

Captació, edició, processament, mescla i reproducció sonora

Cinto Niqui i Espinosa

PID_00194450



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Objectius	5
1. Fases de la sonorització audiovisual	7
1.1. Abans del rodatge	7
1.2. Durant el rodatge	7
1.3. Edició i postproducció de so	8
1.4. La mescla	10
2. Captació	13
2.1. Micròfons	13
2.1.1. Directivitat	17
2.1.2. Micròfons estereos	20
2.1.3. Micròfons sense fils	21
2.2. Ús dels micròfons i nocions de so directe	22
2.3. Mesura del senyal digital	27
2.3.1. La normalització	28
2.3.2. L'ajust del senyal d'una cadena de so	29
3. Edició	32
3.1. Representació del senyal	32
3.2. L'edició gràfica del so	34
4. Processament digital del senyal	38
4.1. Processament de la dinàmica	39
4.2. Processament de l'espectre	44
4.2.1. Els filtres	44
4.2.2. L'equalitzador	45
4.2.3. Distorsionador de freqüència	50
4.2.4. Canvi de to	50
4.2.5. Processador psicoacústic d'harmònics	51
4.3. Processament del temps	52
4.3.1. Reverberador	52
4.3.2. Retardador	55
4.3.3. Efectes amb modulació de freqüència i retard	57
4.3.4. Efectes de canvi de durada	58
4.3.5. Altres efectes	59
5. Mescla	60
5.1. El procés d'una mescla	60
5.2. Paràmetres d'una mescla	63
5.3. Els estudis de mescla	66

5.3.1. Monitors d'estudi	68
6. Reproducció.....	69
6.1. La reproducció musical	69
6.2. La reproducció multicanal cinematogràfica	73
6.2.1. Suports digitals de reproducció multicanal per a sales d'exhibició	74
6.2.2. Disseny electroacústic i acústic per a sales de cinema ...	78
6.2.3. La reproducció multicanal domèstica	80
6.3. Els amplificadors	82
6.4. Els altaveus	85
6.5. Ús dels amplificadors i els altaveus	87

Objectius

- 1.** Entendre bé totes les fases de la sonorització audiovisual i saber tots els professionals que hi intervenen.
- 2.** Repassar els tipus de micròfon i les seves característiques tècniques.
- 3.** Donar unes nocions pràctiques sobre l'ús de la microfonia en els treballs de so directe.
- 4.** Saber què s'ha de fer per mesurar un senyal digital correctament.
- 5.** Entendre el funcionament i les possibilitats creatives que tenen els editors gràfics de so digital.
- 6.** Saber totes les possibilitats de processat del senyal d'àudio que hi ha.
- 7.** Donar unes nocions pràctiques sobre l'ús dels equalitzadors, compressors i reverberadors.
- 8.** Donar unes nocions pràctiques generals sobre les mescles en la postproducció audiovisual.
- 9.** Conèixer els paràmetres que hi intervenen i quines són les seves funcions expressives.
- 10.** Saber les característiques generals dels sistemes de reproducció multicanal.
- 11.** Donar alguns consells per treballar correctament amb els amplificadors i els altaveus.
- 12.** Donar unes nocions pràctiques generals sobre com es fa una sonorització musical.

1. Fases de la sonorització audiovisual

Abans d'entrar a fons en les diverses fases de la sonorització d'un audiovisual, farem un repàs general de tot el procés de producció d'un llargmetratge i dels professionals que hi intervenen.

En les grans superproduccions cinematogràfiques, al departament de so hi poden arribar a treballar una trentena de professionals. Això passa, per exemple, a *The Matrix* (1999) –amb disseny de so de Don Davis– i *Titanic* (1997) –amb disseny de Christopher Boyes.

1.1. Abans del rodatge

Els responsables de so han de tenir clar des del principi del projecte –des de les reunions de producció– quina història es vol explicar.

Mentre que el dissenyador de so comença a treballar en l'estil sonor que servirà millor al guió i al seu gènere, el responsable del so directe ha de resoldre tècnicament cada escena.

S'haurà de fixar en la durada del so, la localització –exterior, interior o plató–, el material que farà servir –nombre de micròfons i models–, la possible col·locació dels micròfons –tenint en compte les ombres i els moviments de càmera– i l'equip humà necessari.

És molt important que el responsable del so directe pugui visitar les localitzacions abans del rodatge per a tenir una idea exacta de les característiques acústiques.

Si hi ha alguna escena complicada seria convenient, fins i tot, poder fer algun assaig previ amb els actors.

1.2. Durant el rodatge

En el moment del rodatge un mínim de tres persones tenen cura de la captació i l'enregistrament del so directe: el responsable o **cap de so** (*sound recordist / mixer*), el **perxista** (*boom operator*) i l'**ajudant** (*sound assistant*).

En qualsevol escena, el més important és enregistrar bé els diàlegs.

Fins i tot quan el so només sigui de referència, convé que els diàlegs s'entenguin perfectament per a facilitar-ne després el doblatge –sempre hi ha petites alteracions del guió que posteriorment en poden complicar i alentir el procés.

Normalment, l'equip que es porta al rodatge per a enregistrar el so directe de veus, ambients i efectes és el DAT (*digital audio tape*). També es poden fer servir el Nagra D o algun multipista digital modular. Si l'equip d'àudio no té codi de temps, convé enregistrar bé el so de la claqueta per a sincronitzar-se amb la càmera i garantir la sincronia entre imatge i so en la fase de postproducció.

Segons la complexitat de la pel·lícula, el temps de rodatge pot oscil·lar entre les cinc i les deu setmanes.

1.3. Edició i postproducció de so

Després del rodatge es fan les reunions de postproducció i comença la feina d'edició i sonorització. El temps dedicat a la postproducció està molt condicionat pel gènere de la pel·lícula i la importància de l'empresa que la produeix. Aquesta part del procés pot representar un mínim de tres mesos de feina. En produccions complicades es pot arribar, fins i tot, a l'any de postproducció. Per aquesta raó, les superproduccions poden tenir diversos **muntadors** o **editors de so** –amb els **ajudants** respectius (*assistants*)– treballant alhora per a guanyar temps: un muntador dedicat a les veus, un segon per als efectes de so, i el tercer a les músiques. També és força habitual trobar la figura del **supervisor del muntatge sonor** (*supervising sound editor*), que coordina tot el procés i treballa conjuntament amb el director. En produccions petites, un especialista es responsabilitza de tot.

Si s'ha rodat en algun format de vídeo digital o si el laboratori ja ens ha donat una còpia *off line* en format videogràfic del revelatge de la pel·lícula que s'ha rodat –amb un codi de temps de treball–, les imatges ja es poden introduir en algun sistema informàtic d'edició. Un dels més emprats arreu del món és l'Avid, acompanyat del programa de postproducció de so multipista Pro Tools.

Primer es premunten les preses bones d'imatge de cada escena i, tot seguit, s'hi sincronitza el so directe enregistrat. Pot passar perfectament que la presa bona d'imatge no correspongui a la presa bona de so i que calgui fer un doblatge posterior. En aquesta fase també s'hi poden afegir, provisionalment, algunes músiques o efectes, per a comprovar-ne el resultat.

Si es treballa en format de pel·lícula, es fa una còpia en cinta de vídeo del premuntatge fet en Avid perquè el laboratori faci el tall exacte del negatiu seguint els codis de temps. En algun fos o encadenat hi pot haver petites diferències –dos o tres fotogrames– entre l'edició digital i el muntatge definitiu de la pel·lícula. Per tant, quan el laboratori ha fet el tall final de la pel·lícula

cal reajustar, on calgui, la sincronia de les pistes d'àudio enregistrades al Pro Tools per a deixar la versió definitiva. Sempre que es fan canvis de format, un operador supervisa les transferències d'àudio (*sound transfer operator*).

L'editor encarregat de les veus, o editor de diàlegs (*dialogue editor*), aprofita tot el so directe vàlid i, amb l'ajut d'un tècnic d'enregistrament (*ADR mixer*), procedeix al doblatge de les escenes que faltin (*ADR, automatic dialogue replacement recording*).

Un dels principals problemes és igualar les diferents sonoritats de les veus del so directe i de les doblades.

El so directe pot ocupar de dues a vuit pistes, mentre que el doblat en pot necessitar de dues a quatre. Tot i que normalment aquests enregistraments són monofònics, es fan en pistes separades per a tenir més llibertat a l'hora de fixar el nivell adient de cada veu en el moment de la mescla final.

L'editor d'efectes (*sound effects editor*), conjuntament amb el tècnic d'enregistrament (*sound effects mixer*), treballa els ambients sonors aprofitant els enregistrats en directe i els trobats a les llibreries discogràfiques.

Sovint els ambients definitius s'obtenen sumant tres o quatre fonts diferents, que per això en estèreo poden ocupar de sis a vuit pistes.

Després afegeix els efectes sincrònics, trets de llibreries com Sound Ideas o Hollywood Edge –telèfons, trets, explosions, etc. Tots aquests efectes s'enregistren en mono i es distribueixen entre quatre i vuit pistes.

Finalment, l'editor d'efectes munta tots els sons fets i enregistrats per l'equip d'efectes de sala (*foley walkers, foley mixer i foley editor*) –passos, fregaments, etc. Igual que els anteriors, aquests efectes també poden ocupar de quatre a vuit pistes. Si la producció es fa amb so envoltant ja s'ha de decidir quins sons hauran d'anar en els dos canals posteriors.

Pel que fa a la música, una vegada l'enginyer **especialista en mescles musicals** (*music mixer*) ha enregistrat la composició original, l'editor musical (*music editor*) col·loca tots els fragments al seu lloc. També fa el mateix amb les músiques de llibreria o de discogràfica. Com que totes les músiques estan enregistrades en estèreo, es poden necessitar de quatre a sis pistes per a poder fer les transicions per encadenat o les superposicions que calgui.

1.4. La mescla

A la mateixa sala on s'ha fet la postproducció de so amb el Pro Tools es poden fer les primeres proves de mescla –o premescla– de totes les pistes per a preparar-ne la definitiva i apuntar-ne els fragments més delicats.

Després, en algun suport informàtic de gran capacitat, es traslladen totes les pistes enregistrades al Pro Tools de l'estudi on es fa la mescla final. Aquests estudis tenen unes sales de dimensions similars a les d'un cinema mitjà, amb bona acústica, i disposen d'un sistema de reproducció d'alta qualitat.

Per a fer la mescla final es projecta una còpia del muntatge de la pel·lícula –per a estalviar, es pot visionar una còpia videogràfica *off line* del tall definitiu. Un operador manipula el projector de l'estudi i, si cal, les bandes de so magnètic (*dubbing theatre sound camera operator*).

Les mescles es fan sobre diverses cintes magnètiques de format cinematogràfic –de sis pistes– o bé sobre grans discos durs d'emmagatzemament massiu (Auggan, Tascam, etc.). És un procés molt creatiu en el qual els **enginyers de mescles** (*re-recording mixer* o *dubbing mixer*), amb els ajudants (*dubbing mixer assistant*), han d'aconseguir el millor equilibri sonor possible.

Si el nombre de pistes és elevat –en algunes macroproduccions poden arribar a les cent– la feina es divideix entre tres enginyers: el responsable dels diàlegs (*lead mixer*), el de la música (*music mixer*) i el dels efectes de so (*effects mixer*).

Cadascú fa primer una submescla prèvia de les seves pistes (*stem*) i després s'ajunten les tres en dues mescles finals: una en versió estèreo (Dolby SR Stereo) i l'altra en format de so envoltant (Dolby Digital 5.1, Dolby Digital Ex, DTS o SDDS).

Per a facilitar la feina dels estudis que doblin la pel·lícula a altres idiomes, es crea una banda sonora internacional, formada només per la mescla de la música i els efectes, sense els diàlegs –coneguda en anglès com a **original soundtrack** o **pista M & E** (*music and effects*).

En tot aquest procés, els enginyers ajusten els nivells i els plans sonors, equalitzen, afegixen les *revers* necessàries –o altres efectes–, comprimeixen els nivells alts –crits, cops o explosions– per a evitar saturacions i per a adequar la dinàmica a la del format d'exhibició, i col·loquen cada so en el canal de reproducció que li correspon. En cada moment del procés, el que es dona per bo es guarda en memòria: el sistema recorda les posicions exactes de tots els *faders* i potenciómetres que hi intervenen i permet de repetir el fragment, de manera automatitzada, tantes vegades com es vulgui.

Visionaments recomanats

Totes les fases del procés de producció, postproducció i mescla sonora per al cinema es poden veure en el magnífic documental *Las películas no se estrenan, escapan*, que es troba en l'apartat *La cafeteria de Dex* del segon DVD de *Star Wars: Episodi II*. Ben Burtt, dissenyador de so, i Matthew Wood, cap d'edició de so, expliquen en uns vint-i-cinc minuts totes les fases de la seva feina.

Estructures professionals de superproducció

En l'apartat sonor d'una superproducció cinematogràfica hi treballen molts professionals. Si ens fixem en els crèdits de la pel·lícula *The Matrix* (1999) hi trobem:

Disseny de so

- Un dissenyador de so

Composició musical

- Un compositor –que també dirigeix l'orquestra que interpreta la seva obra

Rodatge

- Dos operadors de perxa
- Un responsable del so directe

Postproducció

- Dos especialistes en efectes de sala
- Un supervisor d'efectes de sala
- Un responsable de l'enregistrament dels diàlegs
- Dos responsables de l'enregistrament dels efectes
- Un responsable de l'enregistrament musical
- Dos editors de diàlegs
- Dos editors de músiques
- Tres editors d'efectes de so
- Un editor d'efectes de sala
- Un primer ajudant dels editors de so
- Tres ajudants dels editors de so

Mescla

- Un enginyer de mescla musical
- Tres enginyers responsables de la mescla final

En total, gairebé trenta professionals van contribuir a la creació sonora de *The Matrix*.

A Catalunya i l'Estat espanyol, per raons de costos econòmics, es produeixen poques pel·lícules amb una estructura professional de superproducció. La pel·lícula *Libertarias* (1996), de Vicente Aranda, seria un dels pocs exemples en què es poden comptar una quinzena de professionals treballant en aspectes relacionats amb el so:

- Jaime Barros, operador de perxa
- Carlos Faruolo, responsable del so directe
- Ray Gillon i Carlos Faruolo, postproducció de so directe
- Jorge Rodríguez Inclán i Marco de Gregori, efectes de so
- Gareth Bull i Richard Todman, efectes especials de so
- Marco Bermúdez, tècnic d'enregistraments
- José Nieto, compositor de la música original
- José Vinader, enregistrament musical
- Antonio García, editor de diàlegs
- Bela María da Costa, editora de so
- José Vinader, mescla musical
- Ricard Casals, mescles
- Jaime Puig, consultor de so

Per a fer servir els diversos formats digitals de so cinematogràfic s'ha de pagar una llicència. En el cas de les pel·lícules amb so Dolby, per exemple, quan s'ha acabat la mescla un tècnic de l'empresa va a l'estudi i transfereix el so definitiu a un suport informàtic portàtil. Després, processa al laboratori aquesta còpia digital de la mescla amb la tecnologia Dolby i la transfereix a les bandes corresponents de la pel·lícula.

Tot el procés de les mescles requereix com a mínim un mes de treball, aproximadament –algunes superproduccions poden allargar el procés fins als sis mesos. Com que és l'últim esglaó de la cadena, sovint aquesta part es fa amb presses, bé perquè s'ha d'estrenar en una data concreta, bé perquè s'ha exhaurit el pressupost i s'intenta d'estalviar el màxim d'hores d'estudi possible.

Lectures recomanades

Dos manuals que tracten de la cadena de producció sonora són:

Miles Huber, D. (2001). *Modern Recording Techniques* (5a. ed.). Oxford: Focal Press.

Alten, S. (1994). *El manual del audio en los medios de comunicación* (4a. ed.). Andoain: International Thomson Publishing Inc.

Resum

- Abans del rodatge, el responsable del so directe ha de resoldre tècnicament cada escena, fixant-se en la durada, la localització, el material que farà servir, la possible col·locació dels micròfons i l'equip humà necessari.
- En el rodatge, en qualsevol escena, el més important és enregistrar bé els diàlegs.
- En la postproducció, l'editor de diàlegs aprofita tot el so directe vàlid i procedeix a doblar les escenes que faltin. L'editor d'efectes treballa els ambients sonors i afegeix els efectes sincrònics i els de sala.
- Finalment, es fa una submescla prèvia de les pistes de diàlegs, efectes i música, i s'acaba el procés amb les mescles finals: l'una en versió estèreo (Dolby SR) i l'altra en format de so envoltant (Dolby Digital 5.1, Dolby Digital Ex, DTS o SDDS).

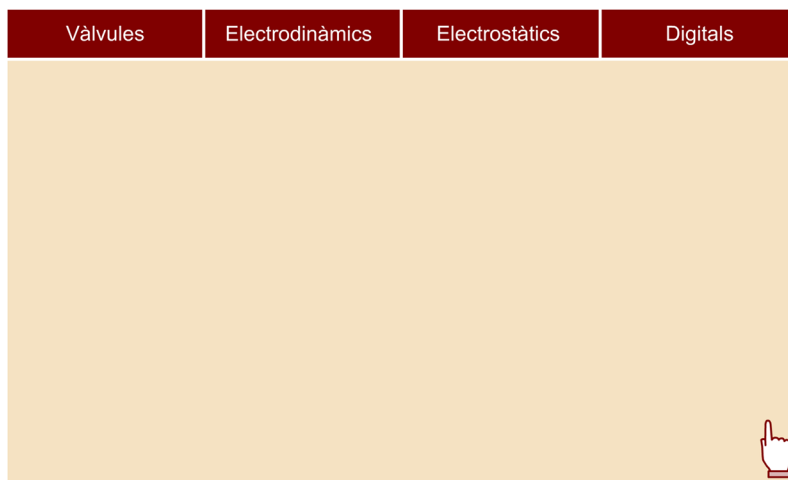
2. Captació

El so directe es considera un vessant més tècnic que artístic. Si bé és cert que els especialistes en aquest camp tenen grans coneixements de models de micròfons, de les característiques i de les prestacions que poden donar en cada situació, amb això no n'hi ha prou. Un bon tècnic de so directe ha d'educar l'oïda i la sensibilitat per a enregistrar el so amb la màxima claredat i fidelitat possible, però donant-li una personalitat pròpia, un estil definit.

- Micròfons
- Ús dels micròfons i nocions de so directe
- Mesura del senyal digital

2.1. Micròfons

Un micròfon és un transductor de senyal acústic en elèctric. Les variacions de pressió captades per la membrana es transformen, a la sortida de la càpsula, en variacions de tensió elèctrica. Segons el transductor i el preamplificador emprat, podem dividir els micròfons en famílies: resistència variable, piezoe-lèctrics, electromagnètics, electrodinàmics, electrostàtics, de vàlvules, de contacte –o zona de pressió– i digitals. Ens fixarem en aquests cinc últims.



1 2 3 4 5 6 7

⁽¹⁾LM 150 de Neumann

Un micròfon de vàlvula seria el model M 150 de la marca Neumann, premiat l'any 2002 per la indústria audiovisual dels Estats Units, que és l'hereu del prestigiós M 50, que va aparèixer en la dècada dels cinquanta. Porta una càpsula de pressió amb diafragma de titani.

Lectura recomanada

Trobareu moltes dades tècniques sobre microfonia i les seves característiques (sensibilitat, resposta en freqüència, etc.) en el temari de l'assignatura de la UOC *Fonaments de tecnologia audiovisual*.



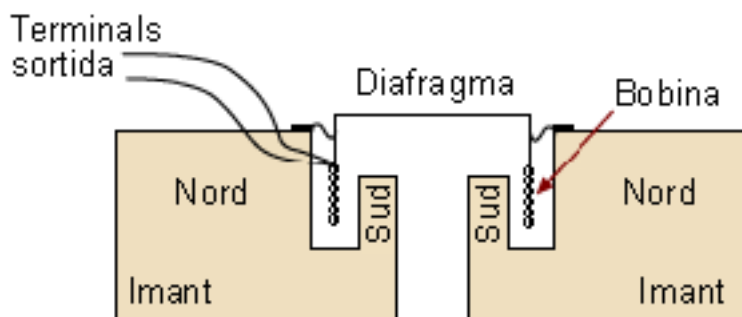
© Georg Neumann GmbH

El micròfon Neumann M 50 s'ha fet servir molt per a enregistraments d'orquestrades i d'instruments de corda.

El nou micròfon estèreo de vàlvula M150 té una càpsula de pressió amb diafragma de titani de 12 mil·límetres de diàmetre. A baixes freqüències té una resposta circular, omnidireccional, perfecta –que es fa més estreta a mesura que pugem d'octava. Permet de treballar amb extensions de cable llargues sense perdre nivell de senyal i mantenint la qualitat del so. Té una dinàmica de 119 dB, sensibilitat de -34 dBV (20 mV/Pa) i una resposta en freqüència dels 20 als 20.000 Hz.

⁽²⁾ Els micròfons dinàmics de bobina mòbil

El micròfon dinàmic de bobina mòbil té el diafragma tens a la part central i ondulat als laterals. Aquestes ondulacions provoquen els moviments de les dues bobines d'alumini fi, d'unes vint o trenta espires, que hi pengen. Quan la pressió sonora fa moure el diafragma, les bobines es mouen dins del camp magnètic de l'imant –tallen les línies magnètiques en angles rectes– i generen una força electromotriu en els extrems.



La fórmula que sintetitza aquest procés és la següent:

$$fem = B \cdot l \cdot v$$

- B : inducció magnètica
- l : longitud de la bobina que ha entrat en el camp magnètic

- v : velocitat del moviment de la bobina

La intensitat creada per la força electromotriu (fem), quan passa per una resistència externa, dóna una tensió que és proporcional a la velocitat amb què es mou la bobina i a la seva penetració en el camp magnètic.

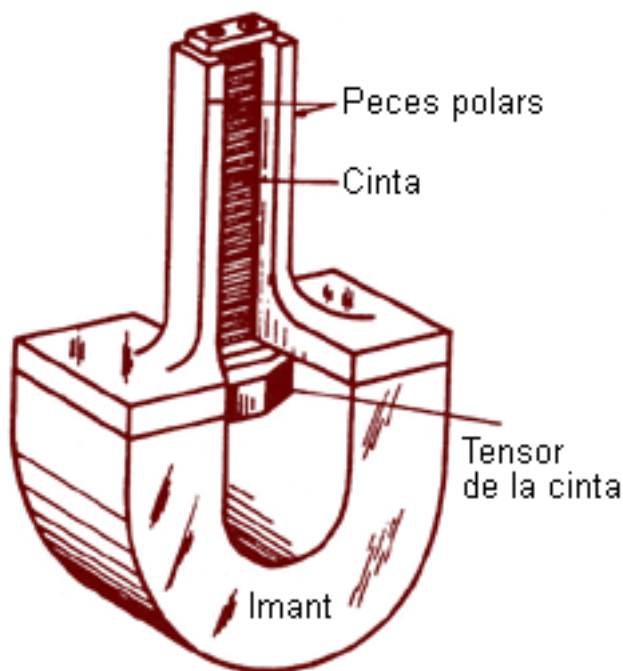
La impedància d'aquests micròfons és baixa, d'uns 30 ohms, per això molts porten incorporat un petit transformador que eleva la impedància fins a uns 200 ohms.

Els micròfons dinàmics tenen una resposta en freqüència de 60 a 18.000 Hz; els bons abasten de 20 a 20.000 Hz.

La sensibilitat oscil·la entre els -51 i els -63 dBV (2,8 a 0,7 mV/Pa). Un micròfon de -63 dBV té una sensibilitat molt baixa i és adient per a captar veus en ambients extremadament sorollosos.

(3) Els micròfons de cinta

La cinta té entre 2 i 5 cm de llargada. És molt prima, de l'ordre de 2 a 5 micres, i té una amplada d'uns 3 a 4 mm. Les ones sonores fan vibrar la cinta conductora dins del camp magnètic de l'imant i s'origina una força electromotriu, una tensió elèctrica, als extrems. Com que la tensió generada és molt feble cal amplificar-la mitjançant un petit transformador –que alhora farà pujar la impedància de la càpsula microfònica fins a uns valors compresos entre els 100 i 500 ohms. La seva sensibilitat és pròxima als -52 o -60 dBV (2,5 i 1mV/Pa). Tenen una bona resposta a freqüències mitjanes i greus. La resposta en freqüència va dels 50 als 15.000 Hz.



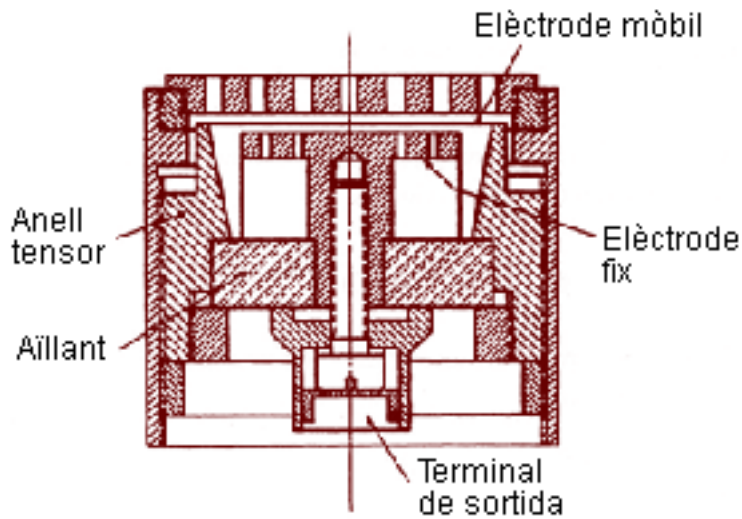
(4) Micròfons de condensador

A mesura que les ones sonores arriben a la membrana, canvia la distància entre les dues plaques, per la qual cosa varia la capacitat establerta entre totes dues.

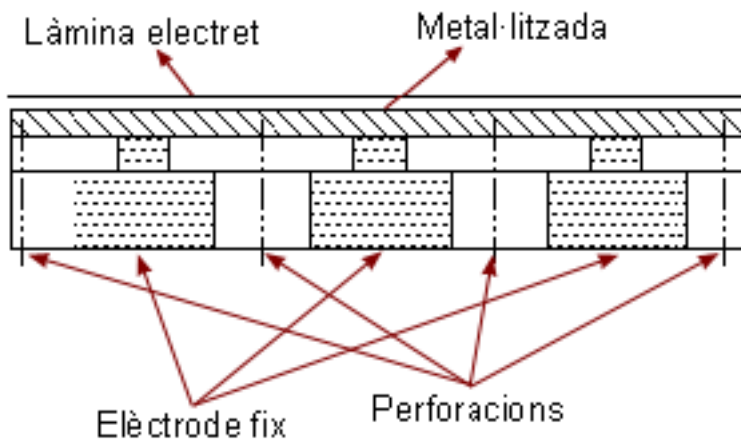
$$Q = VC$$

- Q : càrrega del condensador
- V : tensió entre les plaques
- C : capacitat del condensador

Juntament amb la capacitat del condensador, d'uns 10 a 50 pF, també hi intervien la càrrega i la tensió aplicada. La tensió és fixa i la capacitat variable –depèn del moviment de la placa mòbil; per tant, les variacions de càrrega seran proporcionals a la pressió sonora que arribi al micròfon. La impedància de sortida sol estar compresa entre els 150 i els 250 ohms. La sensibilitat és molt alta i oscil·la entre -34 i -45 dBV (20 i 5,5 mV / Pa). El marge de freqüències, amb resposta plana, és molt bo i abasta dels 20 als 20.000 Hz.



(5) Els micròfons electret

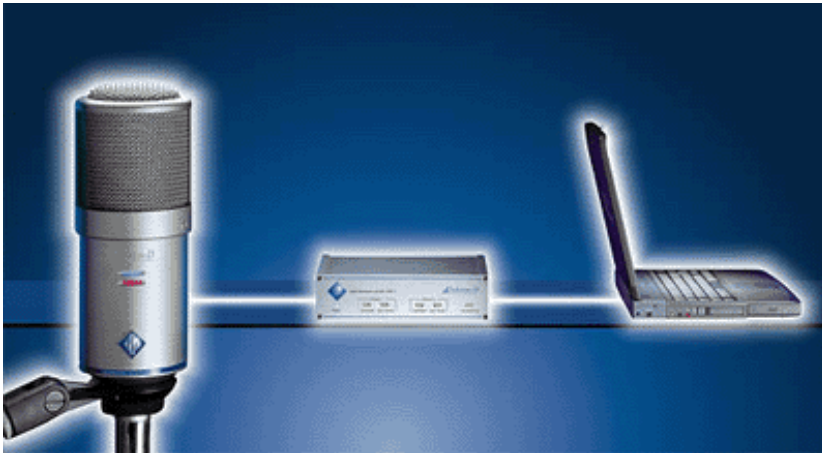


(6) Els micròfons de càpsula de contacte



© Crown Audio Inc.

(7) El sistema Solution-D (*digital microphone*)



© Georg Neumann GmbH

A grans trets, les prestacions tècniques del sistema Solution-D són les següents:

- Porta una càpsula amb doble diafragma d'uns 30 mm de diàmetre.
- Pot mostrejar a 44,1, 48, 88,2 o 96 kHz.
- Treballa amb una resolució interior de 28 bits.
- La dinàmica arriba als 130 dB.
- La sensibilitat és alta, d'uns -43 dBV (12 mV / Pa).
- El marge de freqüències, amb resposta plana, és molt bo i abasta dels 20 als 20.000 Hz.

2.1.1. Directivitat

Els micròfons responen de manera diferent segons quina sigui la direcció de procedència del so i la freqüència.

Tots els micròfons tenen més tendència a l'omnidireccionalitat en baixes freqüències i a la directivitat en altes freqüències.

El diagrama polar serveix per a representar les variacions de sensibilitat del micròfon segons la direcció d'incidència de l'ona sonora. Té una sèrie de cercles concèntrics, dividits en 360 graus. Els 0 graus corresponen a la direcció positiva de l'eix de la membrana i el cercle més exterior representa una atenuació nul·la -0 dB-, mentre que els cercles interiors representen el nivell d'atenuació -5 , 10 , 15 , 20 , 25 , 30 i 35 dB.

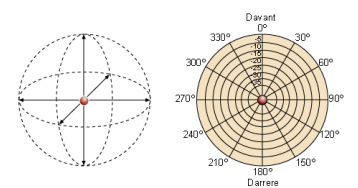


Diagrama polar

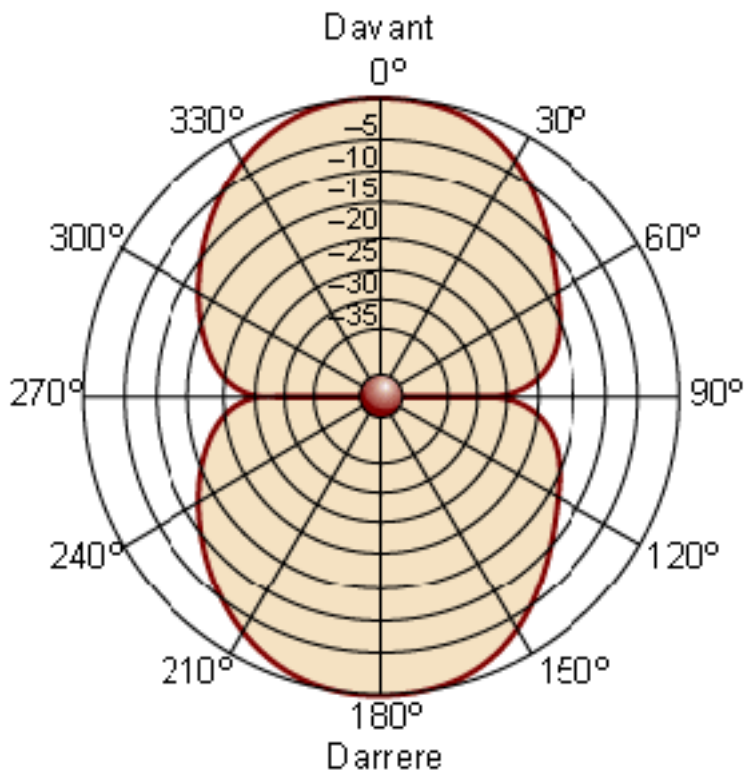
Cada micròfon té lòbuls de directivitat diferents segons la freqüència analitzada.

Omnidireccionals	
Bidireccionals	
Direccionals	
Ultradireccionals	

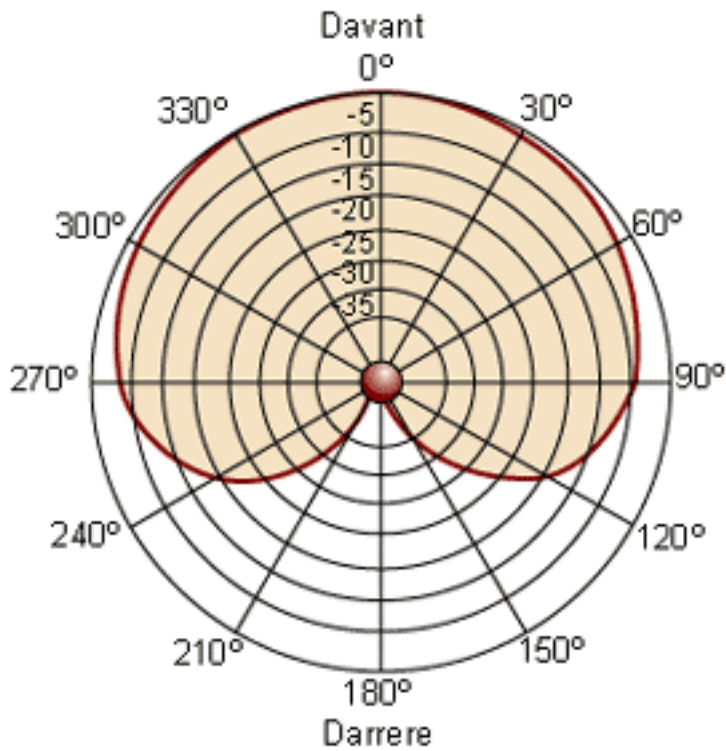


8 9 10 11

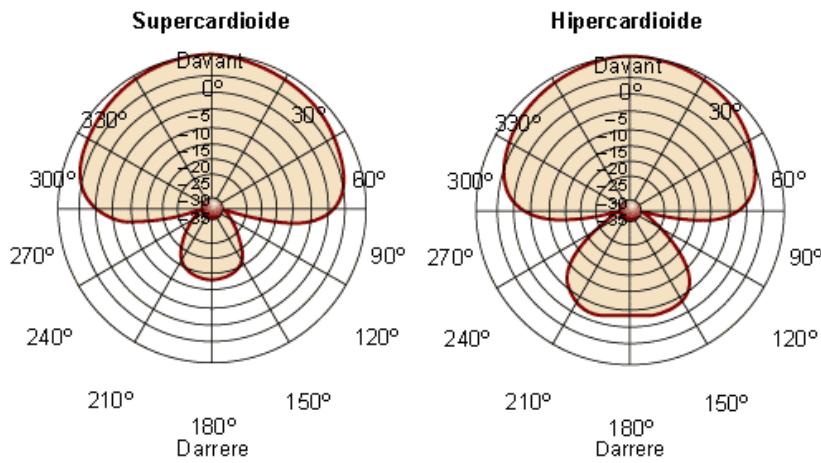
(8) Bidireccionalitat



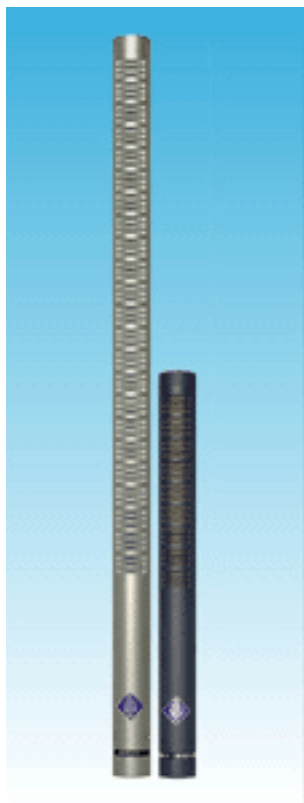
(9) Direccionalitat



Supercardioides i hipercardioides



Un cardioide té un angle de captació d'uns 130 graus, un supercardioides, de 115 graus, i un hipercardioides, d'uns 100 graus, aproximadament.

(10) Canons

© Georg Neumann GmbH

(11) Canons ultradireccionals

Els canons ultradireccionals són molt directius a freqüències mitjanes i altes, per damunt dels 3 KHz, però es comporten com a cardioides a freqüències baixes. Per tant, els canons capten els sorolls de baixa freqüència del seu voltant. Per això molts micròfons porten un filtre passaalt amb freqüència de tall d'uns 300 Hz.



© Georg Neumann GmbH

2.1.2. Micròfons estereos

Els micròfons estereos són de doble càpsula i estan dissenyats per a fer enregistraments estereofònics. Sovint van acompanyats d'una matriu amplificadora (*matrix amplifier*) que permet d'ajustar l'obertura de l'angle de captació. La sortida d'aquesta matriu també permet d'obtenir el senyal de dues maneres: central i lateral (MS) o esquerra i dreta (XY).

Un micròfon MS és molt útil en els rodatges cinematogràfics, on s'ha de treballar amb so directe estereofònic. L'operador apunta el micròfon, muntat en una perxa, cap a la persona que parla (M) –com si treballés en mono– i el sistema afegeix automàticament els senyals dels costats (S), i així dona el senyal estèreo a la sortida.

Hi ha diverses tècniques de microfonia estereofònica. Algunes es basen en l'ús de dos micròfons i d'altres fan servir un micròfon de doble càpsula.



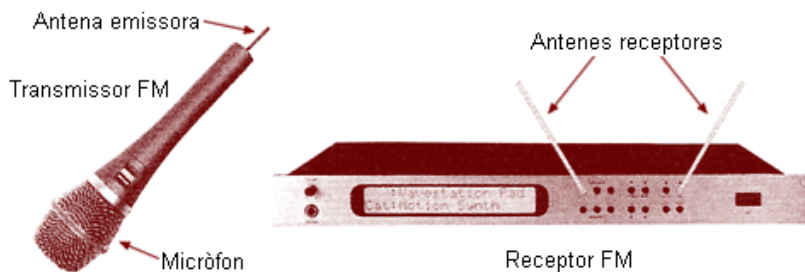
© Georg Neumann GmbH

Tècnica estereofònica A-B	
Cap estereofònic	
Tècnica Decca	
Micròfon de camp sonor	
Parella estèreo quasi coincident	
Parella estèreo coincident	

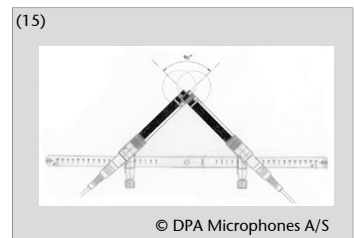
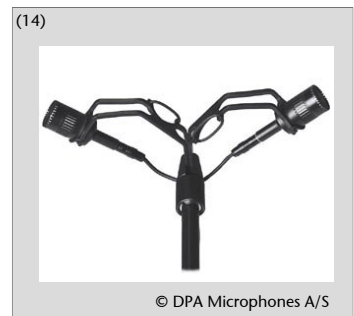
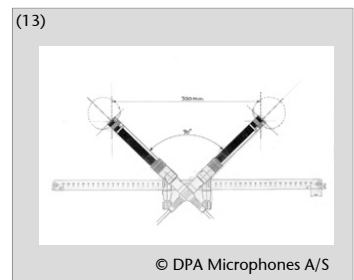
12 13 14 15

2.1.3. Micròfons sense fils

El fonament tècnic dels micròfons sense fils és ben senzill: una minicàpsula, generalment de condensador, connectada a un transmissor d'UHF, amb la seva petita antena. El senyal radiat, captat per una antena i un receptor, arriba a la taula de mescles.



Convé que les antenes receptores tinguin visió directa amb els transmissors dels micròfons. Si les antenes s'han de col·locar lluny dels micròfons es poden fer servir antenes directives, que assegurin un guany més elevat en recepció que les verticals omnidireccionals.



L'antena receptora ha d'estar muntada en un lloc elevat, mirant cap avall, a més d'un metre de la paret. No ha de tenir cap obstacle al davant, especialment objectes metàl·lics –com els canons de llum.

Per a compensar l'efecte de les reflexions en els interiors dels platós, a vegades es munten dues antenes receptores, a certa distància, connectades a un receptor comú que destria, de manera automàtica, el millor dels dos senyals. Aquesta tecnologia es coneix amb el nom de *sistema Diversity*.

El tècnic de so sempre ha de tenir cura del bon estat de les piles dels sense fils. Si l'enregistrament s'ha de fer a la primera o es treballa en directe, és recomanable posar-ne de noves. Algunes marques de micròfons diuen que, amb piles noves, un micròfon pot funcionar unes tres hores llargues.

Mentre no se sobreposin les freqüències de treball es poden fer servir el nombre de micròfons sense fils que calgui.

Resum

- Els micròfons dinàmics són molt resistents i poc sensibles als canvis de temperatura i humitat, a més de molt recomanables per a treballar a l'aire lliure. La majoria són "durs" i admeten nivells de pressió sonora alts sense saturar.
- Els micròfons de condensador tenen una gran sensibilitat i una fidelitat molt bona en totes les freqüències, especialment en aguts, per això es fan servir molt als estudis de so de tota mena. Són molt més fràgils que els de bobina mòbil. Les càpsules de condensador poden ser molt petites i són ideals per a muntar-les als micròfons sense fils de botó o pinça. Com que són variables a la humitat, totes les càpsules de condensador poden tenir alteracions de resposta quan són a l'exterior.
- Els micròfons ultradireccionals, com els canons, estan dissenyats per a captar el so d'una zona concreta del seu davant i per a poder-ho fer a força distància de la font sonora.

2.2. Ús dels micròfons i nocions de so directe

La presa de so directe consisteix a captar bé els sons que ens interessen i a evitar els que no són convenients, en un plató, un estudi, una sala de concerts, un escenari, un interior natural, un exterior, etc.

Lectura recomanada

Un dels llibres dedicats a les tècniques microfòniques musicals professionals és el següent:

David Mills; Philip Williams (1998). *Professional Microphone Techniques*. Milwaukee: Mixbooks, Hal Leonard Publishing Corporation (el llibre inclou un CD amb trenta-set exemples d'usos de diversos models de micròfons).

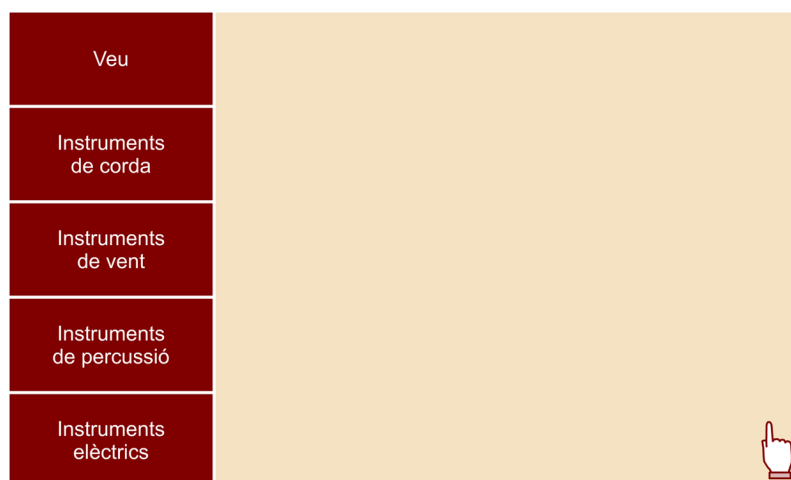
Si tenim poc pressupost cal emprar micròfons versàtils, mentre que si disposem de més diners podem tenir models específics per a cada font de so –algunes marques tenen models concrets per a cada instrument musical. On es nota

més la diferència entre un micròfon de gran qualitat i un de gamma baixa és en les respostes en freqüència fora de l'eix de captació. El primer la manté igual i el segon no.

Per a escollir el micròfon adient, les tres qüestions més importants que cal tenir en compte són: quin nivell tindran els senyals que s'han d'enregistrar, en quin marge de freqüències estaran i quines seran les condicions acústiques del lloc –si és un interior, compte amb l'excessiva reverberació, i si és un espai obert, alerta amb el soroll.

Nocions de microfonia musical

A continuació donem alguns consells pràctics per a aprendre a col·locar els micròfons en els enregistraments musicals fets a l'estudi. Recollim alguns dels models de micròfons de les marques Neumann, AKG, Sennheiser i Shure adients per a cada instrument.



16

⁽¹⁶⁾L'emissió sonora d'una guitarra

En una estudiantina calen set o vuit guitarres per a tapar un llaüt o una bandúrria. La guitarra sona molt fluix.

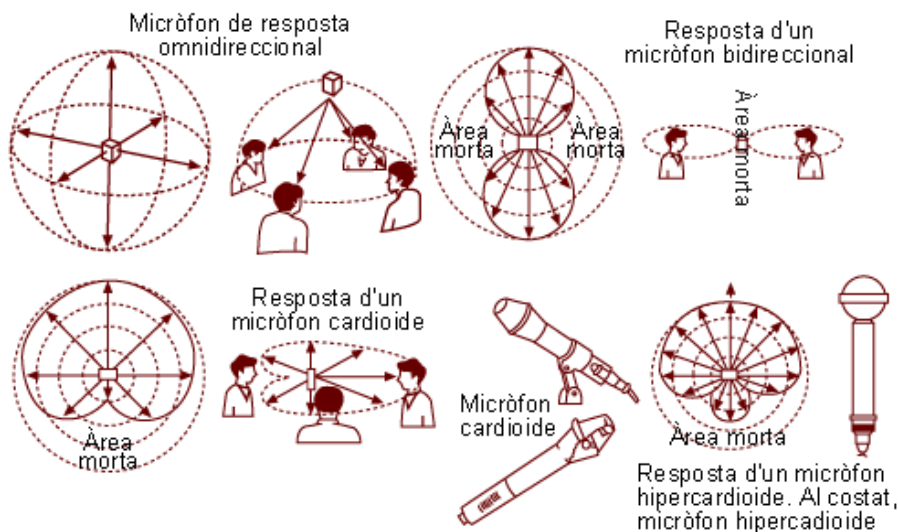
Pel que fa al cinema o la televisió, la feina en un plató sempre facilita la captació de so directe perquè està condicionat acústicament. Amb un o dos micròfons de canó es poden sonoritzar la majoria de les escenes. A més, es poden mantenir força distants de la font sonora.

En els interiors naturals, si hi ha reverberació, com més a prop es posi el micròfon dels actors, millor.

Abans d'un rodatge és essencial que el responsable de so directe pugui anar a totes les localitzacions conflictives per a comprovar-ne l'acústica.

En els interiors i exteriors conflictius –massa vius o massa sorollosos– no hi ha més remei que optar per la tècnica multimicrofònica i posar minicàpsules sense fils als actors que intervenen en l'escena.

Segons la posició del micròfon i el nombre de fonts sonores que hagi de captar, hem de pensar quina resposta directiva ha de tenir la seva càpsula.



Sempre, com més distància hi ha de la font sonora, més sensibilitat ha de tenir el micròfon i més tancat serà el seu lòbul de captació.

L'índex de directivitat

L'índex de directivitat, o factor de distància (DSF), és un paràmetre que ajuda a saber a quina distància de la font sonora pot estar un micròfon abans que capti la mateixa proporció de so directe i difús o reverberant. L'índex surt de la comparació amb el comportament d'un micròfon omnidireccional, quan és igual la proporció entre el camp directe i el reverberant.

$$DSF = \frac{\text{Distància a la font d'un micròfon direccional}}{\text{Distància a la font d'un micròfon omnidireccional}}$$

El factor de distància d'un micròfon cardioide pot ser d'1,7, el supercardioide, d'1,9, l'hipercardioide, de 2,1, i el canó, de 2,5.

És a dir: en un mateix espai, si un micròfon omnidireccional podria estar a 2 m de la font, fins que capti igual el so directe i el reverberant, un micròfon de canó el podríem posar a uns 5 m.

També convé saber quins vestits i sabates es faran servir. Les teles naturals, com el cotó, són les millors per a evitar fregaments amb els micròfons miniatura. La seda, per exemple, fa més soroll. En alguns casos, fins i tot es poden dissenyar els vestits per a amagar els micròfons. Per exemple, es pot fer un petit forat en una solapa d'americana per a posar el micròfon i recobrir la càpsula amb un tros de tela del mateix color.

Generalment, els especialistes en so directe treballen com a *freelance* i tenen el seu propi equip: un enregistrator DAT, una petita taula de mescles i una bona família de micròfons amb tots els complements.

Alguns noms representatius

Dels tècnics de so directe cinematogràfic catalans destaca, pels anys d'ofici i el gran nombre de produccions realitzades, Joan Quilis. D'anys ençà podem sentir la seva feina a *Tatuaje* (1976), de Bigas Luna, i pel que fa a produccions dels darrers anys de la dècada dels noranta ha participat en pel·lícules com *Krámpack*, *Razones sentimentales* i *Alas rotas*.

Altres especialistes en aquest terreny de la nostra indústria audiovisual són Licio Marcos de Oliveira –nascut al Brasil– (*La caja 507*, *Què t'hi jugues*, *Mari Pili?*, *La rossa del bar*); Albert Manera (*Fausto 5.0*, *Volverás*, *Son de mar*); Daniel Fontrodona (*El perquè de tot plegat*, *Juana la Loca*, *Darkness*); Boris Zapata –habitual de l'equip del director Ventura Pons– (*Menja d'amor*, *Anita no perd el tren*, *Amic/Amat*); Pepe Cáceres (*Dagon*, *El viaje de Arian*, *El lado oscuro del corazón II*) i Salva Mayolas (*Els sense nom*, *Darkness*).

Dels especialistes amb seu a Madrid destaca la feina de Gilles Ortion (en alguns crèdits apareix com a *Orthion*), guanyador de vuit premis Goya al millor so.

Altres noms importants són Alfonso Pino, cinc premis Goya; Daniel Goldstein, quatre Goyas, i Ricardo Steinberg, tres Goyas; Miguel Rejas –habitual de les pel·lícules d'Almodóvar–, 2 Goyas, o Carlos Faruolo.

El so directe és més arriscat que el de l'estudi i pot condicionar un rodatge, però el resultat final és més ric i, en la majoria de casos, més natural. Els directors no han de pensar únicament en el disseny de la imatge, han de tenir en compte també, en algunes escenes, els condicionants per a poder captar un so directe de qualitat.

En algunes escenes complicades pot ser necessari fer un assaig previ amb els actors. No es pot rodar un pla seqüència d'un minut, per exemple, sense haver assajat la dicció dels actors, els moviments de càmera i les posicions dels micròfons.

La col·locació final dels micròfons en un rodatge està condicionada pel següent: no entrar en quadre, els moviments dels actors i de la càmera, i la il·luminació. Per a evitar les ombres cal tenir el suport d'on penja el micròfon com més amunt millor. Si la il·luminació principal de l'escena prové d'un sol punt, hem de fer entrar el suport pel costat oposat.

Sovint es treballa amb dues perxes per a enregistrar perfectament els sons del pla i el contraplà. Ni que es treballi amb minicàpsules sense fils amagades, sempre és bo mantenir un micròfon de canó picat per sobre dels actors per agafar el so dels moviments i no haver de forçar tant el guany dels micròfons de botó.

Abans d'una escena, un bon perxista ha de memoritzar els finals dels diàlegs de cada personatge per a apuntar bé a la boca de l'actor que parla.

El cinema treballa fent moltes preses de curta durada. Quan es munten, l'espectador accepta perfectament que en una escena la posició de la càmera, per a seguir una acció, vagi saltant d'un lloc a un altre, però en canvi no accepta que hi hagi salts sonors. Cal anar molt amb compte amb els canvis de nivells sonors entre les preses. Per a evitar manques de ràcord del so de fons es pot utilitzar un micròfon fix per a captar el so ambient –el nivell que té no es toca mai– i un segon per a enregistrar les veus dels actors –que pot variar de

nivell. D'aquesta manera, garantim un fons sonor més homogeni. Una altra manera senzilla de "corregir" el problema és posant un ambient de fons continu en el moment del muntatge final.

Visionaments recomanats

En el cinema espanyol, un dels directors que han cregut més en el so directe és Carlos Saura. En els seus equips de rodatge hi han treballat, en diverses ocasions, especialistes en so directe com Luis Martínez, Bernardo Menz, Carlos Faruolo, Alfonso Pino i Gilles Ortion. De les pel·lícules de Saura podríem destacar, pel que fa al so:

- *El Jardín de las delicias* (1970). So de Luis Martínez.
- *El dorado* (1988). So de Gilles Ortion.
- *Ay Carmela* (1990). So de Gilles Ortion i Alfonso Pino.
- *Tango* (1997). So de Jorge Stavropulos, Carlos Faruolo i Alfonso Pino. Aquesta pel·lícula va guanyar el premi Goya al millor so.

Seguint amb el cinema espanyol, altres pel·lícules que destaquen per la qualitat del so i que han guanyat un premi Goya en aquesta categoria són:

- *El otro lado de la cama* (2002), d'Emilio Martínez Lázaro. So de Gilles Ortion i Alfonso Pino.
- *Los otros* (2001), d'Alejandro Amenábar. So de Ricardo Steinberg i Daniel Goldstein.
- *Todo sobre mi madre* (1999), de Pedro Almodóvar. So de Miguel Rejas, José Antonio Bermúdez i Diego Garrido.
- *Secretos del corazón* (1996), de Montxo Armendáriz. So de Daniel Goldstein i Ricardo Steinberg.

Més enllà dels premis Goya també podeu veure la pel·lícula *Libertarias* (1996), de Vicente Aranda, en què participen una quinzena de professionals que treballen en aspectes relacionats amb el so. En tractar-se d'una pel·lícula amb moltes escenes corals, el treball de so directe va ser de gran dificultat. Carlos Faruolo en va ser el responsable –amb Jaime Barros d'operador de perxa. Després del rodatge, Carlos Faruolo i Ray Gillon van fer la postproducció del so directe.

Alguns models de micròfons de canó emprats en els rodatges cinematogràfics són el Sennheiser 416 –molt popular– o el 816 –que és més llarg; o els Neuman KMR 81 i 82.

Resum

- La presa de so directe consisteix a captar bé els sons que ens interessin i a evitar els que no convenen.
- Per a escollir el micròfon adient, les tres qüestions més importants que cal tenir en compte són: quin nivell tindran els senyals que s'han d'enregistrar, en quin marge de freqüències estaran i quines seran les condicions acústiques del lloc.
- Sempre, com més distància hi ha de la font sonora, més dificultat hi haurà, i més directiu ha de ser el micròfon.

2.3. Mesura del senyal digital

El vúmetre (*VU-meter*) d'agulla o de llumets (*led*) era l'aparell que servia per a mesurar el nivell del senyal d'àudio analògic. Per sobre dels 0 dBm (0 VU) hi havia un petit marge de seguretat més enllà del qual s'entrava en zona de distorsió o saturació i el senyal sonava defectuosament.

El vúmetre

L'aparell de mesura d'unitats de volum (VU) d'un senyal –*VU meter*– va ser un invent de la companyia telefònica Bell. Aquesta companyia va crear l'escala en decibels per a conèixer quin era el guany o la pèrdua dels senyals que passaven per les seves línies telefòniques. És a dir: quan s'enviava un senyal de prova, es podia mesurar el guany o la pèrdua de la línia de transmissió.

Els vúmetres de so els van desenvolupar la Bell Telephone Laboratories, la Columbian Broadcasting System i la National Broadcasting Company l'any 1939.

Els vúmetres analògics solien anar dels –20 als +5 VU. El 0 VU coincidia amb el 100% de rendiment.

De –6 a 0 VU es treballava amb la màxima dinàmica; de –4 a +3 dBm es tenia el perill de saturar el senyal; en canvi, de –20 a –4 dBm la dinàmica era excessivament baixa.

El vúmetre no servia per a mesurar increments ràpids del senyal, a causa de la lentitud dels temps de pujada i baixada de l'agulla –uns 300 ms. Per a això es feia servir el picòmetre –amb un temps de pujada d'entre 10 i 25 ms. Generalment els nivells de pic estaven uns 8 VU per sobre del valor mitjà que marcava el vúmetre.

Els picòmetres de saturació (*overload peak meter*), els *led* de color vermell –que estaven situats en un angle del vúmetre o al costat d'algun potenciòmetre de la taula de mesclés–, estaven dissenyats per a il·luminar-se quan arribava als 10 VU.

Per a ajustar una cadena d'aparells analògics es feia servir un to normalitzat d'1 kHz amb un nivell de 0 dBm (0 VU).

La tecnologia digital converteix l'amplitud dels senyals en paraules binàries. Mentre ens mantinguem dins del nombre de bits no hi ha distorsió significativa. El problema és quan no hi ha prou bits per a poder abastar i convertir l'amplitud d'un senyal analògic.

El nivell de senyal més alt que es pot enregistrar en digital es diu **fons d'escala** (0 dBFS). Per sobre d'aquest valor ja no es pot digitalitzar res més. Per tant, podríem dir que en el món digital no hi ha distorsió possible per sobre dels 0 dBFS, perquè no hi ha res.

Com que els aparells digitals no tenen nivells de soroll de fons significatius –gairebé estan a uns –100 dB, quan es treballa amb paraules de 16 bits–, hem de portar el senyal nominal cap avall per a garantir un treball sense problemes.

Com que els 0 dBFS del mesurador de senyal d'un aparell digital correspon al màxim nivell de senyal possible –cosa que equivaldria al nivell màxim de pic analògic–, mai no hi hem d'arribar. Hem de treballar sempre per sota d'aquest nivell.

En els mesuradors analògics, normalment, els pics màxims podien arribar a uns 14 dB per sobre del 0 dBm (0 VU) –que marcava el cent per cent de senyal.

Per tant, en els aparells digitals, com a mínim, hem de portar el nivell del cent per cent a uns –15 dB.

Algunes institucions, com l'SMPTE o l'EBU, recomanen abaixar encara més el nivell nominal fins als –18 o –20 dB. Així ens reservem un sostre de seguretat d'uns 5 dB.

Tot i que treballem amb un nivell nominal de –20 dB, com que el soroll de fons està cap als –100 dB, encara tenim força dinàmica per sota.

Per això molts equips DAT, o altres aparells digitals, tenen marques de cent per cent del senyal a –14, –18 o –20 dBFS en els mesuradors de senyal. Aquests valors són els que ens han de servir de guia per a ajustar el cent per cent del nostre senyal i així no tenir sorpreses amb els pics de senyal que segur que es produiran.

Una segona diferència és que els mesuradors digitals tenen un temps de resposta o atac més ràpid que el dels vùmetres analògics. Un indicador de pic digital pot respondre en 11 microsegons a un senyal d'entrada, mostrejat a 44,1 kHz, mentre que els vùmetres –que seguien la norma ANSI– tenien un temps de reacció de 300 ms.

2.3.1. La normalització

Molts editors de so o estacions de treball d'àudio digital (DAW) tenen la funció de "normalització", que permet el reajustament automàtic dels nivells d'un senyal ja enregistrat.

Quan es normalitza, sigui quin sigui el nivell del senyal enregistrat, els pics arribaran automàticament als 0 dBFS.

La normalització

Primer podeu escoltar un fragment de paraula enregistrat a –12 dB.

Ara podreu escoltar la diferència de volum una vegada s'hagi aplicat la normalització del senyal.

Però cal anar amb compte amb la normalització, perquè pot ser contraproduent en alguns casos. La normalització no serveix per a compensar una manca de presència o una sonoritat baixa, sinó tan sols per a retocar lleugerament un senyal ben enregistrat. No transforma una mala captació en un senyal perfectament anivellat i modulat.

La normalització no millora la dinàmica ni la relació senyal-soroll. Aquests paràmetres només depenen de la manera en què hàgim fet l'enregistrament. Quan es normalitza pugen els pics del senyal i el soroll de fons.

2.3.2. L'ajust del senyal d'una cadena de so

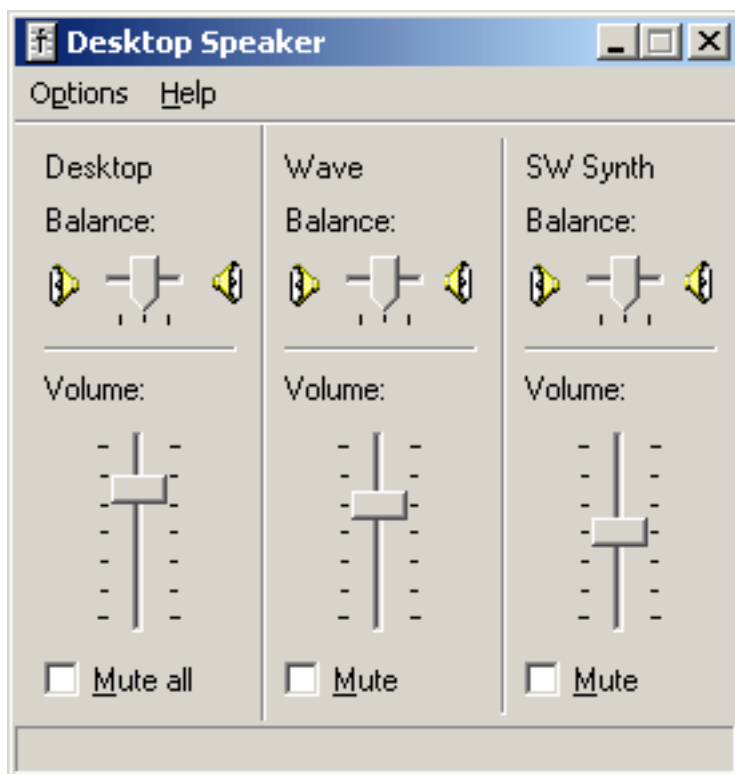
És vital ajustar bé la sensibilitat d'entrada i el nivell de sortida de cada aparell que forma part de la cadena d'àudio.

Quan tenim diverses fonts de so –alguns micròfons, dos reproductors de CD, un mini disc, etc.– és recomanable connectar-les a una petita taula de mescles externa abans d'introduir-les a l'ordinador o a l'aparell d'enregistrament. Amb els controls de guany i els potenciòmetres lliscants (*faders*) de cada canal es pot ajustar perfectament el nivell del senyal. La taula de mescles ens facilita els ajustaments i ens pot fer estalviar temps de postproducció, perquè podem treballar amb diverses fonts sonores alhora.

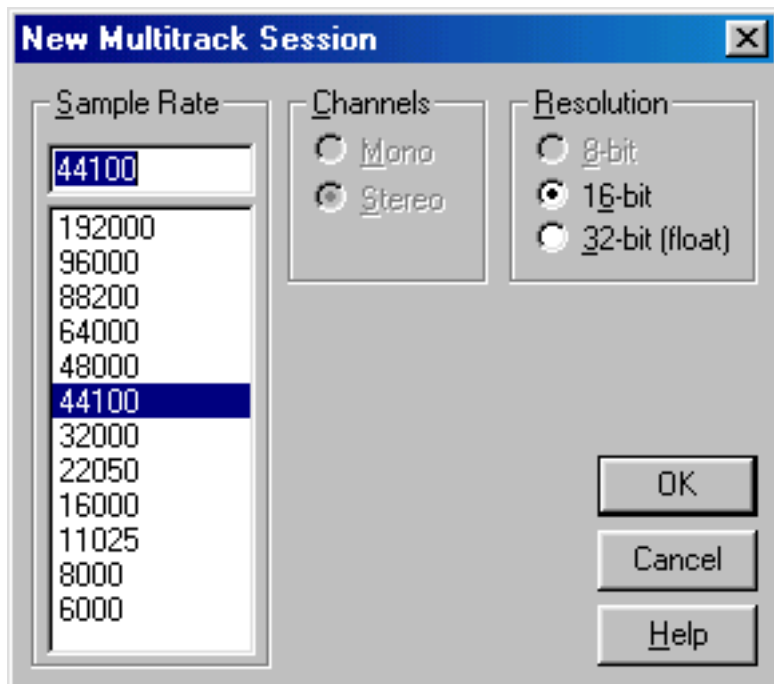
A l'ordinador, totes les targetes de so permeten d'ajustar els nivells d'àudio d'entrada.

Ajust dels nivells d'àudio amb el PC

El sistema operatiu Windows, per exemple, té una icona a la barra d'eines que representa un altaveu. Fent-hi doble clic s'obren els controls de volum i es veuen els potenciòmetres lliscants d'entrada del micròfon, del reproductor de CD de l'ordinador, del mòdem, de l'entrada de línia, etc. Aquestes entrades poden variar, segons els programes i el maquinari que hagi instal·lats a l'ordinador. Apujant i abaixant el potenciòmetre lliscant de cada canal donem més o menys senyal a la sortida de la taula de mescles.



Després, quan obrim el programa d'enregistrament i edició de so –Sound Forge de Sonic Foundry, Cool Edit de Syntrillium, o Pro Tools de Digidesign–, cal ajustar dues coses: els paràmetres de la digitalització –freqüència de mostratge i nombre de bits per mostra (44.100 kHz i 16 bits seria qualitat CD)– i el nivell d'enregistrament.



Com a regla molt general, el procés d'ajustament del senyal es podria resumir així: hem de limitar tant com calgui el nivell dels senyals que arriben a les entrades i hem de donar el màxim de valor de senyal possible a la sortida. Però si s'abaixen excessivament els guanys d'entrada hi ha el perill de perdre massa dinàmica i, per tant, de no aconseguir prou *punch* al final de la cadena.

A grans trets, per a trobar un bon equilibri es poden donar aquestes pautes. A la taula de mescles, el guany d'entrada d'un canal ha d'estar menys obert que el seu potenciòmetre lliscant; aquest últim, menys obert que el del subgrup de sortida al qual s'assigna el canal –si el fem servir–, i aquest, al seu torn, menys obert que el de la sortida principal –o màster.

Quan gravem hem d'escoltar el so amb el volum una mica alt per a poder percebre qualsevol defecte.

Resum

- Els 0 dBFS del mesurador de senyal d'un aparell digital corresponen al màxim nivell de senyal possible. No hi hem d'arribar mai.
- -14, -18 o -20 dBFS són els valors que ens han de servir de guia per a ajustar el cent per cent del senyal en els aparells digitals.
- Quan normalitzem un senyal, sigui quin sigui el nivell, els seus pics arribaran als 0 dBFS automàticament.
- La normalització no millora ni la dinàmica ni la relació senyal-soroll. Quan es normalitza pugen els pics del senyal i el soroll de fons.

3. Edició

Un editor gràfic digital de so és el programa que, una vegada té el so enregistrat, en permet la manipulació temporal: tallar, copiar i enganxar fragments.

Els editors de so més professionals afegeixen moltes més prestacions que les de tallar i enganxar: afegir efectes –reverberadors–, variar les freqüències dels senyals –equalitzadors– o canviar-ne les dinàmiques –compressors–, etc.

La gran majoria poden obrir desenes de pistes en paral·lel i permeten de fer tants ajustaments en l'amplitud de cada senyal com es vulgui, de manera que l'editor també esdevé una eina apta per a la mescla sonora.

A més, tenen altres prestacions, com la captura directa de pistes d'un disc compacte, la gestió de l'enregistrament d'un CD-R i un etcètera cada vegada més llarg.

Professionals de l'edició o el muntatge de so

Alguns professionals especialitzats en l'edició o el muntatge de so de la indústria dels Estats Units són els següents:

- **Walter Murch.** Ha muntat pel·lícules de les quals també ha fet el disseny de so, com ara *Apocalypse Now* (1979), *El Padrí III* (1990) i *El pacient anglès* (1996).
- **Kyrsten Mate Comoglio,** especialitzada en l'edició d'efectes de so. Ha treballat a *Minority report* (2002), *Lara Croft: Tomb Raider* (2001), *Chocolat* (2000), *El pacient anglès* (1996), etc.

A Catalunya podem esmentar, entre d'altres:

- **Ernest Blasi:** *Balseros* (2002), *Son de mar* (2001), *En brazos de la mujer madura* (1996), *Susanna* (1995).

I a l'Estat espanyol, una de les especialistes en el muntatge sonor és:

- **Bela María da Costa,** editora de so en pel·lícules com ara *Secretos del corazón* (1997), *Libertarias* (1996), *Hola ¿estás sola?* (1996), etc.

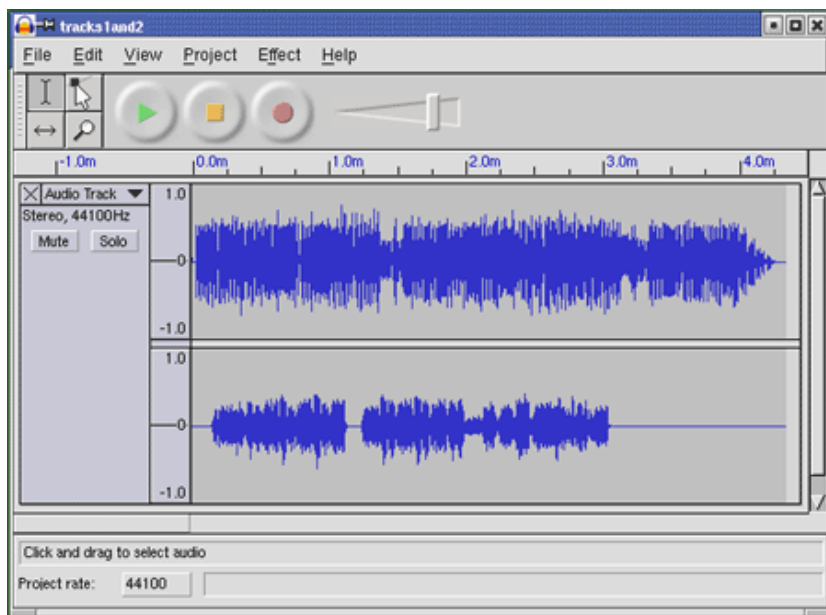
3.1. Representació del senyal

Un senyal d'audiofreqüència es pot representar en tres plans sonors.

Pla dinàmic o oscil·lograma

Mostra l'evolució de l'amplitud en el temps. L'amplitud, en l'eix vertical, i el temps, en l'eix horitzontal. Fa anys aquesta mesura només es podia fer amb un oscil·loscopi.

Oscil·lograma



Aquesta representació del so s'ha fet molt popular, perquè l'incorporen la immensa majoria d'editors de so. Mentre escolta l'àudio, l'usuari veu la forma d'ona que manipula.

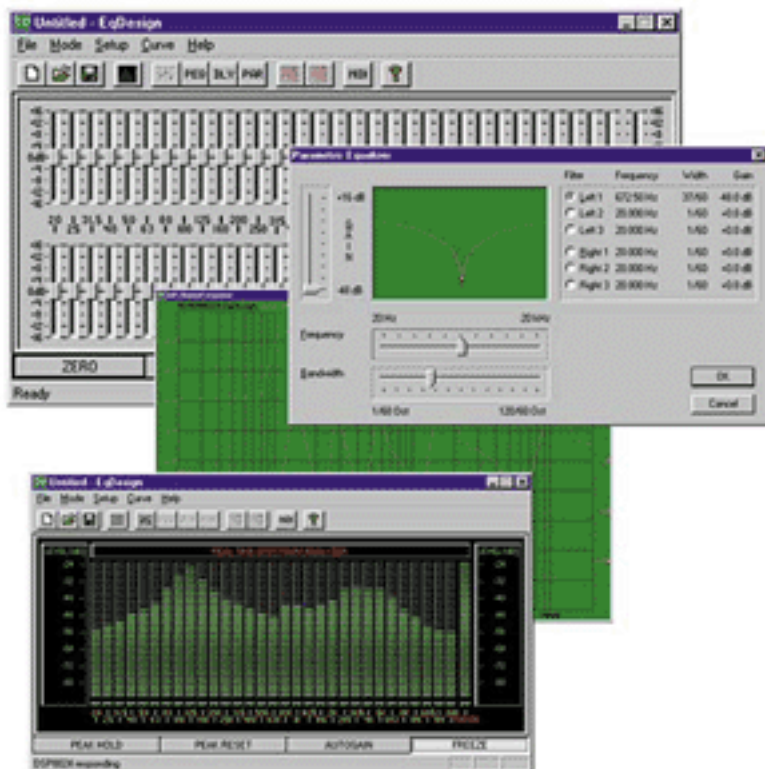
Pla harmònic o espectrograma

Mesura l'amplitud de cada freqüència en un instant temporal. L'amplitud, en l'eix vertical, i la freqüència, en l'eix horitzontal. Es mesura amb un analitzador d'espectres. Alguns editors de so digital, com el Sound Forge, també incorporen aquesta representació.

Un espectrograma serveix per a analitzar el component en freqüència de les ones sonores i pot ser útil per a identificar algun problema de soroll o localitzar un to que soni massa estrident, per esmentar un parell d'exemples.

Espectrograma

A la part inferior d'aquesta imatge podeu veure la gràfica d'un analitzador d'espectres en temps real –conegut en anglès com a RTA (*real time analyser*). En l'eix vertical hi ha el valor, en decibels, de cadascuna de les trenta-una bandes de freqüència analitzades en l'eix horitzontal.



Pla melòdic o sonograma

Ensenya l'evolució de la freqüència en el temps. Mostra la freqüència en l'eix vertical i el temps, en l'eix horitzontal. Es mesura amb el sonògraf.

Tot i que alguns editors de so l'incorporen, aquesta representació s'utilitza més en les anàlisis fonètiques que en els treballs de so professional.

3.2. L'edició gràfica del so

Bona part dels aparells habituals d'un estudi de so han convergint i s'han integrat en els editors gràfics de so digital. Per tant, un únic aparell pot fer la majoria de processos propis de la postproducció sonora –aquests sistemes es coneixen amb el nom d'**estacions de treball d'àudio digital (DAW¹⁷)**.

⁽¹⁷⁾Sigla de *digital audio workstations*.

Podríem diferenciar tres classes d'editors de so. Els uns, pensats per als compositors i creadors musicals i compatibles amb la tecnologia MIDI –Sonar 2, Music Creator, Cubase, Logic Audio, etc. Uns altres, dissenyats per a la postproducció audiovisual professional, amb multitud de complements i prestacions –Pro Tools, Cool Edit Pro, Sound Forge, etc. I els tercers, extremadament fàcils de fer funcionar i adients per a un ús domèstic –Audacity, Wave Lab, Gold Wave, etc. Tots, però, permeten de fer la feina amb gran precisió i rapidesa.

Edició lineal, no lineal i en xarxa

L'edició sonora lineal consisteix a escollir els fragments d'àudio que interessin del reproductor i copiar-los, de manera seqüencial, en el suport enregistrador. L'edició lineal típica seria la que es fa de cinta DAT reproductora a cinta DAT enregistradora.

L'edició no lineal es basa en l'ús dels ordinadors. Una vegada el so original està enregistrat, en brut, ho podem fer tot i en l'ordre que vulguem: unir, esborrar, copiar o inserir qualsevol fragment.

Amb els sistemes d'edició multipista no lineals podem traslladar cada fragment del so original a la pista que escollim, en el moment temporal que li correspongui. Sempre que s'hagi de reajustar un fragment es pot tornar a desplaçar en el temps sense que afecti la resta.

La gran versatilitat d'aquests sistemes i la possibilitat de la majoria de sistemes d'edició informàtica de desfer operacions no vàlides, han convertit aquesta modalitat d'edició gràfica no lineal en la més emprada en la postproducció audiovisual.

Els editors de so com Pro Tools poden treballar en perfecta sincronia amb els d'imatge, com Media Composer o Film Composer, d'Avid. Això facilita la feina i la fa més precisa i ràpida.

Una de les últimes novetats en el camp de l'edició no lineal és la possibilitat de treballar en xarxa. El sistema d'edició no lineal professional Pro Tools incorpora la funció DigiStudio, que permet d'interconnectar per Internet dos editors que es troben en estudis diferents. Els aparells treballen en un entorn virtual comú.

DigiStudio és una aplicació desenvolupada per Digidesign i Rocket Network i pensada perquè els usuaris de Pro Tools puguin compartir les sessions de treball en temps real, connectats a Internet, o bé enviar-se mútuament pistes de so per a carregar-les en les sessions locals –per a continuar-hi treballant quan vulguin sense connexió a Internet. DigiStudio gestiona la tramesa i recepció de les pistes de Pro Tools a Pro Tools, autoritza uns usuaris a escoltar-les i als altres els permet de fer-hi modificacions.

Per tant, d'uns anys ençà, l'edició sonora està a l'abast de tothom que tingui un ordinador multimèdia.

Escoltem un fragment de l'espai "Alguna pregunta més?" –premi Ondas 97–, d'*El Matí de Catalunya Ràdio*, com a exemple d'ús creatiu de l'editor gràfic de so.

Quan volem crear un nou fitxer de so en un editor, primer hem de conèixer les característiques del so original que s'ha d'enregistrar, i segon, hem de decidir amb quina qualitat sonora el volem digitalitzar. Això condicionarà tant la freqüència de mostratge –*sample rate*– com el nombre de bits per mostra –*resolution*– que es facin servir.

Les freqüències de mostratge i el nombre de bits per mostra

Recordem breument el següent:

- Les freqüències de mostratge per sota dels 30 kHz donen poca qualitat sonora.
- 32 kHz podria donar una qualitat de so similar a la de la ràdio en freqüència modulada.
- 44,1 kHz seria la freqüència de mostratge dels discos compactes.
- 48 kHz és un valor molt emprat en aparells de so professional dels noranta.
- 96 i 192 kHz serien els valors que fan servir els equips més moderns de gamma alta.

Pel que fa al nombre de bits per mostra, les quantitats més habituals són:

- 16 bits, so professional dels noranta.
- 24 bits, so professional dels noranta de gamma alta.
- 32 bits, equips professionals més moderns.

Podem tenir una bona fidelitat en un enregistrament digital a partir de valors de 44,1 kHz i 16 bits.

Quan l'enregistrament es fa amb l'objectiu de manipular el senyal repetidament, com més mostres tinguem i més precisos siguin els valors, millors seran els resultats, perquè el sistema informàtic té més dades i pot fer els càlculs amb més precisió. Lògicament, en aquest darrer cas l'ordinador ha de tenir molta memòria i una velocitat de processament de dades molt alta.

També hem d'escollir si volem treballar en format monofònic, estereofònic o multipista. Els editors professionals permeten d'obrir noves pistes a mesura que es necessiten. Podem començar una postproducció amb sis pistes i acabar-la amb deu. Tot i aquesta possibilitat, és recomanable plantejar-se abans de gravar què s'ha de fer i com es distribuiran i ompliran les pistes.

Les representacions gràfiques dels sons, en forma d'oscil·logrames, ajuden molt l'usuari a poder veure on fa els talls i les unions. La funció de *zoom* amplia tant la forma d'ona que permet la microcirurgia sonora.

Tot consisteix a seleccionar amb el ratolí la part del senyal que volem processar i després, a triar la funció o l'efecte que li vulguem aplicar.

Com que la majoria de programes d'edició permeten de desfer l'última funció executada ("Desfer" [*undo*]), això dona una gran tranquil·litat a l'usuari, que pot retocar el que no li agradi o repetir el que no hagi fet bé.

Lectures recomanades

Alguns manuals dedicats a l'edició sonora són:

Katz, B. (2003). *Mastering Audio: The Art and the Science*. Oxford: Focal Press.

Derry, R. (2003). *PC Audio Editing* (2a. ed.). Oxford: Focal Press.

Les instruccions bàsiques de l'edició sonora, que es troben en els menús principals [*edit menu*], són tres:

- 1) "Tallar" [*cut*]: elimina la zona de l'oscil·lograma seleccionada.
- 2) "Copiar" [*copy*] i "Enganxar" [*paste*]: es marca una zona de l'oscil·lograma i amb l'ordre *copy* el sistema informàtic duplica el so a la memòria RAM. Portem el punter al lloc on vulguem fer la inserció i amb el comandament *paste* apareix el fragment copiat.
- 3) El *mix paste* és una variant que permet de superposar (*overlap*), o mesclar, entre el final i el principi dels fragments enganxats.

Resum

- Bona part dels aparells habituals d'un estudi de so han convergit i s'han integrat en els editors gràfics de so digital. La seva gran versatilitat han convertit aquesta modalitat d'edició gràfica no lineal en la més emprada en la postproducció audiovisual.
- L'edició no lineal permet de fer-ho tot i en l'ordre que vulguem: unir, esborrar, copiar o inserir qualsevol fragment. Amb els sistemes multipista, sempre que s'hagi de reajustar un fragment es pot tornar a desplaçar en el temps sense que afecti la resta.

Exemple amb el *mix paste*

Primer podreu escoltar el fragment de paraula original.
I ara sentireu una petita edició basada en una sèrie de repeticions de fragments de l'original.

4. Processament digital del senyal

Els editors de so no serveixen només per a tallar i enganxar. També permeten de fer un processament digital del senyal (DSP¹⁸) complet.

⁽¹⁸⁾Sigla de *digital signal processing*.

Alguns efectes d'aparells analògics han esdevingut un estàndard i encara es fan servir, però ara es troben en forma de programari, dins dels connectors (*plugin*) d'alguns programes com l'Audio Suite, de Pro Tools.

Cada un dels efectes es pot aplicar de manera predeterminada –utilitzant els valors que hi ha per defecte en l'editor– o personalitzada –programant els paràmetres de cada efecte en les caselles de les finestres corresponents.

Efectes en editors de so

Molts editors incorporen els efectes bàsics de so dins dels menús principals. Si es vol ampliar el nombre d'efectes, cal instal·lar els connectors corresponents en forma:

- De programes: Microsoft DirectX; Master X 3, de TC Electronic; Renaissance o Platinum, de Waves; i Audio Suite, de Digidesign, per a Pro Tools.
- De targetes: UAD-1 DSP, de Mackie Inc.; TDM –amb xips DSP–, HTDM o la Project Studio, totes tres de Digidesign, per a Pro Tools, amb processament del senyal en temps real.
- De mòduls independents: PowerCore FireWire, de TC Electronic.

En els editors gràfics de so, amb el ratolí, marquem la part de l'oscil·lograma que cal processar i després escollim en els menús l'efecte que s'ha d'aplicar i els paràmetres. El sistema durà a terme el càlcul corresponent i farà l'operació. La forma de treball descrita no és en temps real. Alguns equips incorporen el processament digital del senyal en temps real: el senyal s'ajusta mentre s'enregistra o reproduceix.

El processament del senyal també es pot fer amb aparells digitals específics per a cada funció.

Molts sistemes es refereixen al so que entra per a ser processat amb la paraula anglesa *dry signal*, i la part del senyal que surt amb l'efecte escollit rep el nom de *wet signal*.

4.1. Processament de la dinàmica

El **guany** (*gain*, *amplify* o *volume*) puja o baixa el nivell de la regió escollida. El senyal augmenta o davalla de volum els decibels indicats. A banda d'ajustar els nivells d'un senyal monofònic o estereofònic, aquesta funció és la que permet als editors multipista de fer una mescla conjunta de totes les pistes sense necessitat de passar per una taula.

La **normalització** consisteix a fer que els pics del senyal enregistrat, sigui quin sigui el nivell, arribaran automàticament al fons d'escala (0 dBFS).

Quan marquem una zona del senyal i fem una **fosa d'entrada** (*fade-in*), en aquell temps, el senyal incrementarà de volum, gradualment, des de zero fins al valor que tingui al final de l'àrea triada. D'altra banda, la **fosa de sortida** (*fade out*) fa davallar el senyal des del nivell de volum que tingui fins a zero, en el temps corresponent a l'àrea marcada. Per acabar, un **encadenament** (*cross fade*) consisteix a fer desaparèixer gradualment un so i fer-ne aparèixer simultàniament un altre sobre el primer.

Exemples de foses

Primer podreu escoltar el fragment de paraula, amb les breus repeticions, amb una fosa d'entrada.

En segon lloc podreu escoltar el mateix senyal, però ara amb una fosa de sortida.

I, per acabar, l'encadenament de la repetició del fragment original.

Aparells processadors de la dinàmica

Hi ha equips que controlen la dinàmica dels programes sonors de manera automàtica.

Bàsicament es parla de modificadors de la dinàmica quan es tracta de compressors i d'expansors, però també s'inclouen en aquest tipus d'equips els limitadors, els processadors multibandes de pics, les portes de soroll i els filtres antisibilació (*sibilance*). És habitual que un sol aparell els inclogui tots.

Si treballem amb un multipista, necessitarem un processador de dinàmica per canal.

El Quantum II

Un exemple de processador dinàmic digital professional és el Quantum II, de la marca Dbx, que mostreja a 96 kHz i quantifica a 48 bits. El sistema divideix l'espectre de cada canal en quatre bandes independents i en processa la dinàmica de manera independent.

Normalització d'un senyal

Primer podreu escoltar un fragment de paraula enregistrat a -12 dB.

Ara podreu escoltar la diferència de volum una vegada aplicada la normalització del senyal.



© Harlam International Industries, Inc.

La imatge següent mostra la unitat de control de dinàmica Behringer Multicom PRO-XL MDX4600, que incorpora les funcions de compressor, expansor, limitador i porta de soroll per a quatre canals.



© Behringer GmbH

La marca Dbx té un processador dinàmic digital (*digital dynamics processor*) que treballa en temps real, amb mostres de 24 bits, i que permet d'escollir, en l'ordre que es vulgui, les funcions següents: portes de soroll, compressor, limitador i antisibilació (*de-essing*).

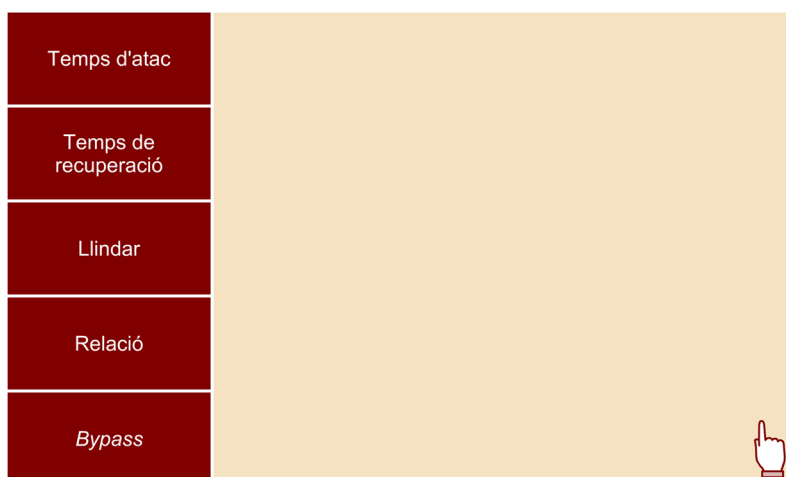


© Harlam International Industries, Inc.

Limitador

Dispositiu que redueix el guany d'entrada, ràpidament i en gran quantitat, només quan el nivell del senyal supera el llindar fixat. A la part del senyal que es manté per sota no se li aplica cap tractament.

Un limitador, per tant, no controla la dinàmica global del nostre missatge sonor, només evita les distorsions produïdes pels pics curts i intensos –transitoris.



Processador multibanda de pics

Per a evitar caigudes brusques a la sortida d'un limitador quan hi ha forts pics a l'entrada, algunes marques han dissenyat els processadors multibandes de pics. Aquests aparells divideixen l'espectre de senyal estereofònic en tres bandes, normalment, i fan un control "intel·ligent" dels pics: ajusten el llindar automàticament segons el nivell del programa, i limiten només la banda de freqüència on es produeix el pic, sense alterar la resta de l'espectre.

Dominator II d'Aphex



© 2003 Aphex Systems, Ltd.

Compressor

El compressor redueix el guany del senyal d'entrada en raó proporcional a la quantitat d'aquest senyal que hagi ultrapassat el llindar fixat. La dinàmica del senyal disminueix.

La funció del compressor és controlar automàticament la dinàmica del missatge sonor: atenua els nivells alts i amplifica els baixos.

Compressió d'un senyal

Primer podreu escoltar el fragment de paraula original. El nivell mitjà del senyal està en els -6 dB i els seus pics arriben a -1 dB.

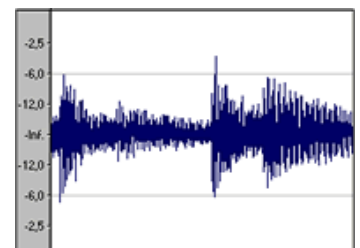
Ara sentireu el mateix so excessivament comprimit. El llindar està molt baix, a -20 dB. La relació de compressió, força alta, és de 10:1. El temps d'atac és molt ràpid, 5 ms. I el temps de recuperació, 500 ms.

El compressor es pot fer servir per a anivellar el so d'un cantant que s'acosti i s'allunyi del micròfon –s'ha d'aconseguir que la veu tingui sempre una presència en primer pla– o per a garantir un nivell homogeni i continu dels nivells en un enregistrament. El compressor ajuda a mantenir un missatge sonor tota l'estona a la part més alta de la dinàmica, sense saturar, i fa que soni amb més definició i amb més sensació de volum.

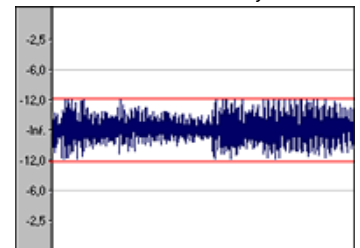
Com menys percentatge del senyal hàgim de comprimir, millor: més controlat tenim el senyal i més fidels som a la seva dinàmica original.

L'ideal és que el compressor actuï com un element de correcció lleugera i no dràstica. Podríem afirmar que com menys se'n noti l'efecte, millor –tret dels casos en què es vulgui experimentar amb un so molt comprimit amb una clara voluntat expressiva o artística. Això significa que, com a criteri general, com més alt estigui el llindar de treball i més petita la relació (o ràtio) de compressió, millor –per sota de 6:1.

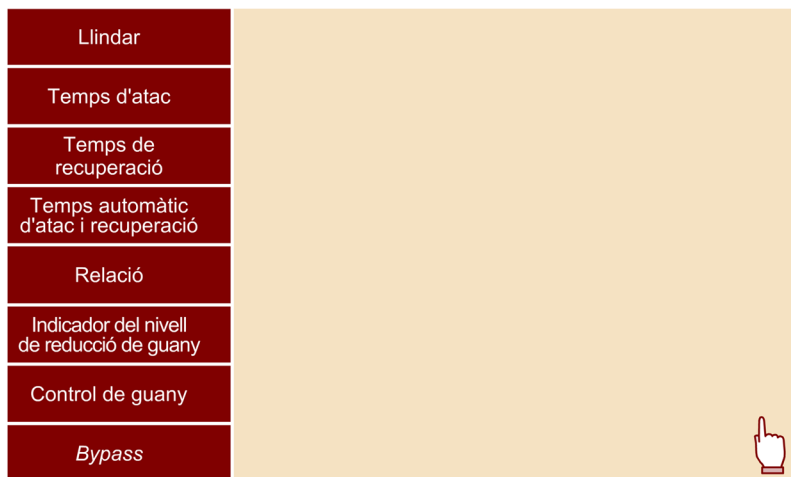
Senyal abans i després de ser comprimit



Senyal d'entrada



Senyal comprimit



Alguns editors de so digital porten el connector **Wave Hammer**, que combina les funcions del compressor clàssic amb les del normalitzador del volum. És una eina útil per a afinar els nivells finals d'un màster.

Expansor

L'expansor incrementa la dinàmica sonora de manera proporcional. Té més dinàmica a la sortida que a l'entrada.

Model d'expansor ExpanderGate 622 d'Aphex



© 2003 Aphex Systems, Ltd.

Poden operar de dues maneres: amplifiquen el que superi el llindar o atenuen tot el que es mantingui per sota.

L'ús de l'expansor

Es pot emprar un expansor per a aconseguir un so del bombo d'una bateria sec i contundent. Si la caiguda de cada impacte –transitori– es mescla amb el següent, el so és brut i confús. Si posem el llindar de l'expansor alt, quan el nivell del transitori el superi en sentit descendent, l'aparell atenuarà més de pressa el volum, per la qual cosa el so de cada impacte sonarà més contundent i definit.

Porta de soroll

Una porta de soroll evita l'amplificació dels sorolls de fons no desitjats. Tècnicament funciona com un circuit expansor amb un llindar molt baix.

Per a treballar amb portes de soroll, cal saber el nivell per sobre del qual està tot el programa per a enregistrar o reproduir. Després, el llindar de la porta de soroll s'ajusta en aquell punt. La part del so que ultrapassi aquest llindar no es veurà afectada en res –el sistema treballa amb relació 1:1–, mentre que la que quedi per sota no passarà –les atenuacions són aproximadament de 90 dB.

Cal anar molt amb compte a l'hora de fixar el valor del llindar de la porta de soroll: un valor massa alt reduirà la dinàmica del so, mentre que un nivell excessivament baix faria que no servís per a res.

Portes de soroll

Primer podreu escoltar el fragment de paraula original. El nivell mitjà del senyal està en els -6 dB i els pics arriben a -1 dB.

Com acabem de dir, una porta de soroll amb el llindar massa alt pot afectar la dinàmica del so que s'ha de reproduir i, fins i tot, el pot entretallar. Ara sentireu un exemple de mal ús d'una porta de soroll, com a conseqüència de tenir un llindar de treball massa elevat, a uns -6 dB. El so el notareu retallat.

Les portes de soroll s'acostumen a posar en els micròfons de la bateria per a evitar que el so d'un instrument entri per diversos canals.

Ús de portes de soroll

Quan el bateria ataca la caixa, per exemple, la porta d'aquell micròfon s'obre i el senyal arriba al canal corresponent de la taula de mescles o l'editor de so. Quan el bateria no toca la caixa, aquella porta de soroll es tanca i no arriba cap senyal en aquell canal.

Filtre antisibilació

El soroll de fregament que produeix l'aire quan passa entre les dents, a l'hora de pronunciar una *essa* o una *efa*, té molta energia i, a banda de l'efecte més o menys desagradable, pot produir distorsió. Per a evitar-ho hi ha el filtre anti-sibilació (*sibilance*, *de-essing* o *de-esser*), dissenyat per a eliminar només la part específica de l'espectre on es produeix el fregament.

Filtre antisibilació



© SPL electronics GmbH



Porta de soroll Dbx 904
© Harlan International Industries, Inc.

El filtre antisibilació està format per dues branques: la primera té un filtre que elimina les freqüències pròximes als 6 kHz, i la segona té un filtre passabanda variable, sintonitzable en uns 6 kHz i connectat a un compressor, que redueix la dinàmica d'aquestes freqüències en uns -20 dB.

És millor eliminar el soroll provocat per la pronúncia de les *esses* amb un filtre específic que amb equalitzador gràfic. Si fem servir l'equalitzador gràfic, sempre perdrem una part del component d'aguts, mentre que amb el filtre antisibilació no.

Saturador o distorsionador de volum

Un senyal ajustat de nivells correctament es pot distorsionar en volum i obtenir un so saturat.

Aquest efecte pot tenir finalitats creatives o simular el so d'una instal·lació electroacústica de baixa qualitat o mal ajustada.

Resum

- Els processadors de la dinàmica controlen el nivell dels programes sonors de manera automàtica.
- Hi ha compressors, expandors, limitadors, processadors multibandes de pics, portes de soroll i filtres antisibilació.

Exemple de so saturat

Primer podreu escoltar el fragment de paraula original.
Ara l'escoltareu notablement saturat.

4.2. Processament de l'espectre

4.2.1. Els filtres

Els filtres d'àudio deixen passar un determinat marge de freqüències i rebutgen la resta.

Les seves dues característiques principals són la freqüència de tall i la rapidesa d'atenuació del senyal –caigudes de 12, 18 o 24 dB/octava: com més dB/octava, més ràpid és el tall en freqüència.



4.2.2. L'equalitzador

L'equalitzador és un banc de filtres passabanda.

Un equalitzador serveix per a ajustar el to i el timbre del so, o n'emfasitza o atenua la freqüència fonamental i el component harmònic.

La versió més simple d'un equalitzador seria el control de greus i aguts –*bass & treble*.

Ús de l'equalitzador

No és recomanable forçar gaire l'equalització d'un so quan l'enregistrem. Sempre és millor esperar a fer-ho en el moment de la mescla, quan reproduïm tots els sons simultàniament –el mateix so es percep diferent quan sona formant part d'un conjunt que quan sona sol.

No es poden donar receptes exactes per a equalitzar les veus, els efectes de so o els instruments musicals. Per a aconseguir un bon tractament en freqüència cal anar educant i afinant la nostra sensibilitat sonora.

Una bona equalització ajuda a diferenciar, a separar, els sons que es produeixen alhora –millora la definició de la mescla. Convé reforçar les freqüències fonamentals de cada so perquè es puguin percebre amb nitidesa, i s'ha d'evitar que la resta de freqüències –harmònics– interfereixin en les freqüències principals dels altres sons.

Altres usos de l'equalització són compensar les deficiències acústiques d'una sala o crear alguns efectes sonors.

Activitat

Si teniu un equalitzador, ni que sigui de tres o quatre bandes, podeu simular el so d'una línia telefònica analògica. Emfatziteu al màxim les freqüències d'entre 200 i 2.000 Hz i atenueu la resta al màxim.

Tipus d'equalitzadors

Hi ha tres tipus d'equalitzadors: els gràfics, els paramètrics i els inserits en el canal d'una taula de mescla.

Criteris

Seguidament recollim una sèrie de criteris, fonamentalment musicals, que poden servir de punt de partida perquè cadascú trobi el mètode de treball i l'estil sonor propi. D'altra banda, no ha de passar per alt que l'equalització d'un senyal és força subjectiva i permet força variants.

En les bandes de greus, de 20 a 200 Hz, hi ha les freqüències que donen cos al so. Marquen el component rítmic. Ara bé, si es reforcen massa, provoquen emmascarament i pèrdua de definició.

La banda de mitjans, de 200 a 5.000 Hz, es pot subdividir en dues parts: entre 200 i 1.000 Hz trobem les freqüències fonamentals de molts instruments i de la veu; entre 1.000 i 5.000 Hz, les dels instruments aguts i un bon nombre d'harmònics. Molt d'èmfasi entre 600 i 1.000 Hz pot produir la sensació que el so surt d'un tub o d'un corn.

En les bandes d'aguts, més de 5.000 Hz, només hi ha harmònics. El reforç d'aquestes freqüències dóna sensació de claredat i brillantor sonora. Tanmateix, si el reforç és excessiu, el so serà estrident.

Equalització de la veu

La majoria de veus tenen les freqüències fonamentals entre els 120 i els 700 Hz –els baixos poden arribar als 85 Hz i les sopranos als 1.000 Hz. Gran part dels seus harmònics estan per sota dels 7 kHz.

En els diàlegs en què es crida s'intensifiquen les freqüències compreses entre els 500 i 700 Hz.

La taula següent mostra a grans trets els efectes de l'equalització en la veu per cada terç d'octava:

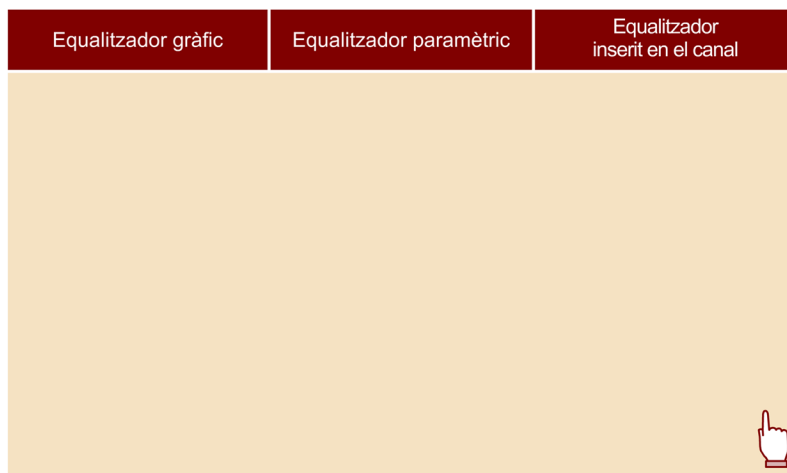
40 a 125 Hz	Sensació de potència i de presència en veus molt greus
160 a 500 Hz	Fonamentals principals de les veus
630, 800 i 1 KHz	Importants pel que fa a la naturalitat. Massa èmfasi pot produir la sensació que la veu surt d'un tub o un corn.
1,25 a 4 KHz	Reforçament dels formants vocàlics. Important per a la intel·ligibilitat i la claredat.
Pels volts dels 4 KHz	Es reforça la sensació de presència, de plenitud i proximitat.
5, 6,3 i 8 KHz	Cal anar amb compte amb la sibilació que es produeix en els 5 o 6 kHz.

Equalització dels instruments musicals

Les freqüències fonamentals de la gran majoria d'instruments estan compreses entre els 32 Hz –el do de l'escala més greu d'un piano– i els 4.200 Hz. Per sobre dels 5 kHz hi trobem bàsicament els harmònics.

Podem resumir en una taula, d'una manera molt general i aproximada, els efectes de l'equalització en els instruments musicals per cada terç d'octava.

31, 40, 50 i 63 Hz	Algunes fonamentals molt greus de piano, baix, tuba i bombo. El contrabaix arriba a uns 33 Hz. Per sota de 70 Hz, però, la radiació és molt baixa -30 dB per sota de les freqüències amb més sonoritat. El bombo està pròxim als 50 Hz. Massa èmfasi en aquestes bandes pot produir emmascarament i zumzeig a 50 o 60 Hz.
80, 100 i 125 Hz	Fonamentals de piano, baix, violoncel, tuba, trombó i timbal. Entre 100 i 125 Hz s'ha d'anar amb compte amb l'allargament dels sons greus (sensació de "buuum"). Donen cos al so. Marquen el component rítmic.
160, 200 i 250 Hz	Fonamentals de piano, baix, violoncel, guitarra, tuba, trombó, trompeta, flauta, clarinet, saxofon i timbal. Si es reforcen els nivells de la percussió pels volts de 200 Hz, el so sonarà més ple.
315, 400 i 500 Hz	Fonamentals de piano, violoncel, guitarra, violí, trombó, trompeta, flauta, clarinet, saxofon i timbal. Als 440 Hz hi ha el la tercer d'afinació.
630, 800 i 1 KHz	Fonamentals de piano, guitarra, violí, trompeta, flauta, clarinet, saxofon i instruments de percussió aguda. Harmònics d'instruments de corda i vent. Molt d'èmfasi entre 600 i 1.000 Hz pot produir la sensació que el so surt d'un tub.
1,25 a 4 KHz	Fonamentals de piano, violí, flauta, clarinet, saxofon i percussions de metall. Harmònics d'instruments de corda, vent i percussió. El marge de 1,25 a 4 kHz reforça la sensació de plenitud dels instruments de corda. En els 3 kHz es reforça l'atac de les percussions de metall. Massa èmfasi entre 1 i 2 kHz pot produir una sensació excessiva de brillantor.
5, 6,3, 8 KHz	Harmònics de la percussió de metall, instruments de vent (saxofon, fins a 8 kHz; flauta, 6 kHz) i de corda (guitarra, fins a 6 kHz; violoncel, 8 kHz). Si reforcem les bandes pròximes als 6 kHz, en els instruments de vent de fusta, i als 8 kHz, en els instruments de vent de metall, es reforça la sensació de plenitud. Aquestes freqüències donen claredat i definició als instruments, tot i que si el reforç és excessiu sonarà estrident.
10, 12,5 i 16 KHz	Dóna brillantor als harmònics més alts de la percussió de metall i als instruments de vent (trombó, fins a 10 kHz; clarinet, 12 kHz; trompeta, 15 kHz) i de corda (violí, fins a 10 kHz; piano, 15 kHz). En els 10 kHz es reforça la brillantor de les percussions de metall. En els sintetitzadors i mostrejadors convé reforçar aquestes freqüències si tenen poc component tímbric.



19 20 21 22

(19) Les octaves

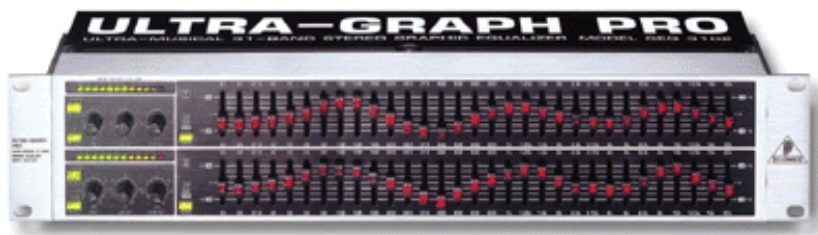
L'**octava** és l'interval que hi ha entre dues freqüències que tenen una relació dos –una és el doble de l'altra.

El marge de freqüències oïbles comprèn aproximadament unes deu octaves. Les freqüències preferents, o centrals, de les octaves són: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1.000; 2.000; 4.000; 8.000 i 16.000 Hz.

El **terç d'octava** és l'interval que hi ha entre dues freqüències que tenen una relació 1,25. En llenguatge musical, un terç d'octava equival a quatre semitons.

Les trenta-una freqüències centrals dels terços d'octava, normalitzades per l'ISO, són: 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000, 5.000, 6.300, 8.000, 10.000, 12.500, 16.000 i 20.000 Hz.

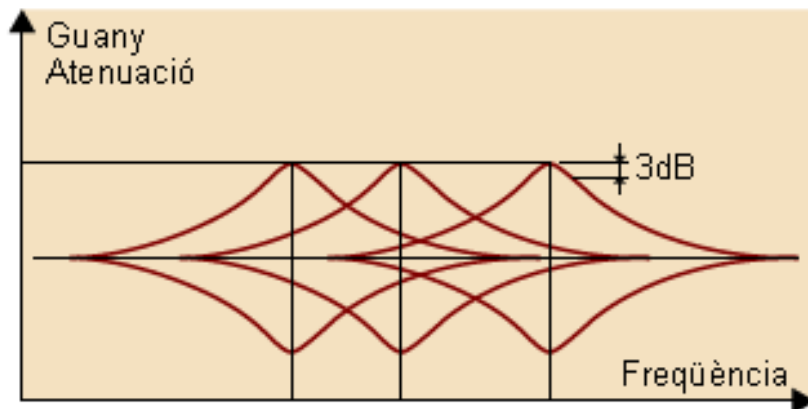
(20)



Equalitzador gràfic Behringer ULTRA-GRAPH PRO GEQ3102
© Behringer GmbH

(21) Corbes d'equalització

La imatge mostra com puc desplaçar la campana del filtre per a cada banda de freqüència.



(22) Exemple d'equalitzador paramètric

Un equalitzador paramètric de quatre bandes podria estar format per un bloc d'altres freqüències, de 800 Hz a 16 kHz; un de mitjanes/altres freqüències, de 500 Hz a 10 kHz; un de mitjanes/baixes freqüències, de 200 Hz a 4 kHz; i un de baixes freqüències, de 40 a 800 Hz.



Behringer ULTRA-Q PRO PEQ2200
© Behringer GmbH

Efectes

A continuació presentem alguns exemples d'efectes que es poden obtenir amb l'ús d'equalitzadors.

Primer podreu escoltar un fragment de paraula original.

Ara escoltareu l'efecte d'una equalització en greus excessiva. El processament s'ha fet amb un equalitzador d'octava –de deu bandes: s'han emfasitzat +15 dB les bandes de 28, 56 i 113 Hz i s'han atenuat 15 dB totes les altres.

La segona equalització reforça excessivament els mitjans. S'emfasitzen +15 dB les bandes de 225, 50, 900 i 1.800 Hz i s'atenuen 15 dB totes les altres.

La tercera equalització permet d'escoltar què passa quan es reforça excessivament els aguts. S'emfasitzen +15 dB les bandes de 3,6, 7,2 i 15 kHz i s'atenuen 15 dB totes les altres.

En el món del so digital podem trobar els equalitzadors integrats dins de sistemes d'edició o mescla, o bé com a equips independents.

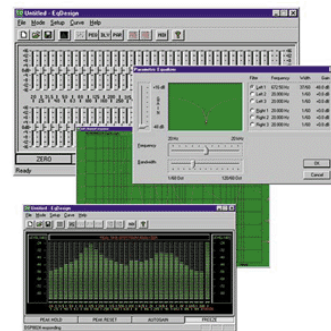
Per exemple, la marca TC Electronic té l'equalitzador digital EQ Station-8, que processa el senyal a 48 bits i inclou, per a cada canal, un equalitzador paramètric de sis bandes i un de gràfic de vint-i-nou bandes.



TC Electronic EQ-Station
© TC Electronic A/S



Behringer ULTRA-CURVE PRO DSP8024
© Behringer GmbH



Pantalla Behringer ULTRA-CURVE PRO DSP8024
© Behringer GmbH

4.2.3. Distorsionador de freqüència

Aplicant la distorsió harmònica, o d'altres menes, es canvia la composició espectral del senyal original i s'ona distorsionat. Apareixen freqüències que "embruten" el timbre original.

Malmetre un senyal correcte és una de les maneres d'experimentar dins de la interpretació musical o de la creació sonora audiovisual per a trobar noves sonoritats.

4.2.4. Canvi de to

El canvi de to (*pitch control* o *pitch transposer*) permet un so més greu –fins a arribar a ser demoníac– o més agut –semblant al dels barrufets–, sense canviar-ne la durada temporal.

Distorsionador de freqüència

Primer podreu escoltar el fragment de paraula original.
Ara l'escoltareu notablement distorsionat en freqüència.

Els aparells o editors digitals fan tots aquests processos a partir de càlculs matemàtics –el canvi de to es fa arxivant les dades en memòria i fent-ne un nou mostratge a freqüències més altes o més baixes. Alguns aparells poden fer aquests càlculs en temps real i d'altres necessiten un cert temps de processament.

Auto Tune

Hi ha una variant dels canviadors de to, que en el Pro Tools es diu *Auto Tune*, dissenyada per a ajustar l'afinació d'un so ben interpretat, però una mica desafinat. Es tria la zona desitjada i la funció puja o baixa la tessitura.

4.2.5. Processador psicoacústic d'harmònics

Un processador psicoacústic genera freqüències harmòniques, normalment entre 1 i 7 kHz –marge en què l'oïda té bona sensibilitat–, en correlació amb les del so original, per tal de reforçar-ne el component espectral. Permeten de seleccionar la quantitat de senyal original que s'ha de processar, la freqüència on volem el reforç més elevat i la quantitat de senyal processat que volem sumar a l'original.

En anglès, aquests aparells tenen diversos noms: *spectral enhancement*, *digital exciter*, *harmonizer*, etc.

A la pràctica serveixen per a aconseguir un increment de la sonoritat i, per tant, de la sensació de presència. Incrementen el volum subjectiu de l'oïdor sense haver de donar més potència a l'amplificador. També donen més brillantor al so.

Els processadors psicoacústics són útils per a reforçar el timbre dels instruments –els címbals d'una bateria o una guitarra; per a millorar la qualitat de so dels senyals digitalitzats a baixes freqüències de mostratge; per a donar més claredat i definició a les veus; per a donar més vida a un so directe apagat, o per a treballs de restauració sonora.

Resum

- Els filtres d'àudio deixen passar un determinat marge de freqüències i rebutgen la resta.
- L'equalitzador és un banc de filtres passabanda. Serveix per a ajustar el to i el timbre del so, i n'emfasitzen o atenuen la freqüència fonamental i el component harmònic.
- L'equalitzador gràfic mostra la corba de processament en freqüència al frontal.
- L'equalitzador paramètric permet d'ajustar les característiques del processament en freqüència de cada banda.
- Els processadors psicoacústics reforcen els harmònics del senyal.

Canvi de to

Escoltem ara com canvia el to de la veu del nostre fragment original. Primer l'apugem en deu semitons i la veu sonarà molt aguda.

I per a comprovar el contrast, ara abaixem en deu semitons l'original i la veu sonarà molt greu.

Un processador psicoacústic

Un exemple de processador psicoacústic seria el processador d'espectre Spectralizer de la marca SPL.



© SPL electronics GmbH

4.3. Processament del temps

4.3.1. Reverberador

L'Institut Nord-americà de Normalització (ANSI) defineix la reverberació com la persistència del so en un espai tancat a causa de reflexions múltiples després que la font de so original s'hagi aturat.

La **reverberació** és l'efecte sonor d'allargament que notem en els interiors quan el so reflectit se superposa al so directe. L'atenuació gradual del camp sonor reverberant al llarg del temps es denomina **decaïment** (*decay*).

La mesura de la reverberació

Sabine va idear el mètode per a mesurar el grau de reflexió de les parets d'una sala: emetre un so, tancar la font i mesurar el temps que perdura aquest so fins que es fa inoïble. Per a Sabine, el temps de reverberació era el temps que passava fins que el valor de la pressió de l'energia reflectida baixava un milió de vegades.

Actualment es defineix el temps de reverberació com el temps necessari perquè el senyal directe davalli 60 dB després que la font sonora s'apaga.

Per a fer les mesures pràctiques es porta un sistema que inclogui una font de soroll, un registrador gràfic, un sonòmetre i un banc de filtres.

El temps de reverberació depèn el volum de la sala i dels coeficients d'absorció de les superfícies. Com més coeficient d'absorció, menys temps de reverberació, i com més volum, més temps de reverberació.

Sabine va calcular una fórmula teòrica per a trobar el temps de reverberació d'una sala; simplificada, seria aquesta:

$$\text{Temps de reverberació} = \frac{0,161 \cdot \text{Volum}}{\text{Absorció total}}$$

El temps de reverberació d'una sala varia amb la freqüència. Sempre augmenta amb freqüències baixes. Això passa perquè moltes superfícies només absorbeixen les freqüències altes i mitjanes.

En un camp reverberant, tot i les múltiples reflexions de la sala, el senyal directe sempre fixa la direcció de la font.

La constant de temps de l'oïda humana és d'uns 50 ms. Les reflexions que arriben amb una diferència inferior als 50 ms es perceben com un únic so. Dins dels tres primers mil·lisegons (ms), qualsevol senyal reflectit, que arribi juntament amb el directe, modifica la direccionalitat de la font principal. Tots els senyals reflectits que arribin amb retards entre els 3 i els 30 ms, i que no ultrapassin en més de 10 dB el senyal directe, no afecten la direccionalitat de la font principal i en milloren la intel·ligibilitat. Aquesta llei es coneix amb el nom de *lleï de Haas*.

L'efecte de reverberació es pot aconseguir electrònicament mitjançant algorismes matemàtics –VSS o reflector–, tal com passa en els editors gràfics de so, o bé fent passar el senyal d'entrada per una línia de retard, amb un temps inferior als 50 ms, i després per una línia d'atenuació de retorn a l'entrada per sumar-lo al senyal d'aquell instant.

El temps de reverberació es pot conèixer, aproximadament, fent el càlcul següent:

$$T_{rev} = \frac{60 \cdot \text{Retard línia (segons)}}{\text{Atenuació línia (dB)}}$$

Per exemple, un retard de línia de 20 ms i una atenuació de 2 dB produirà aquest temps de reverberació:

$$T_{rev} = \frac{60 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,6 \text{ s}$$

Un bon espai sonor ha de tenir una corba de decaïment uniforme –generalment parabo-loide. Qualsevol alteració en aquesta corba uniforme significaria que hi ha ones estacionàries o ressonàncies de l'estructura.

Per a mesurar el decaïment d'una sala, es reproduïx un so transitori de prova, amb un bon altaveu, i s'estudia l'oscil·lograma del so captat per un micròfon de mesura.

En la taula donem alguns valors dels temps de reverberació en diversos espais interiors.

Locutori
Plató
Estudi musical
Auditòrium
Teatre
Sala de cinema
Grans palaus polivalents
Sala domèstica
Esglésies

23

⁽²³⁾ Els temps de reverberació en un estudi d'enregistrament

Els temps de reverberació mesurats en un estudi professional de so de Barcelona, al locutori i al control, van ser:

Octava	Locutori	Control
Hz	s	s
31,5	0,42	0,55
63	0,3	0,52
125	0,2	0,3
250	0,18	0,28
500	0,15	0,23
1.000	0,11	0,2
2.000	0,11	0,2

Octava	Locutori	Control
Hz	s	s
4.000	0,11	0,2
8.000	0,1	0,17

Un reverberador digital crea amb algorismes la sensació sonora d'allargament i simula les característiques acústiques dels diversos espais.

Per tant, el so enregistrat en un editor digital o el captat per un micròfon, passat per una *rever*, poden sonar com si l'escoltèssim en un lavabo, en una gran nau, etc. La *rever* també ajuda a unir els sons d'una mescla i a omplir l'espai sonor entre els altaveus.

Reverberadors de TC Electronic

La marca TC Electronic té el model estereofònic Reverb 4000, que quantifica a 24 bits i mostreja en freqüències de 44,1 a 96 kHz.



© TC Electronic A/S

Pel que fa a reverberadors dissenyats per al so multicanal, TC Electronic té el Reverb 6000, que pot treballar amb setze canals monofònics o sistemes multicanal 5.1 i 6.1. L'aparell inclou centenars de *revers*: clàssiques (*old classics*), irreal (wild reflections) i dissenys famosos (*halls of fame*) –creades per enginyers de so de música i cinema. El sistema té uns tres-cents preajustaments programats per a la postproducció audiovisual i tres-cents més dissenyats per a enregistraments musicals. Processa el so a 24 bits.



© TC Electronic A/S

En les sonoritzacions audiovisuals, el reverberador és l'eina que ajuda els especialistes a donar versemblança acústica als sons obtinguts d'un disc o als elaborats en un locutori. Però la *rever* també té una altra utilitat: donar sensació de profunditat sonora a la mescla. Una reverberació llarga o curta altera aquesta sensació. Cada so, per tant, ha de tenir la seva pròpia reverberació, segons quin timbre tingui i el pla sonor que ha d'ocupar en la mescla final.

Reverberació

Escoltem com sona una reverberació llarga, obtinguda amb un editor de so digital. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

Després, el mateix so amb l'efecte de reverberació.

Com en qualsevol efecte, és millor aplicar la reverberació que es vol a cada so en el moment de la mescla i no quan s'enregistra. Cada so es percep diferent quan sona sol que quan forma part del conjunt.

Cal anar amb compte amb els temps de reverberació massa llargs perquè poden emascarar altres sons i provocar una pèrdua en la definició de la mescla.

4.3.2. Retardador

La funció del retardador (*delay*) és clara: provocar un retard temporal en el senyal d'entrada.

El temps de retard es pot ajustar entre uns quants microsegons i alguns segons. A la sortida del retardador hi ha el senyal original i el retardat, a un volum més baix.

Retardador

Escoltem com sona un senyal quan s'hi apliquen un parell de retards amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

Ara el processem amb un retard de 75 ms.

Seguidament el processem amb un retard *multitap* de 300 ms.

Un retardador digital –també conegut per la sigla *DDL*²⁴ – emmagatzema el so en una memòria RAM i, després del temps fixat, el reproduïx atenuat.

⁽²⁴⁾Sigla de *digital delay line*

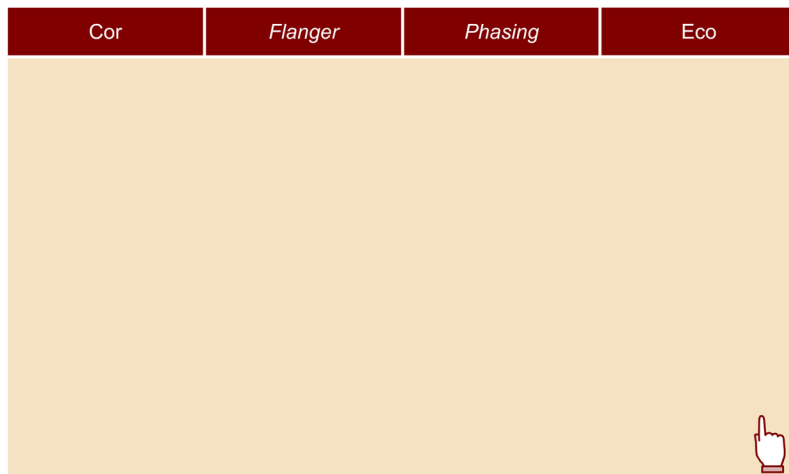
Els retards petits, de fins a 30 ms, no es poden percebre per separat del so original –el seu efecte és semblant al d'una *rever*. En anglès, aquest efecte sonor d'allargament es coneix com a *fattening* ('engreixament').

Amb un temps de retard entre els 30 i els 60 ms, un so es percep com si estigués doblat –aquest efecte en anglès es coneix com a *doubling* o *ADT*²⁵. Es fan servir en el processament de veus o instruments de corda, per exemple, per a allargar el so i augmentar-ne la densitat sonora.

⁽²⁵⁾Sigla d'*automatic double tracking*.

Els temps de retard més llargs, entre els 60 i els 100 ms, que es comencen a percebre amb més claredat es denominen *slap*. A vegades es fan servir per a dissimular un mal final d'un so.

Una altra aplicació dels retardadors és en les reproduccions audiovisuals amb so envoltant. S'aplica un retard d'uns 10 ms als canals posteriors per a reforçar la sensació que el so principal prové del davant. S'aplica la llei de Haas: tots els senyals reflectits d'un mateix so que arribin amb retards d'entre 3 i 30 ms, i que no ultrapassin en més de 10 dB el senyal directe, no afecten la direccionalitat de la font principal i en milloren la intel·ligibilitat.



26 27 28 29 30

(26) L'efecte de cor

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *chorus* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

Ara el resultat del processament amb el *chorus*.

(27) L'efecte de flanger

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *flanger* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb el *flanger*.

(28) L'efecte de wha-wha

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *wha-wha* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb un *wha-wha* molt exagerat.

(29) L'efecte de phasing

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *phasing* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb el *phasing*.

(30) L'efecte d'eco

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte d'eco amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb un eco de 400 ms i diverses repeticions amb un decaïment d'1 segon.

Per a temps de retard superiors als 100 ms es produeix l'efecte sonor d'eco, de repetició clara del so.

4.3.3. Efectes amb modulació de freqüència i retard

Aquests efectes modulen una part de l'espectre del senyal amb un oscil·lador de baixa freqüència (LFO³¹) i després hi apliquen un retard.

⁽³¹⁾Sigla de *low frequency oscillator*.



32 33 34

⁽³²⁾Efecte *vibrato*

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *vibrato* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb un *vibrato* que té una ona moduladora de 2 Hz.

⁽³³⁾Efecte *trèmolo i snipper*

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *snipper* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb el tractament *snipper*.

⁽³⁴⁾Efecte *gapper*

Escoltem com sona un senyal quan s'hi aplica l'efecte de *gapper* amb un editor de so. Primer podeu escoltar el fragment de paraula original.

I ara el resultat del processament amb el tractament *gapper*.

Moduladors en anell

Els moduladors en anell aprofiten la intermodulació de freqüències. Entren dues freqüències i a la sortida s'obtenen els sons corresponents a la seva suma i a la seva diferència. Es fan servir, per exemple, en interpretacions de música electroacústica.

Vocoder

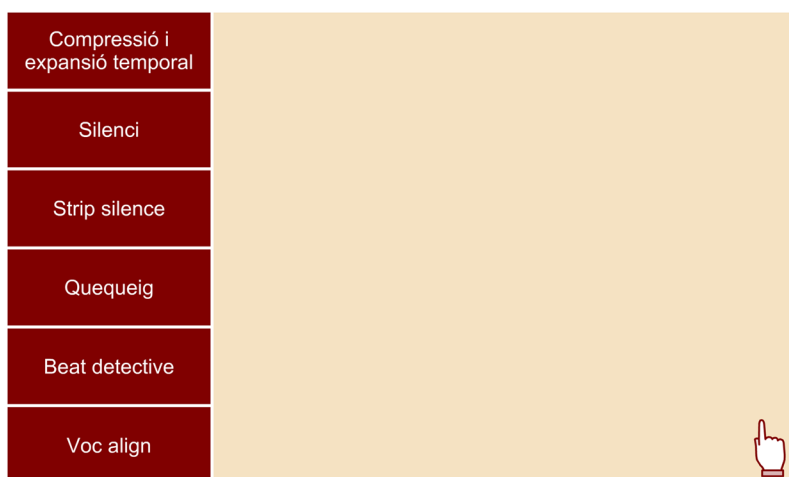
El *voice coder* (*vocoder*) és un efecte que analitza la paraula i la descompon en to principal i formants harmònics. A partir d'aquí es pot variar el to de la veu o canviar-ne el component harmònic.

El *vocoder* també permet de modular les notes d'instruments electrònics midi amb la veu.

A banda de la música electrònica, el *vocoder* també es fa servir per a crear efectes especials de so a partir de la transformació de la veu humana.

4.3.4. Efectes de canvi de durada

Hi ha tres possibilitats: accelerar l'enregistrament i que soni més agut, alen-tir-lo perquè soni més greu o canviar la durada sense que afecti el to.



35 36 37

⁽³⁵⁾ **Compressió i expansió temporal**

Escoltem un allargament i una acceleració del fragment de paraula que estem fent servir com a exemple. En tots dos casos el to canvia lleugerament perquè la variació és molt forçada. Primer escoltem el fragment original.

Ara l'allarguem d'1 segon a uns 2,5 segons.

I tot seguit l'escoltem accelerat, amb una durada d'uns 0,5 segons.

⁽³⁶⁾ **Silenci**

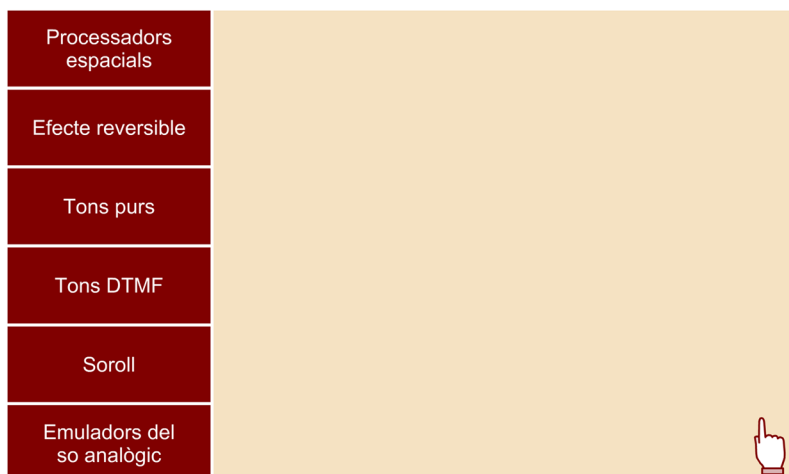
Escoltem com sona el fragment de paraula quan s'hi aplica un silenci d'un segon al mig amb un editor de so.

⁽³⁷⁾ **Quequeig**

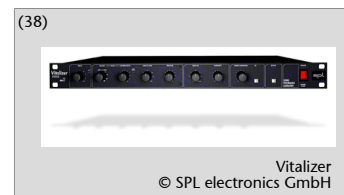
Escoltem com sona el senyal quan s'hi aplica l'efecte de quequeig amb un editor de so. Primer escoltem el fragment original.

I ara el resultat del processament amb el quequeig (*stutter*). El senyal està fragmentat unes nou vegades.

4.3.5. Altres efectes



38 40 41 39 42



(38) Sigla de *dual tones multi frequency*.

(40) Efecte reversible

Escoltem com sona el senyal original al revés.

Ara apliquem una *rever* llarga al so original, després n'abaixem força el to i, finalment, el reproduïm al revés per a intentar de crear una sensació sonora esgarrifosa.

(41) Tons purs

Escoltem com sonen tres ones sinusoidals generades per l'editor de so. La primera té una freqüència de 60 Hz.

La segona té una freqüència de 440 Hz, corresponent a la nota musical la tercera.

L'última té una freqüència de 1.000 Hz, corresponent al senyal d'ajustament que es fa servir abans de molts enregistraments o quan s'han de fer ajustaments de nivell d'àudio en connexions radiofòniques o televisives.

(42) Tons DTMF

Escoltem com sonen setze tons DTMF, generats per un editor de so digital, inserits al mig del fragment de paraula.

Resum

- El reverberador digital crea la sensació sonora d'allargament i simula les característiques acústiques dels diversos espais.
- El *delay* provoca un retard temporal en el senyal d'entrada. Dins dels retardadors podem diferenciar el *chorus*, el *flanger*, el *phasing* i l'*echo*.
- Els efectes amb modulació de freqüència i retard alteren l'espectre o el volum del senyal. Són el *vibrato*, el trèmolo, l'*snipper*, el *gapper*, el modulador en anell i el *vocoder*.
- Es pot comprimir i expandir la durada del so sense canviar-ne la tonalitat. Altres efectes temporals són el silenci, el quequeig (*stutter*), el *voc align*, el *beat detective*, etc.
- Els processadors psicoacústics espacials reforcen la percepció del so estereofònic o del so envoltant.

5. Mescla

La mescla és un treball molt creatiu en el qual s'ha d'aconseguir el millor equilibri sonor possible i la màxima claredat de cada element que forma part del conjunt.

Alguns professionals de la indústria audiovisual cinematogràfica

Alguns dels professionals amb més experiència en mescles cinematogràfiques de la indústria audiovisual de l'Estat espanyol són:

- **Ricard Casals.** *Krámpack* (2000), *La mirada del otro* (1998), *Libertarias* (1996), *La pasión turca* (1994), *Jamón, jamón* (1992), etc.
- **Joan Vidal.** *Carícies* (1998), *Gràcies per la propina* (1997), *Actrius* (1997), *Antàrtida* (1995), etc.
- **Patrick Ghislain.** *Mi vida sin mí* (2002), *Fugitivas* (2000), *Salsa* (1999), *Abre los ojos* (1997), *En brazos de la mujer madura* (1996), etc.
- **Ray Gillon.** *El espinazo del diablo* (2001), *Plenilunio* (2000), *Celos* (1999), *El perro del hortelano* (1995), etc.
- **José Antonio Bermúdez.** *Hable con ella* (2002), *Sin noticias de Dios* (2001), *Nosotras* (2000), *Todo sobre mi madre* (1999), *Leo* (1999), *Entre las piernas* (1999), *Carne Trémula* (1997), *Los peores años de nuestra vida* (1994), etc.

En la indústria cinematogràfica dels Estats Units, alguns dels especialistes més destacats en el camp de les mescles són Walter Murch, Gary Rydstrom –tots dos guanyadors de diversos Oscars al millor so–, Randy Thom, Gary Summers, Shawn Murphy, etc.

Lectures recomanades

Trobareu moltes dades tècniques sobre els canals d'entrada i sortida d'una taula de mescles en el temari de l'assignatura de la UOC *Fonaments de tecnologia audiovisual*.

Pel que fa a llibres dedicats a la manera en què treballen els especialistes en mescles sonores, destaquen:

Gibson, D. (1997). *The Art of Mixing: A Visual Guide to Recording, Engineering, and Production*. Mix Bookshelf / Mix Books.

Owsinski, B. (1999). *The Mixing Engineer's Handbook*. Milwaukee: Mix Books, Hal Leonard Publishing Corporation.

Aquest últim inclou vint entrevistes a especialistes en mescles musicals, com Joe Chiccarelli, Lee DeCarlo, Jerry Finn, John Gass, etc.

5.1. El procés d'una mescla

Abans de començar a fer la mescla definitiva, com que el material sonor amb què treballarem (músiques originals i de CD, veus directes i doblades, efectes de sala i de CD, etc.) té diverses procedències –generalment ve de diferents estudis–, el primer que s'ha de fer és igualar la sonoritat de totes les pistes de veus, efectes i música.

En una mescla es creen els diversos plans sonors, es distribueixen les fonts espacialment i es reparteixen en tot l'espectre de freqüències, mitjançant l'equalització definitiva de cadascuna.

Els ajustos dels senyals sempre han de començar pels controls de guany de les entrades i acabar pels **potenciòmetres lliscants** de les **sortides principals** (o **màsters**).

Ajust dels nivells de senyal

Primer hem d'ajustar els nivells dels aparells reproductors al mateix punt que estaven els dels aparells enregistradors. Per això hi ha un to d'ajust, previ a l'enregistrament, que fixarà el nivell nominal de treball -12 dB, -18 dB, etc.

A grans trets, per a trobar un bon equilibri es poden donar aquestes pautes. A la taula de mescles, el guany d'entrada d'un canal ha d'estar menys obert que el seu potenciòmetre lliscant; aquest últim, menys obert que el del subgrup de sortida al qual s'assigna el canal –si el fem servir–, i aquest, al seu torn, menys obert que el potenciòmetre lliscant de la sortida principal (o màster).

Com que el nombre de pistes que s'utilitza és elevat, una de les maneres més habituals d'afrontar la mescla final és començar fent una premescla dels diàlegs. Després es fa una premescla de tots els efectes de sala. Tot seguit, la dels ambients i els efectes sincrònics. És aconsellable fer aquestes dues últimes premescles escoltant també els diàlegs, que sempre serveixen de referència. Les músiques també es premesclen a part. Finalment, totes aquestes premescles es reproduïxen alhora i, amb els retocs necessaris, convergeixen en la mescla final.

Tot i seguir aquest criteri és habitual haver-se d'enfrontar a passatges que sonen confusos i caòtics. L'única solució és escoltar atentament, identificar els sons més importants i remesclar les vegades que calgui per a millorar-ne el resultat. És un procés que no té unes regles fixes, perquè hi ha gran quantitat d'opcions i variables.

Un procés sense regles fixes

Com apunta Walter Murch –Oscar al millor so per *Apocalypse Now* (1979) i *El pacient anglès* (1996)–, per a crear una sensació sonora simple i natural, a vegades s'han hagut de mesclar molts sons, tot i que semblin un únic so. En canvi, en altres casos, el so aparentment complex d'una seqüència d'acció es pot resoldre escollint bé pocs elements: "El que és simple pot ser complex i el que és complicat pot ser simple".

Les premescles i la mescla final es van fent en seqüències temporals curtes, que ens permetin de tenir el control absolut de totes les pistes. Les taules digitals guarden en memòria les posicions exactes de tots els potenciòmetres lliscants que s'han fet servir i permeten de repetir els fragments de manera automatitzada tantes vegades com es vulgui.

Si es fa servir un editor gràfic de so, la mescla no es pot fer en temps real. Cal anar pista per pista, escollir els fragments i ajustar-ne el volum. Normalment els editors mostren el nivell del canal amb una línia. Quan aquesta línia puja o baixa, el volum del marge escollit augmenta o davalla.

L'últim pas del procés, que deixa el treball enllestit per a transferir-lo al suport final que escoltarà el públic, es coneix amb el nom de **masterització** (o *mastering*).

Quan mesquem, hem d'escoltar el so amb el volum alt per a poder percebre bé tots els matisos de nivell i de distribució espacial i espectral. Cal tenir ben present que una mateixa mescla no sona igual a un volum alt, quan es reproduceix, per exemple, en una sala de projecció cinematogràfica, que a un volum més baix, quan s'escolta en un monitor o televisor.

Convé fer versions lleugerament diferents d'una mateixa mescla per a les còpies destinades a les sales de projecció i per a les que es distribuiran en format DVD.

També hi influeixen decisivament les característiques dels sistemes electroacústics emprats i l'acústica de la sala. L'ideal és poder escoltar la mescla en un entorn similar al del lloc on es reproduirà.

Críteris per a l'elaboració de mescles

Resumim alguns dels críteris que se segueixen en les mescles musicals:

Bobby Owsinski, en el llibre *The mixing engineer's handbook*, parla de tres grans estils que han marcat escola:

- 1) El so Nova York, que fa servir molta compressió per a obtenir un so agressiu amb molt de cop rítmic (*punch*). Un exemple serien els treballs d'Ed Stasium en àlbums com *She's the boss*, de Mick Jagger.
- 2) El so LA (Los Angeles), que intenta de donar un so natural. És el cas d'àlbums de Doobie Brothers i Van Halen.
- 3) El so de Londres, que juga molt amb els efectes i la profunditat de la mescla. Un exemple seria l'àlbum *Owner of a Lonely Heart*, dels Yes.

Als Estats Units, subestils d'aquests serien els sons Filadèlfia, Memphis, Nashville, etc.

Per a mesclar un conjunt de pop o rock que s'ha enregistrat amb tècnica multimicrofònica en diverses pistes, normalment es comença per la base rítmica (*foundation*), bateria i baix. Després s'hi afegeixen els instruments que la completen (*rhythm*) –congues, guitarra, etc.– i els que porten la part melòdica –que omplen els espais entre els instruments solistes (*fills*). El procés s'acaba amb la inclusió dels instruments solistes i les veus (*lead*).

Cal tenir una bona base rítmica –bombo, caixa i baix, per tant, han de tenir la màxima presència– i després anar construint la resta de la mescla, destacant i emfatitzant els instruments més importants en cada moment.

En la música pop i rock no es diferencien gaire els plans sonors. Tot està molt comprimit i sona alt, perquè qui ho escolti noti perfectament el ritme.

Els instruments es diferencien més aviat pels timbres, per l'equalització i per la distribució en l'espai, amb l'ús dels panoràmics de la taula.

Els diversos instruments es reparteixen de manera que creïn una sensació d'amplitud espacial. Convé que estiguin ben repartits, de manera que els dos canals estereofònics estiguin ben equilibrats i no doni la sensació que un pesa més que l'altre.

Generalment al centre s'hi posen el bombo, la caixa, el baix i les veus. La resta d'instruments es distribueixen, els uns, més a la dreta, i els altres, més a l'esquerra, perquè es puguin distingir el millor possible. Per exemple, si el *charles* de la bateria va al canal dret, la guitarra millor que vagi al canal esquerre, perquè la part més brillant es percebi millor.

No hi ha altre remei que anar provant diverses opcions, decidir si agraden o no, i arribar al millor equilibri final possible.

Resum

- La mescla és un treball molt creatiu en el qual s'ha d'aconseguir el millor equilibri sonor possible i la màxima claredat de cada element que forma part del conjunt.
- Amb la mescla es creen els diversos plans sonors, es distribueixen les fonts espacialment i es reparteixen en tot l'espectre de freqüències, mitjançant l'equalització definitiva de cadascuna.

5.2. Paràmetres d'una mescla

En una mescla cal saber jugar amb sis paràmetres.

Definició

És fonamental que es puguin distingir bé tots els sons que intervenen en un instant i al llarg del temps.

Per a aconseguir una bona definició instantània, cal tenir present que un so que estigui entre 15 i 20 dB per sobre d'un altre, especialment si té un component en freqüència similar, l'emascararà. Els sons greus tenen més tendència a emascarar que els aguts.

La definició en el temps consisteix a poder identificar perfectament els sons a mesura que apareixen.

S'ha d'evitar que un so s'allargui excessivament i emmascari el següent. En aquest cas, el secret està a no abusar dels temps de reverberació massa llargs que "empasten" el so.

Presència o intimitat

La presència o intimitat (plenitud) és la sensació de proximitat a la font sonora.

Per a tenir plenitud sonora, primer s'han d'haver col·locat bé els micròfons en el moment de l'enregistrament. A l'estudi es pot reforçar la presència amb l'ús d'alguns efectes, com els retards molt ràpids o una equalització que emfasitzi el timbre del senyal.

Dinàmica

La dinàmica és la diferència entre els nivells més alts i els més baixos de la mescla. Cal saber jugar amb els volums i els seus contrastos per a tenir un conjunt variat i atractiu.

Dinàmiques variades

Hi ha alguns estils musicals que no aprofiten la dinàmica i tenen com a característica intrínseca mantenir-se sempre en la part més alta dels nivells de so –*heavy metal* i derivats. Això també passa en les mescles de la majoria d'anuncis –la publicitat sona en tot moment com més alt millor, perquè el volum d'un anunci mai no estigui per sota del d'una altra marca.

Els compressors ajuden a mantenir la dinàmica de la mescla dins d'un marge determinat i a evitar saturacions indesitjables.

Plans sonors

Dins del marge dinàmic podem tenir diversos plans sonors superposats. Uns sons predominaran, estaran en primer pla, i d'altres actuaran de suport i es mantindran en un segon o tercer pla. Cada capa pot estar formada per desenes de sons simultanis.

Hem de diferenciar dues menes de **superposicions sonores**:

1) En la música, hi pot haver desenes i desenes d'instruments afinats tocant octaves de la mateixa nota. En aquest cas, la superposició (la mescla) és **harmònica** i permet d'afegir-hi tantes fonts com es vulgui.

2) D'altra banda, quan entren en acció els diàlegs i els efectes de so, la mescla **no és harmònica** i hi ha un límit de capes abans que el conjunt resulti confús i soni com un soroll indesxifrable. Walter Murch considera que el límit raonable està en cinc capes: veu, música i tres d'efectes. En alguns casos, és millor no superar les tres capes superposades.

La misteriosa llei del dos i mig

L'any 1989, Walter Murch, en una conferència titulada *Claredat densa. Densitat Clara*, pronunciada a l'Escuela Internacional de Cine y TV de San Antonio de los Baños (Cuba), justificava així "la misteriosa llei del dos i mig".

"Si els sons s'acumulen en una regió de l'espectre, el límit de capes és de dos i mig [...] Gràcies a la dualitat esquerra-dreta del cervell humà, es pot treballar amb cinc capes sempre que la càrrega sonora estigui repartida igualment en tot l'espectre [...] En qualsevol moment d'una pel·lícula, el màxim que pot ser tolerat per l'audiència són cinc capes si

es vol mantenir una sensació clara d'elements individuals, si es vol experimentar simultàniament densitat i claredat."

En la conferència, Much donava un exemple concret de quan va fer les mescles d'*Apocalypse Now*. Es tracta d'una part de la seqüència de l'atac que duen a terme el grup d'helicòpters de Kilgore: des de l'aterratge a la platja del seu helicòpter fins que un explota i Kilgore diu: "I want my men out".

Tenia unes cent setanta-cinc pistes, premesclades en sis grups, que per ordre d'importància eren aquestes:

- 1) Diàlegs
- 2) Helicòpters
- 3) Música (*Les Valquíries*)
- 4) Foc d'armes (AK-47 i M-16)
- 5) Explosions (morters, granades, artilleria pesant)
- 6) Passos i efectes de sala

Tot aquest material, justificat pel que passava en pantalla, estava distribuït en sis canals de so envoltant.

Quan va fer l'assaig de la mescla final, Murch es va trobar que en alguns moments tot junt creava una bola de soroll. Per això, va optar per eliminar per complet tot un grup en certs instants. Per exemple, va eliminar la música quan un soldat de l'helicòpter no vol sortir i diu "I'm not going!, I'm not going!", tot i que dels altaveus que portava aquell helicòpter sortia *Les Valquíries* i és quan havia de sonar més forta. Molts espectadors ni se n'adonen i creuen que la música continua sonant.

Distribució espacial

Saber aprofitar la reproducció multicanal dóna "mobilitat" al so i contribueix a identificar amb més claredat les fonts que sonen simultàniament.

Cal recordar que les freqüències greus sempre es radien de manera omnidireccional, mentre que les agudes són les veritablement directives.

Un fet curiós és que sovint no hi ha concordança entre la procedència del so i la posició visual que ocupa en pantalla l'objecte o la persona que el genera, i l'espectador ho accepta perfectament.

Sembla que quan el cervell descodifica alguna informació referida al contingut del que passa –una informació sonora "lingüística"–, no és tan important d'on procedeix el so. En canvi, quan el so està incorporat al moviment del que passa en pantalla, cal conservar la concordança, perquè el cervell en aquell moment sí que s'hi fixa. En el primer cas es pot treballar perfectament en mono i en el segon és quan s'han d'aprofitar les possibilitats que donen l'estereofonia i el so envoltant.

L'increment del nombre de canals de reproducció permet de posar menys sons a cada altaveu. Per exemple, en el sistema SDDS (7.1) podríem tenir aquesta distribució frontal: música (esquerra), efectes (centreesquerra), diàlegs (centre), efectes (centredreta) i música (dreta).

Els diàlegs

Normalment els diàlegs sempre es posen al centre, sense tenir en compte la posició dels personatges en pantalla. Ni que sembli estrany, l'espectador associa que les veus vénen del lloc que ocupen els personatges.

La reproducció multicanal facilita la comprensió dels diàlegs. Si s'emeten els diàlegs per l'altaveu frontal central, en ambients sorollosos, les veus s'entendran millor que si es reproduïssin pels altaveus de l'esquerra i de la dreta, conjuntament amb els efectes.

També és força habitual en moltes escenes mantenir els diàlegs sempre en primer pla ni que els enquadraments s'obrin i, per tant, visualment els personatges apareguin més lluny.

Com que és independent de l'escena, la música extradiegètica es reproduceix en estèreo i també es pot reproduir aprofitant els canals de so envoltant per a submergir encara més l'espectador en l'escena.

Els efectes sincrònics i de sala –sons molt concrets– se situen en el lloc que mana l'acció que es veu en pantalla, especialment si es vol que l'espectador s'hi fixi. Per exemple, si un personatge camina d'esquerra a dreta de la pantalla mentre parla amb un altre, els passos de tots dos es poden posar al centre amb el diàleg. Si no hi hagués diàleg, es podria fer servir el panoràmic de manera que el so dels passos seguís la posició en pantalla dels personatges.

Els ambients sonors es poden posar en estèreo o emetre's pels canals de so envoltant per a donar la sensació a l'espectador que està dins de l'acció que veu en pantalla.

Profunditat

A més de la distribució frontal o envoltant també hem de considerar la sensació de profunditat sonora –distribució de perspectiva.

La sensació de profunditat es pot aconseguir en la mescla amb l'ús de la *rever*. Com més reverberació, més sensació sonora de llunyania. Cada font sonora haurà de tenir la seva pròpia reverberació, segons les característiques tímbriques i el pla que hagi d'ocupar en la mescla.

Resum

- El límit raonable de capes sonores superposades està en cinc: veu, música i tres d'efectes. En certs casos és millor no superar les tres.
- Els paràmetres que caracteritzen els elements sonors que formen part d'una mescla són: definició, presència, dinàmica, plans sonors, distribució espacial i profunditat.

5.3. Els estudis de mescla

Als Estats Units, un dels estudis especialitzats en mescles cinematogràfiques més importants és l'Skywalker Sound, de Lucas Film Digital Ltd. Té sis sales de mescla. Les tres més grans –Mix A, G i D– tenen taules digitals com l'AMS Neve Capricorn. Aquest model, completament automatitzat, té noranta-sis potenciòmetres lliscants –que poden controlar cent setanta-sis fonts d'entrada analògiques o digitals– distribuïts en tres unitats per a facilitar les assignacions de canals als tres operadors que la controlen (AFU, *assignable facilities units*).

Lectures recomanades

Per a saber més sobre les possibilitats de crear un petit estudi a casa, disseny, material necessari i la manera de treballar-hi, podeu consultar els llibres següents:

David Mellor (2003). *How to Set Up a Home Recording Studio* (3a. ed.). Kent: PC Publishing.

Mike Shea; F. Alton Everest (2002). *How to Build A Small Budget Recording Studio From Scratch* (3a. ed.). Nova York: TAB Electronics (McGraw-Hill).



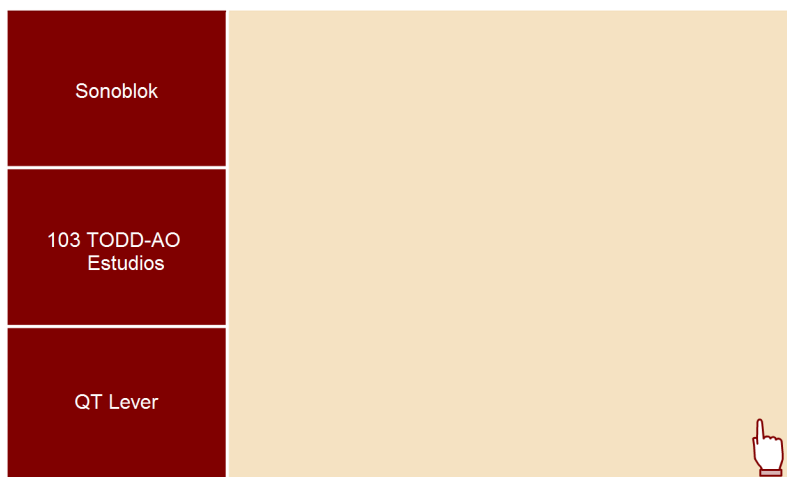
Sala de mescles de l'estudi de so Skywalker Sound, de Lucas Film Digital Ltd.
© AMS Neve plc

Paul White (ANY). *Basic Home Studio Design*. Regne Unit: Sound on Sound.

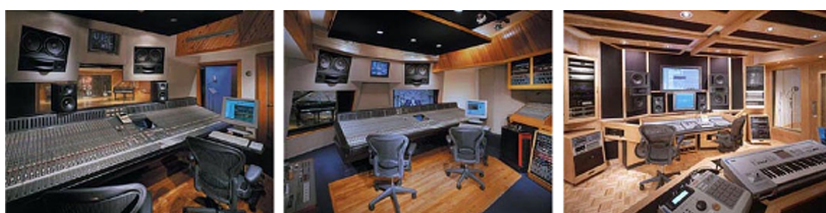
En aquestes sales s'han fet les mescles d'alguns episodis de la saga de *Star Wars* i de pel·lícules com *Contact* (1997) –amb Randy Thom com a enginyer en cap– o *Titanic* (1997) –amb Lora Hirschberg, Tom Johnson, Gary Rydstrom i Gary Summers com a responsables.

Les sales Mix G i D tenen taules analògiques Solid State Logic SL-5000 de seixanta-quatre canals –també dissenyades per a ser portades per tres operadors. S'hi han mesclat pel·lícules com *Juràssic Park. El món perdut* (1997) –Shawn Murphy, Gary Rydstrom i Gary Summers–, *Hèrcules* (1997) –Shawn Murphy i Gary Rydstrom–, *The Game* (1997) –Willie Burton, Michael Semanick i David Parker–, etc.

Alguns dels estudis més importants de Barcelona especialitzats en les mescles de so de pel·lícules són Sonoblok, 103 TODD-AO Estudios i QT Lever. En aquests estudis es mesclen pel·lícules de producció nacional i les versions de les pel·lícules doblades al castellà i català.



Dels molts estudis professionals d'enregistrament i mescla musical posem com a exemple visual tres de les sales que té Sound on Sound Recording, al cor de Manhattan de Nova York. S'hi han fet les bandes sonores de pel·lícules com *Blues Brothers 2000*, *Mystery Train*, *Pocahontas* i *Psycho*; feines per a televisió com *Anastasia*, *The Late Show*, *MTV Music Video Award*, *Saturday Night Live New Years*; i hi han enregistrat centenars de discos artistes internacionals com Eric Clapton, Mariah Carey, Santana, Tito Puente, Britnet Spears, Suzzane Vega, etc.



© Sound on Sound Recording

5.3.1. Monitors d'estudi

Els monitors d'un estudi professional formen part d'un sistema acústic més general que estarà determinat per les característiques arquitectòniques de la sala. És a dir: per a obtenir una bona resposta amb uns monitors de qualitat, caldrà que la sala de control tingui unes característiques acústiques favorables i que hagi estat tractada amb els materials acústics necessaris.

La resposta general del sistema ha de ser com més plana millor. Un equalitzador gràfic ajuda a compensar les atenuacions o coloracions produïdes per la cadena electroacústica o el local.

Molts estudis tenen les caixes acústiques d'alta potència encastades a la paret. Si aquest espai està revestit de material absorbent i el monitor hi encaixa perfectament, l'altaveu només tindrà radiació frontal –que simula la radiació en camp lliure.

A la sala de mescles, convé tenir els monitors d'alta potència una mica allunyats de la taula per a sentir bé la definició i els plans sonors de la mescla.

Aquests monitors han de poder produir uns 115 dBA a un metre. La seva resposta en freqüència ha de ser plana entre els 35 i els 20 kHz i amb la mínima distorsió possible. Es pot fer servir un monitor *bass reflex* de dues vies, per als greus i els mitjos, i una botzina per als aguts.

També és recomanable tenir un sistema de monitors de baixa potència per a simular les condicions d'escolta domèstiques. Amb aquests monitors, més propers, també es pot escoltar el so en condicions de camp pròxim i minimitzar l'efecte acústic de la sala.

I encara podríem trobar una tercera classe de monitors: dos altaveus petits, a sobre de la taula de mescles, per a simular el so d'un televisor.

Resum

- Els grans estudis especialitzats en mescles cinematogràfiques tenen taules digitals amb uns cent canals d'entrada.
- Els monitors d'un estudi professional formen part d'un sistema acústic més general, que estarà determinat per les característiques arquitectòniques de la sala. La resposta general del sistema ha de ser com més plana millor.

La resposta del control

Per a mesurar la resposta del control es pot aplicar soroll rosa als altaveus –que decreix 3 dB per octava– i mesurar amb un bon micròfon i un analitzador de terç d'octava si l'espectre és constant o no.



© D.A.S. Audio, S.A.

6. Reproducció

Quan es prepara el disseny d'una sonorització hi ha dos paràmetres bàsics: el tipus de missatge sonor i el volum que es vol aconseguir a la sala o a l'aire lliure.

6.1. La reproducció musical

Pel que fa al missatge sonor, a grans trets, podem donar els criteris següents. Els grups d'animació o els cantautors es poden sonoritzar amb poca potència, perquè no es fa servir el marge de freqüències més greu, ni el públic els ha d'escoltar amb un volum gaire alt. Si la música és enregistrada, la que fa servir un punxadiscos, n'hi ha prou amb una quarta part de la potència necessària per a sonoritzar un grup que toca en directe en aquell indret.

Les actuacions en directe dels grups musicals es coneixen amb el nom de *bolos*. En un *bolo* mitjà es pot començar a muntar la instal·lació cap a les tres de la tarda. Unes quatre persones poden muntar un equip de 60.000 W de llum i 10.000 W de so en unes quatre hores, aproximadament. Això significa que cap a les sis o set del vespre es pot fer la prova de so amb els músics i deixar-ho tot a punt per a l'actuació de la nit.

En aquests muntatges hi ha dos mons: el del so exterior, per al públic (*public address*, PA), i el del so dels monitors de l'escenari, per als músics.

Totes les formacions estables tenen el seu tècnic de so propi, que normalment és qui fa la mescla per al públic (PA) o bé dóna les instruccions al tècnic que se n'encarrega –en una hora i mitja pot mesclar disset o divuit temes, mentre que en un estudi es pot estar tota la jornada per a fer la mescla d'un tema. En canvi, normalment el tècnic de so de monitors no forma part del grup. El seu paper sembla secundari, però no ho és: si un músic no se sent bé pels monitors, no pot tocar a gust i l'actuació se'n ressentirà.

Un altre element important és el *rider*: la relació dels instruments que porta el grup, el model de micròfons que es demana per a cada instrument i el croquis amb el muntatge tècnic necessari. El grup ha d'enviar aquest informe a l'empresa encarregada de la sonorització, unes setmanes abans de l'actuació.

La sonorització musical en directe

A continuació recollim el complet i detallat *rider* d'un dels tres possibles muntatges de directe del conjunt de folklore canari Los Gofiones, format per gairebé trenta músics. Aquest grup, des del 1968 ençà, ha actuat, entre d'altres, amb Celia Cruz, Joan Manuel Serrat, José Manuel Soto, Celina Rodríguez i Silvio Rodríguez, i ha participat en festivals com el WOMAD.

Llista de canals

- Segons Lista de canals 3.

- 6 kilowatts per a interiors en dues vies mínim. En exteriors, s'ha de consultar amb el tècnic del grup la potència que cal instal·lar.
- 1 taula de 32 canals amb 8 subgrups perfectament il·luminada.
- 1 multiefecte digital.
- 1 equalitzador de 31 bandes estèreo per a PA.
- 1 equalitzador de 31 bandes estèreo per a monitors en els enviaments 1 i 3.
- 1 reproductor professional de CD.
- 11 monitors iguals mínim 300 W c/u. Els dos de les pues es connecten directament a la taula amplificada amb connector *speakon*.
- 15 micròfons SHURE SM 58.
- 5 micròfons SHURE SM 57.
- 2 micròfons AKG 535 o similar.
- 5 caixes d'injecció.

Llista de canals 3

Pa	Monitor	Instrument	Micròfon
Canal	Canal		
1	1	Pues L	DI BSS AR 116 amb adaptador AR117
2	2	Pues R	DI BSS AR 116 amb adaptador AR117
3	3	<i>Timple</i>	AKG C 391 B
4	4	Contra	AKG C 391 B
5	5	Guitarra 1	DI BSS AR 116 amb adaptador AR117
6	6	Guitarra 2	DI BSS AR 116 amb adaptador AR117
7	7	Percussió 1	AKG C 535 EB
8	8	Percussió 2	AKG C 535 EB
9	9	Baix	DI BSS AR 116 amb adaptador AR117
10	10	Tres	DI BSS AR 116 amb adaptador AR117
11	11	Conga	SHURE SM 57
12	12	<i>Tumbadora</i>	SHURE SM 57
13	13	<i>Pailas</i>	SHURE SM 57
14 a 28	14 a 28	Veü	SHURE SM 58

Llista de *back line* (només per a actuacions fora de Gran Canària)

- 1 joc de congues LP sense suport.
- 1 bongo LP sense suport.
- 1 joc de *pailas* LP amb suport per a campana.
- Amplificador Trace Elliot per a baix.

Sistema d'il·luminació

- 1 sistema de taula d'il·luminació més *dimmers* necessaris.
- 48 làmpades par 64 dividides en: 24 posteriors del número 1 i 24 davanteres del número 5.
- 4 *Ianiros* de 2 kW al pont davanter orientats a l'escenari.
- 2 cegadors de 8 làmpades.
- 1 pont posterior.

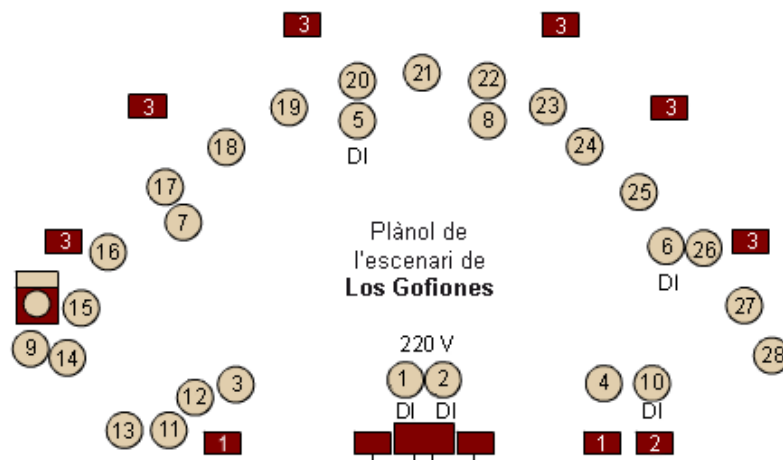
- 1 pont davanter.
- L'empresa que s'encarregui de l'esdeveniment posarà a disposició de Los Gofiones un tècnic d'il·luminació professional.

Diversos

- Deu cadires resistents sense reposabraços.
- Línia per a l'intercom. entre el control de PA i l'escenari (l'intercom. l'aporten Los Gofiones).
- Presa de corrent al centre de l'escenari per a la taula que aporten Los Gofiones (a prop dels canals 1 i 2) i una altra a prop del canal 10 per a l'amplificador del baix.

Molt important

Si és impossible complir alguna de les especificacions relacionades en aquest *rider*, és **imprescindible** posar-se en contacte amb el tècnic de Los Gofiones almenys cinc dies abans de la celebració de l'esdeveniment.



© Los Gofiones

En tota actuació, la part elèctrica sempre és un punt molt delicat. A qui contracta una sonorització se li envia un full tècnic en què se li explica el consum que es necessita per a alimentar les etapes de potència i els equips d'il·luminació.

Aspectes elèctrics

Línies de 100 amperers per fase permeten de treballar amb uns 10.000 W de so i uns 5.000 de llum, per exemple. Amb uns 63 amperers per fase n'hi ha prou per a alimentar l'equip d'un grup mitjà.

Els problemes poden venir pels pics de consum que es poden produir i per la mala distribució del consum entre les fases. Per exemple, quan no es pot treballar amb 380 V i es treballa amb 220 V sense convertidor.

L'evolució tecnològica i les preferències del públic han fet variar força, en el temps, els criteris de la potència necessària per a les sonoritzacions musicals en directe.

En els anys setanta, la marca d'altaveus JBL recomanava calcular 1 W per persona. En els noranta ja es parlava de 4 W, i qualsevol grup musical ja contractava equips amplificadors de 5.000 o 6.000 W. En aquell moment, grups com Rebeldes, La Unión o Loquillo actuaven a l'aire lliure amb equips de 24.000 W.

Una cosa important que cal tenir present és que si es volen fer servir 4.000 W de potència convé portar un equip d'uns 6.000 W, de manera que les etapes de potència treballin còmodament i amb la distorsió mínima. Per aquesta raó és convenient sobredimensionar una mica la potencia dels equips.

Però que un equip tingui 4.000, 5.000 o 6.000 W, en el fons no diu gran cosa. S'ha de parlar de la pressió sonora que podem aconseguir. És a dir: el que és útil per a una sonorització és saber quants decibels de pic i de programa (continus) ens donarà un equip al lloc on hi ha el públic. Moltes vegades es necessita arribar a nivells de 120 dB a 30 o 40 m de l'escenari. Això és el que compta, i no la potència emprada per a aconseguir-ho.

A nivells de pressió elevats, una certa distorsió sembla que contribueix a crear la sensació subjectiva de més volum.

Consideracions pràctiques sobre la distorsió

Ferran Vercher, especialista en sonorització musical de La Rulot Music, ha comprovat amb un sonòmetre que si es posen dos equips en paral·lel en un mateix espai, el primer dels quals dona 130 dB de pressió acústica amb baixa distorsió, i el segon, 128 dB amb un nivell de distorsió més alt, el públic creu que sona més fort el segon. Sembla com si el cervell estigués acostumat a unes determinades distorsions i les associés a la potència.

Una altra consideració pràctica que apunta Ferran Vercher és que si es comença un concert treballant a una mitjana de 110 dB, quan han passat uns minuts el públic ja no té la mateixa sensació de presència i això obliga a anar apujant, de mica en mica, els nivells d'amplificació fins a arribar als 120 dB.

És difícil donar valors de potències per a diversos espais per la quantitat de variables que hi intervenen. Com a orientació podríem donar aquestes magnituds per a treballs professionals:

- Per a les sonoritzacions exteriors, en espais petits –una plaça de poble–, es podrien fer servir uns 6.000 W RMS.
- Per als locals i sales de concert mitjans –aforaments de mil persones–, entre 6.000 i 12.000 W RMS.
- Per als locals i sales de concert grans o les macrodiscoteques –aforaments de dues mil persones–, uns 12.000 W RMS. Si es fan servir *subwoofers*, la potència hauria de pujar fins als 15.000 W RMS.
- Un Palau Sant Jordi –uns vint mil espectadors– necessitaria uns 40.000 W RMS per a un recital amb el públic assegut, i si es tracta d'un concert de rock, amb la gent saltant i ballant, la potència s'hauria d'acostar als 70.000 W RMS.
- Per als estadis caldria un mínim de 100.000 W RMS i un equip amb bon rendiment. Els Rolling Stones han actuat en aquests espais amb etapes de potència de 300.000 W RMS.

Empreses catalanes especialitzades en sonoritzacions

Quatre empreses catalanes especialitzades en sonoritzacions professionals són:

- La Rulot Music (passatge Torrent de l'Estadella, 24. Barcelona. Tel. 93 278 81 02).
- Sonostudi, SA (carrer Almogàvers, 166. Barcelona. Tel. 933 001 630).
- Stereorent (creada el 1985. Carrer Frai Juníper Serra, 44 bis. Barcelona. Tel. 934 980 980).
- Tripleonda (riera d'Argentona s/n. Mataró. Tel. 93 741 28 28).

Resum

- Sempre és convenient sobredimensionar una mica la potencia dels equips perquè treballin còmodament i amb la mínima distorsió.
- L'important en el moment de dissenyar o contractar una sonorització és saber quants decibels de pressió sonora tindrem en el lloc on hi ha el públic, independentment de la potència emprada per a aconseguir-ho.

6.2. La reproducció multicanal cinematogràfica

El so envoltant multicanal ha contribuït a reforçar l'espectacle sonor cinematogràfic. Pel que fa a la reproducció musical, també comencen a aparèixer formats, com el DVD-àudio, que permeten de distribuir els instruments en sis canals. El pianista Herbie Hancock ja ha enregistrat algun disc aprofitant aquesta possibilitat –cal recordar que en els anys setanta ja es van fer enregistraments quadrafònics en vinil.

Els discos quadrafònics

Els discos quadrafònics van aparèixer al Japó l'any 1971. El sistema System Quadraphonic (SQ) o CD 4 (*compatible discrete 4 channel*) permetia d'enregistrar quatre canals d'una cinta magnetofònica en un disc de vinil estereofònic. Per a poder escoltar un disc enregistrat en SQ calia una agulla biradial o biel·líptica, un descodificador especial i quatre altaveus. El sistema SQ era compatible amb la lectura estereofònica.

La distribució espacial dóna "mobilitat" al so i contribueix a la identificació de les fonts sonores simultànies.

Sigui quin sigui el sistema de reproducció, cal tenir sempre present que les freqüències greus es radien de manera omnidireccional, mentre que les agudes es perceben d'una manera més directiva.

Una altra particularitat dels dissenys electroacústics de so envoltant és que tenen en consideració l'efecte Hass i retarden el so que surt pels altaveus posteriors uns 10 milisegons. Que el so del darrere arribi 10 ms després del frontal garanteix que l'espectador es concentri més en el so que li arriba del davant.

So estèreo

La primera pel·lícula reproduïda en estèreo va ser *Fantasia* (1941), emprant un sistema de doble banda: en una pel·lícula hi havia la imatge i en una altra, les tres pistes òptiques de so.

En la dècada dels cinquanta es fa un pas endavant en la qualitat del so cinematogràfic, quan Todd-AO incorpora bades magnètiques d'àudio a la pel·lícula.

L'any 1953 la 20th Century Fox estrena la primera pel·lícula en cinemascop i aprofita les noves possibilitats de tenir quatre pistes magnètiques en el format de 35 mm –esquerra,

centre, dreta i envoltant– i sis en el de 70 mm –esquerra, centreesquerra, centre, centre-dreta, dreta i envoltant.

Això va millorar considerablement la qualitat de so del cinema: el marge de freqüències anava dels 40 als 15.000 Hz, i la dinàmica arribava als 55 dB. Els cinemes podien arribar a tenir cinc altaveus darrere de la pantalla i tres altaveus a la sala.

Una curiositat, segons explica John Belton –*Widescreen Cinema* (Cambridge: Harvard University Press, 1992)–, és que les pel·lícules de la Fox intentaven d'aplicar l'efecte estèreo als diàlegs, mentre que als tècnics de Metro, Warner, Columbia i Universal no els convenia l'efecte de ping-pong que es produïa de vegades i els van continuar reproduint en mono. D'altra banda, les pel·lícules de la Columbia de l'època mai no van fer servir el quart canal de so envoltant.

En els anys setanta apareix el sistema Sensurround, que afegia una nova pista i obligava a instal·lar un amplificador i un altaveu especial per a la reproducció dels subgreus a les sales de cinema. Donava un so més potent que pretenia tenir efectes en el subconscient de l'espectador. El cinema catastrofista de l'època en va poder treure partit.

Dolby Stereo

L'any 1970 es produeix un dels avenços més importants en la millora de la qualitat del so òptic. Els Laboratoris Dolby presenten l'aplicació del Dolby A –reductor de soroll per a cinta magnetofònica– al suport cinematogràfic. Neix el Dolby Stereo. La pel·lícula de Stanley Kubrick *A Clockwork Orange* (1971) va ser la primera que va emprar aquest format.

El sistema, compatible amb els sistemes anteriors de reproducció estèreo i mono, va aconseguir una bona resposta en freqüència entre els 50 i els 12.500 Hz i una dinàmica de 60 dBA –que incrementava en 10 dB la dinàmica del so òptic monoaural. La diafonia era de 20 dBA.

L'any 1976 es presenta el Dolby Stereo òptic de quatre canals: dos al davant i dos als costats per a obtenir un so el màxim d'obert possible.

L'any 1978 va arribar el so envoltant al format de 70 mm –pistes magnètiques d'àudio.

Dolby Spectral Recording (Dolby SR)

El format Dolby Spectral Recording, o Dolby SR, presentat l'any 1987, codifica quatre canals: esquerre, centre, dret i envoltant (posterior) monofònic. A més, té un canal per als subgreus. Millora les característiques tècniques del Dolby Stereo –n'apuja la dinàmica fins als 75 dBA i la resposta en freqüència fins als 15.000 Hz– i defineix amb més precisió el so frontal que el Dolby Surround, en afegir un canal central. La diafonia continua essent d'uns 20 dBA. El canal posterior es reproduceix amb un retard d'uns 20 ms, per a evitar problemes amb les fases dels senyals. Aquest canal només reproduceix de 7 kHz en avall.

6.2.1. Suports digitals de reproducció multicanal per a sales d'exhibició

Els sistemes digitals de reproducció tenen dinàmiques molt altes, d'uns 100 dBA, i marges de resposta de freqüència que abasten tot l'espectre oïble, de 20 a 20.000 Hz.

Una altra característica important de tots aquests sistemes és que el senyal d'un canal no afecta mai el d'un altre –valors de diafonia d'uns 100 dBA.

A les sales d'exhibició, els sistemes de banda simple, com el Dolby Digital o l'SDDS⁴³, emmagatzemen els 0 i 1 en forma de píxels, transparents o negres, a la pel·lícula. En canvi, el sistema DTS⁴⁴, de doble banda, emmagatzema el so digitalitzat en un suport extern que avança en sincronia amb el pas de la pel·lícula.

Lectura recomanada

Per a saber més sobre el so envoltant, us recomanem el llibre del creador del sistema THX:

Holman, T. (1999). *5.1 Surround Sound: Up and Running*. Oxford: Focal Press.

⁽⁴³⁾Sigla de *sony dynamic digital sound*.

⁽⁴⁴⁾Sigla de *digital theater systems*.

El so cinematogràfic, en els formats d'exhibició professional, està duplicat. Tot i que es facin servir els sistemes de reproducció digitals, encara s'utilitzen les pistes analògiques de so òptic en les còpies de la pel·lícula. Aquestes pistes es conserven per a poder reproduir les còpies en sales que no tinguin instal·lat el sistema de reproducció digital i com a element de seguretat: si la lectura digital falla, el reproductor commuta automàticament a la lectura analògica.

El sistema Dolby Digital és el més emprat en les sales d'exhibició, després ve el DTS i el menys habitual és l'SDDS.

Formats de reproducció multicanal per a sales d'exhibició

Abans que es presentés el Dolby Digital, l'any 1992, van sortir al mercat dos formats:

1) **Cinema Digital Sound**: la primera reproducció de so digital en pel·lícula fotogràfica va ser presentada als Estats Units l'abril del 1990 per Kodak i Optical Radiation Corporation amb el nom de Cinema Digital Sound. Inicialment la presentació es va fer en format de 70 mm i al final del 1990 ja hi havia la versió per a 35 mm. En aquest format, la banda fotogràfica sonora analògica era reemplaçada per marques òptiques d'informació binària. Aquesta banda digital contenia nou pistes: sis canals de so, una pista amb el codi SMPTE, una altra amb codi MIDI, i la novena amb informació de control. Els sis canals de so es distribuïen així: dret, centre, esquerre, dos canals de so envoltant i un de subgreus (de 20 a 100 Hz). La primera pel·lícula projectada en Cinema Digital Sound va ser *Dick Tracy* (1990).

2) **LC Concepts**: aquesta empresa va desenvolupar a França un sistema propi de reproducció cinematogràfica de doble banda. Un disc magnetoòptic d'àudio –de doble cara i muntat en un cartutx– reproduïa en sincronia amb la imatge el so digital, seguint el codi de temps SMPTE imprès òpticament entre les perforacions i l'extrem de la pel·lícula. Com que la pista de so òptic no es feia servir, permetia de mantenir la còpia sonora analògica. El disc tenia una durada de dues hores i vint-i-cinc minuts. El sistema LC 4 feia servir els quatre canals de la instal·lació Dolby Spectral Recording. També hi havia la versió LC 6, que treballava amb sis canals. La freqüència de mostratge era de 44,1 o 48 kHz i la quantificació, de 16 bits. Després les dades es comprimien amb el sistema Musicam. La primera pel·lícula projectada en LC Concepts va ser una còpia de *Cyrano de Bergerac* el juny del 1991 a París. La pel·lícula *Indochina* (1992) també es va poder escoltar en aquest format multicanal digital.

Dolby Digital

El Dolby Digital (Dolby 5.1) es va presentar oficialment a París el 6 de setembre del 1991 per a contrarestar el sistema francès de doble banda LC Concepts. Es va començar a comercialitzar l'any 1992. La pel·lícula *Batman returns* (1992) va ser la primera projectada en aquest sistema.

El Dolby Digital és un sistema de banda simple compatible amb els formats sonors analògics de 35 mm. A la banda òptica analògica s'enregistra el so amb el sistema Dolby SR. La informació digital està codificada en els píxels que hi ha entre les perforacions de la pel·lícula. Aquests píxels es llegeixen mitjançant uns sensors CCD, com els de les càmeres de vídeo.

El Dolby Digital 5.1 té cinc canals: esquerre, centre, dret, envoltant dret i envoltant esquerre. A més, a la part frontal inclou un sisè canal per als subgreus –conegut com a *low frequency effects*. Algunes pel·lícules no aprofiten els sis canals i només fan servir els frontals per a aconseguir un so estereofònic digital. Serien còpies 2.1 (esquerre i dret) o 3.1 (esquerre, centre i dret).

El mostratge es fa a 48 kHz i la quantificació, a 16 bits. El sistema aplica la compressió de so AC 3 i redueix la informació en una relació de 14:1.

Els cinc canals principals tenen una resposta en freqüència de 20 Hz a 20 kHz. El canal de subgreus té una banda passant que va dels 3 als 120 Hz.

A Catalunya la primera pel·lícula projectada amb so Dolby Digital va ser *Stalingrad* (1993), projectada al cinema Urgell de Barcelona.

Dolby Digital Surround EX

L'octubre del 1998, Dolby i Lucasfilm THX van presentar la millora del Dolby Digital, el Dolby Digital Surround EX o Dolby Extended Sound (Dolby EX o Dolby 6.1), que millorava els canals de so envoltant.

El director del prestigiós estudi de mescles Skywalker Sound, Gary Rydstrom –guanyador de diversos Oscars al millor so–, volia millorar la sensació de so envoltant i precisar amb tot detall la procedència posterior dels sons, perquè considerava que el so que oferia la versió 5.1 era massa difús. Per això es va decidir a afegir un canal central posterior.

El Dolby Digital Surround EX (o Dolby 6.1) té sis canals: esquerre, centre, dret, envoltant dret, envoltant central i envoltant esquerre. A més, a la part frontal inclou un setè canal per als subgreus.

La primera pel·lícula projectada amb Dolby EX va ser *Star Wars: Episodi I. L'amença fantasma*, el maig del 1999.

El format Dolby Digital 6.1 és compatible amb el sistema anterior 5.1 –també comprimeix el so amb el sistema AC 3. Amb l'adaptador Dolby SA-10 i l'afegit d'un nou amplificador i un canal central posterior, la instal·lació antiga ja està adaptada al nou format. Si es reproduïx una còpia 6.1 en una instal·lació 5.1, els efectes de so del canal envoltant central sonaran pels dos canals posteriors de la instal·lació.

La força del sistema 6.1 està en el fet que pot fer passar els sons per sobre dels caps del públic. Un efecte pot anar des del centre posterior fins al centre de la pantalla sense diluir-se pels costats, i a l'inrevés.

Digital Theater System

L'empresa Digital Theater Systems (DTS) va desenvolupar a començament dels noranta el seu propi sistema de reproducció multicanal digital. La primera pel·lícula projectada amb so DTS va ser *Juràssic Park* (1993).

El sistema DTS és equivalent al Dolby Digital 5.1 pel que fa a nombre de canals. Per tant, una sala pot reproduir els dos formats amb el mateix sistema electroacústic, si disposa dels dos descodificadors.

El DTS té els cinc canals habituals: esquerre, centre, dret, envoltant dret i envoltant esquerre. A la part frontal també inclou el sisè canal per als subgreus.

La diferència està en el sistema de digitalització que s'utilitza. El DTS fa el mostreig del senyal a 48 kHz i la quantificació a 20 bits –el Dolby en fa servir 16. D'altra banda, comprimeix molt menys el so: la relació és de 4:1 - 14:1, pel que fa al Dolby. Té més dinàmica i més bona qualitat de so que el Dolby.

La manera com emmagatzema la informació, pel que fa als formats d'exhibició professional, també difereix. El DTS és un sistema de doble banda. A la pel·lícula només imprimeix el codi de temps SMPTE, en forma de línia contínua entre el fotograma i la banda de so analògic. El so digital s'emmagatzema en discos òptics externs (CD-ROM) de sis canals. Cada disc pot arribar als 100 minuts d'àudio 5.1.

Si es posen dos sistemes reproductors en paral·lel es podria arribar a tenir dotze canals de so diferents. Per això es fa servir aquesta codificació en pel·lícules IMAX i experiències de cinema 3D o simuladors de realitat virtual.

Per a competir amb el Dolby Digital 6.1, el DTS també té la versió ES (*extended sound*). El DTS ES té sis canals: esquerre, centre, dret, envoltant dret, envoltant central i envoltant esquerre. A la part frontal inclou el setè canal per als subgreus.

Star Wars: Episodi I. L'amenaça fantasma (1999) va ser la primera pel·lícula en format DTS ES.

Sony Dynamic Digital Sound

L'any 1993 Sony va presentar el seu propi sistema de reproducció cinematogràfica multicanal amb l'estrena, el mes de gener, de la pel·lícula *Last Action Hero* (1993).

Les produccions dels estudis Columbia Pictures i TriStar Pictures, propietat de Sony, fan servir aquest format.

El sistema Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) té set canals: esquerre, centre-esquerre, centre, centredret, dret, envoltant esquerre i envoltant dret. A més, afegeix un vuitè canal frontal de subgreus.

Té, per tant, més altaveus darrere de la pantalla per a aconseguir el so més detallat possible i perfectament integrat a la imatge. Una altra justificació és la de poder aprofitar al màxim la reproducció en grans pantalles.

La informació digital es col·loca en les dues vores més externes de la pel·lícula. Està duplicada per a garantir que si un extrem no es pot llegir, es pugui fer la lectura de l'altre.

Sony no dóna gaire informació tècnica detallada dels paràmetres de digitalització emprats. Comprimeix el so amb el sistema ATRAC (*adaptive transform acoustic coding*), que també fa servir el Mini Disc.



Sistema ATRAC
© Alesis

6.2.2. Disseny electroacústic i acústic per a sales de cinema

Per bo que sigui un format d'enregistrament sonor cinematogràfic, no donarà els resultats esperats si la sala no té una bona cadena electroacústica reproductora –amplificadors, filtres distribuïdors i altaveus– i un bon condicionament acústic.

El sistema Magnasound

El sistema de reproducció Magnasound, dissenyat per Kelonik, va portar als cinemes l'alta fidelitat i en va millorar les instal·lacions electroacústiques –amb quatre etapes amplificadores de 140 W.

El fabricant francès d'altaveus Cabasse va desenvolupar el sistema CHF d'alta fidelitat per a cinema per a explotar al màxim les possibilitats del CinemaScope. El cinema Le Grand Pavois de París va ser el primer a fer-lo servir.

Dels anys setanta ençà, a mesura que ha avançat l'alta fidelitat musical, les sales de cinema han incorporat moltes millores.

En els anys vuitanta sorgeix l'**Integral Sound**, dissenyat per a aprofitar al màxim la codificació Dolby analògica. A Catalunya, el cinema Urgell va inaugurar aquest sistema de reproducció sonora amb la projecció de *L'últim emperador* (1987), de Bertolucci.

El sistema Integral Sound

Les dades següents reflecteixen algunes de les característiques electroacústiques del sistema Integral Sound muntat al cinema Urgell:

- Tres filtres divisors de freqüència: subgreus (20 a 125 Hz), greus (40 a 500 Hz), mitjos i aguts (500 a 20.000 Hz).
- 2.200 W de potència per als quatre altaveus de subgreus (20 a 100 Hz) de darrere la pantalla. Això donava, en greus, 15 dB SPL més per sobre del sistema normal.
- Cinc canals en pantalla, amb uns 4.440 W totals: esquerre (dos altaveus de 550 W), centreesquerre (un altaveu de 550 W), centre (dos altaveus de 550 W), centredret (un altaveu de 550 W) i dret (dos altaveus de 550 W).
- Uns 3.300 W per als trenta-quatre altaveus de so envoltant. El so d'aquests altaveus sortia amb un retard de 24 milisegons.

El sistema tenia, per tant, una potència total d'uns 10.000 W i emprava quaranta-sis altaveus.

Un altre sistema va ser l'STS, que intentava d'aconseguir un camp sonor omnidireccional a la sala quan es reproduïen pel·lícules de 35 mm amb Dolby Stereo.

El sistema STS

Sistema per a millorar la reproducció de pel·lícules de 35 mm amb Dolby Stereo, que intentava de crear un camp sonor el màxim d'omnidireccional possible.

El canal de pantalla es dividia així: subgreus (de 40 a 80 Hz), baixos (de 80 a 800 Hz), mitjos (de 800 a 6.000 Hz) i aguts (de 6.000 a 20.000 Hz).

Cada canal de pantalla tenia quatre caixes acústiques i quatre etapes amplificadores – entre els 560 i 1.000 W.

El canal d'ambient es dividia en tres vies: baixos (de 80 a 800 Hz), mitjos (de 800 a 6.000 Hz) i aguts (de 6.000 a 20.000 Hz).

Les etapes de potència per als altaveus d'ambient tenien potències entre els 220 i els 350 W.

El gran salt endavant, en la idea de crear un estàndard electroacústic i acústic per a les sales de cinema, es produeix quan el director i productor George Lucas es va proposar que la seva obra es pogués escoltar a tot el món tal com ell l'havia concebut.

L'any que s'estrena *Star Wars: Episodi VI. El retorn del Jedi* (1983), Lucasfilm presenta el sistema THX. Sens dubte, el sistema per a millorar la reproducció multicanal més implantat al món. L'any 2003 unes tres mil sales tenen aquest certificat de qualitat –a Barcelona, els cinemes Lauren Horta, Lauren Universitat, Multicines Mitre i Warner La Maquinista.

THX

La sigla *THX* té una procedència doble: la sigla del nom de l'enginyer que va desenvolupar el sistema per a George Lucas, Tomlinson Holman eXperiment, i el nom de la primera pel·lícula estrenada pel director, l'any 1971, *THX 1138* –amb muntatge de so de Walter Murch.

El sistema obté la resposta sonora més òptima en una sala amb un processament propi del senyal i l'ús d'uns altaveus, amplificadors i filtres homologats.

La norma THX

La norma THX exigeix que la sala compleixi unes característiques acústiques determinades i que tingui uns nivells de soroll de fons baixos –una sala plena, normalment, tindrà un soroll de fons mínim d'uns 35 dBA.

Pel que fa a l'electroacústica, el primer que s'ha de complir és la teoria de la pantalla infinita. Darrere de la pantalla s'aixeca un mur. En aquest mur s'encaixen els altaveus. L'espai entre el mur i la paret del fons s'omple amb material acústic absorbent. Així es garanteix que els altaveus només radiïn endavant.

Pel que fa a l'amplificació i els altaveus, el percentatge de potència emprada en cada banda de freqüència és el següent: de 20 a 50 Hz, un 10%; de 60 a 800 Hz, un 60%; i de 800 Hz a 20 kHz, un 30%.

El filtre THX divideix l'espectre en subgreus, mitjos baixos i aguts. Cada banda ataca una etapa amplificadora pròpia.

A la pantalla hi ha diverses columnes d'altaveus: esquerra, centre i dreta. Les caixes acústiques dels mitjos normalment tenen dues vies. Les freqüències més agudes es reproduïxen amb una botzina de membrana electrodinàmica. El *subwoofer* és una caixa *bass-reflex* amb dos altaveus electrodinàmics, que reproduïx només les freqüències entre 20 i 40 Hz.

El sistema THX incorpora un mínim d'entre deu i dotze altaveus per al so envoltant.

Quan l'enginyer de THX equalitza la reproducció sonora de la sala, els ajustaments no es poden variar. La companyia dóna un certificat als cinemes que fan servir el THX, comprova periòdicament el bon estat de la instal·lació i en fa els ajustaments necessaris.

Les sales de cinema actuals poden reproduir volums molt alts, entorn dels 110 dBA de pressió sonora, i contribuir així a incrementar notablement l'espectacularitat d'una projecció.

A grans trets, el disseny tècnic es basa en dos principis: l'aplicació de la teoria de la pantalla infinita i la reproducció sonora multiamplificada dels concerts musicals.

Igual que les sales d'exhibició, els estudis de mescla de so per a cinema també poden aconseguir el certificat de qualitat THX si compleixen i s'adapten a la norma marcada. D'aquesta manera, un enginyer de mescles, quan escolta el resultat de la seva feina a l'estudi de so, té la garantia que el públic escoltarà el mateix. Justament el que volia George Lucas al començament dels vuitanta.

Darrerament el certificat THX també garanteix una bona qualitat de so en productes de cinema domèstic (*home cinema*), DVD, productes multimèdia i cotxes de luxe –el primer model a aconseguir el certificat és el Lincoln LS Sport, l'any 2003.

6.2.3. La reproducció multicanal domèstica

L'any 1982 Dolby presenta el seu primer format de so òptic envoltant domèstic. Tenia tres canals: esquerre, dret i envoltant (posterior) monofònic. Cinc anys després, el 1987, es va presentar el Dolby Surround Pro Logic, la variant domèstica del format de so envoltant professional analògic. El sistema reproduïa quatre canals: esquerre, centre, dret i envoltant (posterior) monofònic. Les sales d'estar de les cases es començaven a transformar en petites sales cinematogràfiques.

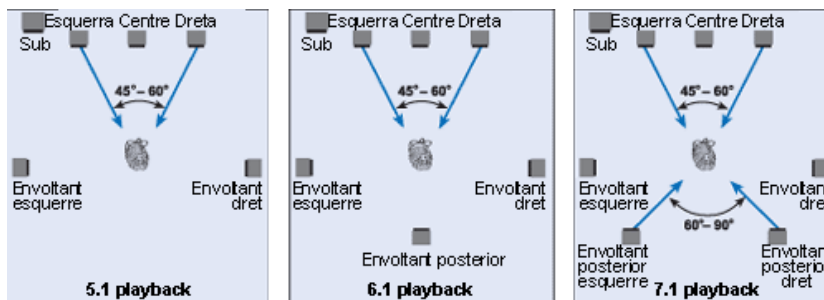
La dècada dels noranta porta la dignificació del so televisiu. A Catalunya, per exemple, TV3 va emetre el primer concert en estèreo el desembre del 1989, mentre que les primeres proves de so envoltant, en Dolby Surround Pro Logic, les va fer l'abril del 1993.

Tot això ha fet possible que, actualment, els formats Dolby Digital, Dolby Digital EX, DTS i DTS ES també tinguin versions domèstiques per a DVD que es poden escoltar en reproductors multicanals de cinema domèstic. L'SDDS només es pot escoltar en sales d'exhibició.

Dolby Pro Logic II

El Dolby Pro Logic II és la versió domèstica del Dolby Digital 5.1 professional. La variant per a DVD o videojocs té cinc canals: esquerre, centre, dret, envoltant esquerre i envoltant dret. A més, inclou el canal de subgreus.

És a dir: un sistema Pro Logic 5.1 treballa amb dos altaveus de so envoltant. Però també hi ha les versions 6.1 i 7.1, que reparteixen els dos canals de so envoltant en tres i quatre altaveus, respectivament. Això s'aconsegueix amb els descodificadors Dolby Digital EX o THX Surround EX.



Drawing courtesy of Dolby Laboratories © Dolby Laboratories Inc.

THX domèstic

En el sector domèstic, THX ha desenvolupat diversos productes i serveis.

D'una banda tenim la versió electroacústica per a les cases del THX professional que garanteix la reproducció d'una cinta de vídeo o d'un DVD amb la màxima plenitud sonora.

A partir de la codificació Dolby, el descodificador THX obté sis vies d'àudio: esquerra, centre, dreta, envoltant esquerra i envoltant dreta, més el canal frontal de subgreus. Com que la resposta dels altaveus d'una cadena domèstica d'alta fidelitat està dissenyada per a reproduir música, això provoca que quan es reproduceix una pel·lícula la instal·lació soni massa brillant. Els equips homologats per THX ho corregeixen reequalitzant el senyal. Aquests aparells també igualen el timbre del so dels altaveus del davant i del darrere. Finalment, apliquen un processament especial als senyals posteriors per a reforçar la sensació de so envoltant.

Un segon producte, disponible només dins de la gamma THX Digital Services, és el programari o *software* THX Optimizer. Serveix per a calibrar la resposta de la instal·lació electroacústica domèstica d'acord amb els criteris seguits per l'estudi de mescla original. El THX Optimizer aprofita una sèrie de senyals d'ajustament que porten incorporats els DVD amb certificat THX, posteriors a l'any 2000.

Pel que fa als suports, des del començament dels noranta THX Ltd també ha desenvolupat unes normes que controlen la qualitat de les mescles i els processos de transferència en la producció de suports domèstics, cintes de vídeo i DVD. Els fabricants de DVD també poden aconseguir el seu segell de qualitat.

Els sistemes informàtics i multimèdia també poden seguir els criteris específics de qualitat fixats per THX. La marca DELL va fabricar el primer ordinador personal amb el segell THX, i la marca Logitech va ser una de les primeres a posar a la venda uns altaveus per a ordinadors amb certificat THX.

Resum

- El so envoltant multicanal reforça l'espectacle sonor cinematogràfic.
- A les sales d'exhibició trobem tres formats digitals. Sistemes de banda simple: Dolby Digital 5.1 i 6.1 i l'SDDS (*Sony dynamic digital sound*). Sistema de doble banda: DTS (*digital theater systems*).
- La norma THX és un estàndard electroacústic i acústic que permet al públic d'escoltar a les sales de cinema el mateix so que s'ha concebut a la sala de mescles. La versió domèstica homologa els equips electroacústics per a les cases i garanteix la qualitat en el procés de fabricació de DVD.

6.3. Els amplificadors

Com sabem, l'amplificador fa augmentar el voltatge del senyal d'entrada per tal que a la sortida tingui un nivell suficient per a atacar els altaveus.

Els amplificadors amb tecnologia d'impulsos modulats (PMA⁴⁵) han representat una de les primeres aplicacions de la digitalització en aquest terreny.

Una de les novetats més importants és la tecnologia ICEpower, inventada per P.D. Karsten Nielsen –que l'any 1999 va crear una aliança d'empreses (*joint venture*) amb la prestigiosa marca Bang & Olufsen.

Es tracta d'un mòdul digital per a amplificadors. Inclou circuits de realimentació, coneguts amb la sigla PEDEC (*pulse edge delay error correction*) –que aconsegueixen reduir molt la distorsió harmònica–, i el mètode *intelligent volume control* –que n'ha permès d'augmentar la dinàmica. Aquests mòduls amplificadors digitals poden treballar amb senyals d'entrada analògics o digitals.

Lectura recomanada

Trobareu més dades tècniques sobre les característiques dels amplificadors (sensibilitat, resposta en freqüència, impedàncies, etc.) en el temari de l'assignatura de la UOC *Fonaments de tecnologia audiovisual*.

⁽⁴⁵⁾Sigla de *pulse modulated amplifiers*.

El mòdul amplificador ICEpower té un rendiment molt alt, del 93% –un amplificador analògic amb *mofsets* de commutació no supera el 75%.

No té distorsió d'encreuament ni d'intermodulació. La distorsió harmònica total (THD) és molt petita, inferior al 0,05% –en tot el marge de freqüències i per a potències de fins a 500 W.

En tenir un soroll de fons molt baix, la dinàmica és alta, aproximadament d'uns 120 dBA.

I necessita menys potència elèctrica per a funcionar. Un amplificador analògic que consumís 200 W en *stand-by* amb aquesta tecnologia digital, no consumiria més de 20 W. Això fa que l'amplificador no s'escalfi tant.

Tot i que encara no hi ha amplificadors completament digitals, des de la tardor del 1999 alguns amplificadors de commutació de classe D i alguns altaveus actius de les marques Jeff Rowland, Sony, Bang & Olufsen, Sanyo, Philips i Acoustic Reality incorporen el mòdul ICEpower®.

Altres marques especialitzades en amplificadors professionals són Carver, Crown, BGW, Crest o Marshall i Fender –els dos últims especialitzats en models per a instruments musicals electrònics. A l'Estat espanyol destaquen Ecler i DAS Audio.

Per acabar, cal recordar que la potència d'un amplificador es pot mesurar de diverses maneres i això pot crear confusió. Hi ha dues grans menes de potències: les contínues –RMS, AES, EIA–, de valor més baix, i les instantànies –de pic–, de valor més elevat i, per tant, més espectaculars. A més, la potència que allibera un amplificador també està condicionada per la impedància dels altaveus. Com menys càrrega suporti un amplificador, més potència donarà, però tindrà més distorsió. Per exemple, un amplificador professional que dona 510 W sobre 8 ohms, augmentarà a 750 W si la impedància baixa a 4 ohms.

Potència i elements de protecció dels amplificadors

A continuació, repassem alguns dels paràmetres tècnics de l'amplificador relacionats amb la potència i amb diversos elements de protecció:

Rendiment: es troba dividint la potència de sortida per la potència d'entrada. Els rendiments dels amplificadors difícilment superen el 75% –transistors bipolars, 65%; *mofset*, 60%, i *mofset* de commutació, 75%.

Potència

Potència eficaç o RMS (*root mean square*): potència mitjana que provindria de la manera com es calcula la potència d'un altaveu, dividint el voltatge eficaç (RMS), al quadrat, per la impedància. És la potència que pot alliberar l'amplificador sobre els dos canals durant un llarg període de temps en el marge de freqüències de 20 a 20.000 Hz. En una sala domèstica moblada d'uns 100 m³, podríem arribar als 100 dB de pressió sonora amb un amplificador d'uns 40 W RMS per canal. Si els altaveus fossin de baix rendiment el nivell podria estar uns 10 dB per sota, amb la mateixa potència. Es poden considerar potències baixes, de 10 a 30 W RMS per canal; mitjanes, de 30 a 100 W RMS; i altes, de més de 100 W RMS per canal.

Potència AES (*audio engineering society*): una de les maneres de mesurar la potència eficaç o RMS. La mesura es fa durant dues hores amb un soroll rosa de dinàmica definida com a senyal d'entrada. La mesura es basa en voltatges eficaços.

Potència EIA (*electronic industries association*): potència que pot alliberar l'amplificador sobre els dos canals amb una càrrega de 4 ohms durant una hora en el marge de freqüències de 20 a 20.000 Hz, amb una distorsió inferior a l'1%.

Potència FTC: potència que pot alliberar l'amplificador sobre els dos canals amb una càrrega de 4 ohms durant una hora a 1 kHz, amb una distorsió inferior al 0,1%. Normalment, la potència FTC està entre 30 i 50 W per sota de l'EIA.

Potència DIN: potència que pot alliberar l'amplificador sobre els dos canals amb una càrrega de 4 ohms durant un període de temps preestablert a 1 kHz –sense especificar la distorsió.

Potència de programa: no té una definició gaire precisa. Prové de les mesures de potència amb senyals sinusoides. Diversos fabricants han adoptat la convenció que el seu valor és el doble de la potència eficaç o RMS.

Potència de pic: indica la potència que l'amplificador pot alliberar durant els pics de volum. Per a fer les mesures, alguns fabricants fan servir un senyal que té un valor als pics quatre vegades més gran que la mitjana d'energia global. Per això, es pot considerar com a norma general que la potència de pic serà quatre vegades més gran que l'eficaç o RMS. En els amplificadors professionals es poden arribar a tenir valors molt alts. Per exemple, en un canal sobre 2 ohms, es poden superar els 2.000 W.

Potència musical: indica, molt aproximadament, la potència que l'amplificador pot alliberar en impulsos pràcticament instantanis. Alguns fabricants només donen aquest valor en les característiques dels amplificadors de gamma domèstica.

Banda de potència: marge de freqüències en què l'amplificador pot donar, com a mínim, un 50% de la potència total sense distorsionar. És el marge de freqüències en què l'amplificador es manté dins d'un marge de 3 dB sense augmentar la distorsió.

Realimentació

Alguns amplificadors fan servir una realimentació negativa per a reduir la distorsió i estabilitzar el guany. Com més realimentació, menys guany de potència, però més amplada de banda en freqüència.

Proteccions

Els amplificadors professionals poden portar diverses proteccions per a evitar que es malmetin. Alguns amplificadors porten el commutador *ground link*, que permet d'aïllar la massa mecànica de l'elèctrica i evitar bucles de massa que provoquin zumzejos.

Protecció contra el pic d'arrencada: quan s'enega un amplificador molt potent, durant 0,2 o 0,6 segons es pot produir una intensitat molt gran –de 50 o 60 ampers. Amb unes resistències i un relè s'evita el problema.

Detector de corrent contínua a la sortida d'altaveus: molts amplificadors incorporen un sistema de *stand-by* que actua quan el sistema d'altaveus s'enega o s'apaga per a evitar que es puguin malmetre si es produeix un nivell de tensió contínua a la sortida quan el senyal d'àudio altern desapareix.

Detector de curtcircuit a la línia dels altaveus: si es produeix un curtcircuit, l'amplificador deixa de subministrar potència.

Circuit de control de la zona de treball dels transistors de potència: limitador de corrent útil en el cas que l'amplificador estigui connectat a impedàncies molt baixes. Si la intensitat que dona l'amplificador és excessiva per al transistor final, el circuit de control la rebaixa.

Circuit de control de temperatura: els amplificadors de molta potència no en tenen prou amb els dissipadors d'escalfor per a refredar el circuit i porten, a més, uns potents ventiladors amb un túnel i un filtre per a refrigerar els transistors i la resta de components. Tot i això, l'amplificador incorpora un circuit de control de temperatura que, quan detecta uns límits perillosos, fa disminuir el seu règim de treball.

Resum

- La tecnologia d'impulsos modulats i el mòdul ICEpower són algunes de les primeres aplicacions de la digitalització al disseny dels amplificadors.
- Encara no hi ha amplificadors completament digitals.
- La potència d'un amplificador es pot mesurar de diverses maneres. Potències contínues –RMS, AES, EIA–, de valor més baix, i les instantànies –de pic–, de valor més elevat.

6.4. Els altaveus

L'altaveu és un transductor electroacústic que transforma les variacions elèctriques en variacions de pressió.

La digitalització en aquest terreny s'ha aplicat fonamentalment a les caixes acústiques actives –les que s'han de connectar al corrent elèctric perquè funcionin. Aquests sistemes d'altaveus porten l'amplificador incorporat i, en alguns models, a més, incorporen un sistema informàtic que controla tot el sistema per a donar el millor rendiment possible en cada situació.

Amb la incorporació de la tecnologia informàtica s'aconsegueixen caixes actives cada vegada més petites i potents.

Lectura recomanada

Trobareu moltes dades tècniques sobre el funcionament dels altaveus, el disseny de les caixes acústiques i les seves característiques (sensibilitat, resposta en freqüència, etc.) en el temari de l'assignatura de la UOC *Fonaments de tecnologia audiovisual*.

El rendiment i la potència de les caixes acústiques

A continuació repassem alguns paràmetres relacionats amb el rendiment i la potència de les caixes acústiques.

Rendiment

El rendiment (o eficiència) és la relació entre la potència acústica radiada per l'altaveu i la potència elèctrica subministrada, expressada en percentatge. Per exemple, si tenim un altaveu amb un rendiment de l'1% voldrà dir que per cada 100 W elèctrics obtindrem una radiació d'1 W acústic.

Els valors dels rendiments dels altaveus, expressats en tant per cent, són molt petits: entre l'1 i el 2%, per als de gamma baixa, i del 10 al 15%, per als de gamma alta. És a dir, un altaveu dissipa molta més energia de la que radia. Amb tot, s'ha de saber que en una habitació de 60 m³ (4 × 5 × 3) podríem tenir pics de 96 dB SPL amb potències radiades de només 0,15 W. En aquest exemple, si l'altaveu tingués un rendiment baix, del 2,5%, necessitaria rebre de l'amplificador una potència d'uns 6 W.

Potència IEC

La Comissió Electrotècnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC) té diverses normes per a la mesura d'altaveus, com la 268-1. Aquesta norma especifica un senyal de mesura que s'acosta a la dinàmica i l'espectre de la música –de 63 a 12.500 Hz. Els valors dels voltatges mesurats són eficaços (RMS). És una potència de sortida nominal per canal lliurada contínuament durant un període de temps preestablert i amb un límit de distorsió del 0,7%.

Compressió dinàmica

Un altaveu ha de conservar la mateixa resposta en freqüència tant a 1 W com a 100 W de radiació; lògicament, en el segon cas la pressió sonora estarà 20 dB per sobre. Normalment, la part mecànica de l'altaveu en fa reduir l'eficiència a més potència, i això altera la resposta en freqüència.

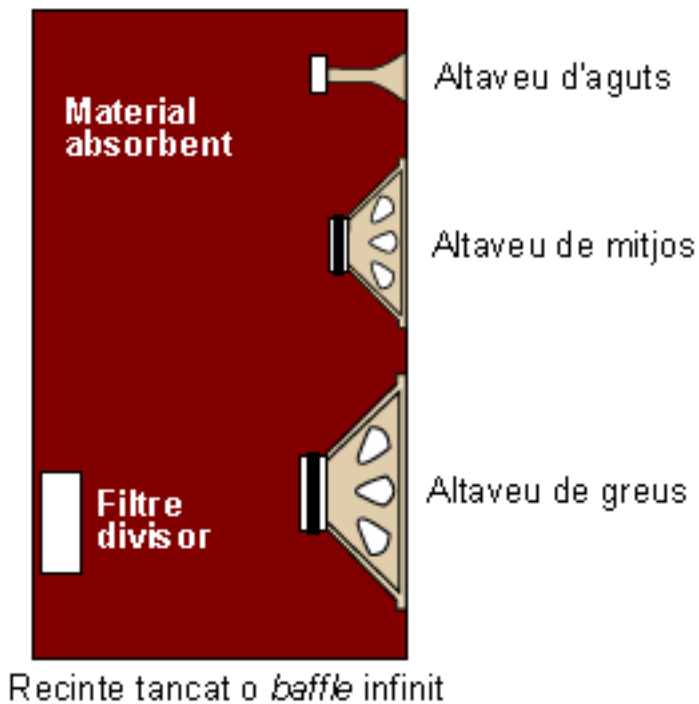
En els altaveus de les millors gammes no hi ha d'haver més d'1 dB de diferència. És a dir, el pas d'1 a 100 W donaria un increment real de 19 dB SPL. Molts altaveus perden 2 dB SPL i els de la pitjor gamma, fins a 3 dB SPL.

Una de les primeres caixes actives que van aplicar el mòdul digital d'amplificació ICEpower va ser la BeoLab 1 de Bang & Olufsen, un *subwoofer* de 300 W posat a la venda la tardor del 1999. La primavera del 2001 la mateixa marca va presentar la segona generació d'aquesta caixa activa formada per dos altaveus de subgreus, la BeoLab 2, que dóna 850 W i una pressió sonora màxima de 110 dB –amb unes mides de 26 × 32 × 31 cm.

Generalment es fan servir sistemes de dues, tres o quatre vies per a reproduir tot el marge de freqüències, perquè un únic altaveu no pot reproduir correctament tot l'espectre.



© Bang & Olufsen



L'altaveu de subgreus (*subwoofer*) reproduceix dels 20 als 60 Hz, el de greus (*woofer*), de 20 a 500 Hz, el de mitjos (*squawker* o *midrange*), de 500 Hz a 4 KHz, i el d'aguts (*tweeter*), de 4 a 20 KHz.

Quan es fan servir potències elevades en sonoritzacions de grans espais, el senyal de la sortida principal de la taula de mescles passa pels filtres *crossover*, de manera que cada marge de freqüències entri en un amplificador i es radiï per una caixa independent.

A les sales cinematogràfiques que segueixen la norma THX, el filtre divideix l'espectre en subgreus, mitjos baixos i aguts. Cada banda ataca una etapa amplificadora pròpia. El percentatge de potència emprat en cada banda de freqüència és de 20 a 50 Hz, un 10%; de 60 a 800 Hz, un 60%, i de 800 Hz a 20 kHz, un 30%.

Algunes de les marques especialitzades en la fabricació de caixes acústiques són: DAS Audio, JBL, Genelec, Bang & Olufsen, Tannoy, etc.

Resum

- En els altaveus la digitalització s'ha aplicat fonamentalment a les caixes acústiques actives, les que porten l'amplificador incorporat, per a donar el millor rendiment possible en cada situació.
- Amb la incorporació de la tecnologia informàtica s'aconsegueixen caixes actives cada vegada més petites i potents.

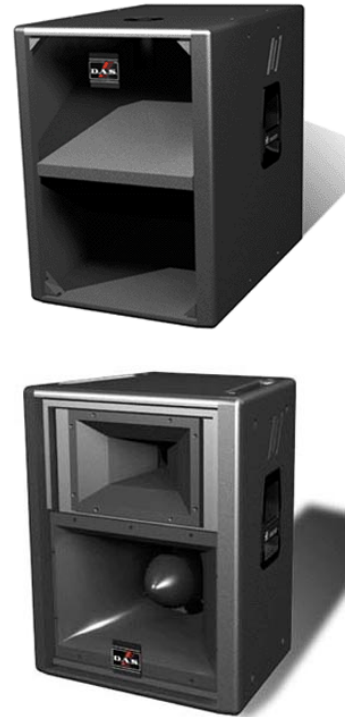
6.5. Ús dels amplificadors i els altaveus

La potència de l'altaveu ha de ser 1,5 o 2 vegades superior a la potència nominal de sortida de l'amplificador.

No convé mai connectar un amplificador a un altaveu que tingui una impedància inferior al valor de la impedància de sortida de l'amplificador, perquè es produirà un excés d'intensitat a la sortida de l'amplificador i pot cremar el pas final.

En canvi, si connectem uns altaveus que tenen una impedància superior a la de la sortida de l'amplificador, no passa res greu, simplement perdem energia i tindrem una radiació de l'altaveu inferior.

Per a tenir la pèrdua de potència mínima, el cable que connecta l'amplificador amb les caixes acústiques ha de ser del gruix adient a la impedància de cada caixa i al nombre d'unitats que tinguem per canal. Tres consells: com més nombre de caixes connectades per canal, més gruix ha de tenir el cable. Pel que fa a la impedància, com menys resistència de la caixa, més gruix del cable. I per a tirades llargues de cable convé fer servir els de diàmetre més gran.



© D.A.S. Audio, S.A.

Els altaveus es poden connectar en sèrie o en paral·lel. Sigui quin sigui el muntatge triat, tots els altaveus han de ser de la mateixa potència, i la suma d'aquestes potències ha de ser més gran que la potència nominal de l'amplificador. En el muntatge en paral·lel, si un altaveu deixa de funcionar la resta de la línia continuarà radiant. En el muntatge en sèrie, quan un altaveu emmudeix, tota la línia també resta en silenci.

Muntatge d'altaveus en paral·lel

La impedància de la línia en paral·lel es calcula així:

$$\text{Impedància de la línia en paral·lel} = \frac{\text{Impedància de l'altaveu}}{\text{Nombre d'altaveus}}$$

Si tenim dos altaveus de 16 ohms en paral·lel, representaran una impedància final de 8 ohms. Si en poséssim quatre, l'amplificador veuria una impedància de 4 ohms.

Muntatge d'altaveus en sèrie

La impedància de la línia en sèrie es calcula així:

Impedància de la línia en sèrie = Impedància de l'altaveu × Nombre d'altaveus

Si tenim quatre altaveus de 4 ohms en sèrie, representaran una impedància global de 16 ohms.

Com que els amplificadors estan preparats, segons els models, per a treballar amb unes impedàncies de sortida de 4, 8 o 16 ohms, aquest tipus de muntatge només es pot fer quan els altaveus tenen una impedància baixa.

A més de revisar les característiques tècniques de l'altaveu, el millor sistema per a escollir-ne un és escoltar amb atenció com sona. Per a comparar una parella d'altaveus han d'estar un al costat de l'altre. Quan passen dos segons després de l'aturada d'una de les fonts sonores, l'oïda perd molts elements de comparació. Per tant, les comparacions fetes d'un dia per l'altre seran merament subjectives, però no han d'obeir necessàriament a la realitat. Per a conèixer la veritable resposta d'un altaveu, convé reproduir diversos tipus de música. Cal escoltar amb atenció com respon l'altaveu als passatges forts i als seus, i fixar-se com sonen les transicions dels uns als altres.

Col·locació

Segons quin sigui el nombre de superfícies que estan en contacte amb la caixa acústica, tindrem més o menys radiació. Les caixes acústiques s'han de col·locar a prop de les parets. Si les separem de les parets es poden produir reflexions a mitjanes i baixes freqüències que poden alterar la radiació frontal. Aquests problemes de fase a baixa freqüència s'incrementaran a mesura que allunyem els altaveus de les parets.

Recordeu que un dels principis electroacústics aplicats per la norma THX per a sales de cinema i estudi és la teoria de la pantalla infinita. Per a complir-la, darrere de la pantalla s'aixeca un mur. En aquest mur s'encaixen els altaveus.

L'espai entre el mur i la paret del fons s'omple amb material acústic absorbent. Així es garanteix que els altaveus només radiïn endavant. Per això, molts estudis també tenen les caixes acústiques d'alta potència encastades a la paret. L'altaveu només tindrà radiació frontal, que simula la pròpia del camp acústic lliure.

Si pengem l'altaveu en una paret, com un quadre, el nivell de pressió sonora pujarà uns 3 dB en comparació amb la situació en camp lliure. Si la caixa es penja en un angle format per dues parets perpendiculars, notarem un augment d'uns 6 dB. I si posem la caixa damunt del terra en la intersecció de dues parets perpendiculars, l'augment serà de 9 dB. Aquests augments de pressió sonora es produiran bàsicament en les freqüències greus, que són omnidireccionals. Com que les freqüències agudes són directives, no es produeix aquest reforç de nivells per l'efecte de les parets.

Resum

- La potència de l'altaveu ha de ser 1,5 o 2 vegades superior a la potència nominal de sortida de l'amplificador.
- No convé mai connectar un amplificador a un altaveu que tingui una impedància inferior al valor de la impedància de sortida de l'amplificador. Per a tenir la màxima transferència d'energia, els valors de la impedància de sortida i d'entrada han de ser iguals.

