precedents. Però sempre hem d'intentar no matar el so, perquè absorbir no vol dir emmudir.

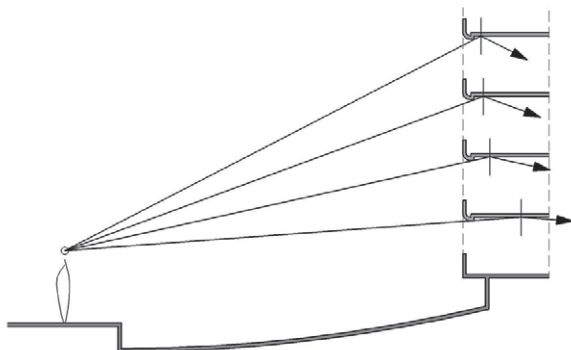
Es tracta de saber vestir la sala de nou. Sobretot caldrà estudiar-ne els seients i els acabats de parets i sostres. Un altre problema és saber despullar-la quan és massa absorbent: sovint això costa molt més.

Sonoritat

El nivell de so (directe + reflectit dins els primers 20 mil·lisegons) que rep un espectador és fonamental per a determinar si el teatre és sord o no. El pitjor que li pot passar a un teatre és precisament que el bategin amb aquest terme, i que quasi es



a) Sala corregida



a) Sala sense corregir

Fig. 8.6 Inclinacions del sostre de la llotja en funció del raig directe (esquema de l'autor)

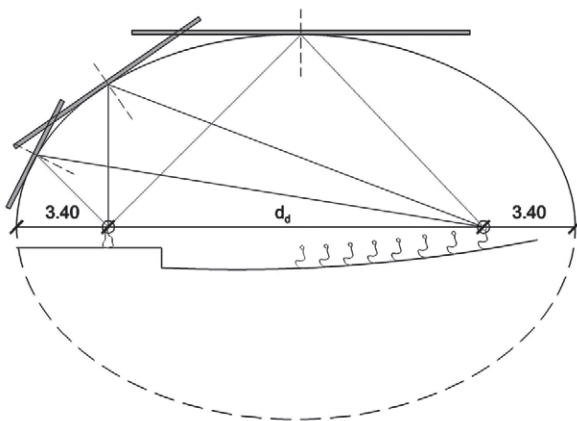


Fig. 8.7 El lípse límit del paràmetre de sonoritat (esquema de l'autor)

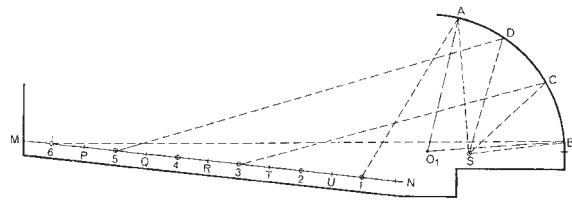


Fig. 8.8 Mètode de Lyon per a la intensificació de la sonoritat (font: Pérez Miñana)



Fig. 8.9 Professor enmig dels alumnes (dibuix de J. De Gortari)

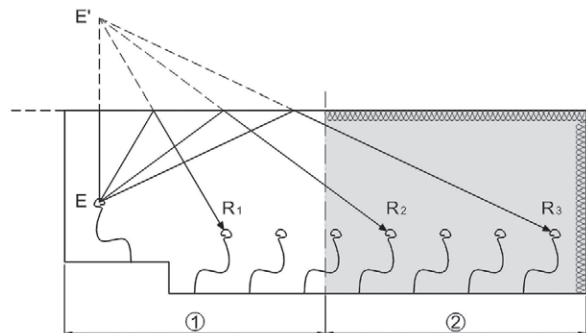


Fig. 8.10 Secció dels sectors amplificador (1) i amortidor (2) necessaris en una classe (esquema de l'autor)

requereixi una “trompetina” per a entendre el que es diu a l’escenari.

La diferència de distàncies entre so directe i reflectit que no superi aquest interval de temps de 20 ms és:

$$d_r - d_d = 340 \text{ m/s} \cdot 0,02 \text{ s} = 6,8 \text{ m}$$

on d_r és la distància del raig reflectit i d_d la del raig directe.

Podem ubicar l’el·lipse límit de plans que ens permet augmentar la sonoritat del teatre, com veiem per a un punt concret de la sala (el més allunyat) a la **figura 8.7**.

És clar que això pot representar un perill, que és augmentar una focalització en un indret determinat de la sala.

Cal que aquesta intensificació de sonoritat es faci amb molta cura, repartint bé el so sobre tota la sala (vegeu el mètode de Lyon, a la **figura 8.8**).

Què significa aquest terme de la sonoritat? Significa que hem de donar un gran protagonisme a la directivitat de l’escenari.²

No podem basar-nos en el criteri de la **relació d’energia de raigs directes respecte als reflectits** (dins el camp reverberant o el camp difós), perquè de fet la discussió sempre és si el so reflectit a l’escenari també forma part del camp directe o bé del camp reflectit.

Òbviament, en aquest terme de sonoritat ja queda ben clar que ens referim a l’energia que arriba a l’espectador procedent dels 20 mil·lisegons posteriors a l’arribada del so directe. Per tant, s’entén que se suma i que forma part, no específicament, però sí en esperit, del so directe.

Aquí és on té molta importància el disseny del prosceni i de tot el que es fa dins l’escenari. Quins plans ortofònics o quins altres elements hi disposem? Quin ha de ser el fons d’escenari? Tot això

permet o no aprofitar unes energies que poden anar a l’oient.

Ja hem vist que, en resum, la rehabilitació en un teatre ha de buscar, *a)* **reduir el camp reverberant**; *b)* intentar **millorar les prestacions del camp directe** amb l’augment de la seva sonoritat, amb uns factors de directivitat de l’escenari alts, etc., i *c)* òbviament, intentar **reduir immissions interiors** procedents dels sorolls de maquinàries, el trànsit rodat i altres activitats externes. Aquest darrer cas és el de l’aïllament de la pell i, òbviament, també el de l’aïllament de les activitats internes. Per això, és molt important estudiar com s’ha disposat la distribució tipològica de funcions i cercar la més adient per a aquestes activitats.

8.2.2 Aules

En molts casos aquestes sales no admeten un orador novell sinó en tot cas, un de molt experimentat, que conegui no tan sols els recursos de l’oratoría i les arts escèniques, sinó essencialment les fórmules d’apropament al públic i les d’optimització de la directivitat.

En efecte, el professor cal que sàpiga que: *a)* si tots els assistents seuen al final de l’aula, haurà de parlar més fort perquè l’entenguin (**lleï de l’invers del quadrat de la distància**); *b)* si parla a prop d’una intersecció entre dos plans ortogonals, la seva **directivitat** es multiplica per quatre respecte a la de la font puntual d’emissió esfèrica (factor de directivitat $Q=1$ a l’esfera, $Q=2$ a la paret, $Q=4$ a l’angle entre dues parets i $Q=8$ al trèdre); *c)* finalment, si amb tot això no n’hi ha prou, encara pot provar de **barrejar-se enmig** dels alumnes (**camp directe**) (**fig. 8.9**).

En qualsevol cas, si el recinte on es troben és molt reverberant, el pitjor que pot fer l’orador és apujar el volum de la veu.

Els **sistemes megafònics** sols són factibles si els altaveus estan molt ben ubicats, i aquests **dotxen la sala amb petites gotes** sonores directament a cada assistent, perquè després d’arribar, pugui

quedar amortit amb l'absorció d'aquest.

Si tot això no funciona és evident que cal fer una rehabilitació acústica més integral de la sala.

Com que s'ha de respectar l'audibilitat de l'orador o el professor, en primer lloc, en una aula no es tracta tant de posar materials absorbents, sinó de saber-los posar. És molt important que es disposin a la paret final de l'aula, perquè aquesta acostuma a rebotar el so cap al professor amb molt retard.

En canvi, convé que la paret darrere el professor i el sostre sobre seu puguin reflectir el so cap a la sala i cap al mateix orador (fig. 8.10). El professor o l'orador s'ha de poder **escoltar a ell mateix** en la sala corregida. Més negatiu encara que l'excés de reverberació és que tota la seva veu quedi menjada per la sala. Cal que hi hagi un cert retorn i que no li sembli que parla al mig d'un bosc nevat.

Per altra part, com hem vist, el primer terç de sostre i les parets laterals van molt bé com a miralls sonors per a dirigir el so reflectit als assistents i amplificar el so directe.³

Aquestes bases són les que es varen seguir en la rehabilitació d'unes aules per a la Universitat de Valladolid.⁴

En concret, el problema es presentava a la sala d'alumnes, l'aula Jerónimo Zurita i l'aula Padre Mariana (fig. 8.11) de la Facultat de Filosofia i Lletres d'aquella universitat, on se *sentia malament*, a parer de la degana.

Les aules tenien forma quasi prismàtica, amb sostres molt alts (5,07 m) i les dimensions següents:

| AULA | SUPERFÍCIE DE PLANTA | VOLUM |
|-----------------|--|--------------------------------------|
| Sala d'alumnes | $5,89 \cdot 8,10 = 47,73 \text{ m}^2$ | $47,73 \cdot 5,07 = 242 \text{ m}^3$ |
| Padre Mariana | $7,89 \cdot 8,10 = 63,90 \text{ m}^2$ | $63,90 \cdot 5,07 = 324 \text{ m}^3$ |
| Jerónimo Zurita | $[(5,27+6,27)/2] \cdot 8,10 = 46,74 \text{ m}^2$ | $46,74 \cdot 5,07 = 237 \text{ m}^3$ |

Es va establir una malla de localitzacions geogràfiques dels punts que calia mesurar pel que fa al nivell sonor i el temps de reverberació.

A sala buida, els temps de reverberació eren molt alts (de 3,4 a 2,3 s) a baixes freqüències, i a altes freqüències eren de l'ordre d'un segon. A 500 Hz (freqüències mitjanes vàlides per al predimensionament), la reverberació a la Sala d'alumnes era de 2,4 s, mentre que el valor òptim pel seu volum i activitat calia situar-lo sobre els 0,47 s amb la sala plena (fig. 8.12).

Pel que fa a la velocitat d'esmoreïment, en aquesta aula era de 4,3 m/s, molt baixa respecte a l'òptima. A més, per les proporcions s'apreciava una alçària molt alta, per la presència de finestres elevats i, consegüentment, una esponjositat molt elevada (5,9 m³/ocupant).

Per tot això, vàrem estudiar solucions que tendissin a rebaixar les reverberacions a freqüències greus abaixant el volum i emprant absorbents selectius com ara ressonadors i membranes, que incideixen més a les freqüències baixes que a les agudes. Es varen oferir alternatives de tractaments a certs paraments d'acord amb el que abans s'ha especificat (fig. 8.13).

Les sales les va rehabilitar el Servei Tècnic de la universitat sense seguir molt les nostres propostes, i els resultats (fig. 8.14) mostren que s'ha corregit la reverberació en general, però no per a les baixes freqüències (formants de parla masculina), on es veu que la disminució encara és poc significativa, mentre que a partir de les freqüències mitjanes ja és notòria.

El fet s'explica perquè no s'ha tractat el volum ni s'han disposat els materials pensant en el camp freqüencial sonor, sinó en l'estalvi econòmic de la implantació. Tot i així, la reforma ha suposat un avenç important pel que fa a la impressió subjectiva.

Cal dir que finalment s'ha mantingut el to de robustesa castellana d'aquesta arquitectura, a la qual

s'ha donat un aire de modernitat amb els nous materials, sense trencar l'esperit general de disseny sobri típic d'aquella universitat.

8.2.3 Sales d'actes

Quan parlem de rehabilitació de sales d'actes, un dels temes bàsics és intentar aconseguir aquells paràmetres acústics geomètrics que haurien d'existir en una sala de nova planta.

Això es va plantejar a l'hora de rehabilitar la sala d'actes de l'ETSEIB, on es va estudiar l'efecte físic del so des de l'origen i cada part es va definir com una peça d'un instrument musical.

A les **figures 8.15 a i b** hi ha aquesta sala d'actes abans i després de la rehabilitació, on s'observa la fusta, amb l'ona que comença amb força en l'escenari i es va esmoreint cap al públic, com també els braços laterals. Tot això és fruit d'un treball intens amb l'arquitecte autor del projecte, per tal d'aconseguir, amb el nombre mínim d'elements, el màxim rendiment acústic.⁵

El projecte va proposar la recuperació del contenidor que amagava l'antiga sala per a obtenir el màxim volum de la nova sala. Els metres cúbics per ocupant són molt necessaris perquè s'hi obtingui un camp sonor equilibrat. Aquesta necessitat es va treballar com a valor estètic, tenint en compte que els elements necessaris per al condicionament acústic fossin personalitzats i oferissin una imatge molt lleugera, en contrast amb el seu suport.

Volíem saber si podíem millorar el volum exigut per plaça existent (inferior a 4,5 m³/oc) i acomodar-nos als paràmetres moderns d'aquesta exigència.

Però, en tota obra de rehabilitació, sorgeixen sempre uns factors sorpresa. En aquest cas, va ser la presència d'unes jàsseres supletòries al sostre i la necessitat d'aïllar més el forjat a causa de l'existència de la biblioteca del centre just a sobre d'aquesta sala.⁶

Vàrem canviar els dissenys (i, òbviament, els càl-

culs) de les corbes del sostre per adaptar-les a la nova realitat, amb els nous aïllaments de sostre i l'exigència de la propietat de revestir amb guix laminat els murs laterals de formigó que inicialment volíem deixar repicats.

Des del punt de vista acústic, vàrem definir dos àmbits molt diferenciats segons els possibles usos de la sala.

El primer és el que hi ha a la part més propera a la zona d'escenari, on, tot i que l'activitat principal era per a la paraula, volíem una musicalitat ben diferenciada. Òbviament, això comporta l'ús quasi obligatori de la fusta i d'unes formes amb tornaveu per a l'orador, que neixen com una forta ona i després es van suavitzant a mesura que s'endinsen cap a la sala (**fig. 8.16**).

L'altre àmbit, aquest ja més específic del fons de la sala, està més dedicat als usos com a cinefòrum, com a sala de juntes de l'Escola (i antic Claustre General de l'UPC). Per això, es va escollir una acústica més apagada, per tal d'afavorir una emissió posterior electroacústica (temps de reverberació proper a 0,8 s) i el seu sostre va deixar la mobilitat que s'havia plantejat inicialment i va acabar amb un cert estaticisme basat en una làmina molt lleugera de guix laminat ondulat.

En qualsevol cas, s'ha mantingut el concepte inicial fins a les darreres conseqüències, perquè s'ha personalitzat el contenidor com un suport i un fons (pintat de color fred, el blau de l'UPC) i reforçat amb la calidesa de la fusta escollida acústicament com a material noble per al sostre, les parets i el terra, per a dirigir els sons.

Podem dir que, en opinió de l'arquitecte, *el control de les seves vibracions reflectides i direccionalitzades s'estableix dins d'un diàleg constant entre el material i la forma. Les peces suspeses lliures en l'espai dirigeixen amb tota naturalitat, i dintre del minimalisme més absolut l'aire, els sons i la llum, els donen un protagonisme total i es converteixen en un humil suport, com en un instrument de música.*

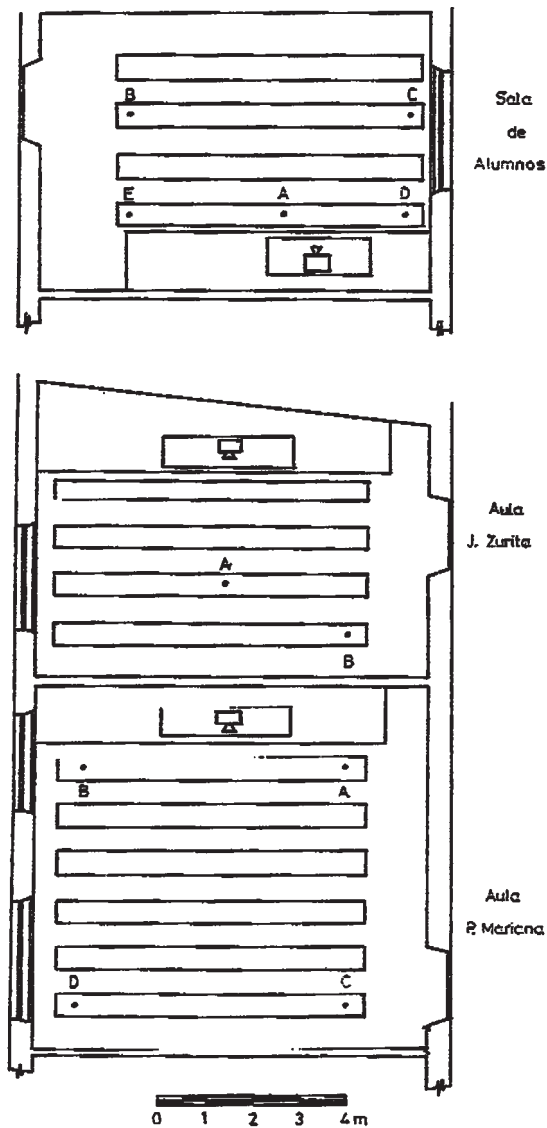


Fig. 8.11 Aules “Sala d’alumnes”, “J. Zurita”, “P. Miñana” de la Facultat de Filosofia i Lletres de Valladolid

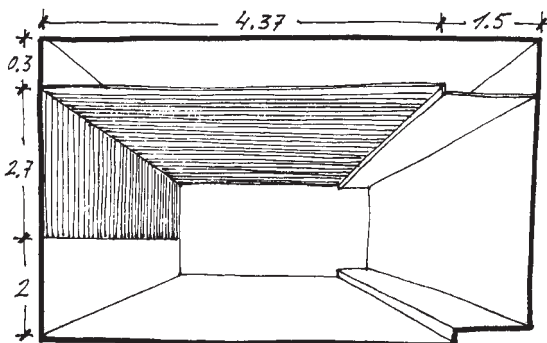


Fig. 8.13 Esquema definitiu proposat per a la remodelació de l’aula Sala d’alumnes (esquema de l’autor)

| freq. | S. alumnes | | J. Zurita | | P. Mariana | |
|-------|------------|-----|-----------|-----|------------|-----|
| | N | TR | N | TR | N | TR |
| 100 | 90,2 | 3,4 | 87,6 | 3,2 | 85,6 | 2,3 |
| 125 | 95,6 | 3,2 | 93,7 | 2,2 | 91,8 | 2,4 |
| 160 | 97,1 | 2,6 | 95,0 | 2,4 | 92,9 | 2,3 |
| 200 | 97,5 | 2,4 | 94,8 | 2,4 | 92,2 | 2,3 |
| 250 | 98,4 | 2,3 | 95,0 | 2,1 | 92,7 | 1,9 |
| 315 | 98,8 | 2,5 | 97,2 | 2,3 | 95,6 | 1,8 |
| 400 | 99,7 | 2,3 | 96,7 | 2,3 | 96,0 | 2,0 |
| 500 | 99,0 | 2,4 | 99,2 | 2,2 | 95,9 | 2,0 |
| 630 | 100,8 | 2,4 | 99,8 | 2,3 | 97,1 | 2,0 |
| 800 | 98,6 | 2,4 | 96,8 | 2,2 | 94,2 | 2,1 |
| 1000 | 97,1 | 2,4 | 95,5 | 2,4 | 93,2 | 2,2 |
| 1250 | 94,1 | 2,5 | 92,7 | 2,4 | 90,5 | 2,2 |
| 1600 | 91,9 | 2,3 | 90,9 | 2,3 | 89,5 | 2,1 |
| 2000 | 97,3 | 2,2 | 95,6 | 2,1 | 93,5 | 2,0 |
| 2500 | 98,1 | 2,2 | 97,5 | 2,2 | 93,6 | 1,9 |
| 3150 | 95,1 | 2,1 | 93,3 | 2,1 | 90,5 | 1,8 |
| 4000 | 89,8 | 1,9 | 88,9 | 1,7 | 86,7 | 1,7 |
| 5000 | 85,1 | 1,6 | 78,8 | 1,5 | 80,9 | 1,5 |
| 6300 | 77,9 | 1,4 | 76,8 | 1,4 | 74,5 | 1,3 |
| 8000 | 73,8 | 1,1 | 71,9 | 1,0 | 70,4 | 1,0 |

freq. 1/3 Oct. freqüència en Hz
 N, nivell sonor en dB
 TR, temps de reverberació en s

Fig. 8.12 Nivells sonors i temps de reverberació mesurats en terços d’octava abans de la reforma de les aules

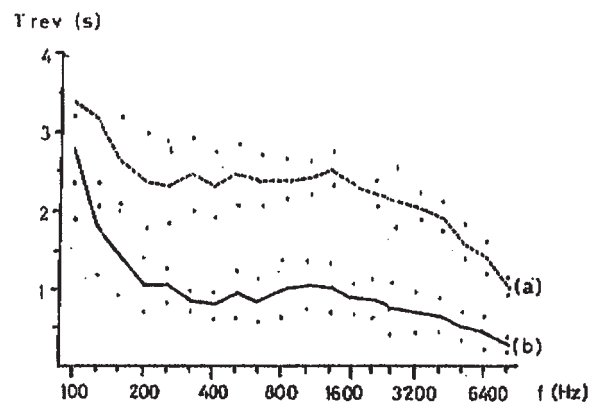


Fig. 8.14 Corbes de reverberació a la Sala d’alumnes a) abans i b) després de la rehabilitació

L'estètica del conjunt deixa de costat qualsevol protagonisme formal i es defineix com a fruit d'un profund treball de l'equip que ha dissenyat la rehabilitació.

La taula de la **figura 8.17** resumeix les condicions finals assolides.

Com es pot observar a la sala, s'ha pretès prescindir de qualsevol element que no tingués una funció específica i clara.

Aquesta flexibilitat dona la possibilitat a l'instrument d'envellir, afinar-se i ennoblir-se constantment, atès que es tracta d'un disseny obert, sobri i que accepta correccions constants (optimitzable ja que ens hem mogut en uns límits econòmics d'absoluta parquedat).

Com el seu nom indica, en una sala d'actes es poden realitzar múltiples esdeveniments, i en el cas anterior s'hi fan, a més, actuacions de grups musicals amplificats, grups de teatre, música de piano (hi ha un piano de cua Shimmel instal·lat), convencions, etc.

Tot això porta a plantejar-se aquestes sales com a molt polifuncionals. Per aquest motiu, ja des de l'inici vàrem pensar que caldria disposar un terra flotant de parquetina, que permetés recollir les vibracions de les baixes freqüències dels instruments rítmics (contrabaix, bombo, etc.) i fer-les arribar als oients a través dels seus peus.

Però no totes les sales d'actes es deixen rehabilitar.

Aquest exemple contrasta amb el de la sala d'actes de l'ETSAB, on el volum exigü per plaça i la forta limitació d'alçària del projecte Coderch no han permès més que petites actuacions de zonificació i electroacústica (**fig. 8.18**).

8.2.4 Salons per a mítings i convencions

Les sales per a mítings i sessions de treball poden disposar de bastant flexibilitat i semblar, en ocasi-

ons, una aula, però es poden transformar ràpidament en una presentació de producte o bé en una taula rodona amb debat entre els interventors de la taula o amb un torn de paraules amb el públic assistent (**fig. 8.19**).

Tot això porta a la necessitat d'unes acústiques molt específiques per a cada funció o una única intersecció de totes elles, on també hi pot haver la necessitat de la megafonia (sobretot en cas que hi hagi traducció simultània).

Quan l'activitat funciona com una aula, ens remetem al que ja s'ha comentat abans per a aquestes funcions que requereixen professor, conferenciant, presentador de producte, etc., que pot o no fer-ho amb l'ajut de megafonia. Personalment, crec que la megafonia ha de servir per ajudar (i, per això, ha d'estar instal·lada de forma que no hi hagi realimentació, que no amplifiqui excessivament els greus o els aguts, etc.). Sovint, la gent agafa el micròfon sense conèixer les limitacions d'aquest mitjà, pensant-se que així no haurà de cridar. Dissortadament, si els assistents es veuen obligats a escoltar un missatge tergiversat per defecte de coneixements sobre el sistema megafònic per part de l'orador o bé per deficiència del propi sistema, segurament pensaran que l'acústica de la sala també és negativa.

Quan l'espai funciona com a taula rodona, cal fer uns torns de paraules tant entre els membres de la pròpia taula com amb les intervencions del públic, perquè amb la megafonia els assistents es poden confondre i no entendre les frases si dues persones parlen alhora.

Aquest fenomen de superposició de missatges és encara més negatiu per als traductors. Sovint, aquests demanen cabines a prop dels conferenciant a fi de poder llegir-los els llavis a l'hora d'escoltar-los.

Les sales dels mítings i les taules rodones quasi sempre s'han pensat tan sols des del caràcter unidireccional. És a dir, que l'acústica de sostres i parets funciona des de l'escenari, el faristol o la ta-



Fig. 8.15 a i b La sala d'actes de l'ETSEIB abans i després de la rehabilitació (fotografies de la UPC)



Fig. 8.16 Tornaveu de l'escenari de la sala d'actes de l'ETSEIB, en construcció (fotografia de la UPC)

| Paràmetres i ràtios | Comentaris |
|---|---|
| $N = 300$ ocupants | |
| $V = 1.575 \text{ m}^3$ | |
| $S_t = 330 \text{ m}^2$ | |
| $V/S_t = 4,77 \text{ m}$ | Sala de poca alçada, sensació de sostre molt baix |
| $V/N = 5,25 \text{ m}^3/\text{oc}$ | Volum/plaça molt per sota dels valors òptims (propers a $7,5 \text{ m}^3/\text{oc}$) |
| $N/S_t = 0,9 \text{ oc}/\text{m}^2$ | Densitat d'ocupació molt baixa respecte als estàndards (propers a $1,4 \text{ oc}/\text{m}^2$) |
| $(S_p = 1.017 \text{ m}^2)$ | |
| $T_{60} (500\text{Hz}) = 0,8 \text{ s}$ | Òptim per a la paraula, cinefòrum i amplificació |

Fig. 8.17 Paràmetres i ràtios acusticoarquitectònics de la sala d'actes de l'ETSEIB



Fig. 8.18 Sala d'Actes de l'ETSAB (fotografies de l'autor)

rima cap al públic, però no a l'inrevés, i llavors des de l'escenari (si no és amb l'ajut electroacústic) no se sent bé quan algú del públic fa una intervenció o una pregunta (tret que conegui l'art de l'oratoría i les arts dramàtiques). Sovint el públic assistent tampoc no entén el que acaba de preguntar un company seu.

Llavors, quin ha de ser el plantejament acústic d'aquests espais?

Això no és fàcil de resoldre, però sempre ens hem de basar en la isotropia de l'espai (per això, els tractaments de parets i sostres han d'atendre que el so pugui anar cap a totes les direccions).

En aquest cas, és millor basar-se en una barreja de plans absorbents i reflectors, controlar les unitats absorbents necessàries i disposar-los uniformement al màxim de paraments verticals i horitzontals que hi hagi a la sala.

A la **figura 8.20** podem veure la sala d'actes i els assistents al Tecniacústica 2006 realitzat a l'Escola Politècnica Superior de Gandia. El so amplificat a la sala és bo (vegeu l'altaveu a dalt i a la dreta), tant en parlar a l'escenari com a baix. El problema era que durant els debats després de les intervencions dels conferenciantes i en les taules rodones, des de dalt no s'entenia el que preguntaven els assistents.

8.2.5 Restaurants i bars

La rehabilitació acústica dels bars i restaurants és realment necessària, ateses les característiques sorolloses de gran part d'aquests establiments. I això es pot fer zonificant (separant amb mampares i divisòries), reduint la distància entre els comensals (taules més estretes), limitant el nombre màxim d'ocupants per taula de dotze a vuit persones com a màxim, plantejant-se l'absorció amb els materials de la pròpia restauració (mantells, tovalles de tela, etc.), oxigenant la utilització de l'espai (densitat de comensals per m²), fent absorbents les parets i els sostres amb la forma i textura dels materials, etc. (**fig. 8.21**).

Convé aclarir cada una d'aquestes accions i dir que l'èxit en el control acústic s'aconsegueix sovint combinant-ne diverses.

També parlarem de la necessitat o l'equivocació d'emprar un perfum sonor, com ara un fons musical.

Dins les activitats on es desenvolupa la parla humana, els bars i restaurants són els espais on moltes persones volen comunicar-se, i quasi totes alhora. Tret de les taules d'ús individual, observem que quasi sempre hi ha converses múltiples, i fins i tot poden donar-se converses encreuades en les taules amb molts comensals (en casaments, convencions, etc.), on, a més, també es poden establir entre taules separades.

És a dir, cada comensal passa de ser un possible focus emissor a un de receptor, sense cap moderador que fixi l'ordre de les intervencions (com succeeix en una taula rodona). Aquest comensal vol entendre el que li diuen, vol que l'entenguin els altres quan és ell qui parla i, sobretot, vol que els comensals forans situats a les proximitats no s'assabentin (o sí) del que està parlant (temes personals, familiars, de negocis, etc.).

Ràpidament podem entendre que les raons poètiques i de disseny d'aquesta activitat són molt difícils de comptabilitzar amb aquests requeriments acústics.

Com podem fer que tothom s'hi senti a gust, en aquest ambient acústic, si tothom pot parlar quan vol?

Hi ha gent que cerca un lloc **sorollós** perquè els altres no l'escoltin quan s'ha de parlar d'un tema important.

En canvi, d'altra gent busca llocs amb molt **silenci de fons**, o bé reservats en restaurants que aprecien i respecten el silenci. L'usuari acústicament exigent vol que l'escoltin sense que hagi d'aixecar la veu, però alhora sap que en aquests llocs una conversa de més de dues persones pot ser entesa

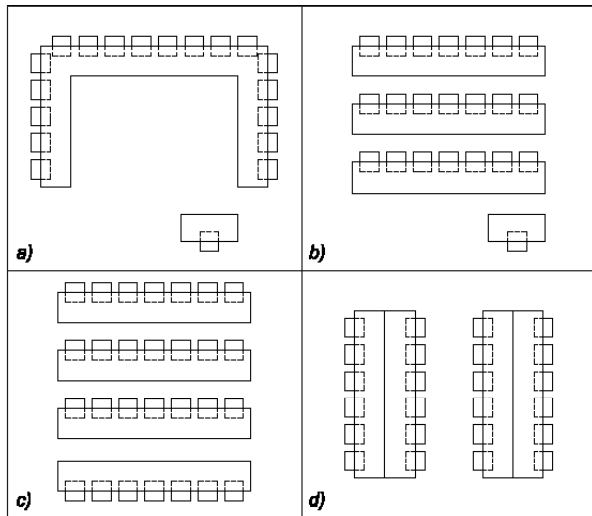


Fig. 8.19 Sala d'hotel com a: a) presentació del producte, b) aula, c) taula rodona, d) equips de treball (esquema d'E. Crespo)

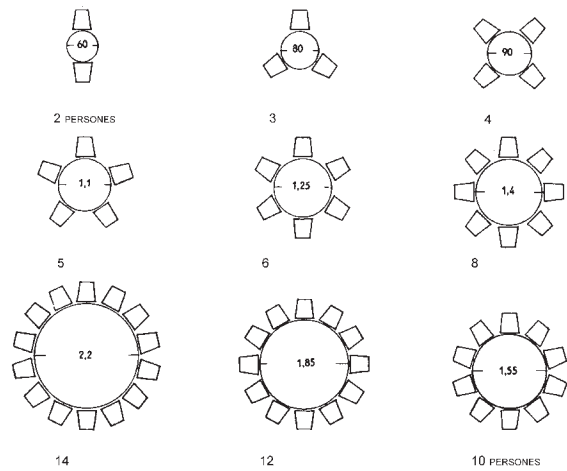


Fig. 8.21 Distància entre comensals (font: Neufert)



Fig. 8.20 Sala d'actes de l'Escola Politècnica Superior de Gandia (fotografia de l'autor)

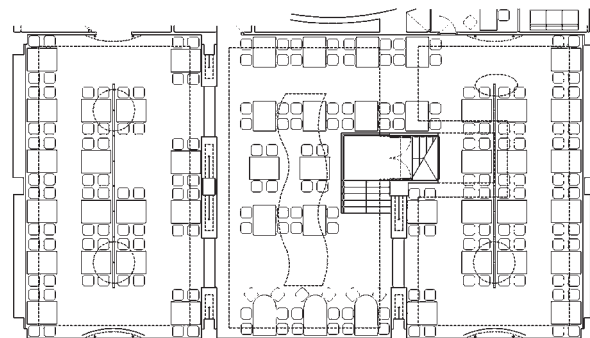


Fig. 8.22 Planta zenital i del mobiliari del restaurant "Peixerot" a Barcelona



Fig. 8.23 Trampes de so al passadís d'exposicions de l'ETSEIB (fotografia de l'autor)

des de les taules del costat.⁷

a) La zonificació

Aquesta és una decisió molt important de l'equip, format pel restaurador (client), l'arquitecte i/o l'interiorista i l'acústic. Comporta entendre l'espai de forma **globalitzada** i unitària, o bé **disgregada** en petites zones que fins i tot poden arribar a compartiments estancs.

Sovint hi ha clients que demanen un reservat, per exemple, per a dinars de treball de grups (dotze o més persones, etc.). El restaurant ha de plantejar-se si desitja molts espais d'aquests tipus o pocs, o bé tot ell ha d'ésser diàfan, com una única nau.

Òbviament, les acústiques que dimanen d'aquesta decisió són ben diferents.

Per això, la primera decisió en cas de rehabilitació pot anar per aquest camí. Sovint no cal arribar a fer una compartimentació rígida, sinó que mitjançant petites mampares, desnivells, jardineres, taules d'oficina o taules auxiliars de servei, i altres recursos de la pròpia restauració, de l'arquitectura i l'interiorisme, es poden resoldre les diferents zones i subzones (**fig. 8.22**).

Òbviament, els plans i recursos emprats per a la separació també poden tenir qualitats absorbents (i, en algun cas, aïllants com a les barreres exteriors), a fi d'afegir eficàcia acústica a l'espacial.

La reducció sonora que podem assolir tan sols amb aquest tractament pot oscil·lar entre els 5 dB i els 30 dB per al cas de compartimentació radical i molt estanca.

b) L'aforament

L'aforament és bàsic per a continuar amb les idees sobre la zonificació exposades abans. Si en una determinada superfície útil volem encabir-hi el màxim de comensals, podem assolir una ràtio de fins a 0,74 ocupants/m² (tots ells asseguts entre la barra de bar i les taules del menjador).

És evident que amb aquesta ràtio tothom seu pràcticament a la taula del veí, i caldrà fer veritables esforços per a no escoltar altres converses, o perquè aquestes no influeixin en la nostra.

En aquest cas, la proposta és buscar una ràtio més raonable.

Amb aforaments normals propers a 0,5 ocupants/m², podem reduir 6 dB el soroll respecte al cas extrem.

c) La distància entre els comensals

Si observem el que ens indiquen diferents tractats arquitectònics, d'interiorisme i rehabilitació, la mida mínima de l'ample de la taula (de banda a banda) és de 0,60 m i, per a taules rodones de grups de casaments o altres celebracions multitudinàries, de 1,40 m (vuit seients), o 1,55m (deu seients).

En aquests darrers casos, ja veiem que de segur existiran diverses converses, entre elles algunes de diagonals, que cal mantenir per cortesia i que, quan s'acaben (sobretot en taules de gran diàmetre), alguns no saben sobre quin tema han anat assentint amb el cap.

En el cas de les taules rectangulars allargassades, els mateixos comensals d'una banda poden obstruir-se la visió, i els comentaris ja s'estableixen amb diàlegs que es fan superant l'esquena dels veïns.

La reducció sonora que es pot aconseguir amb distàncies prudencials es pot situar, com a màxim en els 6 dB.

d) L'absorció per tovalles

Els materials en què es fa la presentació de les taules també poden influir molt en l'absorció acústica.

Sobretot és important aquesta absorció perquè succeeix just a l'origen del so. És cert que quan un comensal parla amb el de davant, hi ha certa energia que rebota a la taula i que incrementa per

reflexió el nivell d'audició del seu receptor. Però també és cert que molta més energia anirà rebotada de la taula cap a altres direccions de la sala, on es convertirà en soroll de fons.

Si el pla de la taula es vesteix amb un sota tovalles i unes tovalles generoses (amb faldilles), centre de taula, etc., tots aquests vestits fan en gran mesura com d'esmoreïdors locals i, en el conjunt de la sala, d'unitats absorbents d'alt metratge, ben distribuïts pel local.

No cal dir que si les cadires són entapissades i ens ajudem amb altres elements formals de mobiliari, làmpades, estàtues, etc., millorem les prestacions absorbents.

La reducció sonora tan sols per aquest tractament pot avaluar-se sobre els 4 dB.

e) Absorció i difusió a parets, sostres i terres

Ja hem vist a l'apartat de rendiment de l'absorció de locals que podem rebaixar, com a màxim, fins a 9 ò 10 dB.

Això és molt important, perquè segurament situa el nivell de la conversa per sobre del marge també de 10 dB per damunt del nivell de fons, que necessitem per entendre-la.

Aquesta absorció pot basar-se en direccions principals de radiacions dels sons. És a dir, si disposem elements que afavoreixin generar difusió del so abans que aquest arribi al sostre, aconseguirem que més so vagi cap als materials absorbents.

Aquest és l'èxit dels bafles del bar i restaurant de la Fundació Miró⁸ que ja hem vist a la **figura 7.18**, la localització dels quals, penjats al mig del nínxol del sostre d'en Sert, permet l'absorció per focalització. Òbviament, el so que no és absorbit pels ressonadors de cavitat surt reflectit de forma difosa.

En el cas dels sostres, a més a dels bafles, sempre ens queda el recurs d'un fals sostre absorbent,

o bé de trampes de so (**fig. 8.23**), com aquestes que ja hem comentat de la sala d'exposicions de l'ETSEIB,⁹ realitzades aprofitant unes cornises o canvis de nivell del sostre.

Molt sovint, solucions no visibles poden ser molt efectives.

Els paraments on podem disposar els materials absorbents són tots. Les parets podem entapissar-les o penjar-hi aplics, quadres i materials diversos que provoquin l'absorció i la difusió, o bé generar nínxols farcits de llibres, ampelles o altres objectes de decoració o ús funcional.

També, al terra, hi podem posar material absorbent, però existeix certa incompatibilitat entre la funció de restauració i aquest pla on hi acaben caient moltes restes que poden tacar-lo. De segur cal avaluar aquest manteniment abans de proposar-hi qualsevol solució.

Òbviament, la suma dels tractaments especificats dels casos anteriors pot oferir al lloc de restauració un confort acústic molt alt. És evident que no podem anar sumant els decibels dels diferents guanyos individuals, però de segur que a partir d'ara el lector podrà analitzar el perquè d'aquell clima sonor (bo, regular o dolent) que hi ha en el restaurant on dina quotidianament.

8.3 Patologia acústica de les sales especials de la música

Cal veure ara aquelles sales on la música natural, electrificada o reproduïda és la protagonista. Per a això, analitzem la rehabilitació sonora dels auditoris, les sales d'òpera, els pubs musicals i les discoteques.

8.3.1 Auditoris i sales d'òpera

Són unes sales que tenen unes característiques musicals, de cant i de veu molt especials. En elles es realitza l'activitat musical per excel·lència, amb orquestres filharmòniques o d'altres orquestres

amb menys quantitat de músics, fins arribar a les orquestres de cambra. També tenim els cors, que han de sonar compactats i, a més, és necessari que es distribueixi el so procedent de cantants d'òpera o d'altres estils musicals i cantats.

Realment, són tipologies de sales molt diverses, on s'ha d'estudiar moltíssim l'adequació dels **paràmetres de qualitat objectiva i subjectiva**, que hem vist al capítol precedent.

Alhora veiem que en alguna d'aquestes sales es fan generes més locals, com ara representacions on hi compta molt la paraula, com és el cas de les sarsueles. Aquest és el cas de la rehabilitació del Teatro Real a Madrid, que permet fer diferents funcions musicals, entre elles l'operística però també la sarsuelística.

Això pot requerir unes diferències bastant elevades entre el que anomenaríem camp de difusió (de sortida energètica) de la música cap a la sala, per anar entrant en un altre camp com el del cant de les grans veus de la lírica, i, com hem vist, caldrà tenir present fins i tot la veu o oratòria d'alguns protagonistes i d'alguns actors.

En aquest últim cas, tornaríem a estar propers al cas del teatre que hem analitzat abans.

En els **teatres d'òpera**, s'espera un temps de reverberació, segons el volum de la sala i el nombre d'ocupants, més reduït que no pas en el cas dels auditoris. Si busquem aquestes ràtios a la **figura 7.33**, ens adonarem que en el primer cas el temps de reverberació és d'1,39 segons quan estem treballant amb una mitjana de volum de 18.800 m³. És a dir, ens movem amb unes velocitats d'esmoreïment baixes, compreses entre 5,51 i 6,94 m/s i un valor mitjà de 6,30 m/s. Aquí sí que cal considerar no només el volum de la sala sinó també l'àrea d'ocupació S_7 per al públic, cors i orquestres (per tant, l'àrea que és realment efectiva respecte a l'absorció).

En el cas **auditoris**, el valor òptim de la velocitat d'esmoreïment és de 6,58 per a un auditori mitjà

d'una capacitat de 2.400 ocupants, amb un volum mitjà de 18.870 m³ (**fig. 7.34**).

La gran diferència entre els teatres d'òpera i els auditoris és que el públic dels primers pràcticament està disposat sempre en el perímetre d'un vas, i són les parets d'aquest vas les que han de fer l'absorció. Hi ha una verticalitat amb un volum per planta no excessiu. En canvi, en les parets d'un vas, en general, van sorgint les llotges com a tot teatre a la italiana, en forma de lira o de ferradura.

En els auditoris, s'ha buscat una rendibilitat a la difusió i a la reflexió del so en els sostres i en els paraments laterals. Aquesta rendibilitat acústica fa que l'àrea absorbent pràcticament estigui tota ella concentrada en el públic que es troba disposat en el pla horitzontal. Per tant, aquí hi ha l'àrea d'orquestra i cors, la zona dedicada a l'audiència i, com a molt, potser una llotja o algunes més. Aquesta és la disposició tradicional en els auditoris, on hi ha un gran rebot i una gran presència de so que es reflecteix en les parets i els sostres del recinte.

En el cas dels auditoris, ens movem amb les classificacions següents de densitat superficial d'ocupació ρ_s :

alta: $\rho_s \approx 2 \text{ oc/m}$

mitjana: $\rho_s \approx 1,75 \text{ oc/m}^2$

baixa: $\rho_s \approx 1,35 \text{ oc/m}^2$

Òbviament, aquest fet afecta el valor dels paràmetres de qualitat acústica de la sala; per tant, en una rehabilitació és oportú replantejar-se l'aforament.

Llavors, queda clar que els problemes d'una o altra tipologia són realment similars en alguns casos, però molt diferents en el fons. S'observa que la música necessita la intimitat com a concepte i, en canvi, en el cas de l'òpera, el que és molt important és no perdre el protagonisme de les veus que estan cantant a l'escenari. Tampoc no cal perdre la relació que es necessita del volum sonor entre el cantant i l'orquestra.

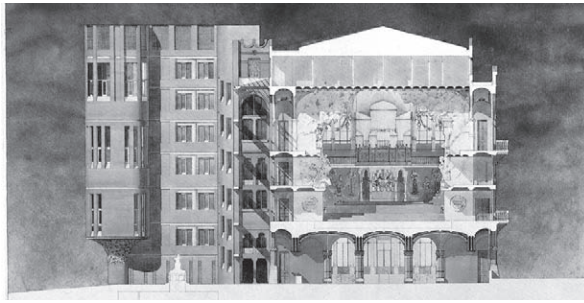


Fig. 8.24 Palau de la Música Catalana, Barcelona

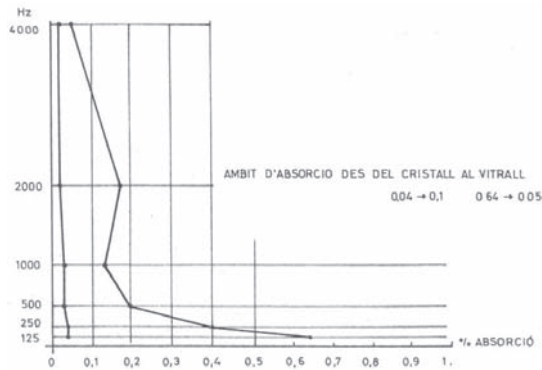


Fig. 8.25 Absorció del vidre emplantat (font: Jordi Bonet, Arquitecte)



Fig. 8.26 Detall del nou vidre laminat implantat a la rehabilitació del Palau de la Música Catalana

| Descripció del públic | Freqüència central de banda d'octava (Hz) | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 K | 2 K | 4 K | 8K | |
| Públic dret | Adult dret | - | - | 0,33 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | - | - |
| | Persona dempeus | - | 0,14 - 0,20 | 0,23 - 0,35 | 0,38 - 0,47 | 0,45 - 0,54 | 0,50 - 0,66 | 0,40 - 0,66 | - |
| Persona asseguda | En general | 0,16 | 0,20 - 0,30 | 0,32 - 0,36 | 0,37 - 0,45 | 0,44 - 0,50 | 0,36 - 0,50 | 0,46 | - |
| | En bancs d'església | - | 0,20 - 0,25 | 0,25 - 0,27 | 0,31 - 0,33 | 0,35 - 0,38 | 0,33 - 0,40 | 0,30 - 0,38 | - |
| | En seients de fusta | - | 0,15 - 0,27 | 0,25 - 0,31 | 0,31 - 0,35 | 0,35 - 0,43 | 0,33 - 0,46 | 0,35 - 0,40 | - |
| | En seients de fusta amb coixins | - | 0,15 - 0,16 | 0,35 - 0,36 | 0,40 | 0,45 - 0,46 | 0,44 - 0,48 | 0,40 | - |
| | En seients entapissats de cuir o vinil | - | 0,15 | 0,35 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,40 | - |
| | En seients totalment entapissats | 0,20 | 0,25 - 0,42 | 0,40 - 0,41 | 0,47 - 0,55 | 0,65 | 0,51 - 0,65 | 0,60 | - |
| | Home sense abric | - | 0,14 | 0,23 | 0,45 | 0,61 | 0,82 | - | - |
| | Home amb abric | - | 0,25 | 0,35 | 0,53 | 0,68 | 0,84 | - | - |
| | Dona sense abric | - | 0,08 | 0,14 | 0,25 | 0,40 | 0,51 | - | - |
| | Dona amb abric | - | 0,14 | 0,26 | 0,44 | 0,64 | 0,74 | - | - |
| | Pàrvul | - | 0,14 | - | 0,31 | - | 0,42 | - | - |
| | Nens d'escola primària en seient | - | 0,16 - 0,18 | 0,23 | 0,28 - 0,39 | 0,32 | 0,35 - 0,51 | 0,40 | - |
| Joves d'escola secundària en seients | - | 0,22 | 0,30 | 0,33 | 0,40 | 0,44 | 0,45 | - | |
| Col·legial en un pupitre | - | 0,24 | - | 0,39 | - | 0,43 | - | - | |
| Músics | Músic amb instrument | 0,20 | 0,35 - 0,41 | 0,76 - 0,80 | 1,10 - 1,12 | 1,33 - 1,50 | 1,20 - 1,35 | 1,10 - 1,16 | - |
| | Músic amb instrument i seient | - | 0,60 | 0,90 | 1,10 | 1,60 | 1,65 | 1,35 | - |

Fig. 8.27a Valors de les unitats d'absorció A per ocupant (m² absorbent en octaves de freqüències)

| Àrees | Freqüència central de banda d'octava (Hz) | | | | | | | |
|---|---|-----------|-----------|------|-----------|-----------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 K | 2 K | 4 K | 8 K |
| Àrea S _A d'audició (públic i seients) inclosos els passadissos superiors a 1 m (densitat d'ocupació mitjana p _s ≈ 1,75 oc/m²) | 0,25 | 0,39-0,40 | 0,57-0,60 | 0,80 | 0,90-0,94 | 0,90-0,92 | 0,80 | - |
| Àrea S _T d'audiència, orquestra i cors, inclosos els passadissos superiors a 1 m | 0,34 | 0,52 | 0,68 | 0,85 | 0,97 | 0,93 | 0,85 | 0,80 |

Fig. 8.27b Valors dels coeficients d'absorció α_r per m² de l'àrea d'audiència en octaves de freqüències (font: elaboració pròpia a partir de la tesi doctoral)

El mateix podríem dir en el cas d'un auditori, en què hi ha la relació entre instrumentista o solista i l'orquestra. Aquest és un cas difícil, perquè sovint l'instrumentista o solista d'una orquestra no interpreta un instrument amb gran emissió o potència. És evident que els instruments i els instrumentistes més prestigiosos del món no ho són només pel seu tipus de so sinó també per la seva sonoritat, és a dir, per la força amb què poden arribar a fer aquest so, si bé n'hi ha que fan un so exquisit sense gran sonoritat.

Per tant, en els casos de rehabilitació d'auditoris, sovint cal fer la rehabilitació dels diferents paràmetres de qualitat objectiva i subjectiva. Alguns d'aquests paràmetres són aplicables conjuntament als auditoris i a les òperes però, en canvi, n'hi ha d'altres que són exclusius d'una activitat o l'altra. Aquest és el cas de la difusió necessària en un auditori, mentre que en una sala d'òpera es valora més la relació entre cantant o orquestra, o la sonoritat de la font del *bel canto* respecte a la sonoritat de l'orquestra (que, en moltes ocasions, s'ha de disposar en segon terme, fins i tot amagada en el fossar).

Sovint hi ha algunes intervencions difícils d'establir. En aquesta rehabilitació de teatres o auditoris antics, moltes vegades ens trobem amb casos de monuments nacionals o fins i tot universals, la qual cosa genera una problemàtica encara més elevada. Aquest va ser el cas del Palau de la Música Catalana,¹⁰ obra de l'arquitecte Domènech i Montaner, inaugurat el 1908 (fig. 8.24). El Doctor en Ciències Físiques i acústic Higiní Arau i Puchades hi va trobar un excés d'absorció a baixes freqüències. Això no acostuma a passar en els auditoris. Pot ser que hi hagi una absorció, però en tot cas es localitza normalment en freqüències més elevades.

Basant-se en el que l'arquitecte Jordi Bonet ja havia anat treballant anteriorment,¹¹ es va trobar que les vidreres realitzades amb vidres emplomats, desenvolupen una absorció molt elevada a les freqüències greus, mentre que no fan tanta absorció a freqüències mitjanes i agudes (fig. 8.25).

Aquí tenim un material d'absorció selectiva que es

feia servir en l'arquitectura del passat. Òbviament, si les catedrals gòtiques tinguessin molts més vidres emplomats, podrien disposar d'un sistema fantàstic per al control de la reverberació a baixes freqüències, però no és així perquè, tot i que el gòtic allibera els tancaments de l'estructura, també hi ha un gran augment del volum.

Què es va fer per rehabilitar aquest aspecte del Palau de la Música Catalana? Es va disposar un nou vidre laminat amb butiral intermedi (amb vidres Stadip de seguretat) davant d'aquests vitralls, que permet: *a*) augmentar la seguretat en el recinte pel que fa a impactes i col·lisions eventuais en els vidres emplomats (i, per tant, augmentar les garanties de protecció); *b*) augmentar la reflexió a les freqüències greus, atès que aquest nou vidre al davant ja es comporta com tots els vidres (respecte al costat interior de la sala), i *c*) augmentar l'aïllament acústic necessari, atès que molts dels vitralls corresponen a les obertures de la façana al carrer d'Amadeu Vives (ara de trànsit restringit) (fig. 8.26).

És a dir, hi ha casos especials, com aquest del control de selectivitat de l'absorció, i cada cas s'ha de resoldre buscant uns recursos arquitectònics i una enginyeria específics per a l'ocasió.

Tant en el cas d'òperes com en el d'auditoris, crec que sempre un dels punts importants és aconseguir un bon equilibri entre sala buida i sala plena. Aquesta és una qüestió fonamental per als músics i cantants, perquè la sala, si s'ha estudiat convenientment, pot sonar gairebé idèntica tant si hi ha gent (interpretació), com si no (assaigs).

Com es pot fer això? És evident que els seients i la base (és a dir, molta part del paviment) estaran ocupats després pel públic. Si agafem aquest pla i el contemplem frontalment, horitzontalment o inclinadament, podem fer uns estudis molt interessants per veure a cada 1/3 d'octava de freqüència com queda absorbit el so. I un altre aspecte, potser encara més important, és de quina forma (especular, mixta o difosa) surt reflectit el so cap a la resta de la sala.



Fig. 8.28 Seients de fusta a la col·legiata de Sta. Maria de Sar, Santiago de Compostel·la (fotografia de l'autor)



Fig. 8.30 Sistema Public Address en una església reverberant (fotografia de l'autor)



Fig. 8.31 Compatibilitat horària de pub musical i gabinet psicològic (fotografia de l'autor)



Diseño:
Arq. Paolo Scagnellato

Fig. 8.29 Seients absorbents (font: Catàleg S&T 96 S/L), disseny de l'arquitecte Paolo Scagnellato



Fig. 8.32 Imatge inicial de la discoteca Arqus (fotografia de l'autor)

Per això, cal tenir en compte l'absorció dels seients i l'absorció del públic quan hi està assegut (**figures 8.27a i 8.27b**).

En una església, sovint l'ocupació es realitza sobre bancs de fusta, des de fa molt temps (tret d'algun tanatori més modernitzat), atès que per raons higièniques no es permetia fer-hi entapissats. Aquests llocs de culte podien reunir pelegrins provinents d'arreu del món, carregats amb la pols i les olors dels animals del camí (d'aquí el "botafumeiro" de Santiago de Compostel·la i la seva missió desinfectant específica) (**fig. 8.28**). Tot això implica l'absència del control sonor del seient i del públic. Mentre que en un auditori, que atesa la classe social dels seus usuaris ja disposa de més mesures higièniques, l'entapissat, és a dir, l'absorció del seient ja és més factible.

Per tot això, un dels temes prioritaris en el moment de fer rehabilitació de teatres i auditoris és intentar aconseguir que la sala buida pugui sonar quasi exactament igual que la sala plena. Això depèn fonamentalment de l'elecció dels seients i paviments basada en les comprovacions del seu grau d'absorció, difusió, etc. que es puguin fer en els laboratoris d'acústica. Com hem vist, interessa que aquests seients, buits o ocupats, tinguin molt poca variabilitat entre una situació i l'altra.

Els seients que s'abaten o els que repleguen el respall poden tenir prevista una absorció quasi idèntica sense ocupant o amb ocupant. La part de sota pot fer augmentar l'absorció (**fig. 8.29**), cosa que serà efectiva en la sala buida, en el moment en què el seient estigui abatut. Amb sala ocupada, aquesta àrea recollirà alguna reflexió, però ja amb poca energia acústica, que serà la procedent de la reflexió del paviment.

8.3.2 Pubs musicals i discoteques

Una de les creences més esteses sobre els locals equipats de sistemes electroacústics d'alta potència és suposar que aquests sistemes són sempre capaços de solucionar les possibles imperfeccions de l'acústica arquitectònica del recinte.

És cert que en molts casos la tècnica electroacústica aconsegueix acomodar-se a la topografia del lloc on s'instal·la. Molts són els guanys en aquest aspecte: retardadors per als altaveus secundaris en concerts a l'aire lliure, equalització de les freqüències pròpies de ressonància en el cas de locals, sistemes *line array* en concerts multitudinaris, etc.

Fins i tot es pot afegir reverberació on no n'hi ha, però, com treure la que sobra?

Sovint, com a les edificacions religioses antigues considerades actualment "monuments artístics", la impossibilitat de variar o afegir material absorbent ha portat a basar la intel·ligibilitat del missatge oral exclusivament en el sistema de P.A. (Public Address) implantat (**fig. 8.30**). Els electroacústics saben molt bé que l'elecció i la ubicació física dels components d'aquest sistema no és fàcil, i molt més quan l'àrea absorbent formada pel públic és summament variable.

En tots els casos, la millor solució radica a basar el disseny arquitectònic en les lleis acústiques.

Hem de partir d'un fet real: la discoteca és una màquina d'amplificar la música, amb nivells punta que poden arribar fàcilment als 112 dBA en les freqüències més greus. A qui no li interessi escoltar aquesta música des del seu habitatge, és lògic que la consideri un soroll.

Per això, el disseny acústic de les discoteques s'ha de centrar en primer lloc en el seu aïllament, i això depèn de les normatives locals. En general, com menys hi intervé la distribució topològica òptima de funcions de l'edifici i el local analitzada abans, més aïllant ha de ser la pell de la discoteca, la qual cosa és molt difícil i costosa amb aquests nivells sonors tant elevats.

Però això no és tan senzill, perquè l'estudi de l'aïllament d'una discoteca preveu (a més d'aquests tancaments amb l'exterior) els accessos, les sortides d'emergència, els passos de conductes, l'admissió i extracció d'aire, etc., que són veritables boques per les quals pot parlar la discoteca.

Així mateix, la ubicació i la col·locació dels equips electroacústics, de la climatització, del grup electrogen, etc., s'han d'analitzar detingudament per evitar la transmissió de vibracions i sorolls, tant a l'exterior com a l'interior.

Normalment, el disseny acústic no s'inicia i acaba amb l'aïllament. Hi ha també altres factors que intervenen perquè es desenvolupi l'activitat sense disfuncions acústiques, com ara el control de la reverberació, l'absència de focalitzacions i ecos. Aquests factors són els que en especial pertocuen al condicionament acústic interior.

Cal recordar que les longituds d'ona de la música generada per l'equip electroacústic d'aquestes sales van des dels 17 m, en els sons més greus (20 Hz), fins als 1,7 cm (20.000 Hz). Aquestes són dimensions molt pròximes a les de l'arquitectura. Per això, és difícil que una persona o un objecte col·locat davant de l'altaveu produeixi ombra acústica a les freqüències més greus (de major longitud d'ona) i, en canvi, sí que ho fa a les agudes.

Per altra banda, les notes més greus que generen el contrabaix (4a corda a l'aire, equivalent al *mi*) i el piano (1a tecla, corresponent al *la*) són de 41,2 i 22,5 Hz, respectivament. Tot i que, en general, els estudis d'acústica arquitectònica de locals es realitzen entre les octaves de 125 i 4 KHz, en el nostre cas hem d'ampliar el marge analitzant també les de 31 i 62 Hz, i estendre'ns musicalment fins als 16.000 Hz.

En aquesta primera regió, es produeixen, a més, les freqüències pròpies de la ressonància dels locals (en funció de la seva geometria i dimensions), que s'excitaran en produir-se aquestes notes musicals.

Si es tracta de rehabilitació acústica amb variació d'usos de certs locals, i aquests conviuen confrontats horitzontal o verticalment, les solucions acústiques poden, en alguns casos, ser tan costoses o amb escasses garanties com per a fer desistir el més agosarat.

Val la pena aïllar-se amb altres activitats que fun-

cionin en horaris diferents. Aquest és el cas del Bar musical representat a la **figura 8.31**, respecte la funció de consultori psiquiàtric de la planta superior.

Si la discoteca és a l'aire lliure, s'ha d'estudiar l'impacte sonor al seu entorn, tenint en compte les distàncies i les pantalles existents o de projecte respecte de les edificacions pròximes, els vents dominants i brises, focus exteriors de soroll preexistents, etc.

En situació urbana, la discoteca oberta presenta tants problemes que quasi sempre existeixen restriccions d'horari imposades per les normatives locals i pels nivells sostre de so.

Si la situació no és urbana, millorem algunes de les anteriors especificacions, però s'han d'analitzar minuciosament les proximitats en el cas d'existir càmpings, bungalows o altres habitacles poc o escassament aïllats.

A la **figura 8.32** hi ha una imatge de com es veia una **discoteca desmuntable** (tancada amb plàstic) que afectava a un càmping situat a l'altre costat de la carretera.

Òbviament, l'activitat sonora de l'interior de la discoteca era tan forta a la nit que els usuaris del càmping varen començar a fugir. Després de molts estudis i actuacions intermèdies (aixecament de pantalla de tres metres i mig) va caldre aïllar-la tota ella amb un gruix de 15 cm de formigó (**fig. 8.33**).¹²

Quan un client cerca un acústic per a rehabilitar una sala especial, aquesta és una acció *non grata* per a l'acústic. Vol dir que no ha funcionat el que ell o un altre professional ha fet anteriorment. Davant d'aquest fet, cal plantejar-se en primer lloc si l'error es deu al projecte, a la desafortunada elecció de materials o a una incorrecta execució del disseny acústic.

Aquests extrems són, de vegades, difícils de determinar.

En aquests casos, retirar el material anterior i començar de nou sembla molt assenyalat, ja que a ningú li agrada arreglar grans desperfectes, però pot ser econòmicament inviable, i així mateix pot interpretar-se com una sentència sobre l'anterior projecte.

Per descomptat, el problema més gran sempre resideix en l'aïllament.

Per altra banda, pel que fa al condicionament acústic, les solucions també poden sofisticar-se si no s'ha intervingut en el disseny anterior. És difícil acceptar la imposició d'aspectes del projecte original, com el seu disseny formal, els acabats, el mobiliari, etc., que es considerin essencials en la producció de la patologia.

En aquests casos, s'imposa l'enginy; l'excés de reverberació pot resoldre's fent creure als usuaris que s'ha omplert la discoteca d'altaveus quan, al contrari, el que s'ha fet és omplir-la de baffles absorbents (fig. 8.34).¹³

Repercussions

Poden assenyalat-se com a més importants les següents:

a) **Repercussió interna** (acció sobre el propi local)

Els alts nivells generats (superiors a 90 dB), obliguen a advertir l'usuari sobre la perillositat de la seva permanència perllongada.

Un altre aspecte és el del personal intern. Si bé els *disc jockeys* estan més preparats, ja que trien i coneixen els passatges de la música, no succeeix el mateix amb els cambrers. Aquest és un tema de seguretat i higiene en el treball, i ha de ser regulat amb l'aplicació de torns o altres mètodes preventius.

b) **Repercussió externa** (acció sobre l'entorn).

Estadísticament, es demostra que la convivència

d'aquesta activitat amb el sector residencial és molt difícil.

Encara que, en general, la població que sent molèstia és sempre superior a la que presenta una denúncia davant l'estament oficial, hem vist fa poc que en una gran ciutat més de la quarta part de les denúncies provenen dels sorolls.

Si ens basem exclusivament en aquestes denúncies per sorolls i vibracions, observem que més del 50% es refereix al sector bar-pub-discoteca-sala de festes, del qual destaca que un 90% procedeix de la música o activitat, mentre que el 10% restant és degut a les seves instal·lacions mecàniques.

Quin és el motiu de tantes queixes? El **caràcter informatiu de la música**.

En efecte, en molts casos, els nivells sonors d'immissió denunciats poden arribar a ser inferiors al nivell del soroll de fons existent en absència de l'activitat, o no sobrepasar-lo en més de 3 dBA (valor expressat com a límit en algunes reglamentacions).

Això no obstant, el caràcter rítmic de les freqüències més greus (on es produeixen els sons del contrabaix i percussió) es presenta com un llenguatge molt recognoscible i informatiu del succés musical.

El flux d'energia sonora emergent d'una discoteca, en general, és més gran com més greus són les freqüències (majors longituds d'ona).

Hi han intervingut quatre raons per aconseguir-ho:

D'una banda l'èmfasi més gran dels *disc jockeys* a equalitzar en aquesta banda de freqüències l'equip de sonorització. En segon lloc, l'aïllament menor dels murs frontera amb l'exterior, a causa de les denominades **lleis de masses i freqüències**. En tercer lloc, l'efecte de difracció que faculta els greus a envoltar els obstacles pel seu caràcter de propagació omnidimensional. Finalment, la fàcil

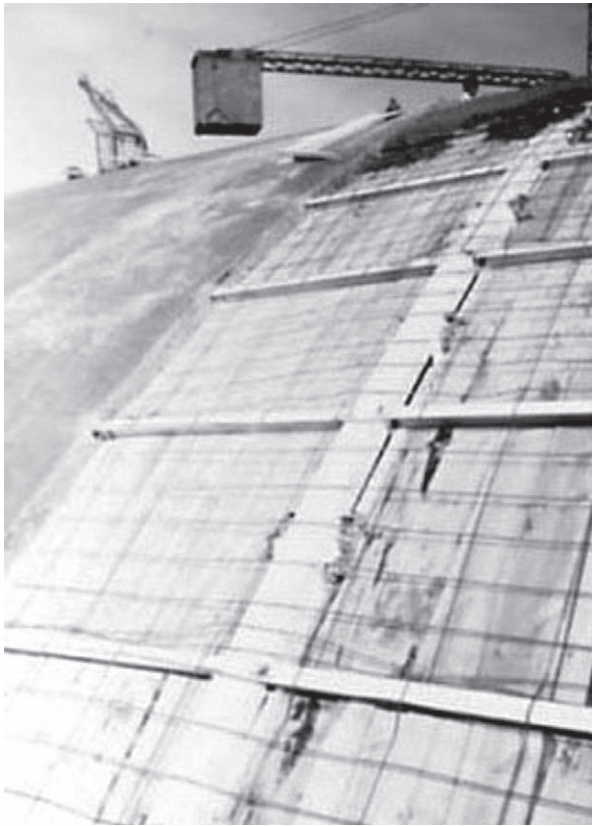


Fig. 8.33 Solució final de l'aïllament de la discoteca Arqus (fotografia de l'autor)

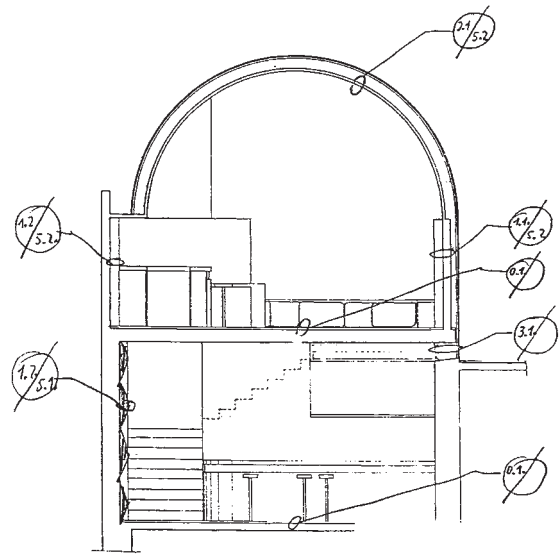


Fig. 8.35 Detall del tancament translúcid del sostre i altres paraments d'una discoteca a Sabadell (projecte)

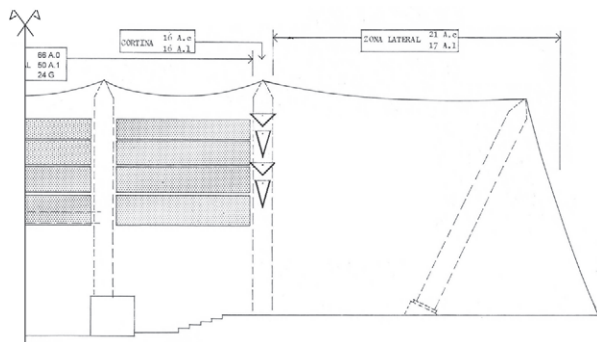


Fig. 8.34 Bafles absorbents proposats per a la discoteca Arqus (font: Camps-Daumal, arquitectes)



Fig. 8.36 Església a Santiago

transmissibilitat per les parts sòlides de l'estructura i la coincidència amb les seves freqüències ressonants.

Per aquestes raons, la música és quasi indestruïble. Es filtra per les obertures, circula lliurement per les parets i emergeix pels llocs més insospitats.

Tot això obliga que les noves discoteques s'ubiquin més sovint en edificis aïllats. Tot i així, la música n'emergeix, i les finestres dels habitatges pròxims, obertes a les càlides nits d'estiu, són veritables oïdes que capten aquesta informació.

Conclusions pel que fa als pubs i discoteques

a) *El condicionament intern i la poètica acústica*

Amb la línia d'acabats durs (acústicament parlant) que s'està imposant amb el planxat del guix en parets i sostres, el mobiliari i l'aspecte minimalista en la decoració actual de les discoteques, el condicionament intern sembla avui una assignatura pendent que erròniament intenta aprovar-se amb més watts (amplificant més).

El projectista pot arribar a creure que, com millor i més potent sigui l'equip electroacústic instal·lat, més pot oblidar les regles bàsiques de l'acústica de recintes. Això no és així, i el resultat és obvi: moltes discoteques amb molt bons equips sonen malament.

L'única solució, en aquest cas, és la cirurgia acústica, renyida avui amb el que seria la cirurgia estètica, ja que modifica aquesta línia d'acabats.

Com sempre, tota cirurgia acústica té efectes secundaris, atès que afecta el disseny original.

Lògicament, si es pensa poc en el condicionament acústic, menys encara es fa en la poesia acústica.

Lamentablement, falta aquest diàleg de l'acústica amb l'arquitectura.

b) *Tècniques d'aïllament*

Pel que fa a les tècniques d'aïllament acústic, en general ja són previstes des de l'inici del disseny, però cal preguntar-se per què és així.

Per a assolir un silenci interior òptim per al desenvolupament de l'activitat? O bé per a evitar molèsties al veïnat?

Malauradament, en molts casos només es planteja tan sols per a impossibilitar la denúncia i, com a resultat d'aquesta, el tancament del local.

Com hem vist, això comporta la construcció de pubs, bars musicals i discoteques cada cop més allunyades de la zona de residència, ja que la convivència entre aquesta activitat i la residencial té una solució constructiva difícil.

A la **figura 8.35** s'inclou l'esquema inicial que es va plantejar per a la rehabilitació d'una petita discoteca. En aquest cas, es pretenia convertir un antic bar-musical en discoteca, però el tancament lleuger i translúcid del sostre ho feia molt difícil.

8.4 Patologia acústica de sales per a la religió

Aprofitant els canvis de litúrgia establerts als concilis, s'ha anat variant les formes d'establir la comunicació entre religiosos i feligresos.

En aquests canvis, han aparegut uns mètodes de rehabilitació basats en el cant, que aprofita millor que la paraula el temps elevat de reverberació d'aquests recintes. Així apareix el cant ambroni, que serà seguit pel cant gregorià.

Amb aquests cants, que es caracteritzen perquè empren un *tempo* lent i cadenciós i una successió de notes molt prefixada, s'aconsegueix entendre més el missatge i evitar l'impacte negatiu de l'excés de reverberació de les grans seus.

Però, a poc a poc, les esglésies i els llocs de culte

es van despullant dels seus ornaments (**fig. 8.36**). Quadres, tapissos, catifes, senyeres, mobles, molts d'ells trofeus de guerra donats pels senyors feudals, van desapareixent i sols queda el ressò de les pedres nues, que fa més difícil la intel·ligibilitat dels missatges dirigits als feligresos. Per altra part, l'idioma del poble es va separant cada dia més del llatí.

Llavors apareix el púlpit, lloc elevat que se situa més en contacte amb els feligresos que l'altar i on (a manera de tribuna de les arengues de Juli Cèsar) el prevere va dirigint els seus sermons en l'idioma del poble (**fig. 8.37**).

Així, situant l'emissor quasi al mig de la nau i ajudat amb la conxa acústica situada sobre ell, es pot fer arribar el missatge sense elevar excessivament la veu.

Ja sabem que si cridem en un lloc reverberant fem aparèixer el nivell de camp reverberant amb molt alt volum. El seu ressò dificulta entendre la comunicació oral perquè les síl·labes successives es van superposant amb les anteriors. Per això, la solució que fan servir els docents en aules reverberants és que els alumnes no s'asseguin a les darreres files sinó a les primeres. Així s'evita elevar la veu, que excita el ressò del camp reverberant, i el professor també fa servir una velocitat d'explicació més pausada.

A les esglésies i catedrals, podem aconseguir la rehabilitació acústica sempre que tinguem pilars, parets i sostres amb acabats que puguem variar. En els edificis més moderns, podem trobar-nos amb acabats que admeten transformació, però els antics és més difícil vestir-los o encamisar-los.

Fins i tot, en alguns casos, la rehabilitació es pot fer amb bafles absorbents penjats del sostre o de l'estructura, i les solucions actuals de plexigàs absorbent i transparent emprat per a pantalles acústiques d'autopistes i traçats ferroviaris ens obren noves possibilitats i ens allunyen del fals mimetisme de penjar rèpliques fotogràfiques però absorbents sonores, reproduint l'aspecte de les pe-

dres del darrere.

Totes les actuacions d'emascament acostumen a acabar en fracàs i sempre es troben indicis, sospites o verificacions de la falsedat d'aquells mètodes.

Per això, es recomana actuar amb molta cura, avaluant, en primer lloc, la ubicació i superfície eficaç dels plans on es desitgen posar les solucions absorbents o difusores de correcció acústica.

En algun cas, el problema s'origina per la concentració o focalització del so sobre uns indrets determinats. Llavors es pot resoldre absorbint amb un material fonoabsorbent, o bé trencant la forma concentradora mitjançant plans reflectors convexos i/o còncaus de petit radi.¹⁴

Un cop avaluat tot això, cal cercar els materials d'acabat més adients i precalcular, mitjançant els seus coeficients o unitats d'absorció, el poder absorbent d'aquelles superfícies.

El canvi o millora del temps de reverberació pot avaluar-se mitjançant els programes de càlcul que hi ha al mercat o bé, en primera aproximació, emprant el senzill mètode de Sabine:

$$\text{Decrement} = (TR_1 - TR_2) = \frac{0,162 \cdot V}{S} \cdot \left(\frac{\bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \right)$$

En molts casos, sembla que no pot actuar-se sobre els pilars, paraments i sostres de l'interior de les esglésies i catedrals antigues, o que no n'hi ha prou amb la rehabilitació realitzada. En aquest cas, és preceptiu emprar un sistema de megafonia. Òbviament, no es tracta d'amplificar la veu del capellà, sinó més aviat de poder-la distribuir en petites dosis dirigides a cada persona assistent.

La mancança usual d'absorció dels bancs durs de fusta d'aquests recintes fa que la dutxa del so des dels altaveus no es vegi absorbida si no és en presència dels assistents. Com ja sabem, les persones presenten una absorció equivalent a 0,4 o 0,5 m² absorbents, segons la seva forma i vestits.

Per aquest motiu, la radiació del so des dels altaveus acostuma a ser cilíndrica i es basa en columnes de petits altaveus disposats als pilars de la nau, a uns 2,5 m d'alçària i penjats amb una lleugera inclinació cap als oients (a fi que el so s'absorbeixi immediatament per aquests i no amplifiqui el ressò del recinte) (fig. 8.38).

8.5 Patologia acústica d'altres sales

Òbviament, queden per tractar moltes més tipologies, i entre elles les que es destinen a activitats esportives, com ara les piscines, els poliesportius, i també les dedicades a activitats polifuncionals.

Finalment, cal parlar breument també d'altres sales, com ara els vestíbuls, les sales d'espera, els *malls*, etc., que, com veurem després, sempre s'han de particularitzar cas a cas.

8.5.1 Sales polifuncionals

Com hem vist en parlar dels teatres d'òpera, un dels grans reptes és equilibrar acústicament una sala on es faran intervencions que requereixen acústiques molt diferenciades segons el moment.

Quasi sempre, cada paràmetre de qualitat acústica de sales ha de ser delimitat per uns mínims i uns màxims, en ocasions molt estrictes per a certes activitats.

Com podrem, llavors, aconseguir que funcioni una sala destinada tant a cineclub com a teatre, junta d'escola i música de cambra o de rock amplificat, tot alhora?

Avui tothom demana la sala polivalent. Aquest tipus de sala és un encàrrec de disseny de nova planta o de rehabilitació que es troba molt sovint. Òbviament, el local està preparat (bé o no) per a una activitat, però no pas per a totes les funcions de comunicació sonora; l'oratória, la música, el cant, en tots els estils: acústic, amplificat, etc.

Aquest va ser el cas del **poliesportiu de les Es-**

caldes Engordany, a Andorra (fig. 8.39). Un cop construït per a les activitats pròpies d'aquestes funcions esportives, va ser cedit al Comú de les Escaldes Engordany. Òbviament, no va passar la primera prova de foc acústica, atès que va acollir amb molt fracàs els festivals internacionals de Jazz que aquest Comú organitzava.

En efecte, any rere any el Comú feia, des del seu inici amb gran èxit d'organització i sonoritat, el Festival Internacional de Jazz en un *envelat* (arquitectura desmuntable, construïda amb teles que proporcionen una acústica interior d'absorció controlada).

De cop i volta, varen trobar-se amb un gran volum reverberant, on els equips d'amplificació necessaris per captar els diferents instrumentistes i distribuir-los a un públic més nombrós agreujaven encara més els problemes.¹⁵

La pista interior era un gran espai, format per una pista central amb unes grades laterals més uns elements extensibles. Hi ha unes vidrieres col·locades a la façana assolada i un cobriment a base d'un bigues en forma de *v*, buides a l'interior, i un forjat bidimensional reticulat de cassetó recuperable.

Els amidaments realitzats amb sistemes per mètodes impulsius d'explosions varen donar un temps de reverberació de 5 segons, òbviament excessiu en totes les bandes de freqüència. Sobretot s'obtenien uns nivells molt alts en les baixes freqüències, allà on el volum del recinte guanya a l'escassetat d'absorció dels acabats.

Hi vaig proposar diferents solucions, com ara una funda de llana de fibres minerals, per tal d'encamisar els cassetons, però calia fer els motlles especialment a mida i sortia molt car.¹⁶

També vaig buscar altres solucions, com ara panells i altres elements acoblats a les parets o bé bafles i altres materials penjats a les parets o fent algun tipus de forma al sostre.

Em va semblar que totes les propostes destruïen



Fig. 8.37 Púlpit de Benedeto de Maiano a la basílica de la Santa Creu, Florència (fotografia de l'autor)



Fig. 8.39 Antic poliesportiu d'Escaldes Engordany a Andorra, en estat inicial (fotografia de l'autor)



Fig. 8.40 Estat de la sala del Poliesportiu d'Escaldes Engordany, a) durant i b) després de la projecció de material absorbent (fotografies de l'autor)

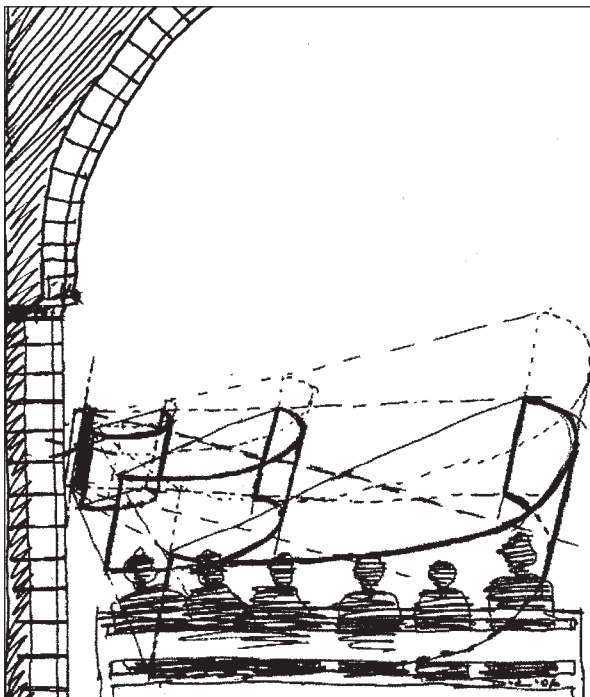


Fig. 8.38 Radiació dels altaveus a l'església (dibuix de l'autor)

l'estètica d'aquest recinte, que era bastant interessant.

Continuava donant-hi voltes sense trobar-ne la solució definitiva, fins que un dia, anant per la carretera cap a Andorra, vaig trobar la idea al costat d'un rierol. Era primavera, i amb el pas del vent els pollancre del marge del riu van començar a deixar anar les seves llavors, que volaven com uns angelets.

I si llenço material absorbent contra totes aquestes superfícies dels revoltos?

Vaig contactar amb una empresa, que ens va oferir un producte més tèrmic que acústic, i es va contractar la projecció de llana de roca. Calien 10 cm de gruix per garantir prou absorció a les freqüències greus on ressonava tant el recinte.¹⁷

Disposàvem de molt poc temps, ja que s'havia de pensar en el següent Festival Internacional de Jazz.¹⁸ Es van fer unes proves prèvies d'allisar la capa superficial, però tot eren problemes per a generar arestes amb un material tan tou. Finalment, es va decidir deixar l'acabat tal com l'oferia la projecció directa. Se'n pot veure el resultat intermedi i el final a les fotografies de les **figures 8.40 a i b**.

A les proves prèvies a l'actuació, també a base d'explosius -atès el gran volum de la sala, i després de l'actuació inaugural dels cors de l'Exèrcit Rus- es va comprovar que s'havia assolit el condicionament d'aquest recinte amb els paràmetres de confort desitjats.

8.5.2 Piscines cobertes i palaus de gel

Un cas a part és el de les **piscines cobertes**, on el pla horitzontal és total i absolutament especular al so, i sense cap possibilitat de ser ocupat pels assistents. En efecte, tret dels banyistes, el públic ocupa unes grades laterals (i potser frontals), però la base sempre queda sense ocupació.

Així, hi ha tan sols el sostre i algunes parets o elements laterals on podem posar el material

absorbent. Òbviament, als finestrals la nostra actuació també és possible, però llavors variem les condicions d'enllumenat i les vistes a l'exterior de l'activitat.

Per aquests motius, en moltes d'aquestes activitats hi ha un elevat nivell de brogit i la megafonia no aconsegueix fer-se entendre, atès el ressò elevat.

En produir-se vapors d'aigua, no es pot emprar qualsevol solució absorbent de les tradicionals instal·lades en llocs secs, perquè correm el risc que es podreixin o es desfacin (fins i tot, en aquest darrer cas, amb perill de desprendiment dels acabats de sostres i parets).

Per aquests motius, s'han d'escollir els materials i sistemes constructius amb molta cura.

A la **figura 8.41** es veu una imatge de la piscina coberta de La Corxera, a Sant Feliu de Guíxols, on podem apreciar que el material absorbent instal·lat, a base d'encenalls de fusta aglomerada amb ciment o magnesita, ensenya el seu estat després d'uns anys d'haver-se instal·lat.

En el cas dels **palaus de gel**, la situació és diferent. També hi ha un gran pla reflector a la base, però quan els patinadors són abundants queda parcialment ocupat (com a molt l'ocupació pot arribar fins a un 20 o 30%), i també hi pot haver gent a les grades. Però la gran diferència és que el material no estarà sotmès a humitats elevades. En efecte, en presència de baixes temperatures, la humitat absoluta que pot tenir l'aire és menor, com pot comprovar-se en l'àbac psicomètric inclòs a la **figura 8.42**.

8.5.3 Altres casos de sales

Òbviament, quan es vol fer un estudi per tipologies segons les funcions principals que es realitzen a les sales, sempre en queden moltes sense tractar.

No és que les desconeguem, perquè tots nosaltres hem estat sovint moltes estones asseguts o passejant per les sales de passos perduts de jutjats o



Fig. 8.41 Detall de la piscina La Corxera, a Sant Feliu de Guíxols (fotografia de l'autor)



Fig. 8.43 Vestíbul de l'estació de França (fotografia de R. Calafell)

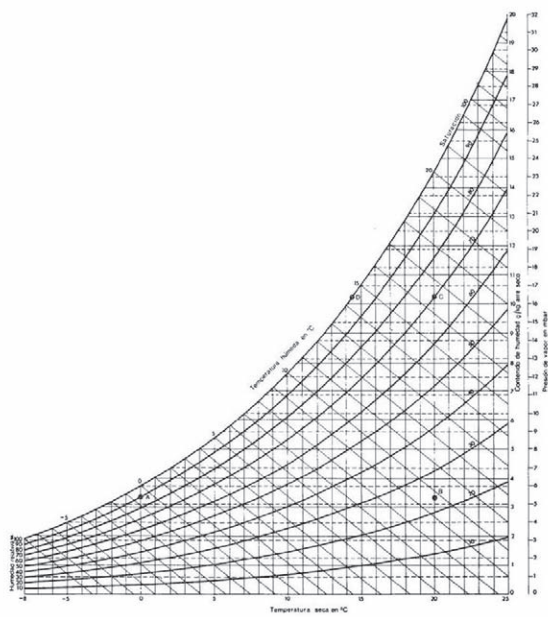


Fig. 8.42 Àbac psicomètric

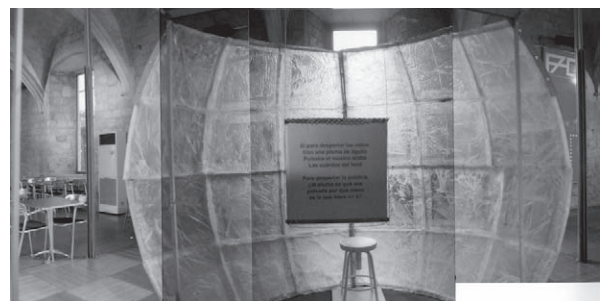
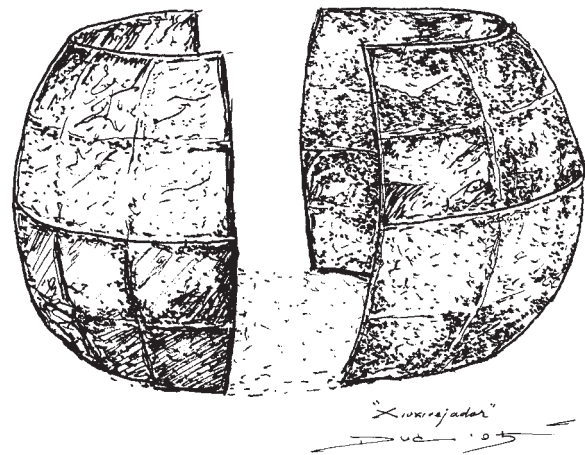


Fig. 8.44 a) Esquema i b) imatge de l' 'instrumento músico' al FAD, a Barcelona (dibuix i fotografia de l'autor)

sales d'espera d'ajuntaments, ambulatoris, hospitals, aeroports, etc. En el cas concret de les saletes d'espera dels dentistes, fins i tot hem canviat de decisió en funció dels sons d'aparells i els gemecs dels pacients que ens arribàvem de l'altre costat de portes i parets.

En quasi tots els casos, hi ha sempre solucions per a la rehabilitació acústica, tant arquitectònica com electroacústica. Però tampoc no es tracta d'imposar un perfum sonor (fil musical, preselecció musical, etc.), perquè hi ha gent que no ho desitja, com hem vist en moltes denúncies per sons en andanes i passadissos de metro, tren, etc.

Potser, per acabar, es podria fer esment d'aquell lloc de tan mala acústica on no varen poder-me localitzar els meus pares, com he dit a la introducció: l'Estació de França. Ja n'ha fet esment el meu amic arquitecte i poeta Joan Margarit,¹⁹ que li ha dedicat un llibre de poemes. Però aneu-hi a comprovar el seu ressò! (fig.8.43)

Moltes vegades he tornat a aquell gran espai i sempre he pensat que calia rehabilitar-ho. Amb motiu d'una festa patronal dels arquitectes, vaig assistir-hi a un sopar amb concert posterior de la cantant Lucrecia. Òbviament, podia sonar molt millor, però crec que molt sovint els nostres senti-

ments amb les pedres (en aquest cas, amb els arcs de ferro) fan que escoltem pitjor els sons del que realment sonen.

Amb motiu del Fòrum Universal de les Cultures de Barcelona de 2004, em varen fer l'encàrrec d'un "*instrumento músico*" per al Mapapoètic, i em varen oferir dues possibilitats d'ubicar-lo. El primer lloc era precisament aquell gran vestíbul d'accés a l'Estació, altament reverberant i molt sorollós a cause del trànsit rodat de l'avinguda del Marquès de l'Argentera. El meu equip i jo vàrem acceptar l'altra ubicació, més intimista i silenciosa: l'antic claustre del convent de Sant Agustí del carrer del Comerç (darrere el Museu de la Xocolata), on el xiuxiuejador es va exposar per primer cop (figures 8.44 a i b) el 16 de juny de 2004.²⁰

Dins d'aquesta arquitectura acústica realitzada amb poliester reforçat amb fibra de vidre, dues persones assegudes als focus de l'el·lipsoide poden xiuxiuejar-se un poema, una canço o els seus secrets.

Ara penso que el cicle de la rehabilitació acústica d'algun espai es pot tancar un dia posant el xiuxiuejador. Potser també serveixi per a la rehabilitació de la seva poètica, però encara que tan sols sigui la de les seves veus, ja m'hi conformaré.

¹On l'arquitecte autor de la rehabilitació és José Luis Alonso Eijo.

²L'autor està establint un nou referent anomenat directivitat QL de l'escenari. És un nou factor que potser caldrà introduir en el cas de la rehabilitació de grans sales. La directivitat de l'escenari permet quantificar la millora que s'ha establert en un punt determinat respecte al nivell que s'hauria aconseguit per a una font referent puntual i esfèrica (és com el factor de directivitat Q d'una font però, en el cas de l'escenari, no només hi intervé la font sinó tot el que hi ha dins la boca i els seus costats, per dalt, per darrere i per baix, és a dir, tot el que pot contribuir a projectar el so d'una determinada manera cap als espectadors).

³El nou Codi Tècnic de l'edificació també ho recull

⁴L'actuació es va realitzar conjuntament amb Julio González Suárez y José Ignacio Sánchez Rivera, del Departament de Física Aplicada de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Valladolid.

⁵ J. L. Alonso Eijo, arquitecte, i F. Daumal i Domènech, arquitecte acústic.

⁶ Gràcies a la intervenció de Josep M. Querol Noguera, enginyer acústic, es va aconseguir augmentar l'aïllament al sostre.

⁷ L'arquitecte Oriol Bohigas, en un programa a Catalunya Ràdio, va dir que si l'acústica d'un restaurant és excessivament absorbent, la gent tampoc no s'hi troba a gust, perquè creu que tothom pot escoltar-los.

⁸ Obra de l'arquitecte Jaume Freixa, amb consulta a aquest autor.

⁹ També obra de l'arquitecte José Luis Alonso Eijo i aquest autor.

¹⁰ Aquest projecte de rehabilitació el va dirigir l'equip d'arquitectes de L. Clotet i I. Paricio, i hi va intervenir Higiní Arau com a acústic.

¹¹ Escrit d'introducció a l'Acadèmia de Belles Lletres de 1987.

¹² Aquesta discoteca, prop de la costa, es troba sotmesa a brises. A la nit, el vent bufa de terra a mar, per la qual cosa abans de l'aïllament la discoteca era clarament percebuda des del càmping.

¹³ On podem veure els bafles que vàrem dissenyar per a la correcció de la focalització a la discoteca *Arqus* de Roda de Barà.

¹⁴ En aquest sentit, s'han de destacar els fons d'església dissenyats per l'arquitecte Miguel Fisac, on els plans divergents permeten basar-se en la forma arquitectònica sense necessitat d'incorporar qualitat absorbent en el material d'acabat.

¹⁵ Recordo una actuació del grup "Chicago" al Palau d'Esports de Barcelona (abans de la seva rehabilitació acústica) en què, davant la gran reverberació d'aquest recinte, el conjunt va decidir abaixar el volum d'emissió. Cal dir que va sonar millor del que segurament hauria sonat a més alt volum, però el públic assistent es va quedar decebut en no rebre la música en el volum que corresponia. Quan uns músics decideixen fer un concert més intimista, busquen una sala amb un volum, acústica i aforament més domèstic (tot i que sempre hi ha excepcions).

¹⁶ Darrerament, he vist que la casa comercial a qui vaig fer la pregunta ha comercialitzat aquest producte com a encofrat perdut en forjats reticulars *ex novo*.

¹⁷ L'empresa ISOPROJECT es va encarregar de realitzar aquest projecte.

¹⁸ Es tenia contractada l'actuació de Miles Davis i hi havia una clàusula de penalització si no sonava bé.

¹⁹ Autor del pròleg del meu llibre, *Arquitectura acústica 2. Disseny*, editat en català per Edicions UPC, Barcelona, 2000.

²⁰ Amb motiu de l'encàrrec d'un "*instrumento músico*" per al Mapapoètic del Fòrum 2004 a Barcelona, vaig muntar a l'ETSAB un equip coordinat per Ricardo Walter Valdez Cagnolini, arquitecte, i amb la intervenció dels llavors estudiants de segon cicle Eva Crespo Sánchez, Sílvia Marco Cifré, Susana Pérez Garcia, Ana Ruiz Fonta, i els de tercer cicle Patricia Torres Sánchez, arquitecte; Antonio Alcoser Bustamante, arquitecte; Ana Requejo Alonso, historiadora; Tania Galán Gómez, historiadora; junt amb els becaris Aina Pérez i Verge, i Silví Pascual i Monterrubio, estudiants d'arquitectura. Han col·laborat en la idea participativa Montserrat Pla Soler, en l'assessorament de la construcció Joan Ortega i Rodríguez, i en la simulació acústica Alicia Giménez Pérez, enginyera. Entre tots es van anar pensant la poètica i el disseny fins arribar a construir el xiuxiuejador definitiu, que es va exposar al claustre del convent de Sant Agustí de Barcelona, a l'interior de la seu del FAD de Barcelona i a la plaça de la Font (dins el Festival (a)phonica) de Banyoles. Actualment, se'n cerca una localització definitiva a la "Casa Màgica" del mag Xevi, a Santa Cristina d'Aro, Girona, o al Museu de la Ciència de "La Caixa", a Barcelona.

Bibliografia

A continuació s'indiquen els llibres, els articles, el material d'audiovisual (vídeos, cassetts i CD) i altres fonts d'informació que s'han consultat com a documentació del treball.

Llibres i articles

AENOR. Normes UNE 74-040, parts I a VIII, UNE 20-465, UNE 20-466. Normes CEI 651-79, CEI 804-85, CEI 942-88, CEI 225-86

AMPHOUX, P.; JACCOUD, C.; MEIER, H.; MEIER-DALLACH, H.P.; GEHRING, M.; BARDYN, J.L.; CHELKOFF, G. *Aux Écoutes de la Ville*. Institut de Recherche sur l'Environnement Construit, École Polytechnique Federale de Lausanne, 1991

AMPHOUX, P.; LEROUX, M.; BLANC-TAILLEUR, A.; BARDYN, J.L. *Le Bruit, la plainte et le voisin*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1989

AMPHOUX, P. *L'identité sonore de les villes européennes. Guide méthodologique*. URA/CNRS, 1993

AMPHOUX, P. *Paysage sonore urbain, introduction aux écoutes de la ville (+CD)*. Lausana, IREC – EPFL / Grenoble, Cresson – EAG, 1997

ARAU PUCHADES, H. *ABC de la acústica arquitectónica*. Barcelona, Ediciones CEAC, 1999.

ARHEIM. *El cinema com a art*. Paidós, 1986

ARIZMENDI, Luis Jesús. *Tratado fundamental de acústica en la edificación*. Pamplona, EUNSA, 1980

AUGOYARD, Jean François, et al. *La production de l'environnement sonore*. Grenoble, ESU /Cresson, 1995

AUGOYARD, J.F. "Expression et marque dans le vécu sonore". Capítol de *L'Oreille oublié*. París, Centre Georges Pompidou, 1982

AUGOYARD, J.F. et al. *Sonorité, sociabilité, urbanité. Méthode pour l'établissement d'un repertoire des effets sonores en milieu urbain (+ 2 cassetts)*. AGRA, Laboratoire de Recherche sur l'Espace Sonore, 1983

- AUGOYARD, J.F.; AMPHOUX, P.; BALAY, O. *Environnement sonore et communication interpersonnelle* (2 toms + casset). Grenoble, Cresson / Euterpes, 1985
- AUGOYARD, J.F.; AMPHOUX, P.; CHELKOFF, G. *La production de l'environnement sonore* (+ casset). Grenoble, ESU / Cresson, 1985
- AUGOYARD, J.F. *Environnement sonore et société (seminaire)*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1987
- AUGOYARD, J.F. *Contribution à une théorie générale de l'expérience sonore: Le concept d'effet sonore*. 1er. Congrès Francophone de Musicothérapie, 1987
- AUGOYARD, J.F.; TORGUE, H. *À l'écoute de l'environnement. Répertoire des effets sonores*. Marsella, Éditions Parenthèses, 1995
- AUGOYARD, J.F. "La sonorización antropológica del lugar". AMERLINCK, M.J. *Hacia una antropología arquitectónica*, Mèxic, Universidad de Guadalajara, 1995
- AJUNTAMENT DE BARCELONA-FASE. *Ruido ambiental en el medio urbano*. Ponències i comunicacions de les Jornades Tècniques. Barcelona, 1990
- BACKUS, J. *The Acoustical Foundations of Music*. Nova York, Norton, 1969
- BARDYN, J.L. *L'Appel du port* (+ CD). Grenoble, Cresson / Archimedia, 1993
- BARQUERO, J.G. *Electroacústica*. Madrid, Paraninfo, 1969
- BARRON, Michael. *Auditorium Acoustics & Architectural Design*. Londres, Chapman & Hall, 1993
- BENCE, L.; MÉREAUX, M. *Musicoterapia, ritmi, armonie e salute*; Xenia, 1990
- BERANEK, Leo L. *Music, Acoustics & Architecture*. Nova York, Wiley & Sons, 1963
- BERANEK, Leo L. (ed.). *Noise and Vibration Control*. Nova York, McGraw-Hill, 1971
- BERANEK, Leo L. *Acoustics*. Woodbury, Acoustical Society of America, 1986
- BERANEK, Leo L. *Concert & Opera Halls, how they sound*. Nova York, Acoustical Society of America, 1996
- BERGEIJK, W. *L'universo del suoni: come udiamo, cosa udiamo*. Zanichelli, 1967
- BLANXART, D. *Teoría física de la música*. Barcelona, Bosch, 1958
- BONAVIDA, A. et al. *Manual de alta fidelidad, sonido profesional*. Barcelona, Marcombo, 1981
- BORGHES, G. Fernando, "Percezione e linguaggio sonoro", *Modo*, núm.75 desembre de 1984

- BORWICK, J. *Sonido, técnicas y prácticas modernas*. Barcelona, REDE, 1968
- BOS BOLÓS, J. *Les campanes de la catedral (senys, esquelles i cloquers)*. Barcelona, Edicions de l'Arxiu Diocesà de Barcelona, 1997
- BRAFDON, Clifford R. *Noise Pollution*. University of Pennsylvania Press, 1970
- CARRIÓN ISBERT, A. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, Edicions UPC, 1998
- CELMA, J.; LASHERAS, R.; PERERA, P.; SANTIAGO, J.S. *El ruido como agente contaminante en el medio ambiente*. Ayuntamiento de Zaragoza - Mutua de Accidentes de Zaragoza. 1987
- CENTRE D'ÉTUDES DES TRANSPORTS URBAINS (CETUR). *Bruit et formes urbaines*. Bagnoux, 1981.
- CHELKOFF, G., et al. *Entendre les espaces publics*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1988
- CHELKOFF, G. "Les effets sonores dans la ville". Capítol de *Presentations Thématiques de la Recherche Architecturale*. París, Ministère de la Culture, 1989
- CHERMAYEFF, Serge; ALEXANDER, Christopher. *Comunidad y privacidad*. Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión, 1970
- CHION, Michel. *Guide des objets sonores*. París, Buchet-Chastel, 1983
- CHION, M. *El sonido*. Barcelona, Paidós Ibérica, 1999
- COSTA, J. "Jardins sonifères et parc à sons". Capítol de *L'Oreille oubliée*. París, Centre Georges Pompidou, 1982
- COURTIER, J.C. "Introducción a la normalización en acústica", *Revue d'Acoustique*
- CRUNELLE, M. *Cours de psychologie de la perception de l'espace*. Brussel-les, Presses Universitaires de Bruxelles, 1983
- CSTB. *L'outil des études acoustiques sur maquettes urbaines*. Centre des Maquettes de Grenoble, CSTB
- CULLEN, G. *El paisaje urbano*. Barcelona, Blume-Labor, 1974
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *L'ambient acústic i el disseny arquitectònic* (tesi doctoral). Barcelona, ETSAB (i UPC, resum), 1985
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. "Comentarios acústicos a las reglas de oro de los tratadistas arquitectónicos", *Revista de Acústica*, vol. XVII, núm. 1-2. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1986
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Parc acústic*. Barcelona, Papereria Tècnica de l'ETSAB, 1988

- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Memoria de intenciones del Concurso de ideas para la ordenación de las zonas conexas al nuevo acceso a La Alhambra*, 1989
- DAUMAL i DOMÈNECH, F.; SERRA, J. “Ruido y planeamiento urbano”. Capítol de *El ruido en la ciudad, gestión y control*. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1991
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. “Musicalidad de las salas, realidad o mito”. Capítol de *Informes de la construcción*, vol. 43, núm. 416. Madrid, IETCC Eduardo Torroja, 1991
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. “Natural Sound in Architecture”. *Acustica / Acta Acustica*, vol. 82. Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1996
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. “Architettura acustica”. *Ambiente Costruito*, núm. 1/99. Milà, Maggiolo Editore, 1999
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Arquitectura acústica, 1. Poètica*. Barcelona, Edicions UPC, 1998
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *La poètica del so*. Capítol de *Arquitectura, art i espai efímer*. Barcelona, Edicions UPC, 1999
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Arquitectura acústica, 2. Disseny*. Barcelona, Edicions UPC, 2000
- DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Arquitectura acústica. Poètica y diseño*. Barcelona, Edicions UPC, 2002
- DYRSSEN, C. *Musikens Rum*. Göteborg, Bo Ejeby Förlag, 1995
- DOGANA, F. *Suono e senso: fondamenti teorici ed empirici del simbolismo fonetico*. 1983
- ELSEN, A.E. *Los propósitos del arte*. Madrid, Aguilar, 1971
- ESPACES NOUVEAUX. *Urbasonic 91-92*. París, Espaces Nouveaux, 1991
- FABBRI, F. *Il suono in cui viviamo*. Feltrinelli, 1996
- FAHY, F. *Sound and Structural Vibration*. Londres, Academy Press, 1985
- FRENCH, A.P. *Vibraciones y ondas*. Barcelona, Reverté, 1980
- FUJIWARA, R., et al “Noise Reduction by Thick Barrier”. *Applied Acoustics*, 1D, p. 147-159, 1977
- GARFIELD, L. M. *Sound Medicine*, Celestial Arts Berkley
- GENERALITAT DE CATALUNYA. *Informe del Soroll*. Departament de Sanitat i Seguretat Social. Barcelona, 1988
- GENERALITAT DE CATALUNYA. *El carilló del Palau de la Generalitat*. Barcelona, Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions de la Generalitat de Catalunya, 1989

- GRAHAM, J.B.; BERANEK, L.L. (ed.). *Noise Reduccion*. Nova York, McGraw-Hill, 1942
- HASSALL, J.R.; ZAVERI, K. *Accoustic noise measurements*. Brüel & Kjaer, juny de 1988
- HOOVER, R.M.; WOOD, C.O. "Noise Control for Induced Draft Fans". *J. Sound Vib.*, abril de 1970
- INSTITUTO DE ACÚSTICA. *Aislamiento y absorción acústico*. Madrid, Instituto de Acustica del CSIC
- JOSSE, R. *La acústica en la edificación*. Barcelona, Gustavo Gili, 1975
- JULLIEN, J. P.; WARUSFEL, O. "Technologies et Perception Auditive de l'Espace". *Espaces, Les cahiers de l'IRCAM, recherche et musique 5*. París, IRCAM, Centre Georges Pompidou, 1994
- KINSLER, K.E.; FRY, A.R. *Fundamentals of Accoustics*. Wiley, 1982
- KIRCHER, A. *Musurgia Universalis i Phonurgia Nova*. Roma, 1650
- KNUDSEN; HARRIS, H. "Accoustical Design of the Theater". *Architectural Record*, novembre de 1948
- KREMER, J.F. *Les Formes symboliques de la musique*. París, Klincksieck, 1984
- KRYTER. *The effect of noise on man*. Orlando Academic Press, 1985
- KÜKELHAUS, H.; ZUR LIPPE, R. *Entfaltung der Sinne*. Frankfurt am Main, Fischer Taschenbuch Verlag, 1988
- KURTZE. *Física y técnica de la lucha contra el ruido*. Bilbao, URME 1969
- LAFITA, F.; MATA, H. *Introducción a la teoría de vibraciones mecánicas*. Barcelona, Labor, 1968
- LARA SÁENZ, A.; MORENO ARRANZ, A.; SANTIAGO, J.S. *Condiciones acústicas en la edificación*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- LEON, F. J. *Teoría y estética de la música*. Madrid, Taurus, 1988
- LEROUX, M. *Les Faiseurs de bruit*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1989
- LIENARD, P. *Petite histoire de l'acoustique: bruits, sons et musique*. Paris, Hermes Science, Lavoisier, 2001
- LLINARES, J.; LLOPIS, A.; SANCHO, J. *Acústica arquitectónica y urbanística*. València, Servei de Publicacions de la Universitat Politècnica de València, 1991
- LOPEZ CANO, R. *Música plurifocal, conciertos para ciudades de Llorenç Barber*
- LORD, H.W., et al *Noise Control for Engineers*. Londres, McGraw-Hill, 1980

- LORD RAYLEIGH. *The Theory of Sound*. Dover, 1945
- LOYEZ, P., *et al.* “Correction acoustique des petites salles”. *Revue du Son*, núm. 215. París, 1971
- MAGRAB, E.B. *Environmental noise control* 5.18, 5-19. Londres, John Willey and Sons
- MAY, D. N. *Handbook of Noise Assessment*. Van Nostrand Reinhold Company, 1978
- MALECKI, I. *Physical Foundations of Technical Acoustics*. Pergamon, 1969
- MARGALEF, R. *Ecología*. Planeta, 1992
- MARIETAN, P. “Vers une conception paysagère de la musique”. *Revue d’Urbanisme*. París, 1979
- MARIETAN, P. *Recherches musicales et expérimentation d’espaces sonores architecturaux*. Presentacions Temàtiques de la Recerca Arquitectònica. París, Ministère de la Culture, 1989
- MEDAM, A.; AUGOYARD, J.F. *Situations d’habitat et façons d’habiter*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1976
- MESTRE SANCHO, V.; GARCIA SENCHERMES, A. *Curso de acústica en arquitectura*. Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1982
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO. *Norma básica de edificación. Condiciones acústicas*, NBE-CA/88. Madrid, 1988
- MOLES, A. *Phonografie et paysages sonores*. París, Fréquences, 1979
- MOLINER, P. R. *Vibraciones*. CPDA, ETSEIB, 1980
- MOPU. *Medida de los niveles sonoros ambientales en los distintos usos del suelo en España. Adaptación de los criterios y recomendaciones a la realidad española. Bases técnicas para la planificación urbanística*. Madrid, CEOTMA, 1983
- MOPU. *Ruido de tráfico urbano e interurbano. Manual para la planificación urbana y la arquitectura*. Madrid, CEOTMA, Serie Manuales, 1983
- MORALES, J.A. *Acústica aplicada a la construcción*. Borrás, s.d.
- MORENO, A.; DE LA COLINA, C. *Aislamiento acústico*. Madrid, UNED, Fundación Escuela de la Edificación. 1988.
- MORENO, A. “Rehabilitación acústica de edificios”. *Revista de Acústica*, vol. XXI, p.40-50, 1990
- MORSE, P. M.; INGARD, K. U. *Theoretical Acoustics*. Princeton, McGraw-Hill, 1987
- MORSE, P. M.; BOLT, R. H. *Review of Modern Physics*, vol. 16, 1964

- NELSON, P. *Transportation noise*, 1987
- NEUFERT, E. *El arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona, Gustavo Gili, 1969
- OCDE. *El problema del ruido en los países de la OCDE*
- OCDE. *Informe OCDE sobre el estado del medio ambiente* (cap. 9: "Ruido"). Maig de 1990
- PAZ, M. *Dinámica estructural*. Reverté, 1984
- PEREZ MIÑANA, J. *Compendio práctico de acústica aplicada*. Barcelona, Labor, 1969
- PIANO, R. "Il Prometeo - a Vessel of Sound". *Daidalos*. Berlín, setembre de 1985
- PIERANTONI, R. *La trottola di prometeo: introduzione alla percezione acustica e visiva*. Laterza, 1996
- PORZIONATO, G. *Psicobiologia della musica*. Bolonya, Patron 1980
- RASMUSSEN, S. E. *Experiencing Architecture*. Cambridge, MIT Press, 1973
- RECUERO, M. *Acústica arquitectónica*. Madrid, Izquierdo, 1991
- RECUERO, M. *Acústica arquitectónica, soluciones prácticas*. Madrid, Paraninfo, 1992
- RECUERO, M. *Ingeniería acústica*, Madrid, 1991
- REQUENA, J. J. M. *Normativa y legislación Acústica en España*. Encuentro Italo-Luso-Hispano. Sorrento, Italia
- RICHARDS, E. J. "Impact Machinery Noise-Production and Control". A: STEPHANS, R.W.B. (ed.) *Noise Pollution XV*, p. 271-386. Chichester. John Wiley and Sons, 1986
- ROCA, R.; JUAN, L. *Vibraciones mecánicas*. México, Limusa, 1981
- ROWLAND, K. *The Shape of Towns*. Londres, Einn & Co. Ltd., 1966
- RUEDA, Salvador. *Barcelona, ciutat mediterrània, compacta i complexa: una visió de futur més sostenible*. Barcelona, Ajuntament de Barcelona, Agència d'Ecologia Urbana, 2002.
- RUEDA, Salvador. *Ecologia urbana: Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents*. Barcelona, Beta, 1995
- SÁNCHEZ RIVERA, J. I. *Contribución al estudio y análisis del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid* (tesi doctoral). Valladolid, ETSAV, 1989
- SANTIAGO, J.S. *Normativa y reglamentación técnica con respecto al ruido de los equipos e instalaciones*. Curso-seminario sobre control del ruido y vibraciones en instalaciones y equipos eléctricos

- SANZ SA, J. M. *El ruido*. Madrid, Unidades Temáticas Ambientales de la Secretaría General de Medio Ambiente, MOPU 1990
- SCHAFFER, R.M. *The Tuning of the World*. Toronto, McClelland & Stewart Limited, 1977
- SCHAFFER, R.M. *Le paysage sonore*. París, J.C. Lattès, 1979
- SCHAFFER, R.M. *Voices of Tyranny Temples of Silence*. Ontario, Arcana Editions, 1993
- SCHNEIDER M. *Pietre che cantano*. Guanda, 1980
- SCHRICKER, R. “Kreative Raum- Acustik for Architekten and Designer”. *Gebundene Ausgabe*. 2001
- SEA. *El ruido en la ciudad: gestión y control*. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1991
- SERRA MARÍA-TOMÉ, J.; GARCÍA TOLOSANA, C. *Curso de rehabilitación. Acondicionamiento térmico y acústico*. Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1984
- SETO, W. W. *Vibraciones mecánicas*. México, McGraw-Hill, 1979
- JEANS, SIR JAMES. *Ciencia y música*. Barcelona, Agora, 1946
- SLEEPER, H. *Planeación de edificios y modelos de diseño*. México, UTEHA, 1966
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA *Tecniacústica-Jornadas Nacionales de Acústica*. Ponències i comunicacions, Madrid, anual
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA. Actes dels congressos FASE i ICA. Madrid
- STEINER R., *L'essenza della musica e l'esperienza del suono nell'uomo*. Editrice Antroposofica, 1973
- STEPHENS, R.W.B.; BATE, A.E. *Accoustics and Vibrational Physics*. Londres, Edward Arnold, 1966
- STRIJENSKY, J. *L'acoustique appliquée à l'urbanisme*. Ginebra, Les Éditions Techniques, 1970
“The audible Space”, *Daidalos*, núm. 17, monogràfic. Berlín, setembre de 1985.
- THIBAUD, J.P.; BLANC-TAILLEUR, A.; CHELKOFF, G.; ODION, J.P. *A l'ecoute du chantier: des productions sonores aux modes de prévention*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1989
- THIBAUD, J.P.; ODION, J.P. *Culture sonore en chantier (+ casset)*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1987
- TOMATIS A, *Ascoltare l'universo: dal big band a Mozart*, Baldini & Castoldi, 1998
- UPC. *Medi ambient i tecnologia*. Barcelona, Edicions UPC, 1998
- VARIS. *L'oreille oubliée*. París, Centre Georges Pompidou, 1982

VARIS. *The First International Conference on Acoustic Ecology*. Banff Canada, The Banff Centre, 1993

VARIS. *Yearbook of Soundscape Studies, Vol. 1, Northern Soundscapes*. Tampere, University of Tampere, 1998

WADE, G. *La música y sus formas*. Madrid, Ed. Altalena, 1982

WALLIN N.L., *Biomusicology: neurophysiological, and evolutionary perspectives on the origins and purposes of music*, Pedragon Press, 1991

YAHIN Xi, a l'ecoute du son – *Les critères de la perception, Technique et Architecture*, n. 389 aprile / maggio 1990, pp.64-65

ZEVI, B. *Architectura in nuce*. Madrid, Aguilar, 1969

VÍDEOS, CASSETS I CDS

AUGOYARD, J.F.; AMPHOUX, P. *Journee d'etude nationale: Le bruit et la plainte* (casset). Grenoble, CRESSON / EUTERPES, 1988

AUGOYARD, J.F.; LEROUX, M. *Journee d'etude nationale: Les Faiseurs de bruit* (casset). Grenoble, CRESSON / EUTERPES, 1989

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *El paisaje sonoro de los campanarios*, Capítulo de XXX Jornadas Nacionales de Acústica (CD), Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1999

DAUMAL i DOMÈNECH, F.; CAMPOS RODRIGUEZ, A. *Sonidos de arquitectura mística*, Capítulo de XXX Jornadas Nacionales de Acústica (CD), Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1999

PEL·LÍCULES

WELLES, O. *El tercer home*

TATI, J. *Play Time, Mon Oncle, Les vacances de M. Hulot i Trafic*

PONÈNCIES I COMUNICACIONS DE L'AUTOR

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Accoustical Park & City of the Sound*. Comunicació de la VIII FASE. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1989

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Proyecto de exposición "Sonidos para la Cultura"*. Ponències i comunicacions de les Jornades Nacionals d'Acústica. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1989

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Accoustical Poetry in Architecture*, Actes de la 2nd European Conference on Architecture, Kluwar, Dordrecht, 1990

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *L'Architecture acoustique, un nouveau concept*. Comunicacions del I Congrés Francès d'Acústica. Lió, Société Française d'Acoustique - ICPI, 1990

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Diseño del sonido de Barcelona*. Comunicacions de les Jornades Tècniques de Soroll Ambiental en el Medi Urbà. Barcelona, Ajuntament de Barcelona - FASE, 1990

DAUMAL i DOMÈNECH, F. "Technologie et érotique de l'architecture acoustique quotidienne". Comunicació de *Qualité sonore des espaces habités*. Grenoble, Cresson / Euterpes, 1991

DAUMAL i DOMÈNECH, F.; SANCLEMENTE, H.; CASTAÑO, C.; MELÉNDEZ, R.; TITO, S. "Valiracust, parc acoustique pour une rivière", *Journal de Physique*, vol. 2, col. 1, supl. JP III, núm. 4. Comunicacions del XII Congrés Francès d'Acústica, vol. I. Les Ulis, Les Éditions de Physique, 1992

DAUMAL i DOMÈNECH, F.; MÖLLER, D. "La tonalidad como herramienta de diseño acústico-arquitectónico". *Tecniacústica'93*. Jornades Nacionals d'Acústica. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1993

DAUMAL i DOMÈNECH, F.; MÖLLER, D. "Impacto ambiental acústico de un minigolf urbano, y propuestas de arquitectura acústica". *Tecniacústica'94*. Jornades Nacionals d'Acústica. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1994

DAUMAL i DOMÈNECH, F. "The Artistic Accoustics". 11th International FASE Symposium. Comunicació. Madrid, Sociedad Española de Acústica, 1994

DAUMAL i DOMÈNECH, F.; MÖLLER PARERA, D. "Tonal Architecture, Sound Character Spaces". 15th International Congress on Accoustics. Trondheim, Noruega, ICA, 1995

DAUMAL i DOMÈNECH, F. "Arquitectura acústica sostenible para nuestras afónicas ciudades". *Proyectar el futuro sostenible: Arquitectura y Sociedad*. Comunicacions del Congrés Nacional d'Arquitectes d'Espanya, Barcelona'96. Barcelona, Congreso de Arquitectos de España, 1996

DAUMAL i DOMÈNECH, F. "L'arquitectura acústica / La arquitectura acústica". UIA, Barcelona'96. Unió Internacional d'Arquitectes. Barcelona, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, 1996

DAUMAL i DOMÈNECH, F. "Accoustic design tools versus rehabilitation". *Acústica'98*. Lisboa, Sociedad Portuguesa de Acústica, 1998

