

Principis de tecnologia audiovisual

Objectius

- Identificar els elements que concorren en la percepció visual relacionada amb l'espectre visible i les característiques dels colors des de la perspectiva audiovisual.
- Identificar els elements que concorren en la percepció sonora relacionada amb les característiques fisiològiques i definitòries del so.
- Descriure els elements bàsics que configuren el fenomen televisiu en blanc i negre i en color en les seves variants analògica i digital.
- Identificar els elements bàsics que configuren els amplificadors, taules de mesclades i equips d'efectes de so, i també els formats de so digital més habituals.
- Mostrar coneixement sobre el funcionament bàsic de les lents i objectius i sobre les seves aplicacions pràctiques en la realització de programes audiovisuals.
- Descriure els processos de transformació de la llum en corrent elèctric produïts a la càmera i també els tipus de càmeres més habituals i els seus suports.
- Descriure els processos de transformació del so en corrent elèctric i identificar els tipus de micròfons més emprats en la captació del so.

Planificació de l'aprenentatge

Mòdul 1. Principis de tecnologia audiovisual				
Apartats	Objectius	Nuclis de coneixement	Activitats	Temps
La percepció de la imatge	Identificar els elements que concorren en la percepció visual relacionada amb l'espectre visible i les característiques dels colors des de la perspectiva audiovisual.	La percepció de la imatge: sistema visual	Compareu el funcionament d'una càmera fotogràfica amb el de l'ull humà. Trobeu els equivalents dels components d'una càmera fotogràfica (sistema d'enfocament, diafragma i pel·lícula) en l'ull humà.	2 h
		L'espectre electromagnètic	Quina longitud d'ona correspon a una onda electromagnètica amb una freqüència d'1 MHz?	
		Els colors i les seves característiques	Tenim tres projectors lluminosos de llum blanca que dirigeixen els rajos cap a una pantalla blanca. També disposem d'un filtre vermell, un de blau i un altre de verd. Amb quines combinacions podríem obtenir els colors secundaris groc, magenta i cian?	
		Qüestionari		
La percepció del so	Identificar els elements que concorren en la percepció sonora relacionada amb les característiques fisiològiques i definitòries del so.	La percepció del so. Sistema auditiu	Poseu-vos els dits sobre la nou del coll i comenceu a emetre tots els sons que componen l'abecedari. Notareu una vibració excepte en cinc consonants. Quines?	2 h
		El so i les seves característiques	Si tenim en compte la velocitat de desplaçament del so, que es de 340 m/s, a quina distància es troba una tempesta en què hem vist el llamp tres segons abans de sentir el tro corresponent?	
		Qüestionari		
Principis tecnològics de la televisió	Descriure els elements bàsics que configuren el fenomen televisiu en blanc i negre i en color en les seves variants analògica i digital.	Fonaments de la televisió	Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tvp008.htm per ampliar la informació sobre els principis tecnològics de la televisió.	4 h
		La televisió en color	Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tvp009.htm , on podreu ampliar la informació sobre les normes de televisió més esteses en el món. Entreu en la pàgina d'Internet www.videostudi.com/castella/standards.htm i podreu veure una extensa llista de països amb les normes de televisió corresponents.	
		La televisió digital	Si teniu un escàner, escanegeu una fotografia i, amb un programa de tractament d'imatges de tipus Photoshop,	

			<p>Paint Shop Pro o un altre, guardeu-la en els diferents tipus d'arxius disponibles (TIFF, GIF, JPEG, PDF, etc.). A continuació mireu quines diferències hi ha en la dimensió dels arxius que s'han creat per a la mateixa fotografia.</p> <p>Entreu en la pàgina d'Internet www.conganat.org/iicongreso/comunic/008/video.htm i podreu aprofundir sobre els formats d'arxiu que més es fan servir en imatge fixa i mòbil.</p>	
		Qüestionari		
Equips bàsics de so	Identificar els elements bàsics que configuren els amplificadors, taules de mescles i equips d'efectes de so, i també els formats de so digital més habituals.	L'amplificador	Adreceu-vos a un comerç especialitzat en so professional i sol·liciteu catàlegs d'amplificadors. Feu-ne una lectura detallada i compareu diferents models, i intenteu aplicar els coneixements que s'han aportat en aquest nucli. Si teniu un equip de so amb amplificador independent, reviseu amb el manual d'instruccions totes les possibilitats de manipulació del so que ofereix.	3 h
		La taula de mescles	Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tpv043.htm , on podreu ampliar la informació sobre taules de mescles.	
		Altres equips i efectes	Entreu en la pàgina d'Internet www.audiolav.com/noticias/dpl2/dpl2.htm , on trobareu informació comparativa de diferents sistemes reductors de soroll que s'adrecen bàsicament a transformar el so en la llar en una experiència espectacular i realista, gràcies a la capacitat envoltant.	
		Compressió en formats digitals	Mitjançant un cercador (per exemple el Google), mireu de trobar informació a Internet sobre música en MP3. Trobareu milions d'informacions. Feu-ne una selecció fins que us descarregueu un reproductor de MP3, com ara el Winamp. Continueu buscant fins que trobeu temes musicals que podreu guardar en el disc dur de l'ordinador per reproduir-los posteriorment.	
		Qüestionari		
Principis d'òptica	Mostrar coneixement sobre el funcionament bàsic de les lents i objectius i sobre les seves aplicacions pràctiques en la realització de programes audiovisuals.	Fonaments de les lents i els objectius	Entreu en la pàgina d'Internet www.1001fotos.com/B2C/elobjetivo.asp , on podreu ampliar la informació sobre el funcionament i les aplicacions dels objectius.	3 h
		El diafragma	Quin número f es fa servir quan treballem amb un objectiu de distància focal 100 mm si el diàmetre de l'obertura efectiva es de 25 mm?	
		La profunditat de camp	Entreu en la pàgina d'Internet www.caminantes.metropoliglobal.com/web/fotografia/profundidad.htm i mireu de dur a la pràctica, amb una càmera fotogràfica, l'activitat que s'hi proposa. Podreu comprovar l'efecte de la profunditat de camp sobre la imatge.	
		Tipus d'objectius	Amplieu els vostres coneixements sobre objectius entrant en la pàgina d'Internet www.difo.uah.es/curso/c04/cap04.html . Podeu fer els exercicis d'autoavaluació que s'hi proposen.	
		Qüestionari		
La càmera de vídeo	Descriure els processos de transformació de la llum en	Components de la càmera de vídeo	Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tpv017.htm , on podreu ampliar la informació sobre els sensors CCD i els principis bàsics de les càmeres de vídeo.	3 h

	corrent elèctric produïts a la càmera i també els tipus de càmeres més habituals i els seus suports.	Controls de la càmera	Aconseguir catàlegs de càmeres de vídeo domèstiques, industrials i professionals (podeu obtenir aquesta informació a Internet, consultant les firmes més conegudes: Sony, JVC, Panasonic, Canon, etc.). Compareu-ne les característiques de captació i tractament de la imatge, els dissenys, les possibilitats d'entrada i sortida de la informació, l'ergonomia i els preus de cost. Analitzeu les dades i extraieu-ne les vostres pròpies conclusions. Podeu trobar catàlegs de càmeres domèstiques i industrials de vídeo i les seves possibilitats operatives a l'adreça d'Internet www.ibertronica.es/video.htm .	
		Suports de càmera	Entreu en la pàgina d'Internet www.ovide.com i observeu la varietat de tripodes, suports de càmera, pedestals d'estudis, sistemes antivibratoris, etc. a disposició dels productors per donar resposta a les diferents necessitats que planteja la producció audiovisual. Ho podeu comparar amb altres empreses de lloguer d'equips audiovisuals que podeu trobar amb un cercador.	
La captació del so	Descriure els processos de transformació del so en corrent elèctric i identificar els tipus de micròfons més emprats en la captació del so.	Els micròfons	Amb un cercador, localitzeu a Internet adreces de firmes fabricants de micròfons. Analitzeu-ne i compareu-ne les característiques. També us podeu adreçar directament a www.todomusica.com.ar/microfon.htm i llegir els paràmetres definitoris dels micròfons que s'hi mostren.	3 h
		Tipus de micròfons i usos	Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tpv038.htm , on podeu ampliar la informació sobre micròfons i les seves característiques.	
		Qüestionari		

La percepció de la imatge

La percepció de la imatge: sistema visual

L'objectiu de la percepció és la captació de la realitat i la seva interpretació segons la suma de totes les nostres sensacions. També intervenen en el procés perceptiu les associacions significatives que fem amb aquestes sensacions segons les experiències acumulades en la nostra memòria.

La percepció és sempre selectiva. L'ésser humà rep un excés d'informació que el cervell no pot processar. La majoria dels estímuls sensorials es mantenen en un pla difús i només som conscients dels que mereixen la nostra atenció.

Els sentits permeten a l'ésser humà de posar-se en contacte amb el món exterior, ja que aporten la informació necessària per a conèixer l'entorn i en possibiliten, per tant, l'adaptació.

Des d'un punt de vista quantitatiu i qualitatiu, el sistema visual és el més utilitzat per a obtenir informacions de la realitat, i a continuació se situa el sistema auditiu. Els mitjans audiovisuals afecten aquests dos sentits perquè estan basats en la combinació d'imatges i sons.

En la vida real estem sotmesos a milions d'estímuls sensorials que no podem processar. En els mitjans audiovisuals se seleccionen uns elements escassos que es col·loquen estratègicament per a aconseguir complir els objectius del programa.



La transmissió dels objectius comunicatius d'un programa depèn, en bona mesura, de la selecció estratègica dels estímuls sensorials que concentrin la nostra atenció.



■ Estructura de l'ull

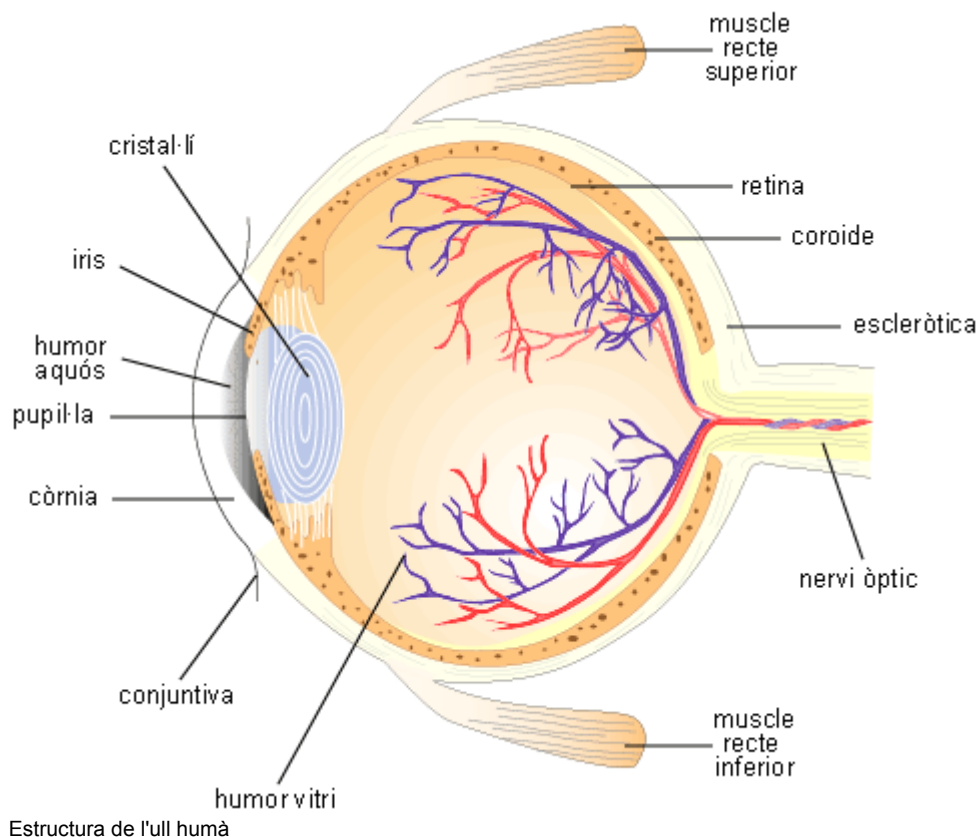
El sistema visual està format per l'ull, el nervi òptic i determinades zones de l'escorça cerebral.

La funció de l'ull és captar la màxima quantitat d'informació possible del món exterior. Les dades recollides per l'ull són transmeses, pel nervi òptic, a determinades zones del cervell, la funció del qual és la d'interpretar les imatges rebudes.



L'ull humà és un òrgan complex constituït per tres capes de teixit o membranes, que formen una esfera plena de fluid. Les capes són l'externa, la mitjana o úvea i la interna o retina. Els fluids són l'humor aquós, el cristal·lí i el vitri.

- La **capa externa** està composta per un gran nombre de fibres de col·lagen disposades estretament. És el suport exterior del globus ocular i ajuda a mantenir la forma esfèrica de l'ull. Aquesta membrana externa també rep el nom d'*escleròtica* i compleix una funció protectora. En la porció anterior de l'escleròtica, la membrana esfèrica canvia el radi de curvatura i es fa més convexa; les fibres col·làgenes adopten una distribució que fa que entre elles es mantingui una distància una mica inferior que la longitud d'ona de les radiacions lluminoses, cosa que converteix aquesta porció en un casquet esfèric transparent denominat *còrnia*, que és la lent més potent de l'ull. La còrnia acaba en una zona de la membrana que s'ha tornat opaca i s'anomena esclera. La zona d'unió entre totes dues s'anomena *limbe*, la qual conté les estructures responsables de l'humor aquós.
- La **capa mitjana**, també anomenada *úvea*, conté vasos sanguinis. La seva porció anterior es modifica per formar l'iris, el cos ciliar i el lligament suspensor. L'iris és una membrana circular amb una obertura central que varia de mida, anomenada *pupil·la*. Es pot definir com un diafragma que regula la quantitat de llum que entra al globus ocular. L'iris constitueix la part de l'ull que té color, perquè conté cèl·lules pigmentades. El cos ciliar, situat entre el coroides i l'iris, és un cercle de múscul llis que possibilita l'acomodació del cristal·lí, i també està format per una porció epitelial, responsable de la producció de l'humor aquós. La coroides és la porció més posterior. És una membrana molt vascular que té la funció de nodrir les capes de la membrana interna o retina, i també de mantenir una temperatura estable en el globus ocular.
- La **capa interna o retina** conté les cèl·lules fotorceptors: els bastons i cons. La seva missió és rebre l'estímul lluminós i transformar-lo en estímul nerviós. La fòvea, a prop del centre de la retina, és la zona de màxima agudesa visual.



Fisiologia de la visió

La quantitat de llum que penetra a l'ull és regulada per la pupil·la de l'iris i ha de passar per la còrnia, l'humor aquós, el cristal·lí i l'humor vitri abans d'assolir els fotorceptors de la retina, és a dir, els bastons i els cons. Hi té lloc una

transformació d'estímuls lluminosos en estímuls nerviosos, gràcies a una reacció química.

Per a la transmissió dels estímuls nerviosos es fa servir un feix de fibres nervioses de l'anomenat nervi òptic, integrat per gairebé 800.000 fibres.

La fase d'interpretació comença quan les imatges arriben al cervell, on es torna a compondre la sensació visual captada per la pupil·la i formada a la retina amb les dades que envia cada fibra.

A partir d'aquí, es desconeixen els mecanismes que intervenen en el procés d'interpretació de la informació visual en el cervell. Se suposa que hi ha una connexió amb les zones del cervell que emmagatzemen les dades acumulades per la nostra experiència.



Activitat

- Compareu el funcionament d'una càmera fotogràfica amb el de l'ull humà. Trobeu els equivalents dels components d'una càmera fotogràfica (sistema d'enfocament, diafragma i pel·lícula) en l'ull humà.



La percepció és sempre selectiva i permet la captació de la realitat i la seva interpretació segons la suma de totes les nostres sensacions.

Els mitjans tècnics de captació d'imatge imiten el funcionament del nostre sistema visual.

L'espectre electromagnètic

Maswell va establir, el 1885, les primeres característiques de les ones electromagnètiques en afirmar que les oscil·lacions elèctriques d'alta freqüència es podien propagar per l'espai. Va assegurar que la llum era una manifestació visible d'unes oscil·lacions electromagnètiques que es desplaçaven a una velocitat aproximada de 300.000 quilòmetres per segon.

El 1887 Hertz va poder confirmar, en la pràctica, les teories de Maswell. Des de llavors, les ones electromagnètiques es coneixen com *ones hertzianes* i, universalment, es denomina hertz la unitat bàsica per a mesurar-ne la freqüència. L'any 1894 Marconi va aconseguir, després de nombrosos experiments, transmetre i rebre a distància informacions amb l'alfabet telegràfic. Així naixia el que va passar a denominar-se *telegrafia sense fils*, base de múltiples avenços posteriors en el camp de les telecomunicacions.

Per a fer un acostament històric a les persones que van contribuir al descobriment i el coneixement de l'espectre electromagnètic –en què les ones de ràdio són tan sols una petita part d'una extensa família–, hauríem de considerar tota una plèiade de científicotècnics que es van especialitzar en altres camps d'aplicació, com la utilització dels raigs X a la medicina i la indústria, els raigs gamma i còsmics en l'astronomia, els raigs ultraviolats, infrarojos i, pel que fa al tema objecte d'aquest volum, els que van investigar sobre l'espectre de llum visible, suport de tota la nostra cultura visual.



L'estudi de l'espectre electromagnètic ha permès de conèixer les característiques de la llum i ha possibilitat la transmissió i recepció d'imatges i sons.



Ones electromagnètiques

Molt sovint es recorre al fenomen oscil·latori per a explicar les ones electromagnètiques. S'ha comprovat que tant els raigs X com la llum, les ones de ràdio i els raigs infrarojos són oscil·lacions de diversa freqüència. L'escalonament en la manifestació de les oscil·lacions permet d'establir i situar les diferents classes d'ones electromagnètiques que componen l'espectre objecte d'estudi.

Les ones electromagnètiques tenen components elèctrics i magnètics i es generen a partir de sistemes fonamentalment elèctrics. La física encara no n'ha definit amb exactitud la naturalesa. Algunes teories els atribueixen un comportament ondulatori, encara que també són considerades com a partícules radiants de matèria.

Malgrat el relatiu desconeixement científic sobre la naturalesa de les ones electromagnètiques, es coneixen algunes

característiques del seu comportament:

- En ocasions s'anomenen *energia radiant*, perquè poden "ser irradiades" des d'un deu o font energètica com el sol, una làmpada, un transmissor, etc.
- La seva velocitat de desplaçament és enorme: 300.000 quilòmetres per segon en el buit. En travessar matèries, la seva velocitat disminueix en relació amb la densitat d'aquestes matèries.
- A diferència de les ones sonores que, per la seva naturalesa mecànica, necessiten una substància portadora per a poder transmetre la vibració, les ones electromagnètiques es poden desplaçar-se en el buit. També poden travessar substàncies segons la freqüència.
- La forma de propagació és virtualment recta des de la font de radiació i sense prendre en consideració magnituds astronòmiques.
- Finalment, el desplaçament admet el símil de la pedra llançada a un estany tranquil. És a dir, es desplacen en forma d'ones que s'expandeixen des del centre cap a la perifèria.

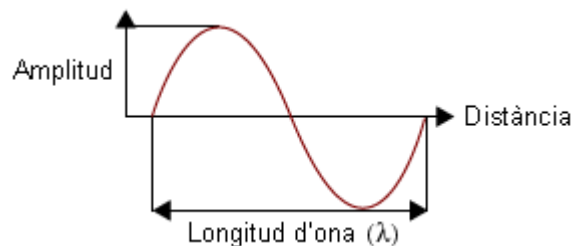


Les ones electromagnètiques tenen comportaments molt diferents de les ones sonores.

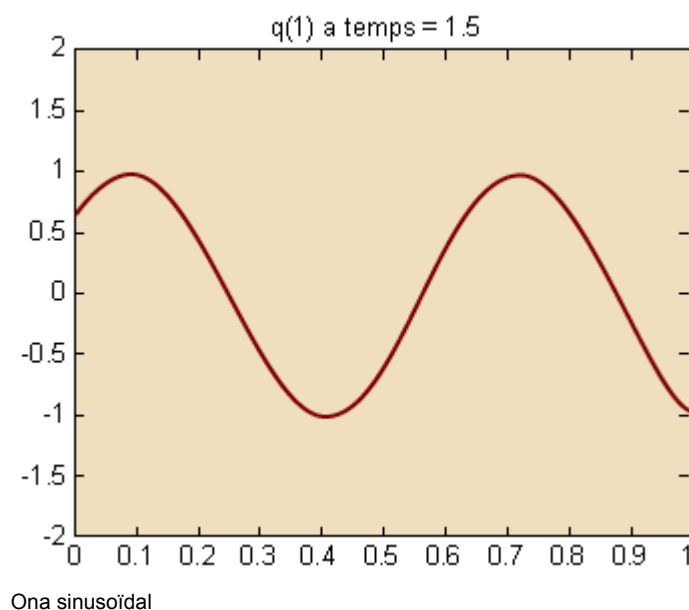


■ Longitud d'ona i freqüència

Per a entendre algunes de les característiques i paràmetres fonamentals de les ones, i malgrat el fet que es tracta d'un fenomen complex, ens ajudarà molt pensar en les ones com a fenòmens oscil·latoris. Una conseqüència d'aquesta idea és que ens porta a una conclusió importantíssima: una oscil·lació es "repeteix" periòdicament.

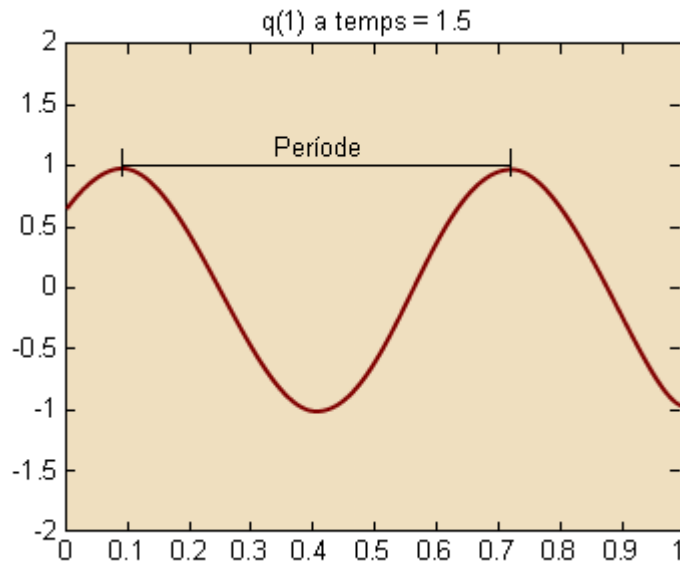


Si observem una forma d'ona senzilla (concretament, una ona sinusoidal) en què es mostri l'**amplitud** (la quantitat d'energia que conté, independentment que es tracti d'ones acústiques o electromagnètiques), al llarg del temps obtindrem un gràfic com el següent:



Ona sinusoidal

Com que es tracta d'un gràfic que ens mostra l'evolució de l'ona en el temps, podem marcar el temps que l'ona triga a repetir-se. Aquest temps és el que s'anomena **període (T)**.



Ona sinusoidal amb indicació del període

Si ens imaginem el que succeeix en l'espai (és fàcil si penseu en les ones que es generen en llançar una pedra a un estany), veurem que les ones poden ocupar més o menys espai abans de repetir-se o, com diríem col·loquialment, poden ser més "curtes" o més "llargues". La distància que recorre una ona abans de repetir-se rep l'evident nom de **longitud d'ona (λ)**.



Unitats de mesura

El mesurament de longituds d'ona exigeix l'ús de magnituds de mesura que s'estenen des del quilòmetre fins a deu milionèsimes de mil·límetre. A continuació exposem les unitats de mesura utilitzades per a les mesures mínimes:

- El mil·límetre o mil·lèsima part del metre.
- La micra (representada per la lletra grega μ), el valor de la qual és el d'una mil·lèsima de mil·límetre.
- La milimicra ($m\mu$) o nanòmetre (nm), que equival a una mil·lèsima de micra, és a dir, a una milionèsima de mil·límetre.
- L'àngstrom (Å), el valor del qual és el d'una dècima de milimicra o una deumilionèsima de mil·límetre.

Per a mesurar freqüències, a més de l'hertz, es fan servir les unitats següents:

- Quilohertz (KHz) = 1.000 Hz
- Megahertz (MHz) = 1.000.000 Hz
- Gigahertz (GHz) = 1.000.000.000 Hz

Hi ha algun tipus de proporció entre la longitud d'ona i el període?



Efectivament, una ona de més longitud també té un període superior. Per tant, una ona fluixa té un període elevat i una ona curta, un període breu.

Longitud d'ona (en metres) = velocitat de propagació (en metres/s) \times període (en s).

En la definició de les magnituds relacionades amb les ones i els fenòmens oscil·latoris resulta molt important la mesura del nombre d'oscil·lacions que es produeixen per segon. Aquesta magnitud rep el nom de **freqüència** i es mesura en **hertz (Hz)**. 1 hertz = 1 oscil·lació/segon.

Hi ha algun tipus de relació entre la freqüència i el període?



Sí, ja que es tracta de magnituds exactament contràries. Mentre que el període mesura els segons que una oscil·lació triga a repetir-se, la freqüència mesura les vegades per segon que aquesta oscil·lació es produeix. Així, doncs, la freqüència és la magnitud inversa del període. Coneixent la velocitat de propagació d'una ona i una d'aquestes dues magnituds, podem conèixer l'altra:

Període = 1 / freqüència.

Hi ha algun tipus de proporció entre la longitud d'ona i la freqüència?

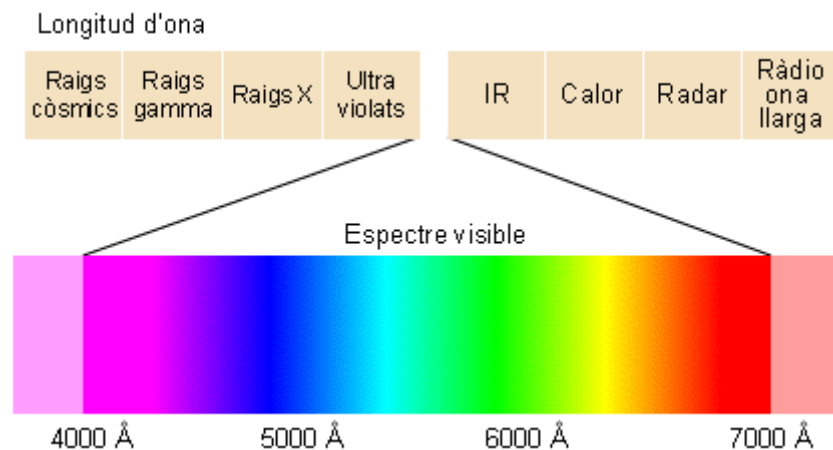


Sens dubte, hi ha una relació de proporció inversa. Això vol dir que com més freqüència, menys longitud d'ona. En radiodifusió, per exemple, se sol utilitzar l'expressió ona curta per a referir-se a la transmissió d'ones d'alta freqüència, i la d'ona llarga per a referir-se a ones de baixa freqüència (i, sens dubte, ona mitjana com a punt d'equilibri entre freqüències altes i baixes).

Es pot formular amb un senzilla expressió matemàtica:

■ Representació de l'espectre electromagnètic

Totes les radiacions conegudes poden ser ordenades segons la seva **freqüència** i **longitud d'ona**.



Denominem espectre electromagnètic la representació gràfica de les ones electromagnètiques ordenades segons la longitud d'ona.

De 3 a 30 kHz	VLF	Molt baixa freqüència (ones miriamètriques)
De 30 a 300 kHz	LF	Baixa freqüència (ones quilomètriques)
De 300 a 3000 kHz	MF	Mitjana freqüència (ones hectomètriques)
De 3 a 30 MHz	HF	Alta freqüència (ones decamètriques)
De 30 a 300 MHz	VHF	Molt alta freqüència (ones mètriques)
De 300 a 3000 MHz	UHF	Ultraalta freqüència (ones decimètriques)
De 3 a 30 GHz	SHF	Freqüència superalta (ones centimètriques)
De 30 a 300 GHz	EHF	Extremadament alta freqüència (ones mil·limètriques)
De 300 a 3000 GHz	---	(Ones decimil·limètriques)

Espectre electromagnètic i classificació de les ones hertzianes

En la figura apareix representat, sense voluntat de proporcionalitat, l'espectre electromagnètic que està limitat per les ones hertzianes, en l'extrem de les longituds d'ona llargues, i pels raigs còsmics, en l'extrem de les longituds d'ona curtes. Tant les ones hertzianes (utilitzades en les transmissions de ràdio i televisió) com la calor (infraroja) i la llum visible són manifestacions de diferents radiacions que podríem qualificar de beneficioses o innòcues, mentre que les ones curtes, com les ultraviolades, els raigs X, els gamma i els còsmics són perjudicials i mortals i tot per al desenvolupament de la vida humana.



L'espectre electromagnètic inclou tot tipus de radiacions que són aprofitades amb finalitats diverses per a l'emissió i la recepció d'imatges i sons. Algunes d'aquestes radiacions tenen efectes positius i també negatius sobre la vida vegetal i animal.



■ L'espectre visible

La llum és una radiació electromagnètica de la mateixa naturalesa que les ones de ràdio amb la particularitat, des del punt de vista humà, que el sentit de la vista és el que la pot captar i interpretar. Si, partint de l'espectre electromagnètic, ampliem la porció corresponent a la llum visible, apreciarem, en primer lloc, que la longitud d'ona de la llum és molt més petita que la de les radiacions de ràdio i televisió. Segons la longitud d'ona de la radiació emesa, el nostre cervell percep una sensació variable que denominem color.



Per tal d'entendre l'espectre de llum visible, imaginem un generador de radiacions de diferent longitud d'ona. A partir de la generació de radiacions de longitud d'ona d'entre 7500 i 7000 Å, veuríem un color vermell fosc que s'aniria aclarint progressivament fins que, en arribar als 6500 Å, es transformaria en color carbassa. Continuant la generació de radiacions, apreciariem que a una longitud d'ona d'aproximadament 6000 Å, el color carbassa es tornaria groc i adquiriria un màxim grau de puresa fins a convertir-se en verd quan la radiació fos d'una longitud d'ona d'uns 5800 Å. De manera gradual, el verd canviaria a cian, el cian a blau i, a partir dels 4500 Å de longitud d'ona, el blau s'enfosquiria gradualment fins a convertir-se en un violat clar que deixaria de percebre's a una longitud d'ona pròxima als 4000 Å. A partir de llavors entrariem dins del domini dels raigs ultraviolats d'una longitud d'ona més petita i d'una freqüència més gran. Cal que quedi clar que tots aquests canvis en la coloració es produeixen de manera gradual i que resulta summament difícil establir, amb precisió, límits entre uns colors i els altres.

Fixem-nos en l'exquisida sensibilitat de l'ull humà per discriminar i reconèixer com a colors diferents radiacions electromagnètiques diferenciades en menys de cinquanta nanòmetres. L'ull reacciona a les variacions més mínimes, fet que contrasta amb la incapacitat per distingir altres radiacions que s'estenguin més enllà de l'infraroig, d'una banda, o de l'ultraviolat, de l'altre.



El sol emet pràcticament totes les ones que componen l'espectre electromagnètic i el nostre planeta recull totes les radiacions emeses per l'astre. Ja hem comentat quins són els efectes que exerceixen sobre la vida les radiacions segons la longitud d'ona (beneficoses o innòcues les llargues i perjudicials o mortals les curtes). Doncs bé, encara que la pràctica totalitat de les ones electromagnètiques arriba al nostre planeta, no totes les radiacions travessen l'atmosfera, que es comporta com un veritable filtre que impedeix el pas de les radiacions d'ona curta. Els raigs còsmics, els raigs gamma, els raigs X i una part important dels raigs ultraviolats són absorbits per l'atmosfera, que transforma aquesta absorció en calor. Si no fos així, aquestes radiacions provocarien la destrucció dels teixits i farien inhabitable la vida a la Terra. Les radiacions que componen l'espectre visible també es veuen afectades per aquest fenomen. El blau i part del verd, que són els colors amb una longitud d'ona més curta, no travessen l'atmosfera intactes, sinó que són reflectits en totes les direccions. És per aquesta dispersió contra les partícules d'aire atmosfèric que el cel deu el seu color blavenc-cian característic (el cian prové de la suma de verd i de blau).



Activitat

- Quina longitud d'ona correspon a una ona electromagnètica amb una freqüència d'1 MHz?

Major freqüència d'ona / menor longitud d'ona →

Infraroig	Vermell fosc	Vermell	Carbassa	Groc	Verd	Cian	Blau	Violat	Ultraviolat
-----------	--------------	---------	----------	------	------	------	------	--------	-------------

L'espectre visible



La sensibilitat extrema del nostre sistema visual ens permet de distingir com a colors diverses radiacions electromagnètiques diferenciades tan sols en uns cinquanta nanòmetres de longitud d'ona.





L'espectre electromagnètic és la representació ordenada de totes les radiacions electromagnètiques conegudes agrupades segons la freqüència o la longitud d'ona.

L'espectre visible és una petita part de l'espectre electromagnètic al qual el nostre sistema visual està perfectament adaptat per distingir la llum i els colors.



Activitat

- Quina longitud d'ona correspon a una ona electromagnètica amb una freqüència d'1 MHz?

Els colors i les seves característiques

Qualsevol estudi de la teoria del color exigeix el coneixement del comportament de l'ull humà davant les radiacions lluminoses. Els sistemes audiovisuals electrònics imiten, en certa mesura, aquest comportament.

El sistema òptic de l'ull humà produeix una imatge de la realitat reduïda i invertida en la retina. A partir d'aquesta imatge, els mecanismes perceptors de la visió transformen els estímuls lluminosos en impulsos elèctrics, que són enviats al cervell i constitueixen la informació del que perceben els ulls.



Fins i tot quan, com hem esmentat anteriorment, no hi ha una constatació científica precisa sobre el mecanisme de la visió humana, hi ha tres classes de cons sensibles al color: els que s'exciten quan reben radiacions lluminoses de longitud d'ona corresponent a un vermell d'aproximadament 6000 Å; els que són excitats i, per tant, envien impulsos elèctrics al cervell quan reben llum de color verd d'uns 5400 Å, i els que reaccionen a les radiacions entorn de 4500 Å, que correspon a la llum blava. Els colors exciten un tipus de cons o uns altres segons el seu propi component cromàtic. Així, doncs, un color magenta (compost de vermell i blau) excitaria dos tipus de cons: els sensibles al vermell i els sensibles al blau.

A la retina hi ha dos tipus de cèl·lules sensibles a la llum: els **cons** i els **bastons**. Cadascun d'aquests tipus de cèl·lules compleix una missió diferent. Els bastons s'ocupen de registrar la intensitat o la quantitat de llum, mentre que els cons són sensibles a diferents longituds d'ona.

L'estudi del comportament de la visió ha permès d'assegurar la denominació de **colors primaris** o simples per als colors vermell, verd i blau en les longituds d'ona esmentades anteriorment. L'ull aprecia tots els altres colors segons el grau d'excitació de les tres classes de cons que hi ha.



Els colors primaris són el vermell, el verd i el blau.



■ Colors secundaris o compostos

La totalitat dels colors de l'espectre visible es pot obtenir a partir de la suma dels colors primaris. Sumar colors significa projectar llums de color sobre una pantalla de manera que, en la superposició dels colors projectats, s'obtenen noves tonalitats. Els colors secundaris o compostos s'obtenen a partir de la suma dels colors primaris o simples agafats de dos en dos.

Hi ha tres possibilitats de suma i, per tant, tres colors compostos:

- Sumant verd i vermell obtenim groc.
- Sumant vermell i blau obtenim magenta.
- Sumant blau i verd obtenim cian.

Per tant, el groc, el magenta i el cian són els colors secundaris o compostos.

Els **colors secundaris** no es poden obtenir independentment, sinó a partir de combinacions dels colors primaris. Els

colors compostos exciten sempre, en la nostra retina, dos tipus de cons.



Els colors secundaris són el groc, el magenta i el cian.



■ Qualitats del color

Els colors s'analitzen en termes de to, brillantor i saturació.

El **to** és la sensació que ens produeix un color, el seu matís, l'atribut que permet anomenar-lo com a vermell, verd, cian, etc. És la més vistosa de les característiques.

La **brillantor** o lluminositat d'un color és la quantitat de llum que l'ull percep en mirar-lo. Aquesta qualitat s'apreciaria si fotografiéssim en blanc i negre el color observat. Llavors veuríem que hi ha colors molt lluminosos que apareixerien molt clars en la còpia i colors poc lluminosos que apareixerien molt foscos. En la figura s'exposa una escala de brillantor.

Escala de brillantor

Blanc	Groc	Cian	Verd	Magenta	Vermell	Blau	Negre
-------	------	------	------	---------	---------	------	-------

Escala de brillantor

Un color és saturat o pur si no està barrejat amb llum blanca. La saturació és el grau de puresa d'un color. Un color verd, per exemple, pot ser verd intens o verd pàl·lid. En tots dos casos, la brillantor seria la corresponent al verd. Desaturant al màxim, es perdria el to i es convertiria en un gris.

■ Sistemes d'obtenció de colors

Hi ha dues tècniques bàsiques per obtenir llums de qualsevol color: el sistema additiu i el sistema substractiu.

El **sistema additiu** consisteix en l'obtenció de llums de color a partir de sumes (addicions) de colors primaris. Recordem que suma de colors vol dir projectar llums de color sobre una pantalla. Els colors protagonistes d'aquest sistema són el vermell, el verd i el blau. L'ull humà actua de manera similar perquè, com ja hem dit, analitza el cromatisme de les escenes en termes de vermell, verd i blau. La televisió en color, com veurem més endavant, també fa ús del procediment additiu en analitzar i reproduir els colors prenent com a base els colors primaris.

El **sistema substractiu** consisteix en l'obtenció de llums de qualsevol color pel procediment de restar (sostreure) components cromàtics a la llum blanca (no oblidem que la llum blanca està composta de vermell, verd i blau). Aquest sistema utilitza filtres que interfereixen el pas de la llum blanca i es fan servir, exclusivament, els colors secundaris o compostos: groc, magenta i cian. L'ús de filtres de colors secundaris possibilita la superposició de filtres. En superposar un filtre groc i un magenta pures només el traspassa el vermell. El color verd passa per un filtre cian i un filtre groc superposats, i el blau travessa la superposició d'un filtre magenta i un de cian. Qualsevol color de l'espectre visible es pot obtenir interferint el pas de la llum blanca amb filtres de colors secundaris de diferents gradacions de densitat.



Malgrat les diferències entre el sistema additiu (que es fa servir en la televisió) i el sistema substractiu (més utilitzat en la presa d'imatge amb filtres i en la fotografia), amb tots dos sistemes es poden obtenir tots els colors possibles.



■ La representació de la imatge: el píxel

En els mitjans audiovisuals, les imatges en general són percebudes finalment en una pantalla. Tots els mitjans tècnics de la captació i manipulació de la imatge s'haurien de posar al servei de mantenir sempre la màxima qualitat. Mentre que en els monitors i les pantalles de televisió la qualitat d'imatge s'associa normalment al nombre de línies de resolució, en les pantalles d'ordinador, receptors cada vegada més freqüents de programes audiovisuals, la unitat és el píxel. Un píxel és cada un dels punts d'una pantalla d'ordinador el color del qual es pot modificar de manera individual. El nom prové de l'abreviatura de l'expressió anglesa *picture element* ('element de dibuix'). El nombre de

píxels dins d'una pantalla depèn de la resolució de la **targeta gràfica** i del tipus de monitor que tingui l'equip informàtic. La resolució d'una pantalla es descriu amb un nombre que indica el nombre de píxels horitzontals pel nombre de verticals. Els estàndards més comuns són 640 × 480; 800 × 600; 1024 × 768 i 1280 × 1024.

Un píxel presenta un grau de llibertat addicional, que els informàtics denominen **profunditat**, que indica el nombre de bits de color que pot tenir, o sigui, la quantitat d'informació sobre el color que la targeta gràfica de l'ordinador fa arribar a cada píxel. Quan la profunditat és d'un bit (els valors possibles d'un bit són únicament zero i un), la pantalla de l'ordinador només pot ser monocroma. Amb dos bits es poden aconseguir quatre colors (blanc, negre i dos tons de grisos), amb quatre bits, setze colors, etc.

Com es pot deduir del paràgraf anterior, com més resolució i profunditat tindrem, més qualitat d'imatge, però ens exigirà una targeta gràfica amb més memòria. La taula següent serveix d'exemple de les necessitats de memòria depenent d'aquests dos paràmetres (s'ha optat per mostrar la memòria en quantitats que es troben al mercat, és a dir, configuracions reals de memòria):

Nre. de colors	Resolució				
	640 × 480	800 × 600	1024 × 768	1280 × 1024	1600 × 1200
16	256 Kb	256 Kb	512 Kb	1024 Kb (1 Mb)	1 Mb
256	512 Kb	1 Mb	2048 Kb (2 Mb)	512 Kb	2 Mb
32.768	1 Mb	1 Mb	2 Mb	3072 Kb (3 Mb)	4096 Kb (4 Mb) >
65.536	1 Mb	1 Mb	2 Mb	3Mb	4 Mb
16,7 × 106	1 Mb	2 Mb	3 Mb	4Mb	6144 Kb (6 Mb) >

Cada un d'aquests píxels pot variar el color dins de les capacitats de memòria de la targeta gràfica. Per exemple, una targeta que admeti 640 × 480 × 256 colors requereix 300 Kb de memòria.



Activitat

- Tenim tres projectors lluminosos de llum blanca que dirigeixen els rajos cap a una pantalla blanca. També disposem d'un filtre vermell, un de blau i un altre de verd. Amb quines combinacions podríem obtenir els colors secundaris groc, magenta i cian?



Quan augmenta la resolució i el nombre de colors, també incrementa la necessitat de memòria de la targeta gràfica.



Els colors primaris són el vermell, el verd i el blau. Els secundaris són el groc, el magenta i el cian.

Qualsevol color es pot definir en termes de to, brillantor i saturació.

El sistema additiu i el substractiu permeten l'obtenció de qualsevol color i es fan servir habitualment en els mitjans audiovisuals i la fotografia.

Qüestionari

Després d'una lectura atenta del tema, respongueu el qüestionari següent. Després compareu les vostres respostes amb el contingut.

- Per a què serveixen els sentits?

2. Quines són les cèl·lules fotoreceptores presents en la retina?
3. On té lloc la fase d'interpretació de la visió?
4. Les ones electromagnètiques es poden desplaçar en el buit?
5. Per què és possible conèixer la freqüència d'una ona electromagnètica si en coneixem la freqüència?
6. A una longitud d'ona llarga li correspon una freqüència...
7. Quin és el valor d'un àngstrom?
8. Quantes oscil·lacions per segon es produeixen en una radiació de 10 Mhz?
9. Ordeneu de la freqüència més gran a la més petita els colors que componen l'espectre visible.
10. L'atmosfera permet el pas al nostre planeta de totes les radiacions electromagnètiques?
11. Quina és la funció dels bastons i dels cons en el nostre sistema visual?
12. Què significa l'expressió "sumar colors"?
13. Quin és el procediment d'obtenció de colors que més es fa servir en la televisió?
14. Com afecta l'augment en la resolució i l'increment del nombre de colors en una pantalla respecte de la memòria de la targeta gràfica?

La percepció del so

La percepció del so. Sistema auditiu

La captació i interpretació que l'ésser humà fa de la realitat amb els sentits és possible gràcies a l'existència dins de l'individu d'uns 260 milions de cèl·lules visuals que arriben al sistema nerviós central; 50.000 cèl·lules estan disponibles per a la informació auditiva i la resta dels sentits disposa d'un total aproximat de 80.000 cèl·lules receptores. La quantitat potencial d'estímuls que rep el cervell és tan alta que en conjunt no els pot processar.

El procés perceptiu es duu a terme gràcies a una selecció d'aquesta nombrosa quantitat d'estímuls sensorials que, majoritàriament, es mantenen en un pla difús, mentre que parem atenció únicament als que, en un moment determinat, ho mereixen.

En els mitjans audiovisuals es conjuguen bàsicament aspectes d'imatge i de so per compondre programes carregats d'objectius comunicatius que s'adreçaran a un públic que disposa d'elements perceptius visuals i auditius per comprendre'ls i interpretar-los. El coneixement dels òrgans encarregats de la percepció, i també dels fenòmens físics i fisiològics que fan possible la percepció i la transmissió d'informació, seran tractats en aquest mòdul per tal que el seu coneixement representi un avantatge afegit per als creadors de productes i programes audiovisuals.



El coneixement dels sistemes perceptius de l'ésser humà ajuda decisivament en la construcció de missatges audiovisuals.



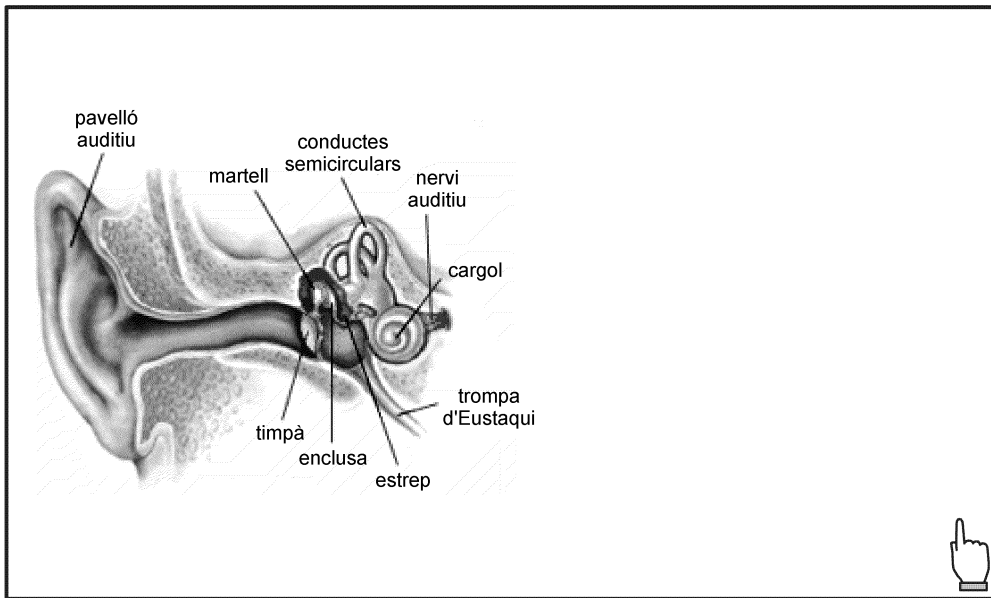
La percepció del so s'estructura entorn de dos grans sistemes:

- L'orella



Estructura de l'orella

L'òrgan auditiu es pot dividir en tres zones ben diferenciades:

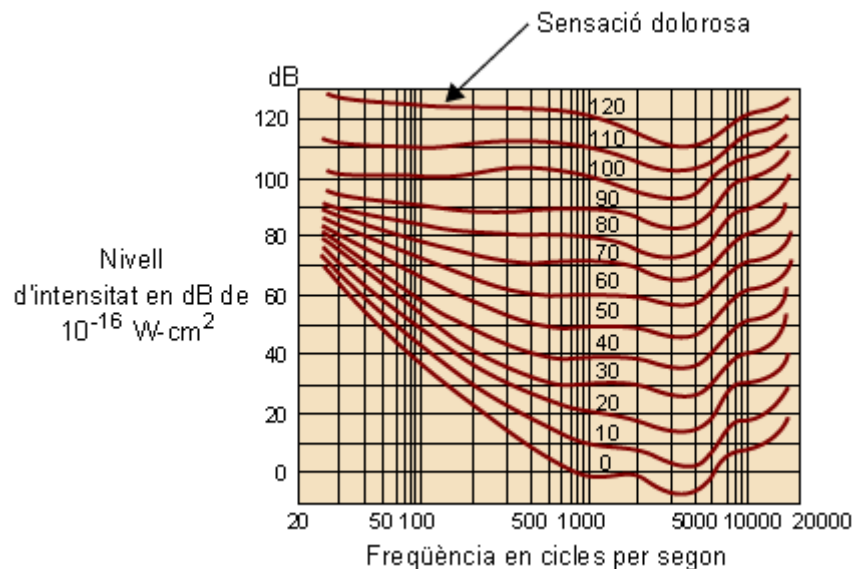


L'orella humana

L'orella humana pot arribar a percebre variacions de pressió amb freqüències compreses entre 1620 Hz i 20.000 Hz. Totes les orelles no assoleixen aquesta extensió, sobretot cap a les freqüències altes. A mesura que l'edat avança, la sensibilitat auditiva decreix considerablement en dos sentits: en la dificultat per apreciar vibracions acústiques febles i en la limitació del rang de freqüències audibles.

L'òrgan auditiu té una característica molt peculiar, que és la de presentar un cert aïllament acústic pel que fa als sons generats des de l'interior del cos humà, incloent-hi la pròpia veu. S'ha de destacar que l'òrgan auditiu capta l'energia acústica per dues vies. L'una és la via aèria, descrita anteriorment, i l'altra és la transmissió de la vibració pels ossos del crani que, tot i tenir menys incidència, no es poden menystenir en alguns casos patològics. També cal destacar el caràcter biaural (dues orelles) de l'audició, que és el que ens permet de conèixer la localització de la font sonora, tant en el pla vertical com en l'horitzontal.

L'orella humana no és capaç de detectar el volum de tots els sons amb la mateixa facilitat: és més sensible als canvis de volum en la gamma mitjana i alta de freqüències que en les freqüències greus. Aquesta particularitat queda ben reflectida en les corbes de sonoritat (*Fletcher-Munson*). Aquestes corbes representen els nivells necessaris per obtenir la mateixa sensació sonora al llarg de totes les freqüències. La corba inferior correspon a l'anomenat *llindar d'audició* i la corba superior correspon al *llindar del dolor*. Si bé aquestes corbes es van construir fent mesuraments sobre una població prou representativa, cal dir que no és habitual que la nostra audició particular (reflectida en els mesuraments o audiometries) segueixi exactament aquestes trajectòries. El que sí que és cert és que s'aproximaran de manera notable i tindran una certa semblança. El comportament auditiu dels éssers humans va variant al llarg del temps, de manera que cada vegada ens adaptem a l'ambient que ens envolta. Les discoteques, el trànsit rodat, les aglomeracions han estat una de les causes de pèrdua d'agudesa auditiva de moltes persones.



Corbes isofòniques

- L'aparell fonador



L'aparell fonador

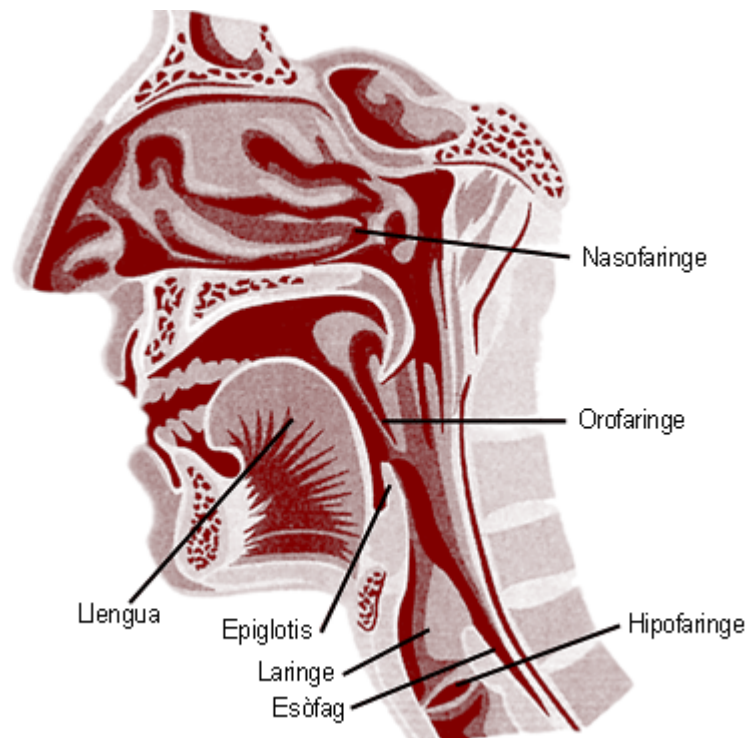
La veu és una energia modulada que se serveix dels músculs pulmonars per empènyer l'aire cap a la cavitat bucal.

L'aire provinent dels pulmons passa per la laringe i travessa les cordes vocals, constituïdes per una membrana amb dues bandes que deixen una obertura al centre. Quan aquesta membrana s'obre, tanca i vibra, produeix una modulació en velocitat i pressió de l'aire que la travessa i dóna la freqüència fonamental del so emès.

Després de passar per les cordes vocals, l'ona de so passa per una sèrie de cavitats ressonants com el coll, el nas i la boca, que modifiquen i formen el so emès.

A part d'aquestes cavitats tenim altres òrgans que modifiquen el so i que, a més, podem controlar a voluntat. Són la llengua i els llavis. Efectivament, modificant-ne la posició podem configurar els diferents sons.

No obstant això, hi ha un seguit de sons que es produeixen sense la intervenció de les cordes vocals (f, s, p, t, k). Es generen per la modulació de l'aire a la llengua, les dents i els llavis. Aquests sons tenen un espectre de freqüències que cobreix la zona superior de la banda audible.



L'aparell fonador



La sensibilitat de l'orella a les variacions de pressió és extraordinària. N'hi ha prou amb una variació d'una centèsima de gram a la membrana del timpà perquè es produeixi un desplaçament d'unes deu mil·lèsimes de mil·límetre que posarà en marxa el mecanisme de l'audició i originarà una percepció sonora.

Cada una de les parts constituents de l'orella (externa, mitjana i interna) compleix funcions específiques de recepció, transmissió i interpretació que integren finalment el sistema auditiu humà.

La nostra veu és una energia codificada: aire generat als pulmons, modulada a les cordes vocals i afectada per cavitats ressonants i per altres òrgans modificadors del so.



Activitat

- Poseu-vos els dits sobre la nou del coll i comenceu a emetre tots els sons que componen l'abecedari. Notareu una vibració excepte en cinc consonants. Quines?

El so i les seves característiques

El so es pot definir com la sensació causada a l'orella humana pel moviment vibratori dels cossos transmès pels mitjans elàstics que el propaguen. Per al seu estudi, es pot considerar un doble vessant: el so entès com a *fenomen físic* o com a *fenomen fisiològic*. Per a un físic, el so no és més que el resultat de la propagació d'una energia vibratòria per un medi elàstic. Des de la perspectiva fisiològica, es tracta d'una sensació desencadenada en el sistema receptor humà pel nervi acústic a causa de la recepció i propagació de l'energia acústica.

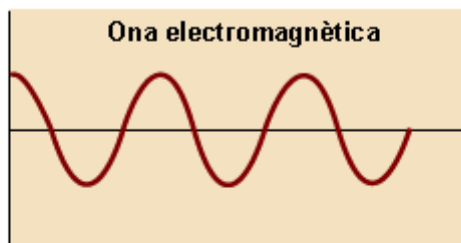


El so com a fenomen físic

Perquè es produeixi un so cal que hi hagi un xoc o una compressió que faci vibrar les molècules de manera que aquesta vibració (segons l'elasticitat del medi propagador), es transmeti a les molècules veïnes que, successivament, propagaran la vibració, és a dir, el so. Segons la potència i la freqüència de la vibració, l'orella humana mitjana experimenta una sensació sonora.

L'aire és un medi isòtrop, és a dir, presenta propietats iguals en totes direccions i les seves molècules es mantenen en equilibri fins que no experimenten perturbacions. Quan s'exerceix pressió sobre una molècula d'aire, aquesta molècula empenyerà les del voltant i així successivament, i la perturbació de la primera molècula es propagarà a totes les altres fins que, de manera natural, s'extingeix el moviment.

Per explicar la propagació del so serveix (com en les ones electromagnètiques) el símil de la pedra llançada a l'estany. El comportament pel que fa a longitud d'ona i freqüència de les ones sonores és el mateix que el de les ones electromagnètiques. Vegem, a continuació, les diferències entre les **ones electromagnètiques** i les **ones sonores**.



Mentre que les ones electromagnètiques estan formades per components elèctrics i magnètics, i la seva generació només es pot portar a terme amb sistemes de naturalesa essencialment elèctrica, les ones sonores es basen en la vibració transmesa de molècules i la seva generació és eminentment mecànica.

Davant l'elevada velocitat del desplaçament de les ones electromagnètiques (300.000 km per segon en el buit), les ones sonores es desplacen a velocitats molt inferiors, i varien la velocitat, com les ones electromagnètiques, segons les característiques del medi de propagació. Així, doncs, en l'aire les ones sonores es propaguen a una velocitat mitjana de 340 m/s, mentre que a l'aigua del mar la velocitat de propagació és d'una 1.504 m/s.



A causa de la seva naturalesa mecànica (vibració de molècules), el so no es pot propagar en el buit, perquè no hi ha molècules que transmetin la vibració. Aquesta és una característica diferencial fonamental respecte de les ones electromagnètiques.



■ Intensitat, to i timbre

Es tracta de tres característiques bàsiques dels sons.

La **intensitat** dóna idea de la quantitat d'energia acústica que conté un so. Les vibracions d'amplitud més gran produeixen pressions i depressions més elevades sobre la membrana timpànica de l'orella, per això la sensació sonora és d'una intensitat més gran.

L'oïda humana no respon de manera lineal als estímuls sonors, sinó de manera logarítmica. Amb això volem dir que percebem més clarament les variacions de pressió sonora i d'intensitat quan aquesta és baixa que quan és alta. Per aquest motiu, la unitat més estesa per a mesurar el nivell sonor és una unitat relativa que té en compte aquest comportament subjectiu de la nostra oïda. Es tracta del **decibel** (dB).

dB	
140	Bateria a 3 cm
130	A prop d'un reactor enlairant-se
120	Amplificador de guitarra a 30 cm
110	Llindar del dolor
100	Cantant a volum alt
90	A prop d'un martell pneumàtic
80	Guitarra acústica tocada amb una pua a 40 cm
70	Guitarra acústica tocada amb els dits a 40 cm
60	Ambient d'oficina
50	Conversa normal a 1 m
40	Soroll de fons en una habitació
30	Soroll de fons en un paratge tranquil
20	So ambient en un estudi de gravació
10	Soroll a l'interior d'una cambra
0	Llindar d'audició

Pel que fa a la intensitat sonora, convé aclarir dos conceptes:

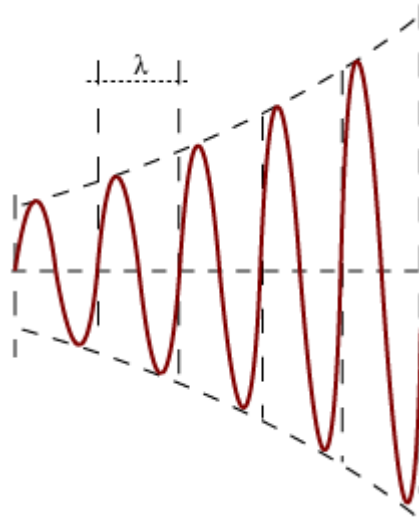
- **Llindar d'audició:** és el mínim d'intensitat necessària perquè el so sigui percebut per l'orella humana. Aquest valor varia segons la freqüència del so i el seu valor se situa a 0 decibels.
- **Llindar d'intensitat dolorosa:** fa referència a la potència a partir de la qual el so produeix una sensació de dolor a l'orella. La seva persistència pot produir audiotraumes de caràcter irreversible. Té un valor mitjà que se situa entorn dels 130 decibels i pot variar segons la freqüència de l'ona sonora.



La nostra sensació sonora no depèn només de la intensitat sinó també de la freqüència (som més sensibles a unes freqüències que a altres). La unitat de mesura més coneguda, el decibel, no té en compte aquesta característica amb la qual cosa, per tal de poder comparar les sensacions de dos sons de diversa intensitat i freqüència, es defineix el **fon**: un so té una sonoritat d'un fon quan la sensació que produeix és la mateixa que la produïda per un so d'1 Db a 1.000 Hz. El rang d'audició mitjà es troba entre 0 fon i 120 fon. Per sobre d'aquest nivell l'audició és dolorosa.

A continuació es donen exemples de sonoritat en tot el rang:

Sensació llindar	0 fon
Conversa en veu baixa	20 fon
Ràdio a volum mitjà	40 fon
Conversa en veu alta	60 fon
Martell pneumàtic	95 fon
Avió enlairant-se	100-120 fon.



Vibracions d'igual longitud d'ona i freqüència però amb distinta amplitud

El **to** és la qualitat dels sons que permet de distingir-los entre aguts i greus. El to està determinat per la freqüència.



La veracitat d'aquesta afirmació es demostra mitjançant la "sirena de Savart", que consisteix en una roda dentada que gira impulsada per un motor elèctric. A aquesta roda se li aplica una cartolina. Quan, per la velocitat de gir de la roda, les dents ensopeguen amb la cartolina setze vegades en un segon, es comença a sentir un so greu que es va convertint en agut. A partir de la freqüència de 20 KHz, i abans i tot (20.000 dents en un segon), el so deixa de ser audible.

Experimentalment (vegeu exemple anterior) es desprèn que la gamma de freqüències audibles s'estén entre els 1.620 Hz i els 20.000 Hz, en què es comprenen els registres greus, mitjans i aguts, és a dir, els tons. Fora d'aquestes freqüències (infrasons o ultrasons) no hi ha reacció auditiva humana. Els tons aguts (longitud d'ona petita) són molt direccionals, ja que corresponen a les vibracions més ràpides de les molècules i projecten una ombra que és una zona on el so no penetra, mentre que els tons greus (longitud d'ona llarga) corresponen a les vibracions més lentes i tendeixen a envoltar els obstacles.

La gamma completa de sons es compon d'una mica més de deu octaves, i per **octava** s'entén un interval en què les freqüències fonamentals estan en la relació 2:1.

El **timbre** és la qualitat que caracteritza de manera particular la font sonora. És la característica del so que fa que, per exemple, els instruments musicals que interpreten una mateixa nota (una mateixa freqüència) produeixin una impressió diferent en l'orella.

El timbre està determinat pel nombre i la intensitat dels **harmònics** que acompanyen un so fonamental i és peculiar per a cada font sonora. Els harmònics d'una freqüència fonamental (que té sempre la màxima amplitud o potència acústica) són les ones que acompanyen aquesta freqüència (amb menys intensitat) i són sempre múltiples de la fonamental; en cas que no fossin múltiples enters, els sons serien sorolls (vibracions aperiòdiques).

El que permet la distinció d'un instrument respecte d'un altre és la riquesa d'harmònics, tant pel que fa a l'amplitud com al nombre.



Un factor determinant en el timbre són els *transitoris* (tons de curta durada que no tenen, en principi, cap relació amb la freqüència estable de la nota i que formen part de l'inici de qualsevol so abans que s'estableixi la forma d'ona regular).

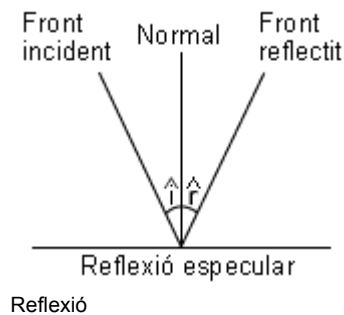


No hi ha so pur, desproveït d'harmònics. Tots els sons van acompanyats d'aquests harmònics, que són els que donen característiques diferents als sons emesos per les diverses fonts sonores.



■ Fenòmens de propagació de les ones sonores

Les ones sonores, per la seva característica oscil·latòria, es veuen afectades per certs fenòmens al llarg de la seva propagació. El més important d'ells és el fenomen de la reflexió. Quan una ona sonora incideix sobre una superfície, és reflectida, és a dir, retornada cap a un altre lloc. L'angle de **reflexió** és igual a l'angle d'incidència. Si l'ona sonora incideix perpendicularment en la superfície, l'ona reflectida torna sobre el mateix camí. La reflexió sonora és un fenomen de gran importància per a entendre la propagació del so en espais tancats com teatres i sales de cine.



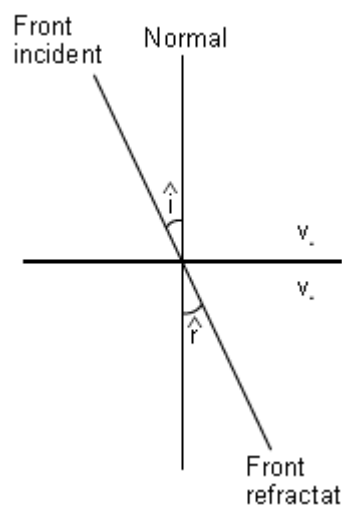
Altres fenòmens de propagació del so són:

- La refracció



La **refracció** dels sons està regulada per les lleis de Snell. El fenomen consisteix en el fet que, quan una ona sonora passa d'un medi, on es propaga amb una determinada velocitat, a un altre, es produeix un canvi en la direcció de propagació de l'ona sonora. La llei de Snell es tradueix en la relació següent:

$$\frac{\text{sen. de l'angle incident}}{\text{sen. de l'angle refractat}} = \frac{\text{velocitat de propagació en el medi original}}{\text{velocitat de propagació en el nou medi}}$$



Refracció

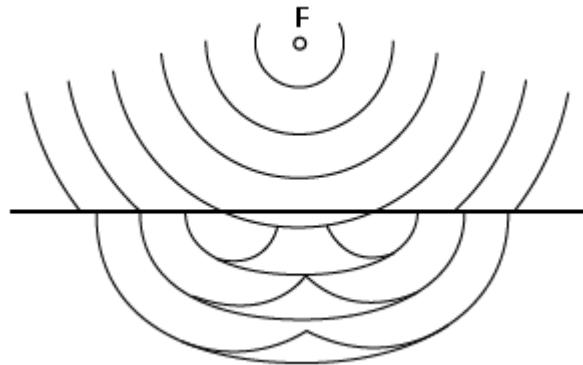
- La difracció



La **difracció** sonora és una propietat que permet al so d'envoltar obstacles i propagar-se per l'ambient a través d'un orifici. Es basa en el principi de Huygens, que diu que en la propagació de tot moviment vibratori, cada punt d'un front d'ones genera una nova ona i l'embolcall de totes les ones secundàries constitueix un nou front d'ones.

Els diferents fronts d'ona es converteixen en centres emissors en els punts que resulten interceptats per l'obstacle i, per tant, se cenyeixen a l'obstacle i l'emboliquen, amb la qual cosa generen nous fronts d'ona.

La difracció també té lloc quan una ona sonora ensopega amb un obstacle que s'interposa en la seva trajectòria. Llavors l'ona envolta l'objecte. Les freqüències baixes envolten els obstacles amb més facilitat que les freqüències altes.



Difracció

■ Estereofonia

L'orella pot localitzar la direcció d'una font sonora. Això és possible gràcies a les diferències de percepció de cada orella, perquè el so, en propagar-se, perd intensitat. A més, cada orella capta diverses fases del so. Els pavellons auriculars són com antenes direccionals que capten millor els sons provinents de la part de davant de l'oïdor que no pas els de la part posterior.

La diferència de fase respecte de la captació del so per l'orella està relacionada amb la longitud d'ona del so i amb la distància entre les dues orelles (separades uns 15 cm). Les longituds d'ona dels sons audibles s'estenen des d'uns 17 mm fins a uns 17 m (de 20.000 Hz a 20 Hz), per això els sons que tinguin una longitud d'ona sensiblement inferior a la distància de separació entre les dues orelles es percebran amb notables diferències de fase i proporcionaran, d'aquesta manera, informació sobre la procedència del so.

Com que a les baixes freqüències els corresponen longituds d'ona llargues, la diferència de fase amb prou feines influeix en la recepció dels sons. Per aquesta raó, és difícil localitzar la procedència d'un so greu. Els sons aguts, d'alta freqüència, són fàcilment localitzables, ja que per tenir una longitud d'ona menor arribaran a l'orella amb diferències de fase prou apreciables.

El registrament del so és, essencialment, **monofònic** o **estereofònic** (també pot ser tetrafònic o quadrafònic). És monofònic quan és captat només per un micròfon, cosa que és assimilable a l'escolta per només una oïda. L'estereofonia requereix la captació del so per dos micròfons que representen les dues orelles de l'ésser humà. Aquesta separació s'ha de mantenir durant tot el procés, fins a arribar a la reproducció per altaveus independents.



Respecte de la monofonia, l'estereofonia afegeix un plus de realisme a la percepció d'un so reproduït per qualsevol font sonora.



■ Eco i reverberació

L'**eco** és una conseqüència de la reflexió del so. L'orella humana té una persistència acústica (memòria auditiva) que oscil·la entre 1/15 s per a sons secs i 1/10 s per a sons musicals o pastosos. Doncs bé, si es capta un so directe i seguidament és reflectit, apreciarem l'efecte eco quan el temps entre directe i reflectit sigui superior al temps de persistència, ja que quan percebem el so reflectit, el so directe ja s'haurà extingit.

Si prenem la velocitat del so com de 340 m/s, perquè no es produeixi eco la diferència límit de camí recorregut pel so directe i el reflectit ha de la següent:

$$340/15 = 22 \text{ m per a sons secs}$$
$$340/10 = 43 \text{ m per a sons musicals}$$

Si la distància entre so directe i so reflectit és superior a aquestes, hi ha eco.

Al contrari, si la distància és més petita que aquestes, el so reflectit se sentirà dins del temps de persistència i se superposaran les dues audicions, cosa que es traduirà en una mena de prolongació del so. En aquest cas, es diu que hi ha **reverberació**.

Una de les característiques de tots els locals és l'anomenat *temps de reverberació*. Aquest temps i el seu ajustament és una de les tasques més complexes a què s'enfronta un tècnic a l'hora de condicionar acústicament una sala. Es defineix el temps de reverberació com el temps que ha de passar perquè la intensitat del so es vegi reduïda a una milionèsima de la intensitat inicial, és a dir, el temps que el so triga a atenuar-se 60 dB. Hi ha nombroses fórmules per determinar-lo i cada una és aplicable a casos concrets i segons el nivell d'exactitud que requereixi el càlcul.



Activitats

- Si tenim en compte la velocitat de desplaçament del so, que es de 340 m/s, a quina distància es troba una tempesta en què hem vist el llamp tres segons abans de sentir el tro corresponent?
- Un grup musical actua en una esplanada limitada en un dels costats de davant de l'escenari per una gran nau industrial situada a uns cinquanta metres del lloc on hi ha les pantalles acústiques del grup. Hi haurà eco?



L'acústica de les sales estudia el comportament del so en la propagació per un determinat recinte. Normalment es persegueix l'optimització del rendiment sonor.



El so no és una altra cosa que la sensació que causa en l'orella humana el moviment vibratori dels cossos transmès pels mitjans elàstics que el propaguen.

La intensitat, el to i el timbre són característiques objectives d'un so que ens permeten d'identificar-lo i classificar-lo.

Qüestionari

Després d'una lectura atenta del tema, responeu el qüestionari següent. Seguidament contrasteu les vostres respostes amb el contingut.

1. Quina és la funció de l'orella externa?
2. Quin fenomen explica la capacitat de l'ésser humà per distingir timbres diferents?
3. Quin és el rang de freqüències a què és sensible l'orella humana?
4. Quins són els sons que es produeixen sense la intervenció de les cordes vocals?
5. Què vol dir que l'aire és un medi isòtrop?
6. Les ones sonores es poden desplaçar en el buit?
7. Quina diferència hi ha entre un to greu i un d'agut?
8. Quina qualitat del so caracteritza de manera particular la font emissora?
9. Quina és la velocitat de propagació del so en l'aire?
10. De quantes octaves consta la gamma completa de sons?

11. Hi ha so pur, desproveït d'harmònics?
12. L'angle de reflexió d'una ona sonora és igual a l'angle de...
13. Si una ona sonora ensopega amb un obstacle, es produeix un fenomen de...
14. Què proporciona una sensació més gran de realisme: la monofonia o l'estereofonia? Per què?
15. Quina diferència hi ha entre l'eco i la reverberació?

Principis tecnològics de la televisió

Fonaments de la televisió

La televisió i el cine creen la il·lusió de moviment en presentar davant l'ull una ràpida successió d'imatges. En el cas de la televisió, distingim les imatges perquè l'ull és incapaç d'apreciar el moviment a gran velocitat d'un punt brillant sobre la superfície d'una pantalla. Aquesta il·lusió és possible gràcies a la **persistència de la visió**, que fa que l'ull no aprecii el desplaçament del punt sinó que vegi simplement imatges completes. Quan l'ull mira un punt que es mou ràpidament, aquest fenomen fa que la imatge persisteixi en el cervell una fracció de segon després que el punt ja s'hagi desplaçat a un altre lloc.

La persistència de la visió, també anomenada persistència en la retina, és el temps que el cervell triga a eliminar la informació subministrada per la nostra retina. Tanmateix, hi ha uns límits dins dels quals l'ull aprecia aquest "engany", cosa que es tradueix en un parpelleig de la imatge que es percep. L'ull aprecia les imatges formades per un punt brillant amb sensació de continuïtat quan la freqüència amb què es repeteixen les imatges "completes" és d'aproximadament setze vegades per segon (16 hertz). A aquesta freqüència, el parpelleig a què fèiem referència és notori i desapareix per complet en la freqüència de repetició d'uns 48 hertz.



Segurament heu sentit en alguna ocasió que al cine es passen 24 imatges diferents per segon per proporcionar sensació de moviment. El que no és tan conegut és que cada fotograma es projecta dues vegades. Fent una senzilla operació matemàtica $24 \times 2 = 48$ imatges per segon. Com veieu, és la mateixa freqüència de repetició a què ens referim!

La persistència de la visió és el fonament fisiològic que possibilita l'existència de la televisió. Les imatges, en aquest medi excepcional, estan formades pel desplaçament zigzaguejant, d'esquerra a dreta i de dalt a baix, d'un punt que les forma, tant en la càmera com en el televisor.

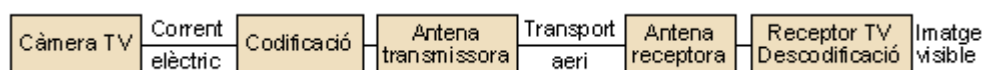


Gràcies al fenomen fisiològic de la persistència de la visió, l'ull és capaç de percebre com a imatges completes les formades, en realitat, per un punt lluminós que es desplaça a gran velocitat.



■ Descripció bàsica del sistema

La televisió és la transmissió i recepció a distància d'imatges en moviment. El sistema es fonamenta en el fenomen fotoelèctric, que permet de transformar les radiacions lluminoses en corrent elèctric. A partir d'aquesta transformació es fa possible la codificació i el transport del senyal fins a un receptor, on té lloc la descodificació i nova transformació del corrent elèctric en imatge visible.



Esquema bàsic



La transformació de la llum en energia elèctrica és possible gràcies a l'existència de substàncies com el cesi, el liti, el seleni i altres que es caracteritzen per desprendre electrons en quantitat proporcional a la llum que reben. Són les substàncies base de les anomenades cèl·lules fotoelèctriques. Es produeixen, principalment, dos tipus de reaccions a la llum per part d'aquests materials fotosensibles: la generació d'una tensió elèctrica o la variació de la resistència d'un circuit previ (això pressuposa l'existència d'una font d'alimentació elèctrica), tot això segons la intensitat lluminosa que reben.

Un sistema típic de televisió comença per la imatge òptica de l'escena enquadrada, que és captada per l'objectiu de la càmera i que es projecta contra un mosaic fotosensible. Aquest desprèn electrons en forma proporcional a la intensitat de llum rebuda. La imatge òptica, constituïda per petites àrees de llum i d'ombra o elements d'imatge, tindrà la seva correspondència en centenars de milers de càrregues elèctriques molt petites amb un valor que es correspondrà amb la lluminositat de la imatge. La definició final serà més gran com més diminuts i nombrosos siguin aquests elements que formen la imatge.

A partir de la imatge projectada sobre el mosaic fotosensible té lloc, en el tub de càmera, la transformació de la imatge en impulsos elèctrics mitjançant l'exploració d'un feix d'electrons provinent del canó d'electrons.

Des del canó d'electrons es llança un raig d'electrons contra cada un dels diminuts elements d'imatge que componen la cara posterior del mosaic fotosensible. El moviment del feix és ordenat i repetitiu, i llegeix, en forma de línies, d'esquerra a dreta i de dalt a baix.

D'aquesta manera, les intensitats lluminoses de la imatge òptica transformades en diferències de valors elèctrics són analitzades, punt per punt, i es dona una transformació en impulsos elèctrics que seguiran el camí marcat en la figura anterior fins a la seva descodificació en el televisor domèstic.



La base principal de la televisió ha estat i és la possibilitat de transformar la llum en energia elèctrica.



■ Exploració entrelaçada

El procés d'exploració i anàlisi dels elements d'imatge presents en el mosaic fotosensible es fa en els tubs de càmera de la manera següent: un feix electrònic provinent del canó d'electrons escombra els elements d'imatge seguint un ordre d'esquerra a dreta i de dalt a baix, tal com es llegeixen les pàgines d'un llibre. Quan el feix acaba l'exploració d'una línia, torna ràpidament a la següent fins a completar totes les línies d'una imatge. Una vegada ha acabat de llegir l'última línia, torna de baix a dalt per tornar a començar en la primera línia. Aquest és el principi de l'exploració successiva.

En parlar del fenomen de la persistència de la visió vam veure que la sensació de parpelleig de les imatges successives desapareixia a partir d'unes quaranta-vuit imatges per segon (per tant, a una freqüència de repetició de 48 Hz).

En el cas del cine, això s'aconsegueix exposant cada imatge completa dues vegades. En el de la televisió, les coses són lleugerament diferents. En fer una exploració successiva de la imatge, descomponent-la en **línies**, apareixen una sèrie de limitacions físiques que impedeixen que la velocitat amb què es duu a terme aquesta exploració sigui prou elevada per a "llegir" una imatge completa al ritme necessari perquè es pugui apreciar la imatge resultant sense parpelleig. Per exemple, els sistemes de televisió europeus poden mostrar vint-i-cinc imatges completes per segon i explorar un nombre de línies limitat, concretament 625, que proporcionen una definició de qualitat acceptable. Llavors, com s'aconsegueix evitar el parpelleig? La solució és simple, però enginyosa. En lloc d'explorar d'una vegada la imatge completa, s'explora una semiimatge. Per a entendre aquest procés, partim de la idea de numerar cada línia d'exploració d'1 fins a 625. Si s'explorés la imatge completa (que ja sabem que no es pot fer a la freqüència de repetició necessària), llegiríem primer la 1, a continuació la 2, etc. El que es fa realment és explorar la imatge en dues parts, primer les línies senars (es crea una semiimatge) i a continuació les parelles (segona semiimatge). L'efecte final és com si veiéssim cinquanta imatges per segon, encara que realment veiem cinquanta semiimatges per segon i només vint-i-cinc imatges per segon. La pèrdua de qualitat és mínima i l'efecte de parpelleig desapareix. Aquesta tècnica d'exploració rep el nom d'**exploració entrelaçada**. En l'entorn de la tecnologia audiovisual, la imatge completa s'anomena **quadre** (en anglès **frame**) i la semiimatge rep el nom de **camp** (en anglès **field**).



Tots els elements que formen un sistema de televisió han d'estar perfectament sincronitzats entre si perquè hi hagi una correspondència exacta en el temps entre el que capta la càmera i el que reproduïx el tub del televisor. Aquesta correspondència s'obté gràcies a la incorporació en el senyal de vídeo d'una sèrie de sincronismes. Bàsicament hi ha cinc tipus de sincronismes.

La lectura d'una línia comença generant prèviament un impuls de **sincronisme horitzontal** que marca l'inici de lectura de cada línia horitzontal. Quan s'acaba de llegir un camp (312,5 línies en la norma CCIR, Comitè Consultiu Internacional de Radiocomunicacions]) actuen uns impulsos de sincronisme **equalitzadors** o **igualadors**, la missió dels quals és homogeneïtzar les condicions que precedeixen i segueixen els impulsos de **sincronisme vertical** per aconseguir una perfecció en l'entrellaçat.

Els impulsos de sincronisme vertical marquen el començament de cada període d'exploració vertical i també s'anomenen impulsos de camp, pel fet que ordenen el començament de cada semiquadre. Encara queden dos tipus d'impulsos: els d'**esborrament horitzontal** i els d'**esborrament vertical**, que tenen la missió de fer desaparèixer la imatge de retorn d'una línia a la següent i d'un camp al següent, respectivament, amb la qual cosa s'evita la transmissió d'aquest retorn que apareixeria com a senyal espúria en la recepció.

Impulsos de sincronisme horitzontal	Marquen el començament de cada línia.
Impulsos de sincronisme vertical	Marquen el començament de cada camp.
Impulsos d'esborrament horitzontal	Extingeixen el feix en el retorn de final de línia fins al començament d'una nova línia.
Impulsos d'esborrament vertical	Extingeixen el feix en el retorn de final de camp fins al començament d'un nou camp.
Impulsos d'equalització	Homogeneïtzen les condicions que precedeixen i segueixen la generació d'impulsos de sincronisme vertical.

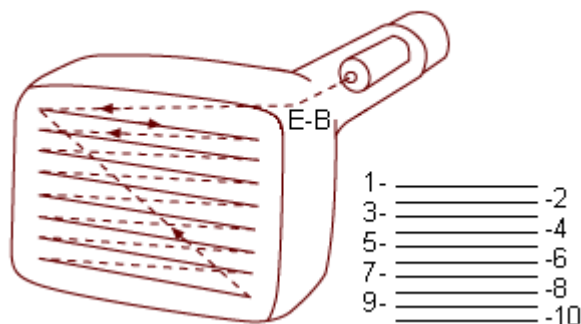
Els impulsos de sincronisme són generats per complexos circuits relacionats amb la freqüència de la xarxa elèctrica (50 Hz a Europa, 60 Hz a Amèrica). La coincidència entre la freqüència de la xarxa i la freqüència de camp facilita el control de l'oscil·lador local que incorpora cada receptor de televisió (base de la generació de freqüències necessària per a la descodificació del senyal). La freqüència de línia és de 15.625 Hz en els sistemes de 625 línies (625 línies x 25 quadres per segon). La freqüència de camp és de 50 Hz (50 camps en un segon).



En els sistemes de televisió la imatge s'explora descomponent-la en línies. Com més línies, més definició. Per a evitar el parpelleig del senyal de televisió es fa una exploració entrellaçada, de manera que es "llegeixen" cinquanta camps (semiimatges) per segon, és a dir, vint-i-cinc quadres (imatges completes) per segon.



Entrellaçat en un tub monocrom



Entrellaçat



Per què en televisió s'ha adoptat una freqüència de repetició de 50 Hz quan al cine és de 48?

La raó és sobretot pràctica. El senyal proporcionat per la xarxa elèctrica europea té una freqüència de 50 Hz, que és una bona referència per a generar els impulsos de sincronisme necessaris en el procés de descodificació del senyal de televisió. En el cas nord-americà la xarxa elèctrica té una altra freqüència, 60 Hz, i aquesta és una altra de les raons per les quals els sistemes PAL i NTSC són tan diferents, ja que, en el cas de l'NTSC, s'exploren trenta quadres per segon i seixanta camps per segon, que torna a estar en sintonia amb la freqüència de la xarxa elèctrica.

En definitiva, aprofitem la freqüència de la xarxa elèctrica per a prendre-la com a referència en canvi d'"accelerar" una mica el pas d'imatges en el nostre televisor. Una conseqüència curiosa és que les pel·lícules projectades originalment en les sales a vint-i-quatre imatges per segon es passen per televisió a vint-i-cinc quadres per segon, amb la qual cosa les veiem lleugerament més ràpides. Malgrat que no podem percebre aquesta diferència, les pel·lícules exhibides en televisió duren menys (concretament un 4% menys).



Entre els qui s'introdueixen en el medi televisiu sorgeix, sovint, el dubte sobre perquè cal entrelaçar les línies de dos camps successius per obtenir una imatge completa quan es podria aconseguir, amb totes les línies, a partir d'un sol escombrat, doblant, simplement, la freqüència. Per què s'ha de recórrer a l'exploració entrelaçada i llegir primer les línies senars i posteriorment les línies parelles dels elements d'imatge? La resposta és que qualsevol augment en la velocitat de deflexió horitzontal exigeix un augment en l'amplada de banda, i també més complexitat en els circuits del sistema. L'espai de radiofreqüència és limitat i qualsevol canvi que augmenti l'amplada de banda sol ser rebutjat. A més, cal recordar que la televisió del present està establerta sobre els principis tecnològics dels anys quaranta. En aquells moments va ser tot un èxit la consecució del sistema amb les freqüències en què es treballa actualment. És lògic, i així succeeix amb la televisió d'alta definició, que una televisió dissenyada amb les tecnologies actuals augmenti la freqüència d'anàlisi i millori, ostensiblement, la definició.



Un **quadre de televisió** és el resultat de l'exploració completa de tots els elements d'imatge que componen el mosaic fotosensible sobre el qual s'enfoca l'escena. És, per tant, la imatge completa que resulta de l'exploració de totes les línies senars i parelles. La freqüència de repetició de quadre és de 25 Hz i té lloc en 1/25 segon (norma CCIR).

Un camp és cada una de les dues exploracions parcials (tant si són línies senars com línies parelles) que componen un quadre. Cada camp consta de la meitat de línies d'un quadre (312,5 línies en els sistemes de 625 línies). Dos camps constitueixen un quadre. La freqüència de repetició de camp és de 50 Hz i té lloc en 1/50 segons (norma CCIR).



Gràcies a l'exploració entrelaçada es poden transmetre vint-i-cinc quadres complets per cada segon. S'elimina el parpelleig i, alhora, es manté una amplada de banda compatible amb l'espai de radiofreqüència disponible per a la transmissió i el tractament del senyal de vídeo.



■ El senyal de televisió en blanc i negre

El tub de càmera o el que es fa servir més actualment, el CCD, obté uns valors de tensió que es corresponen amb els valors de lluminositat de l'escena original. Aquests valors de tensió són producte de la transformació de la llum en energia elèctrica i per a la seva transmissió es codifiquen conjuntament amb els impulsos de sincronisme i els impulsos d'esborrament als quals ens hem referit anteriorment.



El senyal de vídeo procedent de la càmera és afectat per l'anomenada *correcció gamma*, que té per objecte proporcionar linealitat i amplificar el senyal. Després d'aquesta correcció, el senyal s'adreça a un separador de barreja que l'inhibeix durant els períodes de sincronització. Després s'afegeixen els impulsos de sincronisme en el mesclador de sincronismes. Finalment, el senyal rep prou amplificació per assolir el nivell requerit pel modulador de vídeo del transmissor, que modula la informació televisada i la deixa llesta per emetre-la per l'antena transmissora.



El senyal de televisió en blanc i negre està compost per la luminància, els impulsos de sincronisme i els impulsos d'esborrament.



■ Tractament del so

Tot i que no hi ha diferències substancials entre la captació i transmissió del so en televisió i en ràdio, destacarem certes diferències entre els senyals de vídeo i d'àudio.

La càmera de televisió i el micròfon fan ús de tècniques radicalment diferents, tot i que la sortida dels dos es mesuri en valors de tensió elèctrica.

El marge de freqüències que comprèn el so és molt inferior al que necessita el senyal de vídeo. Mentre que el senyal acústic inclou les freqüències que van des de 15 Hz fins a 15.000 o 20.000 Hz (15 o 20 KHz), el senyal de televisió comprèn freqüències que s'estenen entre uns quants hertzs i quatre o cinc milions d'hertzs (4 o 5 MHz). Els circuits electrònics necessaris són molt diferents.

Els senyals de vídeo i d'àudio són radiats per diverses emissores. La transmissió del so es duu a terme en una **portadora** totalment separada de la portadora de vídeo. Les portadores es generen i modulen en transmissors independents.

Finalment, els senyals d'àudio i de vídeo són captats per l'antena receptora, però els circuits del televisor separen tots dos senyals i, a partir d'aleshores, segueixen tractaments i camins independents i diferents.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tvp008.htm per ampliar la informació sobre els principis tecnològics de la televisió.
-



El senyal d'àudio ocupa una amplada de banda molt inferior al senyal de vídeo en un canal de televisió. Per tant, té un tractament més senzill.



■ El fenomen de la persistència en la retina o persistència de la visió fa possible la percepció, per l'ull humà, d'imatges completes que, en realitat, es corresponen amb un punt lluminós que es desplaça a gran velocitat.

■ La transformació de la llum en energia elèctrica es produeix en el tub de càmera o CCD de manera seqüencial: punt per punt, línia rere línia i camp rere camp.

■ L'exploració entrelaçada permet d'enganyar la nostra retina i, alhora, reduir l'amplada de banda del senyal de televisió. Sense aquest recurs augmentaria l'amplada de banda necessària per transmetre el senyal de televisió i l'espai radioelèctric disponible és limitat.

La televisió en color

La història de la televisió de base electrònica comença, en la dècada dels anys trenta, amb transmissions en blanc i negre, fins que el 1953 s'introdueix la televisió en color als Estats Units. A partir d'aquesta data, la televisió en color va començar a expandir-se, sempre compartint la seva existència amb la televisió en blanc i negre. Des dels seus orígens, la televisió en color va néixer amb un condicionant: la compatibilitat.

L'emissió d'un programa de televisió en color ha d'assegurar la recepció pels televisors en blanc i negre. Les cadenes de televisió emeten, a més, programes tant en color com en blanc i negre, i aquests últims han de poder ser

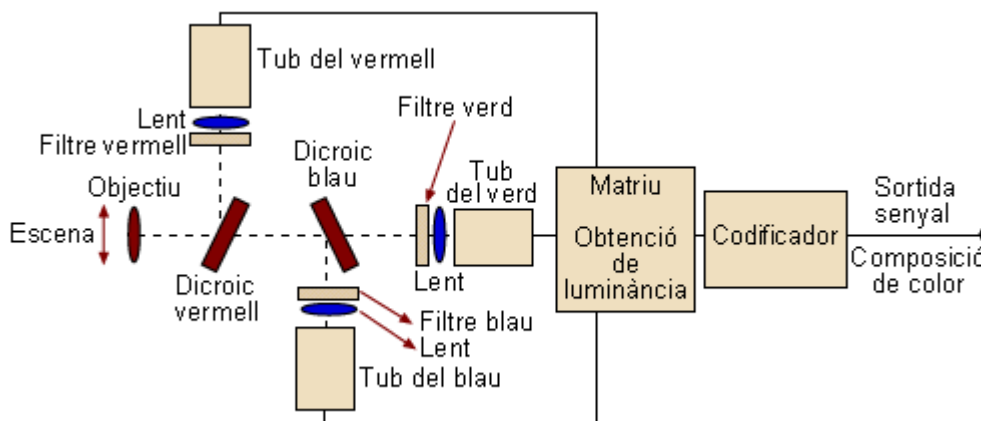
descodificats pels receptors en color.

L'exigència de la compatibilitat va fer que els sistemes de televisió en color haguessin de prendre necessàriament com a base la transmissió en blanc i negre. La informació de color (crominància) s'ha de transmetre de manera que els receptors de color a puguin descodificar, tot i que, òbviament, els receptors monocroms no puguin fer el mateix, per la manca de circuits per tractar la crominància.

Les càmeres de color fan servir el sistema additiu de color per a l'anàlisi de les escenes. Per tant, prenen com a referència els colors vermell, verd i blau. En la descodificació en el receptor també es fa servir aquest sistema.

A continuació descriurem els elements constitutius d'una càmera professional de tres tubs o CCD. La llum que procedeix de l'escena travessa l'objectiu i, després d'uns filtres, és enfocada a la superfície fotosensible de cada un dels tres tubs o CCD, corresponents, cada un, a un dels colors primaris, vermell, verd i blau.

A l'interior de la càmera s'allotgen els dispositius que descomponen la llum de l'escena en els colors primaris. Aquesta descomposició és possible gràcies a la interposició en el trajecte dels raigs lluminosos d'uns miralls o **prismes dicroics**, que tenen la particularitat de reflectir un dels colors primaris mentre que deixen passar els altres dos.



Càmera de color

En l'escena enfocada pel sistema òptic s'interposa, en primer lloc, un mirall dicroic que reflecteix la llum blava i deixa passar els components verd i vermell de l'escena. El component blau és reflectit cap al tub o CCD que analitzarà el blau. En la trajectòria de la llum verda i vermella que ha travessat el primer mirall s'interposa un altre mirall dicroic que, en aquest cas, reflecteix el vermell i l'envia cap al tub o CCD que analitzarà aquest color, mentre que permet el pas del component verd de l'escena, que anirà directament al tub o CCD encarregat d'analitzar la llum verda. Abans que cada component cromàtic incideixi sobre el tub o CCD corresponent, es fa un filtratge de purificació del color mitjançant filtres que es corresponen amb el color que analitza cada tub. Finalment, el feix de llum es concentra en el tub o CCD, i abans passa per una lent convergent.

Perquè la compatibilitat sigui possible i els receptors monocroms puguin reproduir en blanc i negre el senyal provinent d'una càmera de color, és necessari obtenir el senyal de luminància (blanc i negre). Això exigeix, una vegada més, buscar una solució, i s'aconsegueix partint del principi que la luminància té una relació directa amb la informació de color i que, per tant, en podem recuperar el senyal amb una certa combinació dels tres colors primaris, vermell (R), verd (G) i blau (B). El senyal de luminància s'obté en les càmeres de color restant part del senyal de la sortida de senyal de cada un dels tubs.



En els tubs o CCD es fa un ajustament de manera que la sortida de la càmera sigui d'un 30% pel vermell, d'un 59% pel verd i d'un 11% pel blau. Si sumem aquestes quantitats s'aconsegueix el mateix senyal que obtindria un tub o CCD monocrom. És el senyal de luminància (Y).

$$\text{Luminància (Y)} = 0,30 \text{ vermell} + 0,59 \text{ verd} + 0,11 \text{ blau}$$



Tota la televisió en color convencional està basada en la compatibilitat amb les primeres emissions de televisió en blanc i negre. La informació monocroma o de luminància s'obté a partir de restes dels valors de tensió obtinguts per cada un dels tubs o CCD que analitzen l'escena en termes de vermell, verd i blau.



■ Senyal complet de televisió en color

Una vegada més, davant de la necessitat de respectar la compatibilitat entre blanc i negre i color, els senyals de crominància i de luminància es transmeten de manera que un televisor en blanc i negre pugui descodificar només el senyal de luminància sense tenir interferències a causa de la de crominància. Per a aconseguir aquest objectiu, el senyal de crominància es modula de manera que es desplaça a una freqüència elevada dins de l'amplada de banda reservada al senyal de televisió. En una zona mancada d'informació d'imatge s'afegeix al senyal final de televisió un petit senyal de referència que permet als televisors en color de descodificar adequadament la informació de color. Aquest senyal de referència es denomina **burst** o **salva de color**. El **burst** o salva de color és un element de sincronització que permet, en el televisor domèstic, de restaurar una freqüència imprescindible perquè es produeixi la descodificació del senyal de color.



El senyal complet de televisió conté nombrosos components: luminància, crominància, sincronismes, esborrament horitzontal i vertical i *burst* o salva de color.



El senyal de televisió en color és la suma modulada dels senyals següents:

- Luminància.
- Crominància.
- Sincronismes.
- Esborrament horitzontal i esborrament vertical.
- *Burst* o salva de color.

■ Normes de televisió

Hi ha organismes nacionals i supranacionals que dicten i aconsellen el seguiment de normes que regeixen les condicions de transmissió i recepció dels programes de televisió.

Generalment, les normes fan referència a valors com ara l'emissió en la banda de VHF o en UHF, el nombre de línies per imatge, la freqüència de quadre, la freqüència de línia, l'amplada de banda, la modulació de vídeo, la modulació de so, etc. Aquests organismes són molt estrictes pel que fa a la regulació de les característiques de transmissió i recepció de les emissions televisives.

Exposem un quadre resumit d'algunes de les característiques dels diferents estàndards de televisió prenent com a referència valors monocromàtics.

Estàndards		
Característiques	Americà	Europeu
Nombre de línies per imatge	525	625
Freqüència de camp. Nombre de camps per segon (s'utilitza la freqüència de la xarxa elèctrica, que a Amèrica és de 60 Hz i a Europa és de 50 Hz)	60	50
Freqüència de línia. Nombre de línies per segon (és el resultat de multiplicar el nombre de línies d'un quadre pels quadres o imatges completes que tenen lloc en un segon, per exemple: $625 \times 25 = 15.625$)	15.750	15.625
Nombre de quadres o imatges completes per segon	30	25
Relació d'aspecte (fa referència a les dimensions normalitzades de la pantalla d'un televisor. Un televisor amb una pantalla de 40 cm en sentit horitzontal tindria 30 cm en sentit vertical)	4:3	4:3

Des que l'any 1953 es va introduir als Estats Units el primer sistema de televisió, el NTSC [National Television System Committee], han aparegut dos sistemes nous, amb algunes variants, que han complicat encara més el panorama televisiu, en ser incompatibles entre si. L'any 1967 es va implantar a França el sistema SECAM [Séquentiel Couleur Avec Mémoire], que va ser adoptat per molts països de l'Europa de l'Est i de l'Àfrica francòfona. Els laboratoris Telefunken (RFA) van desenvolupar el sistema PAL [Phase Alternation Line] com un refinament en la reproducció del color del primitiu sistema NTSC. El PAL ha gaudit d'una àmplia implantació.

El 1962 la UER (Unió Europea de Radiodifusió) va crear una comissió encarregada de triar un sistema de color per a Europa. Des del punt de vista de la qualitat tècnica, es podria haver adoptat qualsevol sistema dels tres existents (el PAL a partir de 1963) però, finalment, la qüestió es va convertir en un assumpte polític. Avui en dia França i els

països de l'est europeu utilitzen el sistema SECAM, i la resta de països europeus, incloent-hi l'antiga Iugoslàvia, han adoptat el sistema PAL.

Davant del repartiment mundial desigual dels diferents estàndards i sistemes de televisió, és molt freqüent la recurrència a la conversió de normes en l'intercanvi de programes entre països. La conversió comporta una certa degradació del senyal.



L'existència de diverses normes de televisió és un inconvenient afegit a l'intercanvi de programes entre organismes de producció i difusió de tot el món.



■ Estàndard PAL-plus de televisió

El PAL és una variant del sistema americà de televisió en color NTSC i es va crear per a reduir els efectes de distorsió de fase del senyal de color de l'estàndard NTSC. Va ser adoptat en molts països com a norma per a la transmissió i recepció de la televisió en color i a Europa gaudeix d'una àmplia implantació.

Una característica comuna a tots els sistemes d'alta definició és el canvi de l'actual relació d'aspecte o de format 4:3 per la més panoràmica i còmoda 16:9, relació que ha estat reconeguda òpticament i fisiològicament com a excel·lent.

A part de l'absència de claredat sobre les normes tecnològiques i sobre l'aplicació final dels sistemes d'alta definició, tenen l'inconvenient que la seva excessiva amplada de banda els impossibilita de ser transmesos per via terrestre convencional (no succeeix així en les plataformes digitals terrestres), i són més factibles per al satèl·lit o per a xarxes de cable avançades. El nou estàndard PAL-plus, compatible de manera descendent amb l'actual sistema PAL (és a dir, les emissions en aquest nou estàndard poden ser rebudes pels televisors convencionals, tot i que no tenen els seus avantatges), ha estat desenvolupat per algunes corporacions televisives europees, i també pels principals representants de la indústria europea de televisió. En relació amb el sistema PAL, el sistema PAL-plus aconsegueix (mantenint en l'emissió una compatibilitat amb el parc de receptors PAL) millorar significativament la definició, millorar la reproducció del color i augmentar la relació d'aspecte o de format, que passa a ser de 16:9. Tot això es resol molt enginyosament, ja que pot ser difós per les emissores actuals, atès que es manté la mateixa amplada de banda que fan servir els canals convencionals.

Tenint en compte que en la perspectiva europea la televisió d'alta definició no deixa de considerar-se moltes vegades com una possibilitat que encara trigarà a materialitzar-se i a fer-se assequible al gran públic, l'estàndard PAL-plus permet una millora substancial de la definició del present, una millora en el color i un augment panoràmic del format compatible amb la televisió actual. A favor d'aquesta innovació hi ha la història del mateix sistema PAL, que ha permès la incorporació de novetats tecnològiques successives (so estèreo/doble, teletext) sense que els usuaris dels antics aparells s'hagin vist afectats ni perjudicats per les millores introduïdes i sí, al contrari, beneficiats quan han de canviar de televisió i adquireixen un aparell que incorpori aquestes novetats.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tvp009.htm ampliar la informació sobre les normes de televisió més esteses en el món.
- Entreu en la pàgina d'Internet www.videostudi.com/castella/standards.htm i podreu veure una extensa llista de països amb les normes de televisió corresponents.



La càmera de televisió en color analitza l'escena segons el sistema additiu, és a dir, en termes de vermell, verd i blau.

Les normes de televisió són incompatibles entre si i obliguen a transcodificar o canviar de norma entre materials provinents de països amb normes diferents.

L'estàndard de televisió PAL-plus representa un pas intermedi entre l'actual televisió de baixa resolució i l'esperada televisió d'alta definició.

La televisió digital

Els avenços de l'electrònica han tingut sempre reflex en el món de la televisió. Des de principi dels anys vuitanta s'ha estudiant l'aplicació de la televisió digital, que ha estat possible gràcies al desenvolupament d'estàndards de codificació i transmissió.

La televisió digital comporta, entre d'altres, avantatges com ara els que s'exposen a continuació:

- Hi ha un increment important dels programes oferts.
- El pagament per visió (PPV) serà cada vegada més habitual.
- Millora de la qualitat d'imatge i del so, ja que desapareixen alguns dels problemes que afecten la televisió analògica.
- L'espectador serà interactiu, perquè podrà escollir el programa que vol veure i en quin moment.

Des del punt de vista tècnic:

- S'augmenta l'eficiència espectral en un factor de quatre a sis. És a dir, on abans teníem un programa, ara en podem tenir quatre o sis.
- S'obté una compatibilitat entre sistemes de tot el món, gràcies a l'estandardització de la compressió MPEG-2 (utilitzat per exemple en el DVD).
- La qualitat de la imatge és molt superior a la del senyal analògic, a causa que el senyal digital és més immune al soroll que l'analògic.



La televisió digital introdueix avantatges de tipus tècnic i d'increment del nombre de programes respecte de la televisió convencional.



■ Compressió i tractament digital de la imatge

En els actuals processos de producció de programes per a televisió es recorre sovint a les imatges i els sons digitalitzats. En un percentatge de casos elevat es parteix d'imatges i sons analògics, és a dir, convencionals, que són sotmesos a un procés de digitalització que en possibilita la incorporació i el tractament en sistemes de producció de caràcter digital.

El procés de conversió analògic-digital de qualsevol senyal comprèn tres fases:

- **Mostreig:** s'obté un tros molt petit del senyal en uns instants concrets, determinats per la freqüència de mostreig. Per al senyal de vídeo abans de mostrejar s'aplica un filtratge que evita tenir el senyal falsejat a la sortida del mostrejador.
- **Quantificació:** una vegada mostrejat el senyal, s'atorga un valor determinat a cada valor mostrejat. L'hem de quantificar. El senyal de vídeo es quantifica amb vuit o deu bits. Un bit és un impuls elèctric representat per un 1 o un 0, segons el valor de tensió elèctrica de l'impuls. En quantificar el senyal de vídeo en vuit o deu bits, aquests bits formen una **paraula**. En fer servir el sistema binari, podem obtenir 2^8 (256) o 2^{10} (1024) nivells. Es tracta de diversos valors per a cada part del senyal mostrejat.
- **Codificació:** quan ja s'han assignat els diferents nivells al senyal mostrejat, només cal passar-los a senyal elèctric mitjançant qualsevol de les codificacions que hi ha avui en dia.

Moltes vegades s'incorporen imatges fixes, fotogràfiques. D'altres, més habituals en televisió, es treballa amb la imatge mòbil. A continuació presentarem els sistemes més habituals de treball, primer en referència a la imatge fixa i posteriorment a la imatge mòbil.

Compressió de la imatge fixa, estàndards, tipus de fixers i característiques

Podem agrupar les tècniques de compressió utilitzades en imatges fixes en dues categories: el primer grup és el de **compressió sense pèrdues**, amb les quals no es perd gens d'informació. És a dir, l'arxiu descomprimit és completament igual a l'arxiu comprimit. El segon grup correspon a les tècniques de **compressió amb pèrdues**, les

quals eliminen quantitats petites d'informació per a poder generar arxius més reduïts. És evident que com més es redueix la mida de l'arxiu, més qualitat es perd. Les tècniques de compressió es diferencien en l'eliminació o no dels detalls i el color de la imatge.

La majoria de programes informàtics de tractament d'imatges fixes tenen dues maneres bàsiques de manipular aquest tipus d'arxius. Una és la que anomenem **mapa de bits**, que es basa en el tractament de la imatge com una retícula de píxels. Aquest mètode és apropiat per a fotografies.

La segona manera és denominada **orientada a objectes**. En aquest cas, el dibuix és una col·lecció d'objectes geomètrics: corbes, línies, cercles, etc. Aquest tipus de tractament és vàlid per treballar amb dibuixos tècnics o mapes.

Els formats d'arxiu més habituals, associats en alguns casos amb les seves corresponents tècniques de compressió, són els següents:

- **Arxius TIFF:** Format d'arxiu d'imatge marcada de mapa de bits. Pràcticament totes les aplicacions que tracten imatges són capaces d'escriure i llegir en aquest format, de manera que és el més pròxim a un format universal.

Aquest tipus d'arxius fan la compressió sense pèrdues i admeten el canvi de plataforma (per exemple de Macintosh a PC). Aquest format admet els **modos de color** CMYK, RGB, Lab i de color indexat. TIFF admet també compressió LZW.

- **Arxius GIF:** Format d'intercanvi gràfic. Creat per a facilitar la transmissió d'arxius de mapa de bits. Redueix la mida dels arxius per dues vies: en primer lloc, només admet color indexat (redueix la mida de la imatge en una tercera o quarta part); en segon lloc, fa una compressió sense pèrdues LZW. És un format que no s'ha de fer servir mai per a impressions o publicacions, a causa de l'ús del model de color indexat, encara que és d'ús comú a Internet.
- **Arxius JPEG:** La compressió de JPEG (*Joint Photographic Expert Group*) funciona amb pèrdues. Utilitza una tècnica de compressió molt complexa que prescindeix de subtileses del color que passen gairebé desapercebudes i redueix al mínim la pèrdua de contrast i lluminositat, a la qual l'ull humà és molt sensible. En resulta una petita degradació de la imatge, en general poc apreciable. Evidentment, com més es comprimeixi la imatge, més es degradarà. També es fa servir molt a Internet. Admet els modes de color CMYK, RGB i escala de grisos.
- **Arxius Photoshop:** Format que s'ha de fer servir mentre es treballi en l'estès programa de tractament d'imatges fixes Photoshop. És incompatible amb gairebé tots els altres programes de tractament d'imatge, però admet característiques d'aquest programa que no es poden conservar de cap altra manera.
- **Arxius PICT:** És el format normal d'arxius orientats a objectes en el sistema Macintosh. No és el format idoni per guardar mapes de bits, però es pot utilitzar per intercanviar imatges entre diferents aplicacions per a Macintosh. Admet arxius RGB, de color indexat, escala de grisos i mapa de bits. També és efectiu per comprimir imatges amb grans àrees de color sòlid.
- **Arxius EPS:** És el format PostScript encapsulat i és molt versàtil, ja que accepta tant mapa de bits com objectes gràfics, i l'admeten pràcticament tots els programes de gràfics.

El format EPS admet modes de color Lab, CMYK, RGB, color indexat, duoto, escala de grisos i mapa de bits. Es fa servir molt amb fotografia digital per exportar imatges a programes d'autoedició, i també per a la impressió en color.

- **PDF:** És el format de document portàtil i s'utilitza en Adobe Acrobat, programari de publicació electrònica de la firma Adobe per a Windows, Mac OS, UNIX i DOS. Pot visualitzar arxius PDF que facin servir el programari Acrobat Reader. Com les pàgines PostScript, els arxius PDF representen tant objectes gràfics com de mapa de bits, i contenen enllaços electrònics, útils per a la recerca de documents electrònics. El format PDF de Photoshop admet els modes de color RGB, color indexat, CMYK, mapa de bits, escala de grisos i Lab. El format admet compressió JPEG i ZIP.



En el tractament de la imatge fixa hi ha diferents normes de compressió i formats d'arxiu amb més o menys grau d'ús i d'estandardització.



Compressió de la imatge de vídeo, estàndards i característiques

L'estàndard de compressió adoptat internacionalment és el sistema MPEG-2. Aquest sistema no defineix un sistema específic de compressió ni els detalls del codificador, sinó que especifica els formats que presentaran les dades en el descodificador. Per tant, els fabricants poden fer codificadors de diverses prestacions i el consumidor sabrà amb tota seguretat que el seu descodificador és totalment compatible amb senyals MPEG-2.

La compressió està basada en l'eliminació successiva d'elements redundants que apareixen en el senyal de vídeo i si s'eliminen en el codificador és possible reconstruir-los en el descodificador. Aquests elements redundants són tres: la redundància temporal, espacial i estadística.

La **redundància temporal** està basada en el fet que un mateix valor d'un píxel es repeteix temporalment en una seqüència d'imatges (un píxel és la unitat mínima d'informació d'imatge).

Aquest és el procés que comprimirà més la seqüència de vídeo. Utilitzarà mostres de la imatge anterior i, mitjançant tècniques predictives, es pot deduir de manera aproximada quina és la situació dels píxels de la imatge actual. La tècnica més utilitzada per fer aquesta compressió és la DPCM.

La **redundància espacial** té en compte el fet que un píxel i els seus veïns adjacents tenen una gran similitud entre ells. L'objectiu de l'eliminació d'aquesta redundància és doble: d'una banda, s'ha d'obtenir un nombre de bits a transmetre més petit que la imatge original, i a més cal aconseguir que cada coeficient es pugui quantificar de manera independent dels altres per poder aplicar una quantificació respecte de la corba de sensibilitat de l'ull humà.

La **redundància estadística** consisteix a determinar quants valors de bits es repeteixen més en una seqüència de bits. La base de l'eliminació de la redundància estadística recau en el fet que hi ha paraules (agrupacions de bits) que es repeteixen constantment. Per tant, la idea és enviar aquestes paraules que es repeteixen amb menys bits.

D'aquests tres tipus de compressió, les dues primeres són compressions amb pèrdues, és a dir, no es recupera exactament el senyal original. S'obté una aproximació que serà més o menys semblant a l'original, segons el factor de compressió que apliquem. Exactament igual del que passa amb les imatges fixes, com més gran sigui el factor de compressió, menys qualitat té la imatge comprimida.

Respecte de la redundància estadística, es tracta d'una compressió sense pèrdues, és a dir, el senyal descodificat és idèntic a l'original.

El sistema MPEG-2 permet la representació d'imatges entrelaçades o progressives, una relació d'aspecte 4:3 o 16:9, i una millora en la resolució de la imatge. Tots aquests aspectes formen els anomenats nivells i perfils del sistema MPEG-2.

Segons aquests nivells i perfils, es determinen les velocitats de transmissió (bits/s) i el nombre de mostres considerades per la normativa MPEG-2.

Fins ara només hem parlat de la compressió de vídeo, però en l'àudio associat al vídeo també es fa una compressió. Quan el digitalitzem requereix una velocitat de transmissió molt elevada, que es tradueix en una gran amplada de banda (marge de freqüències necessàries per a la transmissió), que fa necessària la compressió per aconseguir un so de qualitat.



**El MPEG-2 està especialment dissenyat per a emissió per satèl·lit, cable i terrestre digital.
També es fa servir en els DVD (*Digital Versatil Disc*).**



L'*streaming*

Cada vegada és més habitual la transmissió de vídeo per Internet. L'ordinador que transmet el senyal de vídeo parteix el fitxer en paquets perquè es puguin transportar per la xarxa. L'ordinador que rep aquests paquets ha de reconstruir tot el fitxer perquè l'usuari pugui veure el senyal de vídeo rebut. Aquest procés es fa amb les architectures de *streaming*. Aquestes architectures estan basades en els **codecs**. Els codecs són l'abreviatura de codificador-descodificador i es tracta de fórmules matemàtiques que tenen la funció de comprimir el senyal de vídeo abans d'enviar-la a la xarxa, ja que la informació que conté és d'una amplada de banda massa extensa per transmetre's i inviablable per a un usuari domèstic. Per això, es comprimeix just per reduir l'amplada de banda. En la recepció els codecs duen a terme el procés invers, la descompressió de la imatge per poder-la visualitzar. Els codecs faciliten aquest procés de la manera més eficient possible.



Activitat

- Si teniu un escàner, escanegeu una fotografia i, amb un programa de tractament d'imatges de tipus Photoshop, Paint Shop Pro o un altre, guardeu-la en els diferents tipus d'arxius disponibles (TIFF, GIF, JPEG, PDF, etc.). A continuació mireu quines diferències hi ha en la dimensió dels arxius que s'han creat per a la mateixa fotografia.
- Entreu en la pàgina d'Internet www.conganat.org/iicongreso/comunic/008/video.htm i podreu aprofundir sobre els formats d'arxiu que més es fan servir en imatge fixa i mòbil.



El procés de transformació analògic-digital exigeix la necessitat de seguir els passos estandarditzats de mostreig, quantificació i codificació.

El sistema MPEG-2 és aplicable de manera general a les plataformes digitals de televisió.

La creació de tot tipus de continguts multimèdia digital per a Internet, en què es transmeten fluxos (*streaming*) d'àudio i vídeo en temps real, és possible gràcies als codecs, que faciliten automàticament la compressió i la descompressió del senyal de vídeo.

Qüestionari

Després d'una lectura atenta del tema, respongueu el qüestionari següent. A continuació, compareu les respostes amb el contingut.

1. Expliqueu el fenomen de la persistència en la retina.
2. Quina relació mantenen els elements o les substàncies fotosensibles respecte de la transformació de la llum en energia elèctrica?
3. Quina és la funció dels impulsos d'esborrament vertical?
4. En què consisteix l'exploració entrelaçada?
5. Quants camps de televisió hi ha en un segon?
6. Què requereix més amplada de banda, el so o la imatge?
7. Pots explicar en què consisteix la idea de compatibilitat aplicada a l'existència de la televisió en color respecte de la televisió monocroma?
8. Per què s'interposen prismes dicròics en la trajectòria dels raigs lluminosos captats per l'objectiu d'abans de ser analitzats pel tub o CCD?
9. Quines proporcions de vermell, verd i blau componen el senyal de luminància?
10. Què és i per a què serveix el BURST o salva de color, propi del senyal de televisió en color?
11. Quines són les tres normes de televisió implantades internacionalment?
12. Quina és la relació d'aspecte o de format de l'estàndard PAL-plus de televisió?
13. Quins avantatges aporta la televisió digital des d'un punt de vista tècnic?
14. Per què es recorre a la compressió en els sistemes d'imatge fixa i en els d'imatge mòbil?
15. On es fa servir fonamentalment el sistema MPEG2?
16. En què es diferencien la compressió amb pèrdues i la compressió sense pèrdues?

17. Què és l'*streaming*?

Equips bàsics de so

L'amplificador

Durant el procés entre la captació d'un so fins que finalment es reproduïx sota les condicions adequades intervenen una sèrie d'equips de so que tenen com a objectiu principal aconseguir la màxima fidelitat entre la font original i el so reproduït. Els obstacles que cal superar són nombrosos, encara que també ho són les possibilitats de processar i fins i tot manipular el so original per a aconseguir determinats efectes o integrar-los en un tot més ampli.

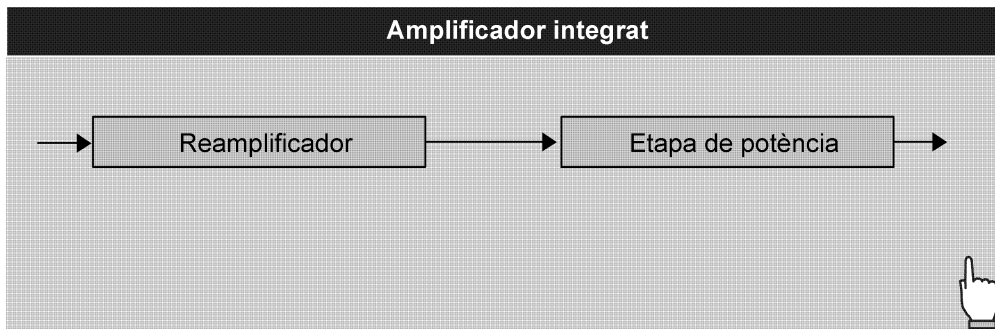
En si, la cadena de so comença normalment en el moment en què intentem de captar una font de so natural amb un micròfon en un espai físic de característiques determinades (un estudi, l'aire lliure, un carrer transitat, el saló de casa, etc.). A continuació s'amplifica i s'equalitza aquest so captat per a, posteriorment, barrejar-lo amb altres sons, o es processa per a gravar-lo o retransmetre'l. Finalment, tard o d'hora, aquest so s'acabarà reproduïnt amb un altaveu per a un individu o un públic en un espai determinat (un estudi condicionat, l'aire lliure, un carrer transitat, el saló de casa, etc.).

Les fonts de so proporcionen un nivell de senyal de sortida molt baix. Així, doncs, els micròfons i les càpsules tenen una tensió de sortida de pocs mil·livolts (mV), mentre que els cassets, els sintonitzadors i els discos compactes subministren aproximadament 100 mV.

Aquestes fonts són incapaces d'excitar els altaveus per si soles, i es fa necessari elevar-ne els senyals. Això es duu a terme mitjançant l'amplificador.

L'amplificador compleix una sèrie de funcions, a part de la que hem esmentat: prepara, ajusta i corregeix els diferents senyals segons les normes internacionals establertes, i també tenint en compte els nostres gustos i necessitats auditives.

Es pot considerar que tot amplificador està format per dos grans blocs, que es mostren en la figura:





El preamplificador és un element que podem subdividir en diversos blocs, que exposem a continuació:

- **Selector d'entrades/corrector:** Adequa tots els nivells de les diferents fonts de so, els amplifica i els corregeix en freqüència i amplitud d'acord amb les condicions en les quals van ser gravades.
- **Control de tons:** Permet de modificar els senyals segons el gust de l'usuari i corregir les possibles deficiències de la sala d'audició. En els preamplificadors es poden trobar des de dos fins a vint controls de to. A partir de cinc controls es parla d'equalitzadors. El més freqüent és disposar de dos o tres controls (greus, mitjos i aguts). La variació de nivell introduïda per cada control en la seva banda de freqüències específica s'expressa en dB. Són típics valors de ± 10 .

Els controls de to, si s'utilitzen amb discreció i de manera correcta, permeten de compensar els desequilibris que hi pugui haver entre els diversos components de l'equip de so, i també les deficiències acústiques del local i, en definitiva, ajustar el so al gust de l'oïdor.

- **Filtres:** Són una part complementària del control de tons. Estan destinats a suprimir altes i/o baixes freqüències no desitjades amb la finalitat d'eliminar sorolls. En aquesta secció hi ha un control anomenat compensador/*loudness/contour*, que reforça les freqüències altes i baixes en nivells d'escoltament baixos.
- **Control de volum:** Mitjançant aquest control, obtenim el nivell d'escoltament que volem. Adequa el nivell de sortida de la font de programa al nivell d'entrada de l'amplificador pròpiament dit. L'actuació d'aquest control pot ser contínua o per salts. Se sol calibrar de 0 a 10 o de ∞ a 0. No és recomanable situar el comandament de volum al màxim, ja que es poden produir saturacions i oscil·lacions que danyarien els altaveus de manera irreversible.

Per solucionar aquest possible inconvenient alguns preamplificadors disposen d'un limitador de volum (*limiter*), que actua retallant el nivell de sortida per salvaguardar la integritat dels altaveus.

La manera més senzilla i més universalment utilitzada consisteix a dosificar el senyal que es lliura en l'etapa de potència: com menys tensió es lliuri, menys potència de sortida.

Normalment el control de volum consisteix en un divisor de tensió, que pot estar constituït per un simple potenciòmetre o per un commutador que introdueixi una relació variable en cada cas.

Quan interessa reduir notablement el volum de l'equip d'àudio, disposa d'un botó anomenat *muting* que atenua el senyal de sortida en 20 dB.

- **Equilibri o balanç:** Un equip estereofònic es caracteritza per lliurar a cada canal d'altaveu un nivell de senyal determinat que, a més, no sol contenir la mateixa informació. Determinades situacions, entre les quals la disposició dels altaveus a la sala d'escolta, o bé les mateixes característiques del material gravat, fan que s'escolti més intensament un canal que l'altre. Mitjançant el balanç, es restitueix en cada canal el nivell desitjat. El que realment fa és lateralitzar el so, i per tant la nostra percepció és més equilibrada.

En la pràctica, el control de balanç és un potenciòmetre similar al dels altres controls (volum, to). Amb el comandament en posició central, tots dos canals presenten el mateix grau d'amplificació.

Quan el comandament es desplaça cap a un dels costats, es manté el mateix guany en un dels canals i s'atenua l'altre canal. En la posició extrema, el canal que s'atenua es pot anul·lar completament o bé introduir-se una atenuació elevada, per exemple de 20 dB respecte de l'altre, fet que suposa deu vegades menys amplificació.

- **Etapa de sortida o etapa de potència:** En la sortida del previ o preamplificador, tenim un senyal ajustat segons les necessitats de la font de so i de l'usuari de l'equip, sensiblement amplificada però amb un nivell comprès entre 0,5 i 1 V de tensió eficaç, que encara resulta insuficient per excitar els altaveus i, fins i tot, els auriculars, ja que la intensitat del corrent que subministra el previ és molt petita. L'etapa de sortida, anomenada *etapa de potència*, resol aquest inconvenient.

L'etapa de potència té com a missió modificar el contingut energètic del senyal, sense variar-ne l'amplada de banda, i manté el nivell de distorsió i de soroll el màxim de baix possible. Aquesta comesa es porta a terme amb un amplificador de tensió i un amplificador d'intensitat.



La baixa tensió de sortida que proporcionen les fonts de so és insuficient per excitar els altaveus. Aquesta tasca es duu a terme mitjançant la intermediació de l'amplificador.



La funció del previ o preamplificador és elevar el senyal de la font de so a un nivell suficient per poder atacar l'etapa de potència mentre es permet la manipulació i el tractament del senyal.



Característiques tècniques dels amplificadors

A continuació exposem algunes de les característiques més rellevants dels amplificadors.

- **Input sensitivity (sensibilitat d'entrada):** La sensibilitat d'entrada d'un previ és la tensió que s'hi ha d'aplicar perquè pugui funcionar correctament. Com més baixa sigui la xifra de sensibilitat, l'entrada es considera de més sensibilitat. Es pot dir que és el mínim nivell d'entrada capaç d'excitar l'amplificador a la màxima potència. Hi ha tres nivells:

Nivell molt baix	Càpsules MC	≈ 170 μV
Nivell baix	Càpsules i micròfons	≈ 2,5 mV
Nivell alt	Sintonitzadors, cassetts, CD, etc.	150-170 mV

Les etapes de potència tenen un nivell d'entrada únic d'1,5 V.

- **Input impedance (impedància d'entrada):** El valor de la sensibilitat sempre ha d'anar acompanyat de la impedància d'entrada, que és la resistència elèctrica que presenta l'entrada corresponent.

La importància de la dada de la impedància d'entrada prové del fet que per fer una transferència òptima del senyal de l'aparell al previ, la impedància ha de ser igual a la d'entrada del previ.

La desadaptació d'impedàncies no representa cap perill per a la integritat física dels equips, sinó únicament el fet que no se'ls treu el màxim rendiment possible. Si s'envia al previ una tensió menor de l'especificada com a sensibilitat, no s'aconseguirà extreure la màxima potència de sortida de l'amplificador final. Si, al contrari, la tensió d'entrada és molt superior a la de sensibilitat, es corre el perill que el previ distorsioni el senyal, encara que sense perill físic per als circuits.

- **Output impedance (impedància de sortida):** Aquesta característica és de molta importància per poder connectar els altaveus i obtenir el màxim rendiment de l'amplificador. Són habituals les sortides en què només es disposa d'una impedància, però també hi ha amplificadors que ofereixen la possibilitat de diverses sortides. Són valors típics:

2 ohms (Ω), 4 Ω , 8 Ω , 16 Ω

- **Overload voltage (tensió de saturació):** En les especificacions d'entrada dels previs es dona moltes vegades l'anomenat nivell o tensió de saturació, que és el valor per sobre del qual el previ se satura i la distorsió augmenta molt ràpidament. Per tant, el nivell de saturació és el màxim valor que es pot aplicar a una entrada sense que desmillori la resposta del previ.

Molts equips acostumen a admetre en les entrades nivells de fins a deu vegades (i en ocasions molt més) el valor de la sensibilitat especificada, de manera que si una entrada auxiliar té una sensibilitat de 100 mV, el senyal no es distorsiona fins que no se superi el nivell d'1 V en l'entrada.

- **Output voltage (tensió de sortida):** Fa referència al nivell de tensió de sortida del previ (entre 1 i 2 V) i la tensió de sortida d'enregistrament. Hi ha dues normes: la DIN i la RCA.

L'estudi comparatiu de les diverses característiques tècniques dels amplificadors permet de situar-los i triar-los segons les nostres necessitats professionals.



Activitat

- Adreceu-vos a un comerç especialitzat en so professional i sol·liciteu catàlegs d'amplificadors. Feu-ne una lectura detallada i compareu diferents models, i intenteu aplicar els coneixements que s'han aportat en aquest nucli de contingut. Si teniu un equip de so amb amplificador independent, reviseu amb el manual d'instruccions totes les possibilitats de manipulació del so que ofereix.

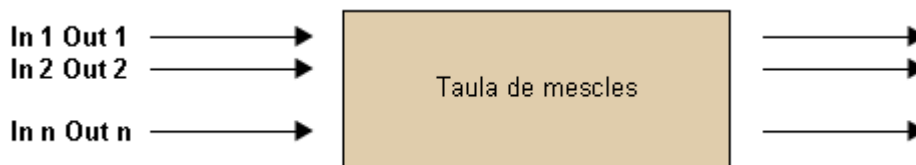


Un amplificador integrat està format per dos elements principals: el previ o preamplificador i l'etapa de sortida o etapa de potència.

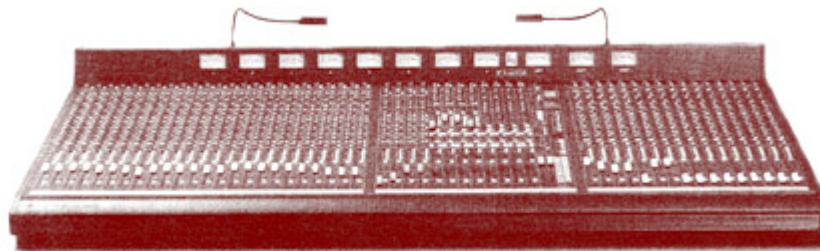
La funció principal d'un amplificador és elevar el nivell de senyal que lliuren les fonts de so. Durant el procés és possible modificar les característiques del senyal.

La taula de mescles

La taula de mescles és un equip d'importància capital en l'enregistrament, la reproducció i la postproducció del so que incorpora un sistema capaç de proporcionar, a partir de diversos senyals elèctrics presents en les seves entrades, diferents senyals de sortida segons les necessitats del programa que estem fent.



Els senyals introduïts per les entrades acostumen a provenir de diverses fonts (micròfons, instruments musicals, magnetòfons, etc.) i no tenen el mateix nivell. Mitjançant els controls de la taula, s'aconsegueix uniformar aquests nivells i elevar-los o reduir-los perquè puguin ser manipulats posteriorment, gravats o reproduïts en condicions de distorsions i sorolls mínims.



Taula de mescles

■ Descripció d'una taula de mescles

Una taula de mescles ha de reunir uns requisits mínims per poder ser validada com a tal per a operacions professionals. Així, doncs, ha de disposar d'equalització independent per a cada canal d'entrada per tal de poder compensar les deficiències de les fonts sonores i poder deixar el so al gust del tècnic de so. També ha de tenir capacitat per poder dirigir els senyals d'entrada cap a les sortides (busos), agrupats o combinats del màxim nombre de maneres possible (com més possibilitats de combinació, millor). Ha de tenir un sistema de monitoratge anterior i posterior a la mescla. Per poder fer enregistraments estereofònics, ha de disposar d'un control independent per a cada canal que permeti de situar el senyal corresponent en un canal o un altre (L o R). A més de sortides generals, la taula ha de disposar d'altres sortides independents per a efectes, monitors, etc.

Bloc d'entrada

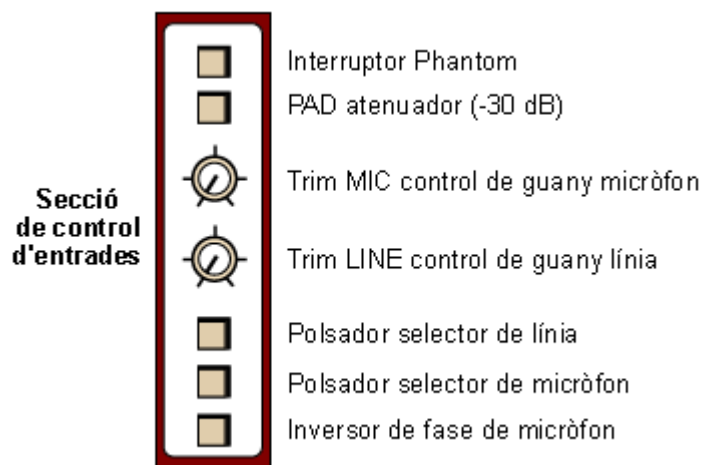
Hi arriben els senyals procedents de les fonts de so.



Els senyals poden tenir diferent nivell i, per això, es fa imprescindible disposar d'un control de guany, que regula la

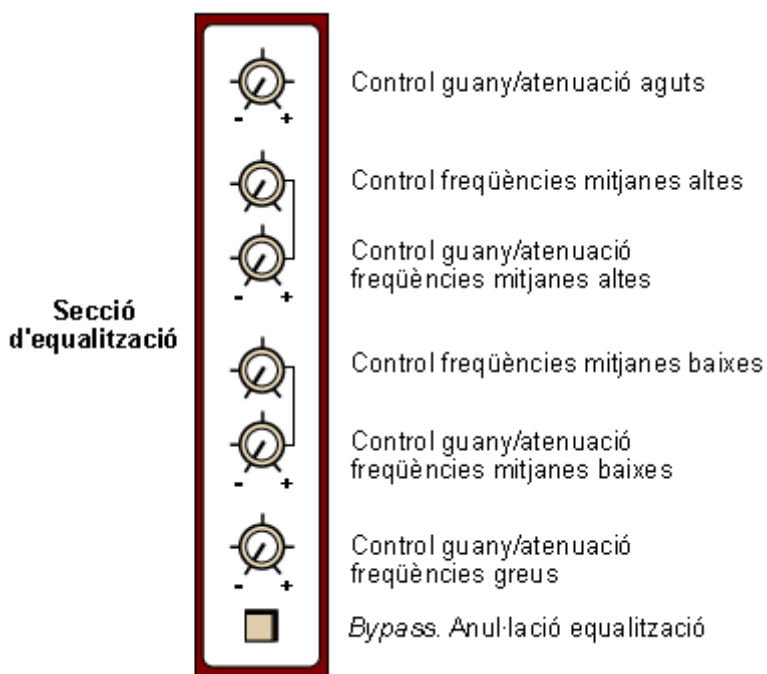
sensibilitat de l'entrada convenientment i evita que s'arribi a la saturació o que el senyal sigui tan feble que es dilueixi amb el soroll propi de la taula. Aquesta secció sol tenir associat un LED (díode luminescent) que s'il·lumina en cas de sobrecàrrega. És habitual disposar, en aquest bloc, d'un commutador denominat PAD, que no és més que un atenuador fix de 20 o 30 dB.

Dins de la secció d'entrades hi ha un commutador de selecció: línia, micro, cinta i també un connector *jack* anomenat *insert*, que se sol ubicar a la part posterior de la taula, la funció de la qual és la d'inserir qualsevol tipus d'efecte en el canal concret. En el moment que connectem el cable *insert*, el senyal del canal es deriva cap a una unitat d'efectes i torna amb l'efecte incorporat pel mateix connector. Per fer aquesta funció, el cable *insert* és estèreo pel costat que es connecta a la taula i cada canal va a parar a un connector mono independent, corresponent a l'entrada i la sortida de l'efecte, respectivament.



Secció d'entrada de la taula

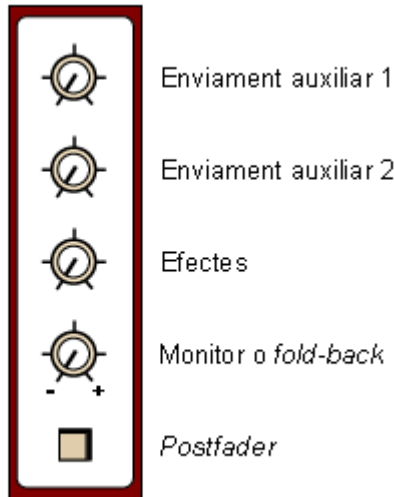
El senyal, després de passar pel bloc descrit, s'introdueix en el *mòdul d'equalització*, que pot estar constituït per tres controls de tons (graus, mitjos i aguts) o bé per un sofisticat equalitzador paramètric de fins a cinc vies. Una taula de qualitat mitjana sol tenir un control per a greus, un altre per a aguts i el control de mitjos de tipus paramètric, ja que és la gamma de freqüències més conflictiva. Normalment, el bloc d'equalització disposa d'un interruptor d'anul·lació (*bypass*) per poder comparar auditivament l'acció de l'equalització. En aquesta secció es poden trobar filtres fixos per a freqüències altes o baixes que eliminen sorolls o brunzits en les entrades.



Secció d'equalització de la taula

A continuació, el senyal passa pel *bloc de trameses*, que està constituït per uns controls (auxiliar, *fold-back*, efectes, etc.) que dosifiquen la quantitat de senyal del canal que s'envia cap als monitors d'escenari, a unitats d'eco, reverberació, *delays*, etc. Aquestes trameses es poden fer de dues maneres: pre i post *fader* essent el *fader* l'"atenuador general" de la mescla. En el cas de pre-*fader*, el nivell del senyal enviat és independent del volum del *fader* i, sens dubte, en post-*fader* el nivell depèn de la posició. Aquesta secció permet d'enviar a diferents sistemes senyals barrejats diversos i de diferent nivell.

Secció d'enviaments

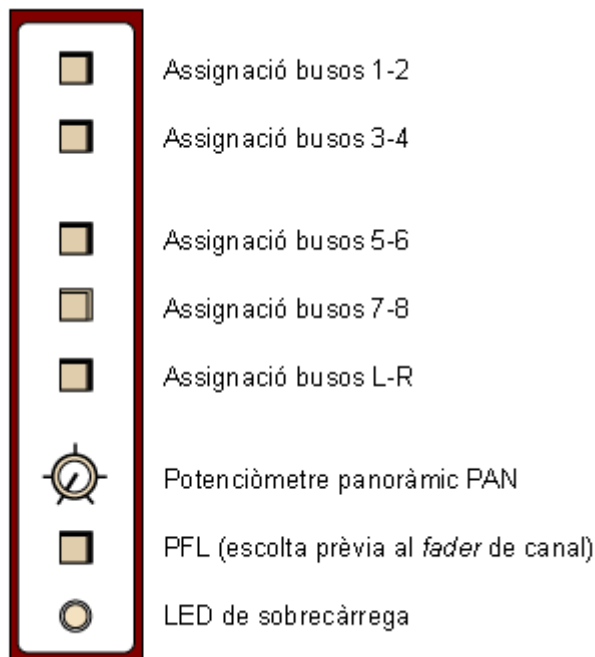


Secció de trameses de la taula

Si continuem baixant pel mòdul d'entrada, ens trobem amb un bloc anomenat *panoràmic* (PA) i d'*assignacions*. El control panoràmic és un potenciòmetre que envia el senyal del canal cap a un o un altre dels canals de sortida de la taula o cap a tots dos en determinada proporció. En les taules de més de dos canals de sortida hi ha, a més, uns commutadors, amb els quals se selecciona en quina de les sortides actua el panoràmic. Així, doncs, si la taula té vuit sortides, es pot fer que el panoràmic reparteixi el senyal entre els canals 1 i 2 o 1 i 3, o 2 i 3 o 1, 2, 3, etc. depenent de la posició del potenciòmetre (als extrems dóna pas a una sola sortida i a la part central dóna pas al 50% per a cada canal de sortida seleccionat).

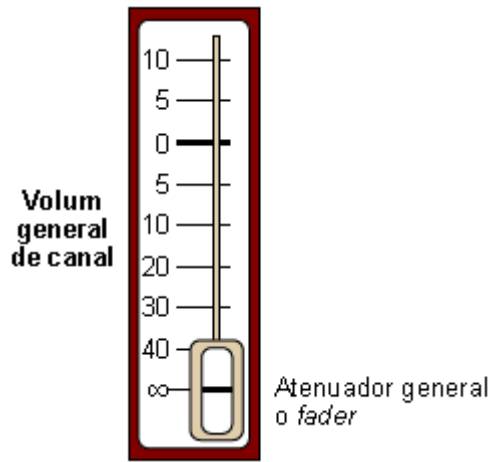
A continuació, la taula disposa d'un *botó de preescollament*, també anomenat CUE o PFL, que permet escoltar el contingut del canal abans d'inserir-ho en la mescla general.

Secció d'assignacions i panoràmic



Panoràmic

Finalment, ens trobem amb l'*atenuador general* de mescla o *fader*. És un potenciòmetre lliscant, en la majoria de casos, que s'encarrega de regular el nivell del canal. En les taules portàtils acostumen a ser rotatius per tal d'estalviar espai i així disminuir la mida global de la taula. En aquesta secció, el senyal ja modificat s'injecta, amb el nivell adequat, en els busos de sortida, perquè s'uneixi amb els senyals procedents d'altres canals d'entrada.



Fader de canal

Bloc de sortida o master

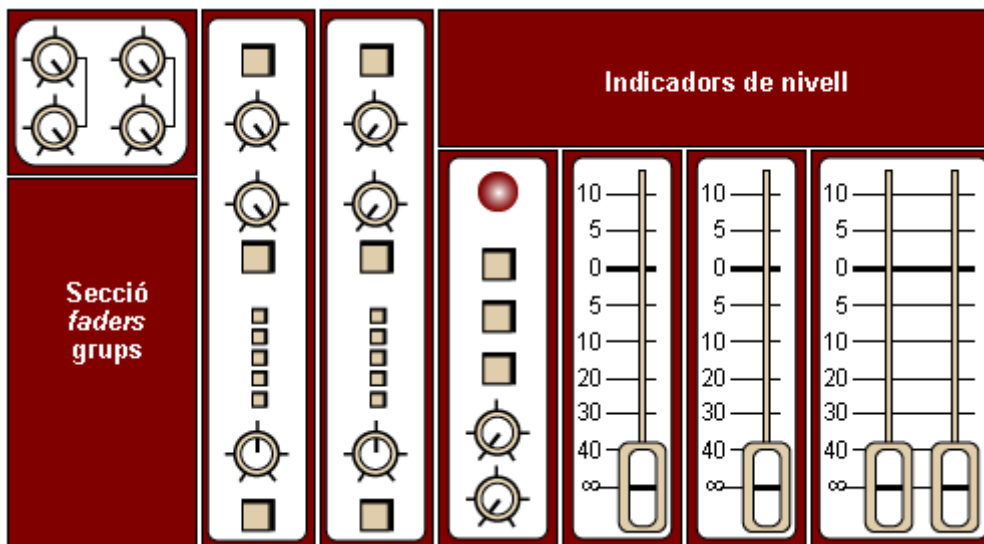
El punt d'unió entre els canals d'entrada i el mòdul de sortida són els anomenats *buses*. Són les línies encarregades de recollir de cada una de les entrades els senyals que tenen una destinació comuna. La tramesa d'efectes, la tramesa de monitors, etc. Al final de cada bus, en el mòdul *master*, hi ha un circuit sumador de tots els senyals que transporta. Una vegada sumats els diferents senyals, es poden enviar a la seva destinació (efectes, monitors, etc.).

En el mòdul *master* hi ha un control per a ajustar el nivell general de cada tramesa d'efectes, línia de monitors i sortida de programa. En cas que s'hagi enviat una determinada mescla a un efecte, ha de tornar a la taula per reincorporar-se a la mescla general. Per això, en aquesta secció hi ha un control que actua sobre el nivell del senyal de retorn, i també com a assignació de sortida.

És freqüent disposar d'entrades auxiliars per a magnetòfons o altres fonts, amb el seu control de nivell i equalització corresponent.

Bloc de monitors

El mòdul de monitors acostuma a incorporar una funció anomenada *talkback*, que consisteix en un micròfon incorporat a la mateixa taula que permet al tècnic de donar les ordres necessàries als intèrprets o dobladors. En aquesta secció també trobem tots els controls per als auriculars. Per mitjà d'un selector es pot escoltar, pels auriculars, el senyal que va als altaveus de l'estudi, el senyal que arriba als monitors d'escenari o la de cada canal abans de la mescla.



Secció *master* i de monitors de la taula



Tot mesclador o taula de mescles professional té perfectament delimitats els diferents blocs: d'entrada, de sortida o *master* i el de monitors.



■ La mescla

El procés s'obre amb l'enregistrament de les diverses fonts en el magnetòfon multipista. L'única pretensió d'aquesta fase és gravar el millor senyal possible, sense més ni més. Posteriorment, es procedeix a mesclar-lo. En aquest moment és quan s'afegeixen els efectes en els punts en què siguin necessaris, és quan es comprimeixen o limiten els senyals que poden presentar problemes de dinàmica, s'equalitzen els diferents sons, es regula el nivell de cada pista, etc.



Per als sistemes de reproducció de so o en els treballs de sonorització de productes audiovisuals que no tenen gaire complexitat s'acostuma a dur a terme la mescla manualment. Això vol dir que el tècnic manipula la taula segons el seu criteri i tenint en compte les condicions d'escoltament, en directe.

Amb aquesta tècnica, l'operador no es pot equivocar i, si ho fa i el programa no és directe, ha de tornar a començar la tasca des del principi. En els sistemes d'enregistrament de so més complexos, el procés és més complicat, ja que es pretén aconseguir un programa sonor equilibrat, amb els plans sonors coincidents amb les imatges que acompanyaran.

Tot això es pot dur a terme manualment, d'acord amb el productor, el realitzador i mitjançant anotacions de guió. Aquesta feina resulta força complicada i excessivament lenta, en els casos en què s'ha de repetir alguna funció.

Aquest problema es resol duent a terme la mescla per mitjà de sistemes automàtics, que substitueixen, fins a cert punt, l'element humà. Sens dubte, és el tècnic de postproducció que programa cada un dels moviments o processos que ha de fer l'equip de la taula de mescles.

En essència, les funcions necessàries durant el procés de mescla consisteixen en la regulació dels diversos nivells dels canals corresponents a cada pista (atenuadors de tensió) i en la variació de la freqüència de resposta de cada canal en el moment de l'equalització (atenuadors de freqüències).



Això es duu a terme per mitjà d'amplificadors (VCA), el guany dels quals és variable per mitjà d'una informació de control (tensió de corrent continu aplicat a l'entrada), i igualment en el cas dels equalitzadors, si el que es controla és la resposta en freqüència de l'amplificador. Un amplificador equalitzador (VCE) actua sobre la seva linealitat de resposta.

Així, doncs, veiem que els amplificadors VCA supleen les funcions dels *faders*, i els VCE substitueixen els potenciòmetres d'equalització.

L'avantatge d'operar amb sistemes automàtics de mescla és la llibertat de què es disposa per anar fent les correccions de to i nivells sense haver de reiniciar la mescla cada vegada que es vol variar alguna cosa.

Les accions dels atenuadors, tant de tensió com de freqüències, s'emmagatzemen en memòries a fi d'actuar en el moment precís, sincrònicament, és a dir, el control de la taula es porta a terme informàticament.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tvp043.htm, on podeu ampliar la informació sobre taules de mescles.
-



Les funcions necessàries durant el procés de mescla consisteixen bàsicament en la regulació dels diversos nivells dels canals corresponents a cada pista i en la variació de la freqüència de resposta de cada canal en el moment de l'equalització.





■ Els senyals que arriben a la taula de mescles provinents de diverses fonts de so poden ser tractats i manipulats en les diverses seccions d'aquesta taula.

■ Tota taula de mescles distingeix tres seccions ben diferenciades: entrades, monitors i sortida.

■ La complexitat aparent d'una taula de mescles professional es justifica per les possibilitats de què disposa per manipular el senyal procedent de les diferents fonts.

Altres equips i efectes

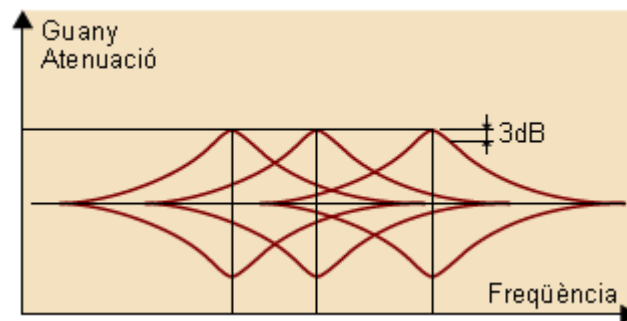
En els processos de reproducció de so, però especialment en els processos de postproducció de so, es necessiten alguns equips, als quals considerem oportú fer referència. Els més importants són els equalitzadors, els reductors de soroll i els modificadors de dinàmica.

■ Equalitzadors

Serveixen per modificar la linealitat del senyal que tracten. Es poden trobar com a equips complets o bé formant part d'un equip d'amplificació o en una taula de mescles. Segons la zona de freqüències que tracten, els equalitzadors es poden dividir en de baixa, mitjana i alta freqüència.

Els equalitzadors s'utilitzen bàsicament per condicionar el so al nostre gust, eliminar freqüències molestes i evitar sorolls, recuperar enregistraments antics i també per eliminar l'efecte de realimentació acústica en una sala.

L'equalitzador està format per uns elements anomenats *filtres*, que comporten ampliació (positiva i negativa). Són filtres actius anomenats de pas de banda.



Filtre de pas de banda

Aquests equalitzadors produeixen el màxim reforç/atenuació en un determinat punt de freqüència anomenat *freqüència central*. L'amplada de banda modificada es coneix com a *factor de qualitat del filtre*.

Els equips d'equalització es poden classificar en dos grans grups: equalitzadors gràfics i equalitzadors paramètrics.

Els equalitzadors gràfics reben aquest nom per la facilitat de visualitzar-ne l'actuació. Són filtres de pas de banda amb les freqüències centrals fixes. Se'n presenten en diverses variants, des de molt simples, amb pocs punts de control de freqüència, normalment una per octava, fins als més complets, amb 27, 34 o més punts de control de freqüència, que reben el nom d'equalitzadors de terços d'octava.

Els equalitzadors paramètrics tenen la particularitat que es pot seleccionar la freqüència central, se'n pot variar el factor de qualitat i també es té un control sobre el seu reforç/atenuació. D'aquesta manera, es pot fer més ampla o més estreta la banda de freqüències sobre la qual actua. Amb aquest tipus d'equalitzador és té un control total sobre les freqüències d'una banda determinada.

Per obtenir bons resultats de l'equip d'equalització és imprescindible conèixer les freqüències que comprèn el so que s'ha de manipular. Els tècnics de so tenen una divisió de l'espectre de freqüències que pot resultar útil, en una primera aproximació. Operen amb la classificació següent:

Zona de baixes baixes freqüències	16 – 60 Hz
Zona de baixes altes freqüències	60 – 250 Hz
Banda mitja	250 Hz – 2 KHz
Banda mitja alta	2 KHz – 4 KHz
Banda alta baixa	4 KHz – 6 KHz
Banda alta alta	6 KHz – 16 KHz

La millor manera d'equalitzar sempre és comparar el senyal natural amb l'equalitzat, sens oblidar mai la diferència de nivell que comporten certs tipus d'equalització exagerats. També és interessant tenir en compte les limitacions que el senyal tindrà posteriorment. No té sentit equalitzar en una banda que després, per limitacions del medi a què es destina l'obra, no hi serà present.



Els equalitzadors es fan servir sobretot per condicionar el so al nostre gust, eliminar freqüències molestes i evitar sorolls. Poden ser de dos tipus: gràfics i paramètrics.



■ Sistemes reductors de soroll

Els sistemes reductors de soroll es fan servir bàsicament en els processos d'enregistrament magnètic del so, atès que els sorolls propis de la cinta són inevitables i, si gravem en determinats nivells, no podem evitar distorsions produïdes per la manca de linealitat del sistema gravador, tant si són excessivament elevats com si són febles. A més, hi ha altres sorolls de fons provocats per corrents paràsits o per camps elèctrics externs. Els problemes de sorolls sempre són presents en qualsevol enregistrament, però es fan més evidents quan gravem senyals de baix nivell. Això és degut al fet que en els passatges d'alt nivell l'orella humana té la propietat de discriminar-los, davant els de nivell més baix. Així, doncs, el soroll, que sempre es manté per sota del senyal principal, queda emmascarat. Al contrari, quan es tracta de gravar *pianíssimo* o senyals de nivell molt baix, el soroll pot acabar emmascarant el senyal principal.



Hi ha dos tipus de sistemes de reducció de soroll: els coneguts com a no complementaris i els complementaris.

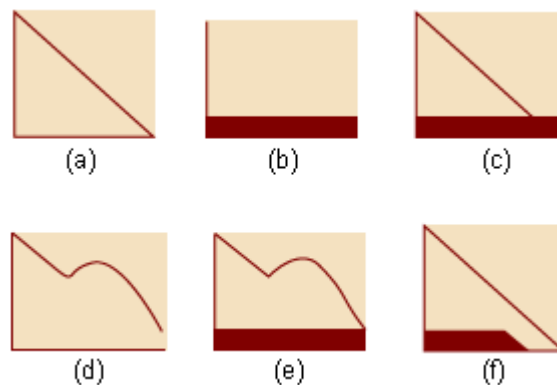
Els reductors de soroll no complementaris s'apliquen a enregistraments que ja s'han fet anteriorment, per exemple enregistraments antics.

El senyal es tracta en reproducció, amb la qual cosa es pot afirmar que l'enregistrament resulta modificat substancialment respecte de l'original. Aquest sistema adopta una resposta plana del circuit en els passatges de màxim nivell, en què el soroll queda emmascarat, i es comporta com una sèrie de filtres automàtics de pas baix a mesura que el nivell del senyal va decaient. El sistema reductor de soroll no complementari més conegut és el DNL. Va ser dissenyat per la casa Philips l'any 1971.

Els reductors de soroll complementaris tracten el senyal, tant en el procés d'enregistrament com en el de reproducció. Hi ha molts sistemes complementaris, entre els quals Dolby, DBX, Telcom, etc.

Tots fonamenten el seu funcionament en el fenomen de camuflament dels senyals, segons el nivell.

En la figura (a) es representen els diversos nivells de marge dinàmic que es poden presentar en un enregistrament. En la figura (b) s'ha representat el nivell de soroll existent enmig (cinta, transmissió, pel·lícula, línia, etc.) i en la figura (c) es veu el resultat final de l'enregistrament. Es veu que en els passatges de baix nivell el senyal queda completament emmascarat pel soroll.



Principi dels reductors de soroll complementaris

En la figura (d) es veu que el senyal, abans de ser gravat, és tractat de manera que s'exerceix una variació de la dinàmica, i augmenta el nivell dels senyals més febles, és a dir, es redueix la dinàmica del programa.

En la figura (e) el senyal es grava o transmet i es pot veure en el dibuix que el soroll sempre queda per sota del senyal útil.

Finalment, en la figura (f) s'aplica la descodificació, és a dir, el procés invers aplicat abans de l'enregistrament, amb el qual la dinàmica recupera la dimensió original de la figura (a). Podem observar que el soroll, en aquest procés, també ha variat. En els nivells alts de senyal, el soroll es manté intacte, emmascarat, i en els nivells baixos de senyal s'ha reduït fins a permetre l'audició del senyal útil.

Tots els reductors de soroll complementaris funcionen d'aquesta manera i la diferència entre l'un i l'altre està en el sistema de dur a terme els processos de compressió i d'expansió posterior. La firma Dolby té una gran varietat de tipus de reductors i contínuament incorpora innovacions en aquest camp. Un detall a tenir en compte és que en els sistemes reductors de soroll complementaris s'ha de tenir activat el reductor en enregistrament i en reproducció, ja que si el desactivem en reproducció el que sentim és un so amb una dinàmica molt retallada.



Els sistemes reductors de soroll minimitzen el soroll de fons que sempre hi ha però que és més fàcilment perceptible en els passatges de baix nivell sonor.



■ Modificadors de la dinàmica

Són equips que controlen la **dinàmica** dels programes sonors de manera automàtica, només establint unes condicions d'actuació per part del tècnic de so. Bàsicament es parla de modificadors de la dinàmica quan es tracta de compressors i d'expansors, però també s'inclou en aquest tipus d'equips l'anomenat limitador que, encara que no

modifica la dinàmica, sí que la retalla durant un breu període de temps. Normalment un sol aparell inclou tots els dispositius.

El limitador

És un equip destinat a evitar que el senyal sobrepassi un cert valor preestablert perquè no quedi saturat ni es distorsioni.



Es tracta d'un amplificador de guany constant fins que el senyal d'entrada assoleix un valor superior al preestablert. Aleshores el guany es redueix i el nivell de sortida queda limitat al valor màxim establert anteriorment.

El compressor

És un equip que introdueix un guany addicional en una determinada gamma de freqüències quan el nivell baixa per sota d'un valor preestablert. Aquesta funció implica l'increment dels senyals de valor més baix.



Es tracta d'un amplificador de guany variable autocontrolat. Té moltes aplicacions, entre les quals els reductors de soroll, com a control automàtic de sensibilitat. També es fa servir en els casos en què hagin de fer servir el mateix micròfon dues persones amb característiques de veu molt diferents, etc. Els compressors mantenen la mitjana de nivell constant i, a més, han de poder respectar la dinàmica de la veu, ja que si no fan que perdi intel·ligibilitat.

L'expansor

Duu a terme la funció inversa del compressor, és a dir, atenua els senyals que han estat amplificats en compressió.

Els modificadors de la dinàmica tenen tres paràmetres bàsics sobre els quals es pot actuar perquè executin la seva funció concreta: *attack* o temps d'atac, *release* o temps de recuperació i *threshold* o llindar d'actuació.



El temps d'atac és el temps que triga l'equip a reaccionar davant d'un senyal. S'ha de tenir en compte que, per exemple, en el cas d'un limitador, si pretenem limitar el nivell d'un transitori de curta durada, haurem de posar un temps d'atac inferior al del transitori, perquè si és superior l'equip no haurà reaccionat ni quan ja hagi passat i, per tant, no actuarà.

El temps de recuperació és el temps que triga l'equip per restituir el marge dinàmic després de la seva actuació. Convé que sigui "llarg" a fi d'evitar un efecte semblant a un bombament.

El llindar correspon a un valor de nivell a partir del qual l'equip es posa en funcionament, tant limitant com comprimint o expandint.

La determinació del llindar, el temps d'atac i el temps de recuperació en un modificador de la dinàmica és essencial perquè funcioni correctament i perquè els inconvenients no superin els avantatges que representen.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.audiolav.com/noticias/dpl2/dpl2.htm, on trobareu informació comparativa de diferents sistemes reductors de soroll que s'adrecen bàsicament a transformar el so en la llar en una experiència espectacular i realista, gràcies a la capacitat envoltant.
-



■ **Bàsicament, un equalitzador és un modificador de la linealitat del senyal que tracta. N'hi ha d'independents i d'altres que formen part d'elements amplificadors o de taules de mescles.**

■ **Els reductors de sorolls són, en essència, emmascaradors dels senyals d'àudio segons el nivell.**

■ **Limitador, compressor i expansor són elements modificadors de la dinàmica que es poden trobar habitualment integrats en un sol aparell.**

Compressió en formats digitals

Quan parlem de compressió en àudio digital ens referim, com en vídeo, a la reducció de la informació original. Els beneficis immediats d'aquesta reducció són més capacitat d'emmagatzematge i la possibilitat d'obtenir més canals de reproducció. Evidentment, el que s'aconsegueix mitjançant la compressió és reduir l'amplada de banda de la transmissió d'àudio. Aquesta compressió es pot dur a terme mitjançant mètodes estadístics que fan una compressió sense pèrdues, amb la qual s'obté una reducció de la informació d'entre un 30% i un 50%. Altres mètodes són l'aplicació de criteris psicoacústics que fan una compressió amb i redueixen la informació entre un 40% i un 80%.

La codificació sense pèrdues és possible per a aplicacions que no siguin a temps real i la reconstrucció del senyal és perfecta.

Tota compressió es fa amb un *encoder*, que és un programa informàtic que codifica les dades segons el format al qual volem transformar el senyal original. Les característiques principals d'un programa *encoder* són la rapidesa i l'alta qualitat de producció de fitxers.

Per fer el pas contrari a l'anterior s'han d'utilitzar *decoders* (descompressors). Aquests programes transformen el fitxer comprimit en el fitxer original. S'ha de tenir en compte que si la compressió prèvia ha estat amb pèrdues, el fitxer descomprimit no serà idèntic a l'original.



La compressió del senyal d'àudio pot ser amb pèrdues o sense. Si la compressió ha estat amb pèrdues, el fitxer descomprimit mai no pot ser idèntic a l'original.



■ Formats d'àudio comprimit

A continuació s'exposen els formats digitals d'àudio més comuns. Són els següents:

WAV

Va ser el primer format per a PC i no està comprimit. És el resultat de transferir un arxiu d'àudio (format CD-Àudio) a la memòria o disc dur del nostre ordinador. Les diferències fonamentals d'aquest format amb el conegut MP3 són la mida dels fitxers, atès que el format WAV ocupa dotze vegades més que l'MP3. Una conseqüència lògica d'aquesta reducció de mida és la millor qualitat sonora dels fitxers WAV respecte del format MP3.

MP3

És el format de compressió d'àudio que s'utilitza més en l'actualitat. Sorgeix de la conversió d'un senyal acústic d'àudio mitjançant una compressió amb pèrdues, és a dir, tindrem menys qualitat sonora.

La característica principal d'aquest sistema és que aprofita les limitacions de l'oïda humana per eliminar tota la informació que no és perceptible, encara que l'eliminació d'aquesta informació provoca una disminució de la qualitat sonora.

Tot i que tinguem aquesta degradació del senyal acústic, es poden veure dos avantatges clars. El primer és la reducció de l'espai de memòria, fet que ens dona la possibilitat de tenir grans quantitats de fitxers sonors en el nostre PC. Per exemple, en un CD-ROM es poden gravar aproximadament cent cinquanta cançons en format MP3 en lloc de deu o dotze en format WAV.

El segon avantatge és la gran velocitat a què es poden transmetre i rebre a través de la xarxa.

MP3 Pro

Format dissenyat per Thomson Multimedia. És un nou algoritme que codifica els senyals d'àudio i es basa en un augment de la compressió superior a la del format MP3 tradicional. Aquest format és totalment compatible amb tots els aparells reproductors d'àudio MP3.

AAC (Advanced Audio Code)

És un format de compressió d'àudio que augmenta la qualitat de l'MP3 i en redueix la mida de manera considerable.

S'aconsegueix una qualitat inferior a la del CD, però utilitza bastant menys espai de memòria que l'MP3, aproximadament un 30% menys.

El mecanisme bàsic d'aquest sistema és pràcticament igual al del sistema MP3.

Liquid audio

Més que un format d'àudio, es tracta d'un sistema de distribució de senyals musicals digitalitzats per Internet a escala mundial. Permet la distribució i la venda de música de manera segura a través de la xarxa.

Representa una alternativa al format MP3 a causa de la seguretat que garanteixen les companyies discogràfiques.

El reproductor de Liquid Audio es pot aconseguir de manera gratuïta en totes les pàgines web que utilitzen aquest sistema.

OGG Vorbis

Aquest format és un possible substitut del format MP3 i incorpora alguns avantatges. Per exemple, aconseguir un so més natural i de més qualitat, i també suporta àudio de diversos canals.

WMA

És un format de compressió d'àudio de Microsoft. És l'evolució del format ASF, i està pensat per al reproductor Windows Media Player. Permet d'escoltar música en línia, és a dir, mitjançant *streaming*, i amb gran qualitat sonora.



Activitat

- Mitjançant un cercador (per exemple el Google), mireu de trobar informació a Internet sobre música en MP3. Trobareu milions d'informacions. Feu-ne una selecció fins que us descarregueu un reproductor de MP3, com ara el Winamp. Continueu buscant fins que trobeu temes musicals que podreu guardar en el disc dur de l'ordinador per reproduir-los posteriorment.



Els diversos formats de compressió d'àudio estableixen incompatibilitats entre els sistemes equivalents a les que es donen en la compressió de la imatge fixa i la imatge mòbil.



Els principals avantatges d'aquests formats, comprimits amb pèrdues o sense, són l'absència de degeneració i les facilitats per tractar-los una vegada s'han convertit en digitals.

Un altre avantatge fonamental d'aquests formats és el de poder introduir quantitats ingents d'informació sonora (com música, per exemple) en suports informàtics, discos i Internet.

Qüestionari

Després d'una lectura atenta del tema, responeu el qüestionari següent. Després compareu les vostres respostes amb el contingut.

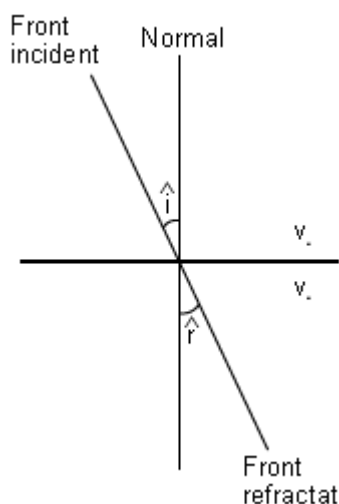
1. Per quines parts està constituït un amplificador?
2. Què justifica l'existència del previ o preamplificador?
3. Què vol dir l'expressió *lateralitzar* el so, aconseguida amb el control de balanç?
4. Quina és la funció principal de l'etapa de sortida o etapa de potència d'un amplificador?
5. Quins són els blocs principals d'una taula de mesclades?
6. Quines són les funcions bàsiques d'una taula de mesclades?
7. Quins són els blocs principals d'una taula de mesclades?
8. Per a què serveix el micròfon que compleix la funció *talkback* en una taula de mesclades?
9. Per a què serveixen els equalitzadors?
10. Quina és la característica principal dels equalitzadors paramètrics?
11. Per a què es fan servir els reductors de soroll?
12. Quina és la funció d'un limitador?
13. Quina és la funció d'un compressor?
14. Quin és la funció d'un expansor?
15. Quins avantatges aporten els formats digitals d'àudio?
16. L'MP3 és un format comprimit amb pèrdues o sense?

Principis d'òptica

Fonaments de les lents i els objectius

Els objectius són dispositius òptics que serveixen per formar imatges d'objectes. En els mitjans audiovisuals i fotogràfics les lents consisteixen en una porció d'un mitjà transparent de tipus plàstic, o millor de vidre, que està limitada per dues superfícies corbes o bé per una superfície corba i una altra de plana.

El fenomen que possibilita la formació d'imatges és la **refracció** de la llum. Els raigs de llum es desplacen en un medi homogeni seguint una línia recta. Quan un raig passa a un altre medi d'intensitat diferent, la recta que segueix no és una prolongació de l'anterior, ja que el raig és refractat o desviat. La línia perpendicular a la superfície de separació dels dos medis en un punt s'anomena normal. En passar d'un medi menys dens a un altre de més dens, el raig de llum es desvia cap a la normal, i si passa d'un medi més dens a un altre de menys dens, se n'allunya.



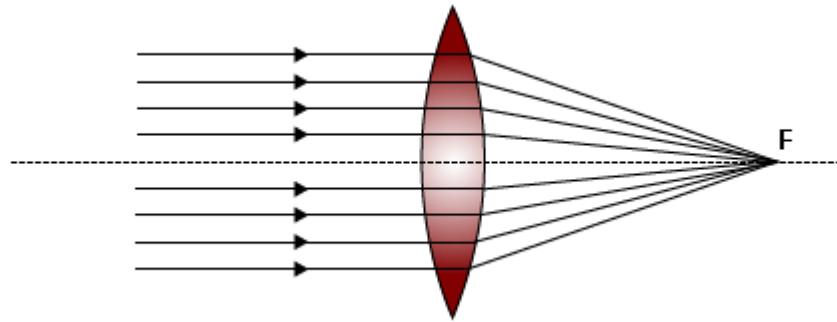
La base de funcionament dels objectius és la refracció, és a dir, el canvi de direcció que experimenten els raigs de llum quan passen d'un medi a un altre de diferent densitat.



■ Lent simple

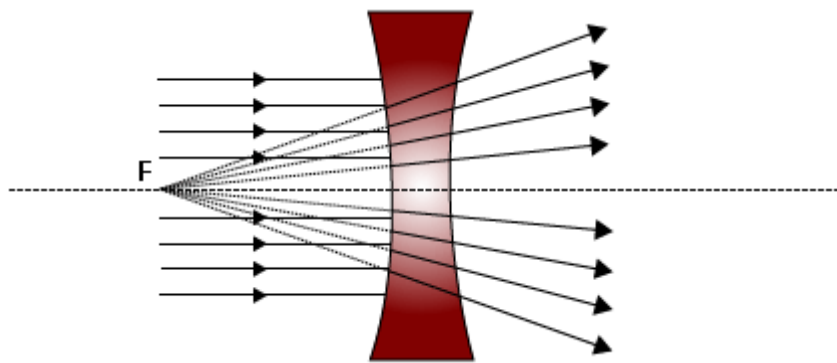
Una lent és un disc de vidre que, quan és travessat pels raigs procedents d'un objecte puntual situat a un costat, produeix una desviació dels raigs cap a un punt comú situat a l'altre costat de la lent, com si procedissin d'un lloc més pròxim a la lent que l'objecte. Per aconseguir aquest efecte es dona una forma esfèrica a una de les superfícies del disc o a totes dues.

Si les superfícies corbes se situen de manera que la lent és més gruixuda al centre que a les vores, els raigs de llum paral·lels que hi incideixin convergeixen sobre un punt del costat oposat i rep el nom de **lent convergent**.



Focus d'una lent convergent

En canvi, si la lent és més prima al centre que a les vores, els raigs de llum paral·lels que hi incideixin, vistos des de l'altre costat, apareixeran com a procedents d'un punt. Aquestes lents reben el nom de **divergents**.

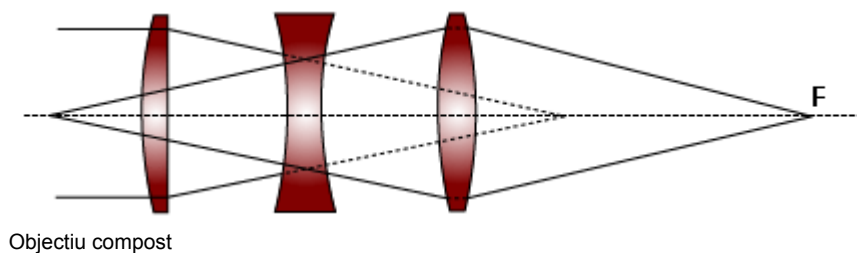


Focus d'una lent divergent

Com que qualsevol objecte pot ser considerat com una reunió de punts, una lent convergent que produeix punts imatge de tots els punts objecte forma una imatge similar de tot l'objecte. Si col·loquem en el pla dels punts imatge una superfície reflectora, s'hi formarà una imatge visible de l'objecte. Es tracta, en realitat, del tipus d'imatge que es forma sobre la pantalla d'enfocament de les càmeres fotogràfiques o cinematogràfiques, i que es recull com a imatge latent sobre el material sensible durant l'exposició, o sobre el *target* o mosaic fotosensible d'una càmera de vídeo. Aquest tipus d'imatges s'anomenen imatges reals.

Al contrari, les **lents divergents** no formen imatges reals, ja que els raigs lluminosos procedents de l'objecte no convergeixen després de la refracció, sinó que se separen de manera que apareixen com a procedents d'un punt més pròxim que l'objecte. Es tracta de punts només aparents, no existents en la realitat. Per això, la imatge formada per tots els punts de l'objecte rep el nom d'imatge virtual. Aquestes imatges no es poden fer visibles sobre una superfície reflectora com a imatges reals.

Podem resumir dient que les lents convergents fan que els raigs de llum incidents convergeixin en un punt, i les lents divergents fan que els raigs es dispersin. Els objectius compostos estan formats per agrupacions de lents convergents i divergents, però l'efecte total és el d'una lent convergent.



Objectiu compost



Les lents convergents formen imatges reals, mentre que les divergents formen imatges virtuals.

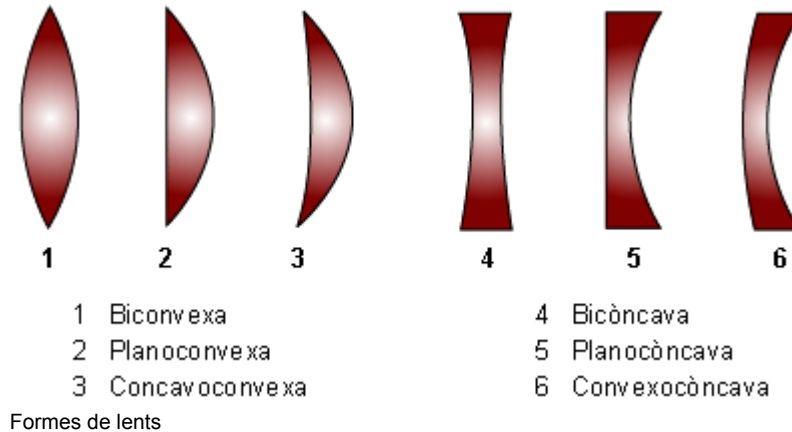


■ Diverses formes de lents

El comportament de les lents varia segons el nombre de superfícies corbes i la direcció de la curvatura. Si totes dues superfícies són convexes o una és convexa i l'altra plana, la lent és sempre de tipus convergent.

Quan totes dues superfícies són còncaves o una és còncava i l'altra plana, la lent és sempre de tipus divergent. Quan una és còncava i l'altra convexa, la lent pot ser convergent o divergent, segons la curvatura relativa. Si tots dos costats tenen el mateix tipus de curvatura, la lent no és ni convergent ni divergent. En la pràctica, cada tipus de lent no té aplicacions especials ni un nom que la diferenciï.

En les seves aplicacions es fan servir les lents simples (un vidre senzill) o compostes (conjunt de vidres amb característiques determinades per compensar certs desavantatges intrínsecs dels components senzills).



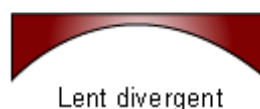
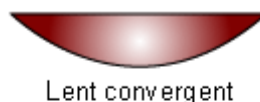
Plana	Convexa	Còncava	Denominació	Gruix màxim en	Efecte
1	1	---	Planoconvexa	Centre	Convergent
1	---	1	Planocòncava	Vores	Divergent
---	2	---	Biconvexa	Centre	Convergent
---	---	2	Bicòncava	Vores	Divergent
---	1	1	Concavoconvexa	Centre	Convergent
---	1	1	Concavoconvexa	Vores	Divergent

■ Focus principal d'una lent

La línia recta sobre la qual la lent és simètrica s'anomena *eix*, i s'hi situen els centres de curvatura de totes les cares corbades de la lent.

Quan els raigs de llum travessen una lent convergent, de manera paral·lela a l'eix, com si procedissin d'un punt molt allunyat (el que en termes fotogràfics s'anomena l'*infinit* ∞), es desvien cap endins i, finalment, es troben en un punt sobre l'eix. Aquest punt rep el nom de focus principal de la lent.

El focus principal d'una lent convergent és un punt real i la imatge formada per la lent és també una imatge real que es pot enfocar sobre una pantalla. El focus principal d'una lent divergent, en canvi, no és un punt real en el mateix sentit anterior, i la imatge no es pot fer visible projectant-la sobre una pantalla, per això el nom que ja hem esmentat d'imatge virtual.



Les imatges preses amb lents convergents es poden enfocar sobre una pantalla, a diferència de les imatges preses amb lents divergents.



■ Distància focal

La distància des del centre de la lent fins al focus principal rep el nom de **distància focal** de la lent. És la distància a la qual tots els raigs de llum paral·lels (és a dir, els que provenen d'un objecte molt distant, de l'anomenat infinit fotogràfic) convergeixen per formar una imatge nítida sobre la pel·lícula. Cal assenyalar que si l'objecte no està allunyat, sinó més pròxim, en aquest cas la imatge es forma més allunyada de la lent.

Quan l'objecte és a l'infinit fotogràfic, la distància lent-pla focal que dona la màxima imatge de nitidesa o enfocament màxim és igual a la distància focal de la lent. Quan l'objecte estigui més pròxim, la distància sempre és més elevada que la distància focal. L'operació de trobar la distància exacta (allunyant o acostant les lents de l'objectiu mitjançant el desplaçament controlat) que dona la imatge més nítida d'un objecte determinat es coneix com a enfocament de la lent.



L'enfocament és l'operació de trobar la distància exacta (desplaçant les lents de l'objectiu) que produeix la imatge més nítida d'un objecte determinat.



■ Concepte de focus equivalent

De la mateixa manera que en les lents senzilles, en les lents compostes (formades per diversos components) es determinen els focus principals a partir de la posició del punt imatge d'un objecte situat a distància prenent com a referència l'eix de la lent.

Les lents simples es consideren sense tenir-ne en compte l'espessor i suposant que les distàncies objecte-lent i lent-imatge es mesuren des del centre de la lent. Les lents compostes no poden ser considerades de la mateixa manera i en els càlculs la distància fins a l'objecte es mesura des d'un determinat punt de la lent, i la distància a la imatge des d'un altre. Aquests punts reben el nom de punts nodals i els plans que els travessen en angle recte amb l'eix reben el nom de plans principals. La distància des del segon punt nodal (o punt nodal posterior) fins al focus principal posterior és la distància focal equivalent de la lent. La distància des del primer punt nodal (o punt nodal anterior) fins al focus principal frontal també és la distància focal equivalent de la lent. Per això, cal que els raigs lluminosos provinguin des d'un punt paral·lel a la lent, és a dir, des de l'infinit fotogràfic.

La distància focal equivalent governa la mida i posició de la imatge formada, de la mateixa manera que la distància focal governa la mida i posició de la imatge formada per una lent simple.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.1001fotos.com/B2C/elobjetivo.asp, on podreu ampliar la informació sobre el funcionament i les aplicacions dels objectius.
-



La distància focal d'un objectiu compost és la que intercedeix des del punt nodal posterior fins al focus principal posterior, sempre que els raigs lluminosos provinguin des d'un punt paral·lel a la lent, és a dir, des de l'infinit fotogràfic.





La refracció o canvi de direcció que experimenten els raigs lluminosos en passar d'un medi a un altre de diferent densitat és la base de funcionament dels objectius.

L'operació d'enfocar consisteix a trobar la distància que intercedeix entre les lents i el pla focal de la imatge més adequada per donar la millor definició d'imatge.

La distància focal és un element definitori d'un objectiu i ens dona una idea objectiva del seu comportament respecte de la mida de la imatge que recull o projecta.

El diafragma

El **diafragma** permet de regular la intensitat del feix de llum que passa per l'objectiu cap al *target* o mosaic fotosensible, o la pel·lícula fotogràfica o de cine.

Es tracta d'un mecanisme similar a l'iris de l'ull humà, un múscul que es dilata o es contreu segons la intensitat de la llum per regular el diàmetre de la pupil·la i, al mateix temps, la intensitat de la llum que arriba a la retina.

El seu interès en la captació d'imatges està relacionat amb el fet que el diàmetre d'un feix de raigs lluminosos que travessi un objectiu determina la lluminositat de la imatge que es forma. El diàmetre màxim d'aquest feix depèn del diàmetre òptic de l'objectiu. Si hi situem una combinació de petites làmines metàl·liques que formin un orifici graduable, és possible graduar el diàmetre d'aquest feix lluminós i, per tant, la intensitat d'il·luminació de la imatge. El dispositiu que té aquest orifici es coneix amb el nom de diafragma. Un orifici petit deixa passar menys llum que un altre de gran i, per això, el diàmetre de l'orifici pot servir per alterar o regular l'exposició.

Tanmateix, la variació del diàmetre d'aquest orifici té altres efectes. El primer és que l'orifici del diafragma regula l'angle del con de raigs lluminosos que forma la imatge.

Quan l'objectiu està enfocat nítidament sobre el pla focal (on se situa la pel·lícula a impressionar), l'extrem del con de raigs lluminosos procedent de la imatge es reproduïx com un punt-imatge. Si el subjecte o la pel·lícula (per desplaçament de les lents de l'objectiu mitjançant el mecanisme d'enfocament) canvien de posició, l'extrem del con ja no coincideix amb la superfície de la pel·lícula i el punt-imatge arriba a formar una taca circular. La mida o diàmetre de la taca depèn de l'angle del con i de la distància a què s'hagi desplaçat l'extrem cap enrere o cap endavant del lloc on s'ha ubicat la pel·lícula.

A mesura que es redueix la mida de l'orifici del diafragma, l'angle del con de raigs es va fent més estret i un canvi en la distància des del tema fins a l'objectiu produeix un canvi més petit en el diàmetre de la imatge. D'aquesta manera, una petita obertura del diafragma augmenta la **profunditat de camp** que es cobreix nítidament, i també augmenta l'interval de moviments cap endavant i cap enrere de la pel·lícula (la profunditat de focus), entre els quals l'objectiu produirà una imatge nítida d'un subjecte determinat. És a dir, l'enfocament és més senzill quan l'obertura del diafragma és més petita.



Si voleu ampliar informació sobre aquest tema, consulteu "La profunditat de camp" en aquest apartat.

El diafragma contribueix a millorar la qualitat de la imatge, atès que els objectius presenten més aberracions ens els extrems o la perifèria de la lent que no pas al centre. Fins i tot en la màxima obertura del diafragma d'un objectiu, la llum no travessa la totalitat de la lent, amb la qual cosa s'aconsegueix no fer servir les vores de la lent proclius a la formació d'aberracions que desvirtuarien la qualitat de la imatge captada.

El tipus de diafragma ajustable utilitzat universalment per controlar l'obertura dels objectius és el diafragma d'iris. L'orifici ajustable es forma per una sèrie de petites làmines primes de metall, muntades en anells al voltant de l'objectiu. Una palanca de comandament situada a l'exterior de la lent (o un dispositiu electrònic que les regula en la funció automàtica) tanca o obre les fulles i fa l'orifici més gran o més petit, i indica el nombre f de l'obertura en una escala situada al costat del comandament aquesta escala està regulada segons l'anomenat nucli F d'obertura. Com més gran sigui el nombre de làmines en aquest tipus de diafragma, més s'aproxima l'obertura a una forma perfectament circular.



El diafragma regula el feix de llum que travessa l'objectiu per impressionar el mosaic fotosensible de les càmeres de vídeo o la pel·lícula en fotografia i cine.



Efectes del diafragmat

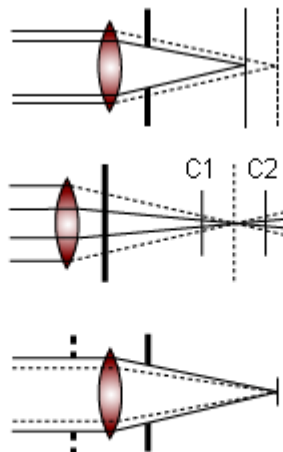
A més de regular la quantitat de llum que passa per l'objectiu i de determinar la profunditat de camp, la modificació de l'obertura de l'objectiu té altres efectes.

Com ja hem avançat, el diafragmat ajuda a millorar la definició. Això es deu al fet que la correcció de l'objectiu per als raigs centrals acostuma a ser millor que per als raigs marginals. En aquest cas, el diafragmat elimina una part dels raigs marginals i determina una millor qualitat de la imatge.



En els objectius actuals, normalment molt lluminosos, la correcció és un punt mitjà entre els raigs centrals i els marginals. Certa quantitat de diafragmat continua millorant la definició, però passat el punt de definició òptima ja no s'obté una millora. Fins i tot pot succeir el contrari, en alterar-se l'equilibri de correcció entre els raigs centrals i els marginals.

En obertures petites, la definició de la imatge s'altera per efecte de la **difracció**. Les ones lluminoses es corben lleugerament a prop de la vora de l'obertura del diafragma i provoquen la dispersió d'una certa quantitat de llum, fet que determina una manca de nitidesa. Amb una obertura del diafragma molt reduïda, aquests raigs desviats constitueixen una proporció important dels raigs lluminosos que travessen el diafragma, i per això perjudiquen la nitidesa de la imatge.



Efecte de diafragmar l'objectiu. **A dalt:** en els objectius senzills el diafragma pot fer que canviï el pla d'enfocament nítid, tallant els raigs marginals no corregits. **Centre:** amb obertures molt petites, l'angle del con de rajos es redueix i la profunditat de camp disponible augmenta. **A baix:** el diàmetre efectiu de l'obertura depèn de la seva posició. Davant de l'objectiu és idèntic al diàmetre real; al darrere, el diàmetre efectiu és més gran.



En general, el diafragmat té repercussions positives sobre la qualitat de la imatge captada per l'objectiu.



Número f o obertura relativa

El diàmetre efectiu del diafragma decideix la quantitat de llum que pot passar per l'objectiu per formar la imatge. No obstant això, la mateixa quantitat de llum es pot estendre sobre una imatge reduïda (per exemple, si utilitzem un objectiu gran angular, de curta distància focal) o sobre una imatge de grans dimensions (si fem servir un teleobjectiu, de distància focal llarga).

Per això, el que és important per decidir la intensitat de la imatge no és simplement la mida de l'obertura efectiva del diafragma, sinó la mida que té en relació amb la distància focal de l'objectiu. Per aquesta raó, la mida de l'obertura es dona sempre com una fracció de la distància focal, és a dir, f/D , en què f és la distància focal i D el diàmetre efectiu d'obertura del diafragma. Aquesta fracció rep el nom d'obertura relativa de l'objectiu.

Tots els objectius amb una mateixa obertura relativa formen, teòricament, imatges d'un mateix subjecte amb la mateixa lluminositat, i aquesta és la base de la normalització internacional dels objectius.

Per exemple, un objectiu de distància focal 50 mm que, en un moment donat, faci servir una obertura efectiva de 3,1 mm, tindrà una obertura relativa aproximada de 16, és a dir, 50/3,1. De la mateixa manera, un objectiu de 80 mm i una obertura efectiva de 5 mm, també tindrà una obertura relativa de 16. Tots dos objectius produirien una imatge del mateix subjecte amb la mateixa lluminositat.

La comoditat d'aquest sistema d'indicar la mida del diafragma és òbvia. Vol dir que el càmera no té cap necessitat de conèixer el veritable diàmetre en ajustar l'exposició independentment del tipus de càmera, objectiu o format que faci servir, atès que el mateix nombre d'obertura relativa (o nombre f) li proporcionarà la mateixa exposició.

$$\text{Nombre f o obertura relativa} = \frac{\text{distància focal}}{\text{obertura efectiva}}$$

El nombre que indica l'obertura relativa donada per un diafragma particular s'anomena nombre f, i el seu valor s'expressa per la lletra f seguida del nombre, per exemple f: 5,6, que indica que el diàmetre efectiu del diafragma és 1/5,6 vegades més petit que la distància focal de l'objectiu. Tots els objectius amb el mateix número f deixen passar pel que fa a l'exposició la mateixa quantitat de llum, independentment de la distància focal de l'objectiu o diàmetre d'obertura efectiva del diafragma. A mesura que l'obertura augmenta, el nombre f es fa més petit. Aquests nombres es troben gravats en una escala al llarg del comandament del diafragma.



La normalització en els nombres f fa que ens puguem despreocupar del tipus d'objectiu que fem servir per a l'exposició.



■ Escales d'obertura

Com més gran és el número f, més petit és el feix lluminós que penetra en l'objectiu i menys lluminosa la imatge que es forma. Cal disposar d'una sèrie útil de nombres f de treball amb els quals indicar el control de l'obertura, i a més convé que el canvi d'un diafragma a l'altre representi un pas progressiu de la llum, en termes de deixar passar el doble de llum en obrir un punt de diafragma o limitar la llum a la meitat quan tanquem un punt. La solució és en l'escala següent, admesa i establerta internacionalment:

f: 1 / 1,4 / 2 / 2,8 / 4 / 5,6 / 8 / 11 / 16 / 22 / 32 / 45 / 64, etc.



Realment, es parteix del nombre f:1 i s'incrementa progressivament multiplicant per l'arrel quadrada de 2 ($\sqrt{2} = 1,4$) i arrodonint cap a nombres sencers.



Activitat

- Quin número f es fa servir quan treballem amb un objectiu de distància focal 100 mm si el diàmetre de l'obertura efectiva es de 25 mm?



El diaframat té molts efectes sobre la definició, la qualitat de la imatge i la seva expressivitat.

La regla del nombre f en relació amb la distància focal de l'objectiu i l'obertura efectiva del diafragma permet una normalització internacional de tots els diafragmes.

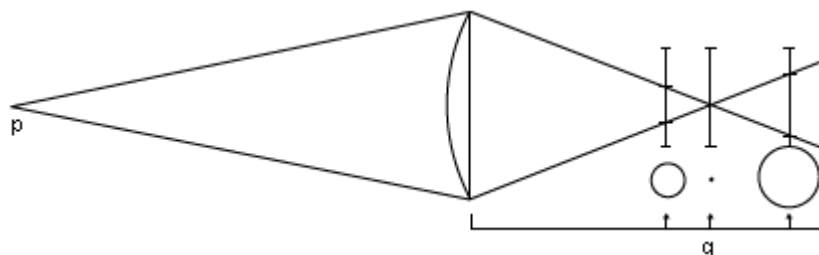
Cada punt del diafragma deixa passar la meitat de llum per l'objectiu que el punt immediatament anterior.

La profunditat de camp

Quan s'enfoca l'objectiu de la càmera perquè doni una imatge nítida d'un objecte determinat, els altres objectes situats a una distància més gran o més petita no surten igual de nítids. La pèrdua de nitidesa és gradual i hi ha una zona davant i darrere de la distància a la qual s'ha enfocat poc borrosa perquè l'ull ho aprecii i que es pot considerar nítida. Aquesta zona nítida es correspon amb la **profunditat de camp** de l'objectiu.

L'extensió de la profunditat de camp depèn, entre d'altres coses, del grau de borrositat que s'estigui disposat a considerar com a nítid; és a dir, depèn de la mida de l'anomenat **cercle de confusió**. Com més exigents siguem amb la nitidesa, més petit serà el cercle de confusió permisible, i més reduïda serà la profunditat de camp.

Per entendre millor el concepte, podem representar la trajectòria del feix de llum que constitueix la imatge d'un punt com una sèrie de cons. Els raigs de llum procedents d'un punt de la imatge captada per l'objectiu formen un con amb base en l'objectiu i vèrtex en el punt. Les lents de l'objectiu modifiquen la trajectòria de la llum i fan convergir els raigs cap a un mateix punt on s'ubica la pel·lícula, però, més enllà d'aquest punt, els raigs tornen a divergir. Els raigs convergents formen, per tant, un con amb la base situada en la lent posterior de l'objectiu i amb vèrtex en la imatge que és, al seu torn, el vèrtex del con que formen els raigs divergents darrere de la pel·lícula.

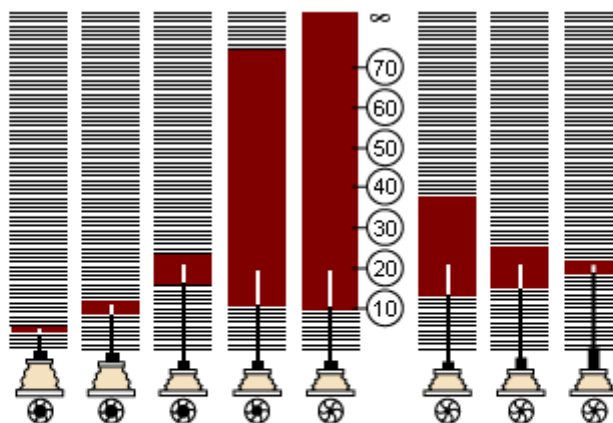


Cercles de confusió

El mecanisme d'enfocament d'un objectiu s'encarrega, mitjançant el desplaçament de les lents, de situar el pla del *target* fotosensible o la pel·lícula de foto o cine exactament en el pla en què es forma la imatge de l'objecte que es vol registrar amb la màxima nitidesa. Realment, es pot considerar el mecanisme d'enfocament com un pla amb què tallem els cons que formen la imatge. Quan el pla d'enfocament no coincideix amb el vèrtex del con, el punt no apareix com a tal, sinó com un cercle de confusió que es correspon exactament amb la secció del con en el pla on se situa la pel·lícula. Com més gran sigui la distància entre el pla d'enfocament i el vèrtex del con, més gran és el diàmetre del cercle de confusió.

L'ull humà té un poder de resolució limitat, és incapaç de distingir un punt d'un cercle quan és prou petit, atès que percep com a punts qualsevol cercle d'un diàmetre inferior a 0,25 mm.

La profunditat de camp també depèn de l'obertura i la distància focal de l'objectiu, i de la distància de l'objectiu al subjecte (distància d'enfocament).

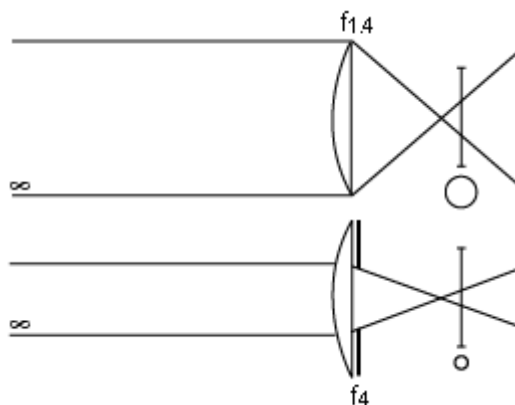


Profunditat de camp en la pràctica. L'extensió de la profunditat de camp depèn de la distància a què s'enfoqui i de l'obertura i la distància focal de l'objectiu. Tres primeres columnes: la profunditat de camp obtinguda augmenta a mesura que el subjecte s'allunya de la càmera. Quarta i cinquena columna: amb l'objectiu enfocat a una distància determinada, la profunditat de camp creix a mesura que es diafragma l'objectiu. Tres últimes columnes: a una distància i obertura determinades, l'ús d'objectius de distància focal creixent torna a reduir l'extensió de la zona nítida disponible.

■ Relació de la profunditat de camp amb l'obertura del diafragma

La posició del pla d'enfocament respecte del vèrtex del con (on es forma la imatge nítida del punt després de l'enfocament) influeix de manera determinant en el diàmetre del cercle de confusió, encara que s'ha d'afegir que també depèn de l'amplitud de l'angle que forma el con. Aquest diàmetre del feix, com es pot apreciar en la figura

següent, està determinat per l'obertura del diafragma. A un diafragma més tancat li correspon un con molt més estret que a un diafragma obert, és a dir, un con estret produeix, a la mateixa distància, un cercle de confusió molt més petit que un con ampli. Per això, objectes que a una determinada distància i obertura poguessin estar desenfocats, poden quedar perfectament enfocats quan es tanca el diafragma per l'efecte de reducció del cercle de confusió consegüent.



Obertura i profunditat de camp

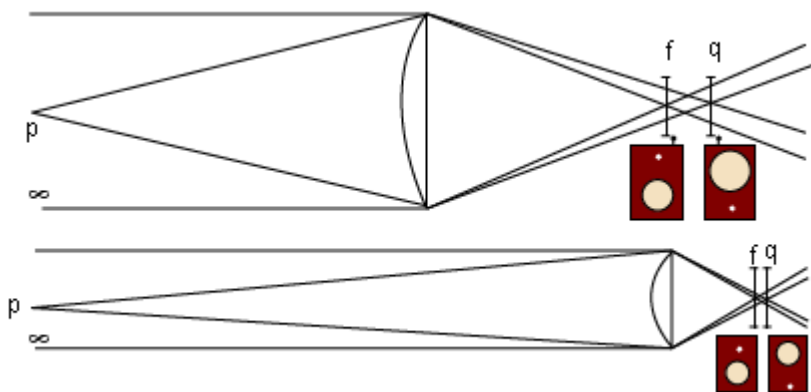
■ Relació de la profunditat de camp amb la distància focal

Com més gran sigui la distància focal, més petita és la profunditat de camp i viceversa.



La raó cal buscar-la en la relació següent: $1/p + 1/q = 1/f$. Amb aquesta fórmula podem conèixer la variació de q , que és la distància a la qual es forma la imatge d'un punt situat a una distància p d'una lent de distància focal igual a f .

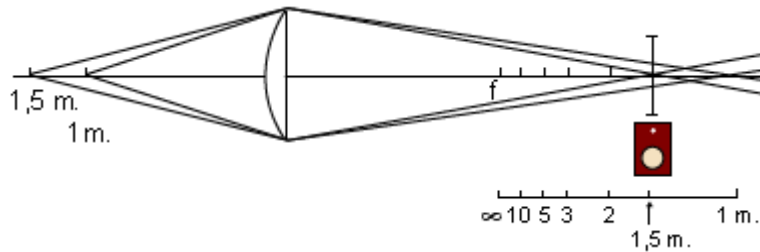
Apreciarem que com més petita sigui la distància focal, més pròxims entre si hi haurà els plans d'enfocament nítids de les diverses distàncies. Per això, podem afirmar que com més petita sigui la distància focal, el cercle de confusió d'un punt desenfocat serà menor.



Distància focal i profunditat de camp

■ Relació de la profunditat de camp i la distància d'enfocament

Per a una determinada obertura, la profunditat de camp d'un objectiu és més petita a distàncies curtes i més gran en distàncies importants. No hi ha una relació lineal entre la distància de l'objecte a l'objectiu i els plans d'enfocament. De fet, els plans d'enfocament nítid estan molt agrupats per a distàncies superiors a cent vegades la distància focal, però se separen en forma geomètricament progressiva a mesura que disminueix la distància d'enfocament. La conclusió és que, quan treballem a distàncies curtes, haurem de tenir molta més cura amb l'enfocament que si treballem a distàncies més grans per obtenir imatges nítides.



Distància d'enfocament i profunditat de camp



La profunditat de camp es veu afectada per la distància focal de l'objectiu, pel diafragma que es fa servir i per la distància d'enfocament.



■ Distància hiperfocal

Per a la càmera, un concepte de gran utilitat és el coneixement de la **distància hiperfocal**, que s'explica si es té en compte que, per a qualsevol distància focal i obertura de l'objectiu, hi ha un punt a partir del qual la profunditat de camp és infinita. Aquest punt marca la distància hiperfocal i es correspon sempre amb el límit més pròxim a la càmera de la profunditat de camp, quan l'objectiu està enfocat a l'infinit. Si l'objectiu s'enfoca a aquesta distància (hiperfocal) i no a l'infinit, cosa que es pot fer mitjançant l'escala graduada en metres de l'anell d'enfocament, la profunditat de camp s'estén des de l'infinit fins a la meitat de la distància que intercedeix entre el punt de la distància hiperfocal i l'objectiu de la nostra càmera. Si s'enfoca a aquesta distància, doncs, s'obté una profunditat de camp més extensa que facilita a la càmera la presa d'imatges sense fer atenció a l'enfocament, sempre que es tingui cura de no acostar excessivament la càmera a l'objecte enfocat.

La distància hiperfocal depèn dels mateixos factors que la profunditat de camp: grau de nitidesa (cercle de confusió), obertura del diafragma i distància focal de l'objectiu.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.caminantes.metropoliglobal.com/web/fotografia/profundidad.htm i mireu de dur a la pràctica, amb una càmera fotogràfica, l'activitat que s'hi proposa. Podreu comprovar l'efecte de la profunditat de camp sobre la imatge.



El coneixement i l'aplicació del concepte de distància hiperfocal per part de la càmera permet de guanyar profunditat de camp i un control de l'enfocament més gran.



■ La profunditat de camp més petita es dona per la combinació d'un diafragma obert, una distància focal llarga (teleobjectiu) i una distància escassa del motiu a l'objectiu.

■ La profunditat de camp més gran es dona per la combinació d'un diafragma tancat, una distància focal curta (gran angular) i una distància considerable del motiu a l'objectiu (l'infinit fotogràfic).

Tipus d'objectius

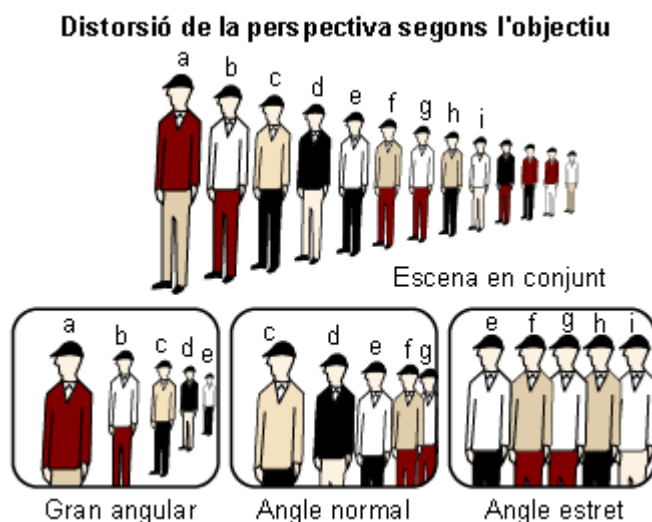
Els objectius es caracteritzen, entre altres diferències, per l'angle visual que abasten, és a dir, per l'angle entre els dos punts més separats de l'enquadrament: la diagonal. En la pràctica, tan sols interessa l'angle abastat en sentit horitzontal. Poden ser de distància focal fixa o variable.

■ Objectius de distància focal fixa

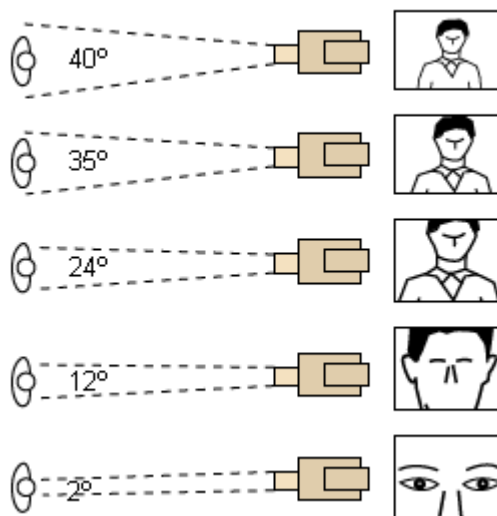
Són els que poden treballar exclusivament amb una única distància focal. Aquesta exclusivitat els confereix la possibilitat de ser dissenyats per donar el màxim rendiment i qualitat d'imatge. No obstant això, es fan servir molt poc en el món del vídeo i de la televisió. El seu domini està més vinculat a la fotografia i al cine.

Objectiu normal

Entre els objectius de focal fixa hi ha l'objectiu normal que, en els mitjans d'imatge mòbil, es correspon amb la distància focal que, per a un format determinat, proporciona un angle de captació horitzontal d'uns vint o vint-i-cinc graus.



Canvis en la imatge segons l'angle de l'objectiu



Objectiu angular

L'objectiu angular té, per a un mateix format, una distància focal més curta que l'objectiu normal, i inclou un angle d'imatge més gran. Per això, permet de treballar en espais reduïts on no es podria fer amb un objectiu normal. L'inconvenient és que origina distorsió en primers plans (efecte d'engrandiment en les protuberàncies pròximes a l'objectiu), a més de crear certes distorsions geomètriques, particularment exagerades en els extrems de l'enquadrament. L'objectiu angular augmenta la perspectiva i produeix la sensació que els objectes estan més distants del que estan realment. La distorsió s'accentua a mesura que s'escurça la distància focal. Proporciona una gran profunditat de camp.

Teleobjectiu

El teleobjectiu o objectiu d'angle estret es caracteritza per la llarga distància focal. Té un efecte de magnificació del tema que facilita la presa d'imatges quan el càmera no es pot acostar al motiu. També possibilita els primers plans sense necessitat d'un acostament excessiu al subjecte. Les imatges captades per aquest objectiu produeixen la sensació de compressió de la profunditat o aplanament de la perspectiva. La llarga distància focal els confereix una escassa profunditat de camp i l'estret angle de captació obliga a subjectar fermament la càmera o, encara millor, a refermar-la sobre un trípode o suport estable, perquè qualsevol moviment bruscat originaria grans sacsejades d'imatge.

■ Objectiu de distància focal variable o zoom

El *zoom* és un objectiu de focal variable que té la particularitat que permet canviar la focal sense que per això es modifiqui, en absolut, la posició del pla d'imatge, que queda enfocat permanentment. Estan compostos per grups de lents (generalment dos grups òptics principals), que varien la distància entre si. El seu avantatge està en la disposició, molt pràctica per a l'usuari, d'un elevat nombre d'objectius (angular, normal i tele) en només un, perquè en modificar la posició de l'anell del *zoom* també es modifica el camp visual i, per tant, la mida de la imatge de l'objecte enquadrat. D'aquesta manera, es produeixen efectes d'acostament i allunyament (tràveling òptic). Els objectius *zoom* s'identifiquen segons les longituds focals que poden cobrir. Així, un *zoom* amb un rang de longituds focals de 10 mm a 120 mm té una potència de dotze. Algunes potències típiques dels objectius *zoom* són 6:1, 10:1, 14:1 i 18:1. En les càmeres de vídeo el canvi de focal es fa amb l'ajuda d'un motor que desplaça les lents. El *zoom* té un cost, un pes i un volum més gran que un objectiu de focal fixa. A més, introdueix algunes distorsions d'imatge, juntament amb una certa pèrdua de lluminositat respecte dels objectius de focal fixa. Com que els avantatges que té superen àmpliament els seus inconvenients, aquests objectius han desplaçat, en la pràctica, els de focal fixa.



El sistema d'enfocament en els objectius de distància focal fixa consisteix en una helicoïdal que permet de desplaçar les lents fins que sobre la pantalla de la nostra càmera s'aprecia la màxima nitidesa de la imatge enquadrada.

En els objectius de focal variable o *zoom* podem canviar contínuament la distància focal de l'objectiu, fet que representa una variació de l'enfocament constant. Perquè aquestes variacions no es produeixin, quan operem amb una càmera des d'un punt determinat enquadrant un motiu que es manté fix el procediment d'enfocament és el següent:

En primer lloc, seleccionarem l'objecte que volem tenir en el focus i l'acostarem amb el *zoom* fins al màxim (màxima distància focal o teleobjectiu), llavors mourem el mecanisme d'enfocament fins que apreciem la màxima nitidesa i resolució de la imatge en el visor de la càmera o el seu monitor associat. A partir d'aquell moment, disposarem del subjecte enfocat en totes les distàncies focals que fem servir, sempre que no desplaçem la càmera i el subjecte o objecte es mantingui immòbil.



El coneixement de les característiques dels diversos objectius permet de triar el més adequat a les característiques expressives, o de qualitat, o de limitacions d'espai, o de possibilitats d'acostament al tema.



■ Accessoris òptics

En tots els objectius es poden incorporar una sèrie de complements i accessoris que en modifiquin totalment o parcialment les característiques. Un accessori òptic molt estès són les lents suplementàries que, superposades a l'objectiu, en canvien la distància focal.

Les lents suplementàries positives o lents d'aproximació escurcen la distància focal de l'objectiu, la qual cosa obliga a acostar la càmera a l'objecte per tal d'obtenir-ne una imatge nítida. Permeten fer preses magnificades del tema i es diferencien pel nombre de diòptries.



Les lents d'aproximació popularitzen les preses d'acostament i substitueixen, per poc preu, els objectius macro, caracteritzats per posseir una estesa helicoïdal d'enfocament que possibilita l'allunyament de les lents respecte del pla d'enfocament, cosa que és imprescindible si s'han d'enfocar objectes molt pròxims.

Tanmateix, avui en dia la majoria dels objectius *zoom* disponibles van proveïts de sistemes de lent que fan possibles les preses d'acostament (macro).

Sense ser pròpiament un complement òptic, el para-sol és una armadura adaptada a l'objectiu que impedeix que els raigs de llum aliens a l'àrea de l'enquadrament hi incideixin. Aquests raigs produirien reflexions internes que alterarien la nitidesa de la imatge i que n'afectarien el contrast. El para-sol més comú és una peça de plàstic o metall negre opac, en forma de tub, que s'enrosca sobre l'objectiu de la càmera.



Activitat

- Amplieu els vostres coneixements sobre objectius entrant en la pàgina d'Internet www.difo.uah.es/curso/c04/cap04.html. Podeu fer els exercicis d'autoavaluació que s'hi proposen.



Els objectius poden ser de distància focal fixa o variable. Els primers es fan servir poc en la indústria del vídeo i la televisió.

El *zoom* o objectiu de distància focal variable integra les funcions d'una gamma variada d'objectius que es poden estendre des d'un gran angular fins a un teleobjectiu.

Per enfocar amb el *zoom*, acostarem el motiu al màxim, mourem l'anell d'enfocament fins que ens proporcioni la imatge més nítida i ja tindrem focus en la resta de distàncies focals mentre no varïi la distància entre la càmera i l'objecte enquadrat.

Qüestionari

Després d'una lectura atenta del tema, respongueu el qüestionari següent. Després compareu les vostres respostes amb el contingut.

1. Des del punt de vista de l'òptica, com afecta la refracció en el comportament dels objectius?
2. Una lent divergent pot formar imatges sobre un *target* o mosaic fotosensible d'una càmera de vídeo?
3. Quines són les diferències de construcció i de comportament de les lents convergents respecte de les lents divergents?
4. Quines diferències hi ha entre les lents simples i els objectius compostos?
5. Definiu el concepte de distància focal d'una lent simple.
6. La fórmula que ens permet de conèixer el nombre f o obertura relativa d'un objectiu relaciona l'obertura efectiva amb...
7. Enumereu els avantatges del diafragma.
8. Quines diferències de pas de lluminositat s'estableixen entre un número f determinat respecte del seu anterior o posterior?
9. Quin és l'objectiu de l'enfocament d'una imatge?
10. De què depèn, per a un mateix format o mosaic fotosensible d'una càmera, la profunditat de camp d'una escena?
11. Quina utilitat té per a una càmera l'aplicació de la distància hiperfocal en una situació determinada?
12. La distància focal d'un gran angular, és més gran o més petita que la d'un teleobjectiu?
13. Què vol dir que un objectiu de distància focal variable té una potència $\times 10$?
14. Com s'enfoca amb el *zoom*?
15. Per a què serveix un para-sol?

La càmera de vídeo

Components de la càmera de vídeo

La funció de la càmera de vídeo és la de copsar la lluminositat de l'escena i transformar les imatges recollides en els valors elèctrics corresponents.

Bàsicament, els elements que integren una càmera de televisió són els següents:

- El sistema òptic que capta l'escena que ha de ser analitzada pel sistema. Es compon d'un objectiu de focal fixa o, més normalment, un objectiu de focal variable (*zoom*) que permet d'abastar diversos angles d'imatge.
- El tub de càmera o el CCD (Charge Coupled Devices), encarregat de transformar la llum en valors de tensió. Les càmeres de color disposen normalment d'1 a 3 tubs o CCD per dur a terme aquesta conversió convenientment.
- Els circuits amplificadors que assegurin la preamplificació del senyal de vídeo proporcionat pel tub o CCD.

- El monitor d'imatge, que és com un televisor de dimensions molt reduïdes que té la funció de proporcionar a l'operador de càmera la imatge que analitza la càmera.
- També es pot incloure el suport de la càmera.

■ Tubs de càmera

En el tub de càmera té lloc la transformació de la imatge òptica de l'escena enquadrada en un senyal elèctric. L'evolució contínua que la televisió ha assolit fins ara ha estat possible per l'aparició de tubs de càmera millorats successivament. Es podria escriure una història de la tecnologia televisiva prenent com a referència la transformació des del primitiu iconoscopi fins a les més modernes càmeres del tipus CCD, la característica destacable de les quals és, precisament, l'eliminació del tub convencional. La tecnologia del tub o CCD que es fa servir influeix, decisivament, en la qualitat del sistema de televisió.

En principi hi ha dos tipus de tubs, els que proporcionen una tensió elèctrica quan incideixen sobre la seva pantalla sensible els raigs lluminosos (tubs fotoemissors) i els que modifiquen la resistència elèctrica segons la intensitat lluminosa que reben (tubs fotoconductors).



Pràcticament totes les emissions de televisió actuals són en color i els pocs tubs que encara es fan servir es basen en l'efecte fotoconductor. La tecnologia dels tubs fotoemissors (el màxim exponent dels quals va ser l'ortició) ha quedat antiquada. Posteriorment a l'ortició d'imatge van aparèixer tubs basats en l'efecte fotoconductor: el vidicó, el plumbicó, el leddicó, el saticó i d'altres que, definitivament, van resultar més idonis per a la captació d'imatges en color.

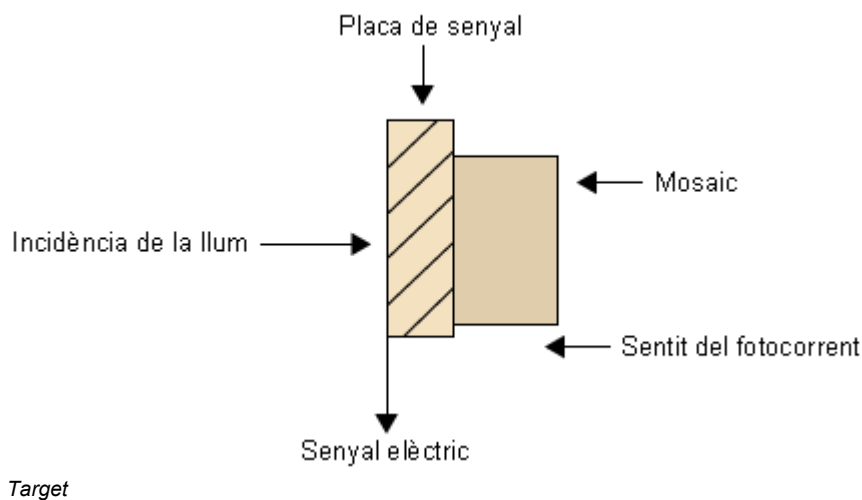
Els tubs de càmera tenen en comú la característica de projectar la imatge per mitjà de l'objectiu sobre un mosaic fotosensible (també denominat *target*), transformant les diferències lluminoses en senyal elèctric proporcional.



Per comprendre millor el fenomen de la transformació de la llum en energia elèctrica (base principal de la televisió) analitzarem el funcionament d'un tub fotoconductor. Un dels representants d'aquest tipus de tubs més genuïns és el plumbicó. És un tub del tipus fotoconductor, és a dir, que modifica la resistència al pas del corrent elèctric segons la intensitat lluminosa que rep. Una de les característiques que cal ressaltar en aquest tub és la mida, molt més petita que la de l'ortició, que va permetre adoptar-lo per a les càmeres de color de tres tubs.

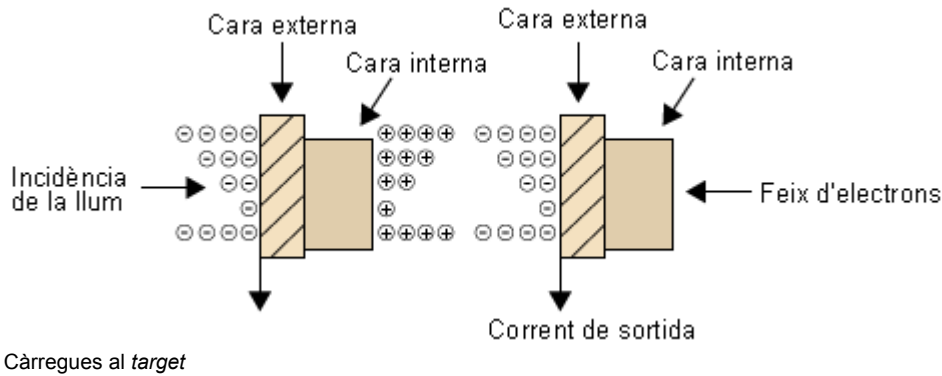
El *target* o mosaic fotosensible, on l'objectiu projecta la imatge lluminosa captada, està constituït per una fina làmina transparent de diòxid d'estany, anomenada placa de senyal, sobre la qual incideix la llum procedent de l'escena enfocada per l'objectiu i on, a més, es recull el senyal elèctric resultant del procés d'exploració.

Sobre aquesta placa es disposa el material semiconductor que forma el mosaic, compost de monòxid de plom impurificat amb sulfur de plom.



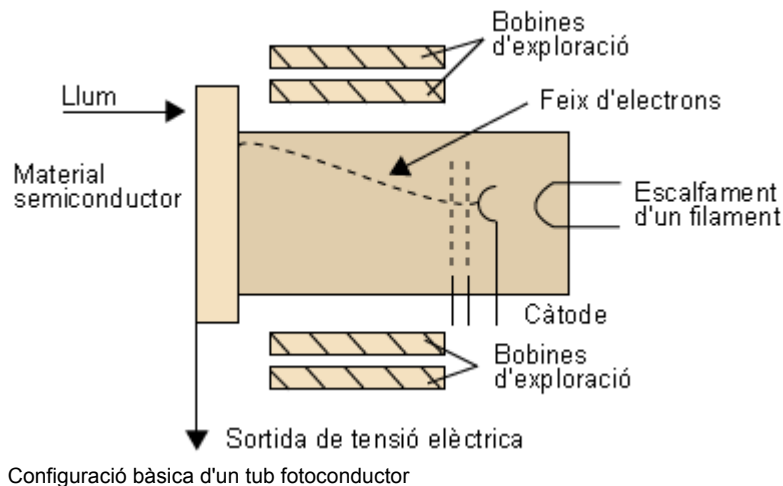
En incidir la llum en el mosaic, després de travessar la placa de senyal, es produeix un corrent d'electrons de l'interior a l'exterior que és proporcional, en cada punt, a la quantitat de llum que hi incideix. D'aquesta manera, en cada punt de la cara externa del *target* apareix una acumulació de càrregues negatives, i en els punts de la cara interna, una acumulació de càrregues positives.

Seguidament, un feix d'electrons escombra la cara interna del *target*. Així, doncs, cada punt pren tants electrons del feix com càrregues positives té, de manera que queda elèctricament neutre.



D'aquesta manera, els electrons de cada punt de la cara externa del *target* flueixen a través de la placa de senyal i són recollits per una resistència de càrrega, de manera que es disposa d'un corrent elèctric que es correspon proporcionalment amb la lluminositat de la imatge incident sobre el *target*.

Aquest procés es pot interpretar com la càrrega i descàrrega d'un condensador elemental per a cada punt o element d'imatge. La capa fotoconductiva es pot considerar composta per un gran nombre d'elements resistius (més de 400.000) a través dels quals es produeix una capacitat en prendre, d'una banda, el material fotoconductor i, de l'altra, la pel·lícula fotoconductora. El mosaic es pot considerar com un conjunt de resistències amb un condensador en paral·lel amb cada una d'aquestes resistències. Un extrem de tot aquest conjunt és l'elèctrode comú del mosaic (que té una càrrega positiva) i l'altre extrem és un circuit obert que es tancarà quan incideixi el feix d'electrons (càrrega negativa) sobre cada punt.



Des del primitiu vidicó (primer tub comercialitzat de base fotoconductora), hi ha hagut una enorme evolució. Han aparegut tubs més perfeccionats, com el vidicó de díode de silici, el plumbicó o vidicó d'òxid de plom, el saticó, el newvicó, el chalnicó i d'altres.



El tub de càmera té la missió de transformar les diferències de lluminositat de la imatge projectada per l'objectiu sobre el *target* o mosaic fotosensible, en un senyal elèctric de característiques proporcionals a la lluminositat de l'escena.



■ Característiques tècniques dels tubs de càmera

Les característiques tècniques bàsiques dels tubs de càmera són les següents:

- La seva **mida**. Són freqüents els que tenen un diàmetre del tub d'una polzada per a utilització en estudis i de 2/3 de polzada per a equips més lleugers. També n'hi ha de 1/2 polzada per a càmeres domèstiques i d'una polzada i 1/4 per a les grans càmeres d'estudi.
- L'**arrossegament fotoconductiu** o **persistència**. En els materials fotoconductors succeeix una cosa similar al cas de l'ull humà, en què es dona la persistència en la retina pel fet que les imatges vistes es mantenen gravades un instant després d'haver estat retirades. En aquests materials, les imatges triguen un temps a

tornar a l'estat inicial una vegada ha desaparegut l'estímul lluminós. Aquest fenomen origina una superposició de la imatge anterior amb la posterior, efecte especialment molest si les imatges estan en moviment. Els tubs més moderns han aconseguit minimitzar aquest efecte fins a valors gairebé menyspreables.

- **Poder resolutiu.** És la capacitat d'un tub per discriminar i reproduir detalls fins de la imatge, i està relacionat amb la distribució en partícules el màxim de diminutes possible del material que compon el mosaic fotosensible.
- **Sensibilitat.** És la característica que permet de treballar amb condicions de baixa lluminositat. En aquest terreny, els avenços han estat espectaculars i en l'actualitat hi ha tubs amb els quals és possible treballar en valors de lux (unitat fotomètrica) molt escassos.
- **Resposta a l'espectre.** És la relació entre el senyal de vídeo de sortida i la radiació lluminosa d'entrada mesurada en longitud d'ona. L'ideal és que la resposta espectral s'assembli el màxim possible a la resposta de l'ull humà.
- **Arrossegament de feix.** Quan sobre el tub incideixen nivells de llum elevats o, al contrari, nivells lluminosos molt baixos, poden quedar, després del pas explorador del feix llançat pel canó d'electrons, zones amb càrrega positiva no neutralitzada que tenen l'efecte de provocar una alteració sobre la imatge real que copsa l'objectiu.
- **Corrent de fosc.** Quan el tub analitza una imatge negra, no hi hauria d'haver cap corrent de sortida. La realitat és que sempre hi ha, encara que mínims, uns valors de sortida.
- **Flare.** Les reflexions de la llum a la cara frontal del tub poden provocar una elevació del nivell de negres del senyal, segons la brillantor de l'escena. Això es tradueix en un increment de la relació de contrast que en televisió ja és, de per si, força elevada. El *flare* fa perdre matisos de l'escena, accentua la claredat de les escenes lluminoses i ennegreix exageradament les escenes fosques.
- **Característica de transferència.** Demostra la linealitat o no linealitat del senyal de sortida del tub respecte de la quantitat de llum present en l'escena. La tendència és d'afavorir la linealitat, és a dir, es procura que el senyal de sortida pugi de manera esglaonada a mesura que s'incrementa la llum de l'escena enquadrada.



Els avenços en els dissenys i les configuracions dels tubs de càmera s'han produït sempre en la direcció de minimitzar els errors i buscar la màxima semblança possible amb el funcionament de l'ull humà.



■ Els sensors CCD

Els sensors de transferència de càrrega, coneguts popularment com a CCD (Charge Coupled Device), s'estan introduint progressivament en els diversos àmbits de la producció professional i estan substituïnt avantatjosament i a poc a poc els tubs de càmera, en totes les aplicacions.

El tret diferencial d'aquesta tecnologia és la supressió de les bobines deflectores o de desviació, fet que permet una simplificació dels ajustaments de càmera.

El CCD és un dispositiu de component sòlid, que té un vigor i una resistència davant de cops i vibracions molt superior als tubs de càmera. La seva mida, molt menor que la dels tubs convencionals, ha possibilitat el disseny de càmeres petites i compactes, de poc pes, i ha estat un factor decisiu per al desenvolupament de nous formats de vídeo lleuger, ja que la seva tecnologia també necessita una energia més petita que els tubs de càmera convencionals. Això en fa créixer la lleugeresa, per la reducció consegüent de la font d'alimentació. A més, disposa de molt bona sensibilitat, té una vida pràcticament il·limitada, no té arrossegaments, és insensible a camps magnètics externs, no cal temps de preescalfament, etc. Tots aquests avantatges fan comprensible la seva implantació progressiva.

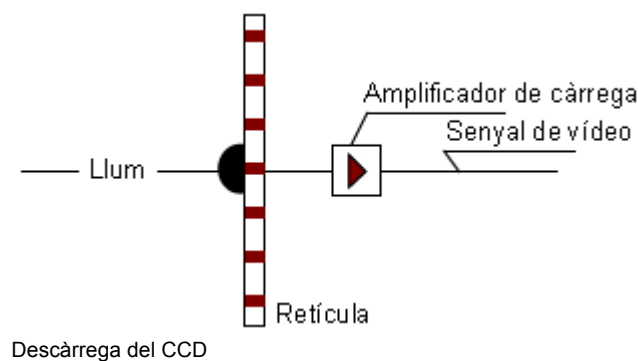
En la tecnologia CCD, la imatge copsada per l'objectiu de la càmera és enfocada sobre un material semiconductor. Sobre cada punt d'aquesta làmina semiconductora es diposita una quantitat de càrrega proporcional a la quantitat de llum que hi incideix, i es manté fixa en cada punt. El xip de silici el formen dues seccions diverses: la meitat superior es fa servir per obtenir les càrregues produïdes per la lluminositat de la imatge enfocada, mentre que la inferior està emmascarada a la llum i es fa servir com a magatzem. D'aquesta última capa s'extreuen seqüencialment, per diversos procediments, les càrregues que constitueixen la traducció elèctrica de les lluminositats de l'escena enquadrada.



Els CCD que es fan servir com a sensors d'imatge consisteixen en una matriu superficial de díodes (com si es tractés d'un tauler d'escacs minúsculs, en què cada casella és un fotodíode de silici). Per convertir la imatge d'una escena en un senyal elèctric equivalent, un sistema de lent projecta sobre la matriu de díodes la imatge que cada fotodíode converteix en una càrrega elèctrica, equivalent als fotons que incideixen sobre la seva superfície. Una solució és treure la càrrega a l'exterior de cada fotodíode per un conductor, cosa és viable quan el nombre total de fotodíodes no excedeix d'algunes desenes, però si es tracta, per exemple, de l'element sensible d'una càmera de vídeo, la matriu sensible del qual pot estar formada per 480.000 elements (600×800), resulta impossible disposar de 480.000 connexions externes. És aquí on entra la tecnologia CCD.

Cada fotodíode carrega un petit condensador que emmagatzema la càrrega durant el temps d'exposició. Un rellotge i un sistema de codificació activen, seqüencialment, la transferència de càrrega des de cada un dels condensadors fins a un terminal únic comú, pel qual surt seqüencialment la càrrega dels condensadors de manera cíclica i ininterrompuda. Uns senyals de sincronisme permeten d'identificar el senyal elèctric que correspon a cada un dels punts de la imatge. En aquests CCD, la transferència de càrregues entre cada un dels elements fotosensibles s'organitza en files i columnes.

La càrrega és transferida des de la làmina semiconductora fins a un amplificador de càrrega o circuit, que genera una tensió proporcional a la càrrega. Una vegada ha tingut lloc la transferència de càrrega, el punt explorat (descarregat) queda disposat per rebre la lluminositat provinent d'una nova imatge.



Els CCD són sensibles únicament a la quantitat de fotons rebuts, és a dir, per si mateixos no són capaços d'identificar colors, raó per la qual quan es vol digitalitzar una imatge en color és necessari recórrer a alguns trucs. Normalment, en les càmeres professionals es fa servir un prisma que separa la imatge en els seus tres components, vermell, blau i verd, cada un dels quals és digitalitzat individualment per un CCD. La sortida d'aquests tres CCD, que han d'estar perfectament alineats, es combina per tal d'obtenir un senyal en color mitjançant circuits externs.

Les càmeres de vídeo domèstiques només disposen d'un CCD. Per poder aconseguir la informació de color, es col·loca a sobre de la superfície sensible una màscara, de manera que tres punts contigus estan filtrats successivament pel vermell, el verd i el blau. Combinant els senyals entre els tres punts es pot obtenir, d'una banda, un valor corresponent a la luminància i, de l'altra, la informació de color, encara que amb molta menys resolució.

Les característiques més importants que defineixen la qualitat (i el preu) d'un sensor CCD destinat a obtenir imatges són el nombre de píxels o el nombre de superfícies en què es divideix la superfície sensible, la sensibilitat o capacitat de proporcionar imatges nítides amb baixa il·luminació i la velocitat o el temps necessari perquè el CCD pugui "extreure" a l'exterior el senyal d'imatge obtinguda.

Els CCD professionals poden arribar a disposar de fins a sis milions de punts (matriu de 2000×3000). Els intents per aconseguir més punts i, per tant, millor definició, xoquen amb la possibilitat que una taca de pols molt fina o un error de fabricació produeixin punts cecs que els facin inservibles.

Les càmeres de vídeo professionals fan servir resolucions de 480.000 píxels (600×800) en formats o xips de 2/3 de polzada. Una altra característica important és el rang dinàmic, és a dir, la gamma d'intensitat lluminosa amb què pot treballar el CCD, i es considera el llindar d'intensitat mínima (molt relacionada amb el soroll) i la il·luminació màxima que pot suportar sense saturar-se.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/typ017.htm, on podeu ampliar la informació sobre els sensors CCD i els principis bàsics de les càmeres de vídeo.

El vigor i la resistència dels CCD, el consum d'energia més baix, la sensibilitat, la durabilitat i la insensibilitat davant de camps magnètics externs, entre altres avantatges, han contribuït a expandir-los fins a la pràctica desaparició dels tubs en les càmeres de vídeo.



Els tubs fotoemissors generen una tensió elèctrica segons la lluminositat que reben. Els tubs basats en l'efecte fotoconductor varien la resistència que ofereixen al pas del corrent elèctric segons la lluminositat de l'escena. Aquests últims han desplaçat totalment els primers.

Els avantatges dels CCD respecte de les càmeres de tubs han estat determinants en la seva pràctica imposició en la majoria de càmeres de vídeo i televisió.

Controls de la càmera

La tecnologia de les càmeres de televisió en color es correspon amb els seus nivells d'utilització pràctica. Hi ha càmeres domèstiques, industrials i professionals, diferenciades entre si tant per les característiques electròniques com per la mida. Les càmeres professionals d'estudi són voluminoses i sempre es fan servir sobre suports compactes i grues. Les càmeres industrials són més lleugeres i, en les càmeres domèstiques es busca, per sobre de tot, la reducció al mínim.

Com hem indicat anteriorment, les càmeres actuals estan substituint els tradicionals tubs de càmera (vidicó, saticó, plumbicó, ledicó, etc.) pels CCD, de manteniment molt més senzill. En general, les càmeres industrials o professionals solen tenir **tres tubs** o **CCD**, mentre que en l'àmbit domèstic es fan servir majoritàriament càmeres dotades amb només un CCD, del qual s'extreu la informació de luminància i la crominància pròpia de l'escena enquadrada.



Un dels paràmetres que tenen influència sobre la qualitat de la imatge obtinguda és la **dimensió del target** o mosaic fotosensible. En general, com més gran és, millor és la qualitat de la imatge cospada. A continuació s'exposa un quadre que relaciona la mida dels tubs o CCD amb les aplicacions típiques:

Diàmetre (mm)	Mida d'imatge (mm)	Diagonal d'imatge (mm)	Aplicacions típiques
30 (1 1/4 polzada)	17,1 × 12,8	21,4	Càmeres d'estudi
25 (1 polzada)	12,8 × 9,6	16	Càmeres d'estudi Càmeres EFP
18 (2/3 polzada)	8,8 × 6,6	11	Càmeres ENG Càmeres d'estudi Càmeres EFP
12,5 (1/2 polzada)	6,4 × 4,8	8	Càmeres domèstiques

El **sistema òptic** utilitzat per les càmeres de televisió és de vital interès pel que fa a la qualitat de la imatge captada. Normalment les càmeres de vídeo incorporen un objectiu de focal variable, el **zoom**, que possibilita diversos angles d'enquadrament. En els formats domèstics l'òptica no acostuma a ser intercanviable, com és norma en els formats industrials. Aquests últims fan ús de diverses muntures, les més usals de les quals són la C, la S i la de baioneta.

Una de les exigències fonamentals sobre les característiques de les càmeres industrials i professionals és la que fa referència al **desembragament dels automatismes**. Un dels automatismes que més convé desembragar és el del diafragma. El diafragma regula el pas dels raigs lluminosos fins al mosaic fotosensible i acostuma a actuar automàticament regulat per un exposímetre. L'automatització del sistema pot donar lloc a reproduccions d'imatge defectuoses per sobreexposició o per subexposició en temes difícils com és el cas dels contrallums (quan el subjecte s'emmarca en un fons molt lluminós) o dels contranegres (quan el subjecte s'emmarca en un fons molt fosc). Per a una exposició correcta és aconsellable la regulació manual del diafragma. La major part de càmeres industrials, professionals i domèstiques disposen d'aquesta possibilitat.

En condicions de poca lluminositat les càmeres de vídeo poden incrementar, de manera electrònica, el seu **guany**. Així, doncs, l'enregistrament és possible, encara que aquesta elevació de la sensibilitat comporta un empitjorament de la relació senyal/soroll. Per aquesta indesitjable conseqüència només s'ha d'augmentar el guany de l'amplificador de vídeo quan sigui absolutament indispensable. El guany es mesura en decibels i es troba graduat, normalment, en una escala de 3, 6, 9 i 12 decibels.

La reproducció cromàtica d'un objecte depèn del color espectral de la font lluminosa que l'il·lumina. Aquesta afirmació és fàcilment comprensible quan s'utilitzen fonts lluminoses de colors molt saturats. El problema es planteja, en la pràctica, perquè la majoria de fonts lluminoses utilitzades, com la llum del dia, les làmpades de tungstè, les làmpades halògenes, els tubs fluorescents, etc. proporcionen un espectre cromàtic de característiques diferenciades i la càmera de color és summament sensible a aquestes diferències. En definitiva, varia la temperatura de color o qualitat de les fonts de llum. Per arribar a una solució d'equilibri cromàtic quan es treballa amb diversos il·luminants s'ha d'ajustar manualment o automàticament el **balanç del blanc** (*white balanç*). L'equilibri de la temperatura de color s'aconsegueix, en vídeo, ajustant automàticament el guany dels amplificadors de les vies vermella i blava, de manera que els tres senyals (vermell, verd i blau) siguin idèntics quan la càmera enquadra un objecte blanc. Aquest ajustament s'ha de tornar a repetir cada vegada que es canvia de font lluminosa.

Algunes càmeres industrials i la pràctica totalitat de les professionals han de permetre la possibilitat de sincronitzar-se entre si quan són governades des d'una sala de control. Si no hi hagués una sincronització perfecta no seria possible la barreja de senyals entre diverses càmeres. En els estudis de televisió s'acostuma a fer servir un generador màster de sincronismes que reparteix els sincronismes entre les càmeres del plató. Una altra forma de sincronització és fer ús del *gen-lock*, que permet la sincronització de totes les càmeres a partir d'una de sola. En qualsevol dels dos procediments es garanteix la mescla d'imatges que provenen de diverses càmeres.



Recordem que la televisió en color requereix procediments d'exploració que proporcionin els tres senyals primaris corresponents al vermell, el verd i el blau, a partir dels quals s'obtenen:

- El senyal de luminància (Y), obtingut gràcies a la resta d'una porció de vermell verda i blava.
- Els senyals anomenats diferència de color RY (vermell menys luminància) i BY (blau, *blue*, menys luminància). No interessa obtenir el senyal corresponent al verd menys luminància. Així, doncs, el procés de codificació i transmissió se simplifica i es pot tornar a recuperar aquest senyal, corresponent al verd, en el receptor, gràcies a un procés de sumes i restes amb la luminància i els senyals de diferència de color transmesos efectivament.

Les càmeres de tres tubs (o tres CCD) són les que es fan servir més professionalment. Utilitzen un tub per al processament de cada color primari i s'obté la luminància pel procediment de restar una part del senyal de sortida de cada tub.

Les càmeres de només un tub (o un CCD) fan ús d'unes retícules acolorides situades en el recorregut de la llum procedent de l'escena. Alternant bandes grogues i cian obtenen els senyals corresponents als colors primaris i el senyal de luminància.

Finalment, cal esmentar que davant de la futura perspectiva d'una televisió de pantalla panoràmica (16:9 davant l'actual relació d'aspecte 4:3), ja comença a ser habitual que les càmeres que presenten els fabricants disposin de la possibilitat de copsar imatges amb la relació d'aspecte de 16:9.



Una de les principals diferències entre les càmeres domèstiques i les professionals és la possibilitat d'aquestes últimes de desembragar els automatismes; és a dir, d'imposar els criteris de l'operador de càmera sobre els quals la càmera determina (en molts casos amb èxit) de manera automàtica.



■ Periodisme electrònic. Sistemes ENG

Fins al final de la dècada dels setanta, la major part de les notícies emeses per televisió tenien suport filmic. Els fets noticiosos eren filmats amb càmeres cinematogràfiques de 16 mm. Les pel·lícules se sotmetien al procés de revelatge, muntatge i sonorització fins que, finalment, eren reproduïdes pel telecine, o sistema convertidor de la imatge fotogràfica o cinematogràfica en senyal de televisió. Llavors els magnetoscòpis eren voluminosos i pesants, mentre que les càmeres cinematogràfiques utilitzades per a aquestes ocupacions es caracteritzaven per la lleugeresa.

Des del començament dels anys vuitanta s'ha popularitzat, a escala mundial, l'ús dels anomenats equips ENG (*Electronics News Gathering*) o sistemes de presa electrònica de notícies, el principal avantatge dels quals és la immediatesa en la revisió del senyal gravat, la reproducció instantània i la facilitat per emetre en directe mitjançant l'ús d'enllaços hertzians. Tot això ha estat possible gràcies a la reducció de pes i volum dels equips, i també per la millora del senyal obtingut (especialment des de l'aparició del format de vídeo U-MATIC-HB).

Els equips autònoms de presa de notícies se solen transportar en furgonetes lleugeres i consten, en la configuració més senzilla, d'un **camascopi** alimentat per bateries que n'accentuen l'autonomia. Alguns d'aquests vehicles lleugers estan equipats amb un radioenllaç, la qual cosa fa possible l'emissió directa en els estudis de televisió (acostuma a ser necessari disposar d'un enllaç intermedi: un helicòpter, edifici elevat, etc.). Amb l'enllaç hertzian s'evita el desplaçament fins als estudis per lliurar la cinta gravada, al mateix temps que s'allibera l'equip de presa per poder desplaçar-lo a un altre escenari.

Les càmeres d'ENG han de complir una sèrie de requisits fonamentats en el mínim pes i mida possibles, una alimentació autònoma, un disseny ergonòmic amb maneig sobre l'espatlla, l'automatització dels ajustaments amb possibilitat de desembragament, un visor electrònic petit (màxim dues polzades) amb indicació interna de les dades d'operació, un ajustament del blanc ràpid, etc.

Algunes càmeres ENG poden ser utilitzades en estudis mitjançant unes adaptacions molt simples que en possibilitin el control des de la unitat de control d'imatge ubicada a la sala de control de l'estudi; adaptacions com la incorporació d'un visor d'estudi de fins a set polzades, l'admissió d'impulsos provinents d'un generador màster o des del *gen-lock* d'una càmera, etc. Aquesta transformació és molt interessant, des del punt de vista econòmic, per a les petites i mitjanes productores de vídeo que necessiten aprofitar al màxim el material de què disposen.



Activitat

- Aconseguiu catàlegs de càmeres de vídeo domèstiques, industrials i professionals (podeu obtenir aquesta informació a Internet, consultant les firmes més conegudes: Sony, JVC, Panasonic, Canon, etc.). Compareu-ne les característiques de captació i tractament de la imatge, els dissenys, les possibilitats d'entrada i sortida de la informació, l'ergonomia i els preus de cost. Analitzeu les dades i extraieu-ne les vostres pròpies conclusions.
- Podeu trobar catàlegs de càmeres domèstiques i industrials de vídeo i les seves possibilitats operatives a l'adreça d'Internet www.ibertronica.es/video.htm.



La principal exigència dels sistemes ENG és aconseguir la màxima mobilitat, operativitat i lleugeresa possibles de la càmera.



La dimensió del tub o CCD és un dels primers criteris en la valoració de la qualitat d'una càmera. En condicions tecnològiques similars, els de dimensions més grans proporcionen més qualitat d'imatge.

Els sistemes ENG, també anomenats de periodisme electrònic, han estat dissenyats especialment per a la presa de notícies destinades a la televisió.

Suports de càmera

Per aconseguir imatges estables cal disposar d'un bon trípode o suport de càmera adequat. Sense aquests suports, excepte en les circumstàncies pròpies de l'àmbit del reportatge en què preval la consecució de la imatge sobre la qualitat, la imatge obtinguda difícilment podrà ser aprofitable per a una producció convencional.

Tant per aconseguir imatges estàtiques com imatges en moviment (del motiu o referent, de la càmera o de tots dos), cal tenir els suports que garanteixin l'obtenció d'una imatge reconeixedora, estable i sense salts.

■ El trípode

El trípode és un accessori de la càmera imprescindible en la gran majoria dels casos. És el suport més habitual de la càmera quan no està en moviment i, fins i tot, es fa servir quan es mou.

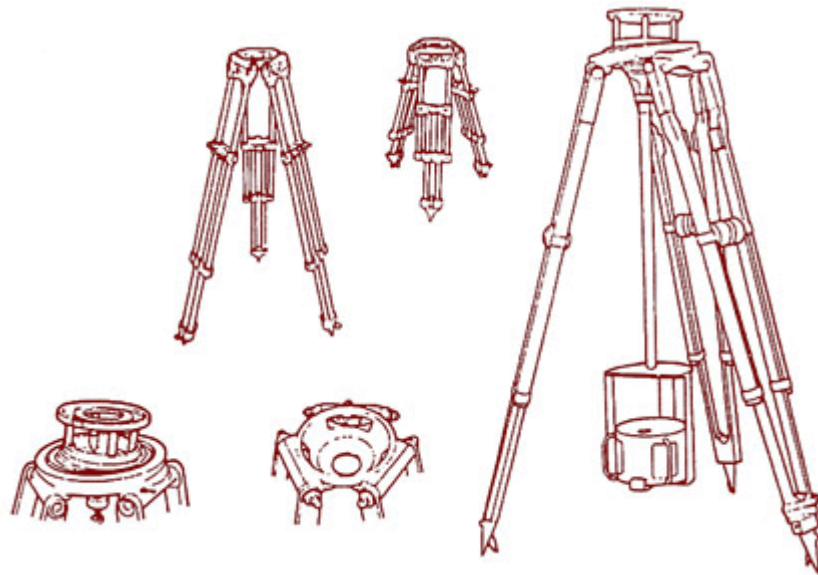
El trípode consta essencialment de dues parts:

- **El cap:** plataforma on descansa la càmera, que permet de fer diversos moviments.
- **Els peus:** tres peus, que originalment eren de fusta i actualment són de metall (acer inoxidable, titani, etc.).

Les característiques principals d'un bon trípode són bàsicament tres: que sigui estable, manejable i adaptable al tipus de càmera que suportarà. Aquestes qualitats generen que el trípode sigui força feixuc, especialment si suportarà càmeres de televisió d'estudi.

Per triar el trípode s'ha de tenir en compte:

- El tipus de càmera: pes i mida.
- El moviment a fer.
- Les condicions del lloc de la presa d'imatge.

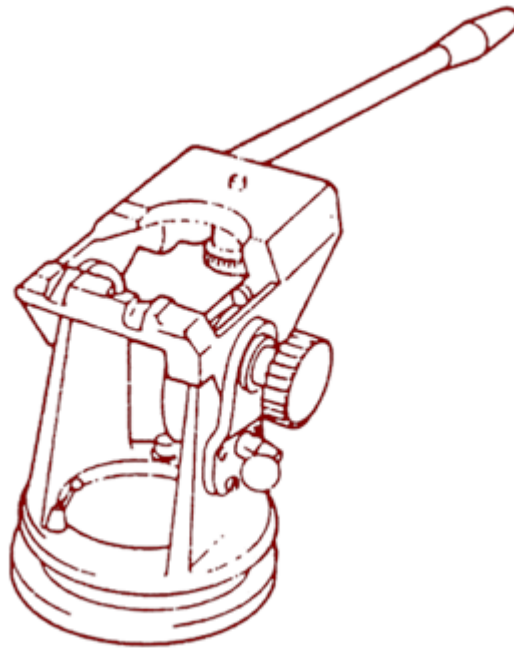


Peus de trípod

Bàsicament, hi ha tres tipus de cap de trípod:

- **Cap de fricció**

És el tipus més simple de cap. Incorpora un nivell de bombolla i funciona molt bé per a moviments de càmera molt ràpids.



Cap de fricció

- **Cap hidràulic**

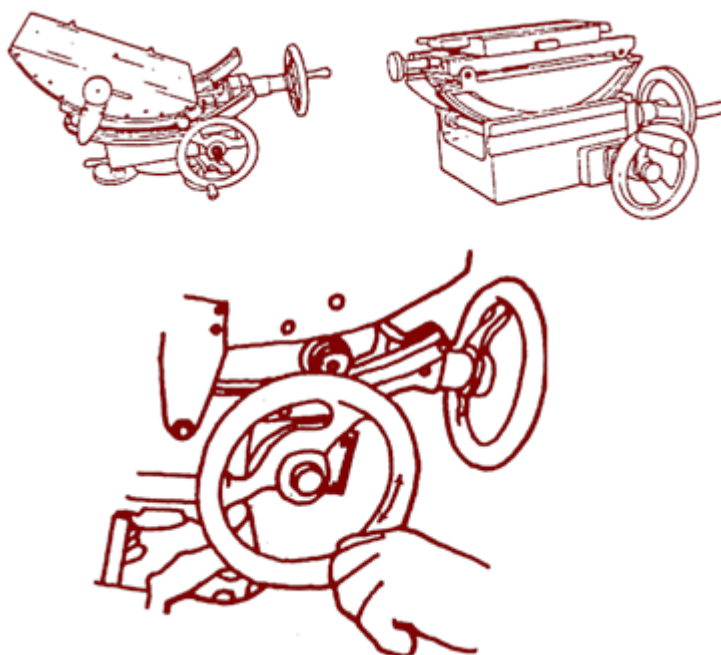
Molt similar al de fricció, però incorpora oli mineral o silicona líquida, que permet uns moviments més suaus i continus. És el trípod més popular per a usos generals.



Cap hidràulic

- **Cap mecànic**

S'utilitza amb càmeres de grans dimensions i per a moviments més aviat lents, encara que els fa de manera molt suau i precisa gràcies a dues rodes (en forma de volant) que controlen el moviment vertical i horitzontal. L'operador necessita molta habilitat i pràctica per manejar aquest tipus de cap.



Cap mecànic

■ Pedestal d'estudi i trípede lleuger

Segons la forma, mida i prestacions, s'ha de distingir entre el suport pensat principalment per al plató o l'estudi i els trípedes més lleugers, dissenyats per a exteriors.

- **Pedestal d'estudi**

Un dels més populars és el *crab dolly*. La càmera va col·locada sobre una columna telescòpica (que es mou hidràulicament o elèctricament) muntada sobre una base amb rodes. Permet tot tipus de moviments i desplaçaments. Aquest tipus de suport és utilitzat en cine i també en estudis de televisió.

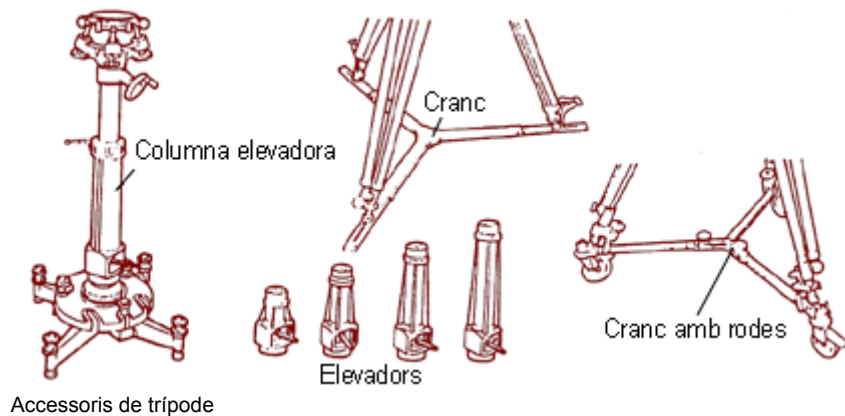
- **Trípede lleuger**

És el trípede clàssic, amb tres peus de fusta o metàl·lics. No disposa de columna telescòpica, però les potes són extensibles. Per a més seguretat, els trípedes s'han de fer servir amb una aranya o un tensor que eviti que es puguin obrir els peus. Pel que fa a la longitud, no hi ha unes mesures estàndard, però podem disposar de trípedes des de cinquanta centímetres fins a dos metres d'altura.



En preses de certes característiques especials es fan servir alguns accessoris, entre els quals destaquen:

- **Hit-hat o low boy:** Model de trípod especial per a emplaçaments de càmera extremadament baixos.
- **Columna elevadora:** Són elevadors d'altura fixa que es componen d'una base, una columna i un cap on se suporta la càmera. Es fan servir quan hi ha poc espai per moure's i cal ajustar l'altura de la càmera.
- **Aranya o cranc:** És una espècie de triangle que es fixa als extrems dels peus del trípod i evita que s'obrin.

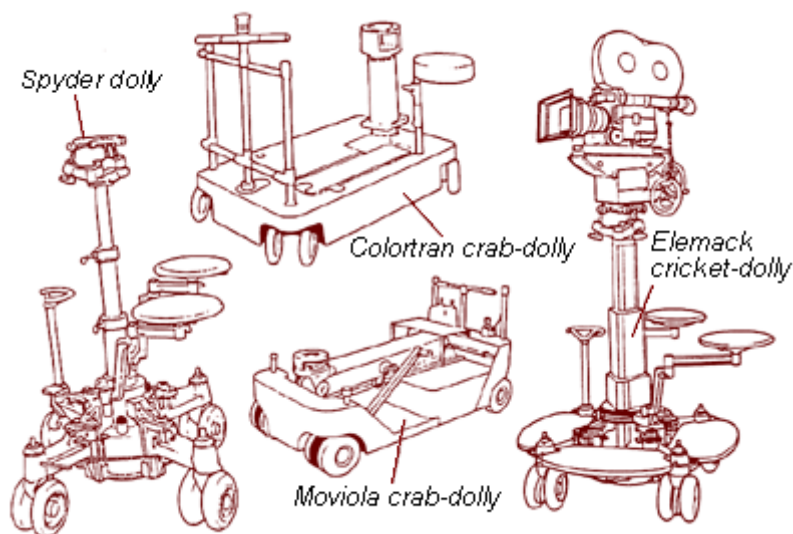


Accessoris de trípod

■ La dolly

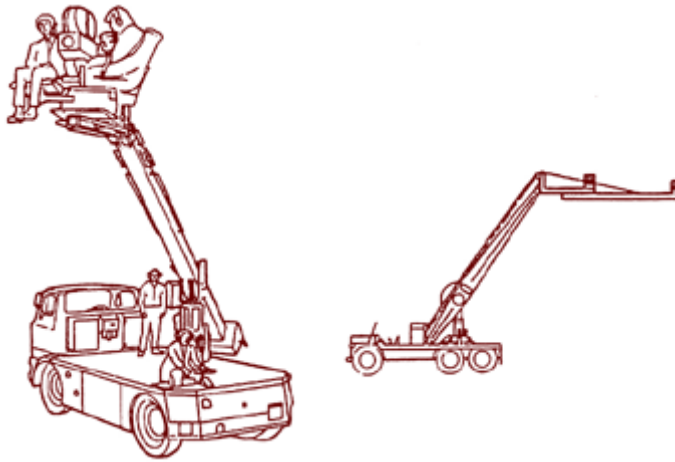
La *dolly* és un dels accessoris gairebé indispensables en els rodatges de ficció o en estudis de TV. És un suport de càmera que consta essencialment d'una espècie de carro que permet el moviment de la càmera sense necessitat de rails i una petita grua o columna telescòpica que permet la presa des de punts de vista força elevats. N'hi ha diversos models, cada un amb característiques específiques per adaptar-se a diverses situacions.

La *dolly* pot assolir una mica més d'altura utilitzant elevacions com a braços extensibles. Segons els models, poden adaptar unes rodes per a les vies de tràveling. Altres accessoris poden ser els braços curts basculants, els braços de grua o els braços aranya, per a preses de punts de vista molt baixos.



Tipus de dolly

Hi ha alguns sistemes de grues de grans dimensions, com la *louma*, capaç de guanyar força altura gràcies a un gran braç extensible, o la *scorpio*, grua en què la càmera està col·locada a la punta d'un gran braç telescòpic que l'operador controla a distància gràcies a un sistema de maneta de jocs.

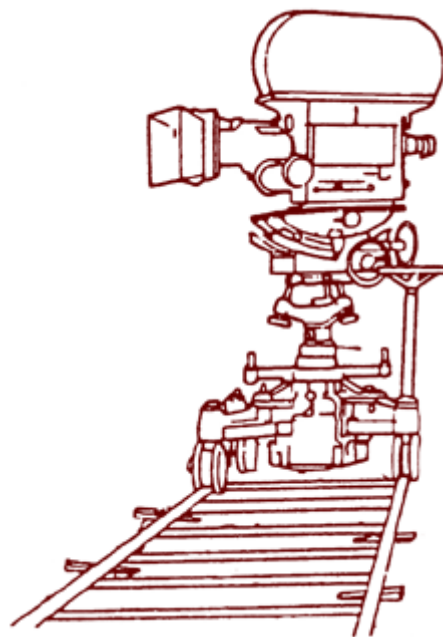


Grues de grans dimensions

■ El tràveling

Anomenem tràveling el moviment de la càmera quan es desplaça físicament d'un lloc a un altre del decorat, en contraposició amb la panoràmica, que és un moviment de la càmera sobre el seu propi eix. El tràveling es pot fer de diverses maneres, tot i que la més habitual és amb l'ajuda d'unes vies, anomenades *vies de tràveling*, que són uns tubs circulars dissenyats com a vies sobre les quals circula un carro que suporta la càmera. Segons el model de grua que es col·loca a les vies de tràveling, pot suportar, a més d'una càmera d'estudi i l'operador, altres tècnics.

El muntatge del tràveling pot resultar força complex depenent del terreny i del moviment de càmera. Quan es fa el tràveling, el moviment ha de mantenir un ritme i una velocitat constants i precisos, i també una engegada i una parada suaus.



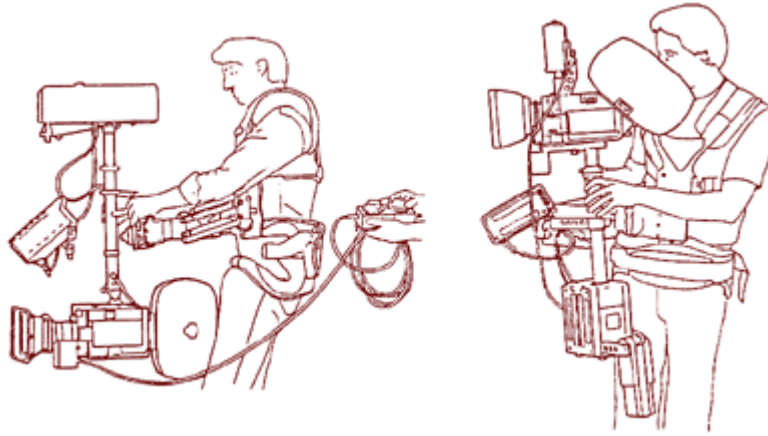
Càmera muntada sobre les vies de tràveling

■ Sistemes antivibratoris

Hi ha diversos sistemes que eviten la vibració per desplaçaments de la càmera sense les vies de tràveling. Moltes vegades és impossible disposar-ne, tant per l'orografia del terreny, per a moviments molt bruscos o molt especials, com quan s'ha de baixar i pujar escales, en helicòpters, avions, etc. Els sistemes antivibratoris més corrents són els següents:

- **Steadycam:** és un sistema de càmera a mà flotant. Ideal per pujar i baixar escales i, generalment, per a qualsevol situació en què es requereixen molts moviments de càmera en terrenys desiguals.

Consta d'una mena de faixa o jaqueta que es posa l'operador de càmera, amb un braç articulat muntat sobre un suport estabilitzador i antivibratori. Actualment és un sistema molt utilitzat que facilita el rodatge i evita haver de muntar les vies de tràveling en moltes situacions. Requereix un operador especialista.



Sistemes de càmera flotant *steadycam*

- **Wescam:** és un suport antivibratori per a helicòpters. Manté estable la càmera gràcies a un sistema de control giroscòpic, muntat en una esfera a l'exterior de l'aparell. Es controla a distància des de l'interior de l'helicòpter amb l'ajuda d'un monitor.



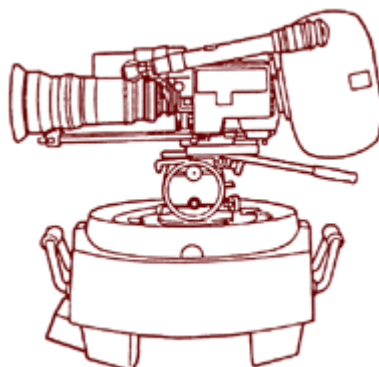
Sistema wescam

- **Skicam:** càmera amb control a distància subjecta amb quatre cables d'acer. Enrotllant i desenrotllant els cables s'aconsegueix el moviment lateral i vertical de la càmera mentre es manté suspesa sobre un objecte.
- **Suports per a embarcacions:** es tracta d'una plataforma de control giroscòpic i estabilització electrohidràulica que manté la càmera sempre anivellada horitzontalment.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.ovide.com i observeu la varietat de trípodes, suports de càmera, pedestals d'estudis, sistemes antivibratoris, etc. a disposició dels productors per donar resposta a les diferents necessitats que planteja la producció audiovisual. Ho podeu comparar amb altres empreses de lloguer d'equips audiovisuals que podeu trobar amb un cercador.
-



Suport per a embarcacions

Els micròfons

Els micròfons són transductors electroacústics, és a dir, elements que transformen l'energia acústica en energia elèctrica i que mantenen al màxim la proporcionalitat entre la intensitat del so captat i la tensió elèctrica de sortida. S'han d'assemblar, tant com sigui possible, a l'orella humana. Són un dels elements més crítics i als quals s'ha de fer especial atenció a l'hora de seleccionar els equips per a la captació i posterior enregistrament del so. No serveix de res tenir un gravador d'última tecnologia si no disposem d'un micròfon adequat per a cada situació concreta.

La missió dels micròfons és bàsicament la de convertir l'energia acústica en energia elèctrica. Per fer aquesta conversió se solen basar en el fenomen de la **inducció electromagnètica**. Aquest fenomen es posa de manifest quan introduïm un cable conductor de corrent en forma perpendicular a les línies de força d'un camp magnètic. Aleshores s'observa que pel cable comença a circular un corrent elèctric feble induït pel camp magnètic. Aquest fenomen també es manifesta en el sentit invers.

En el procés de conversió energètica dut a terme pels micròfons sempre hi ha unes pèrdues de senyal i addició de distorsions no desitjades que tenen una incidència definitiva en el resultat final. Per aquest motiu, en la tria d'un micròfon per a una captació determinada s'han de tenir en compte nombrosos factors, entre els quals cal destacar les seves pròpies característiques tècniques, les característiques acústiques dels locals i les particularitats de les fonts que s'han de captar.



La funció dels micròfons és la de traduir les variacions de pressió acústica en un senyal elèctric variable, cosa que és possible gràcies al fenomen de la inducció electromagnètica.



■ Característiques dels micròfons

Podem distingir cinc característiques principals:

- Sensibilitat
- Directivitat
- Impedància
- Soroll de fons
- Fidelitat

Sensibilitat

La sensibilitat d'un micròfon es defineix com la relació entre la tensió que mesurem en borns del micròfon en circuit obert, i la pressió sonora que actua sobre la membrana, a la freqüència de 1.000 Hz. La sensibilitat ens dona idea de la quantitat de senyal de sortida (tensió) que proporciona el micròfon segons la pressió sonora rebuda. Es mesura sempre per a un valor de pressió normalitzat, perquè així es poden establir comparacions d'uns models amb els altres.

Aquesta característica ens dona una idea de l'eficiència de la conversió acusticoelèctrica. Els valors dels micròfons actuals s'acostumen a situar entre -50 i -80 decibels (dB).

Els valors són sempre negatius, per la qual cosa serà més sensible un de -60 dB que un de -75 dB, per exemple.

Com més gran és el valor de la sensibilitat (en el nostre cas menys negatiu el seu valor en decibels), més sensible és el micròfon.

Els micròfons més sensibles són els de condensador i els menys sensibles són els de cinta, mentre que els de bobina són de sensibilitat mitjana.



Directivitat

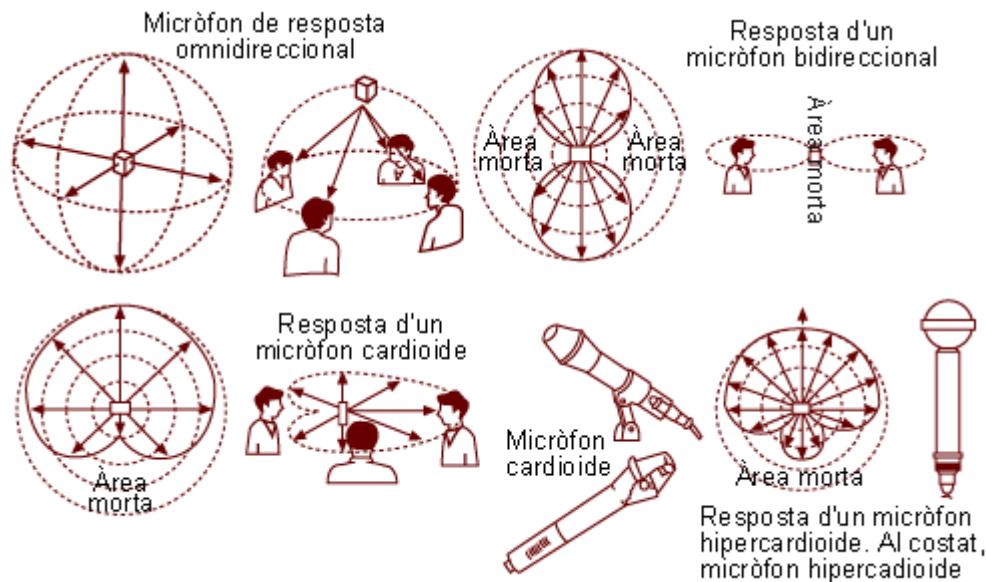
La **directivitat** és la variació del nivell de sensibilitat segons l'angle d'incidència de les ones sonores sobre la membrana del micròfon. Aquesta és una característica summament important a l'hora d'ubicar els elements captors, ja que, segons l'orientació, podem fer variar la relació entre so directe i so reflectit, de manera que ens variarà la distància aparent entre el micròfon i la font. S'aprofita la característica de directivitat per pal·liar problemes acústics dels locals i per dur a terme enregistraments estereofònics.

De vegades poden caldre micròfons que captin tot el so de l'entorn si, per exemple, necessitem gravar el soroll general d'un determinat ambient. Tanmateix, en altres ocasions ens pot interessar la captació de sons nets provinents d'una determinada font productora, com una persona que parla o un instrument d'una orquestra. En cada un d'aquests casos, necessitarem diversos tipus de micròfons.

Segons el principi de funcionament i la seva construcció, els micròfons són més o menys sensibles als sons procedents de determinades direccions.

S'anomenen omnidireccionals els micròfons que capten pràcticament amb el mateix nivell els sons generats davant seu i els produïts al darrere. Els micròfons que, al contrari, són sensibles fonamentalment als sons que s'originen en el seu eix frontal s'anomenen unidireccionals. Hi ha modalitats intermèdies entre aquests dos pols, entre les quals destaquen els cardioïdes i els bidireccionals.

Normalment els fabricants subministren les característiques de directivitat sobre **diagrames polars**. S'hi mostra el nivell del senyal de sortida a 360 graus entorn del micròfon. La referència 0 graus se situa a l'eix frontal.



Impedància

La **impedància** d'un micròfon depèn bàsicament de la tècnica que s'ha fet servir en fabricar-lo. Defineix la relació entre la tensió en borns del micròfon i el corrent que subministra. Hi ha molts models de micròfons que ofereixen la possibilitat de disposar de diverses impedàncies de sortida, atès que incorporen un transformador d'impedància. En qualsevol cas, aquesta característica és molt important a l'hora d'acoblar el micròfon a l'equip gravador. Per tal d'evitar pèrdues i distorsions s'ha de complir que la impedància de sortida del micròfon coincideixi amb la impedància d'entrada de l'equip.

Els micròfons es poden classificar segons la impedància com:

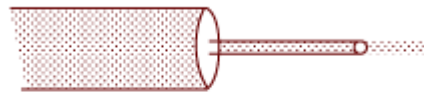
- De baixa impedància: 25-600 Ω (ohms)

- D'impedància de línia: 600 Ω
- D'alta impedància: \cong 50 K Ω

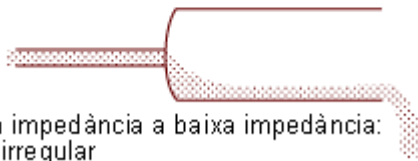
Els micròfons de baixa impedància presenten l'avantatge de poder ser utilitzats amb llargues tirades de cable (fins a aproximadament cent metres). El principal inconvenient és que solen tenir una sensibilitat molt baixa.

Els micròfons d'alta impedància tenen una sensibilitat superior, però la longitud del cable que es pot utilitzar és molt limitada (entre set i vuit metres). El cable d'aquests micròfons és molt prim i actua a tall de condensador, amb la qual cosa pot generar nombrosos problemes. Per resoldre aquesta limitació, quan el cable és superior als vuit metres es balanceja la línia mitjançant uns transformadors.

Connexions entre diversos aparells: relació d'impedàncies



De baixa impedància a alta impedància:
fluxe constant



D'alta impedància a baixa impedància:
fluxe irregular

Connexions entre diversos aparells: relació
d'impedàncies

Soroll de fons

El **soroll de fons** és un senyal de caràcter aleatori que es genera en el mateix micròfon i redueix la qualitat del senyal útil. Aquesta és una característica intrínseca a tota font de senyal. Per a mesurar-lo s'utilitzen uns filtres ponderadors per atenuar les freqüències altes i baixes, ja que per a aquestes freqüències l'orella té poca sensibilitat.

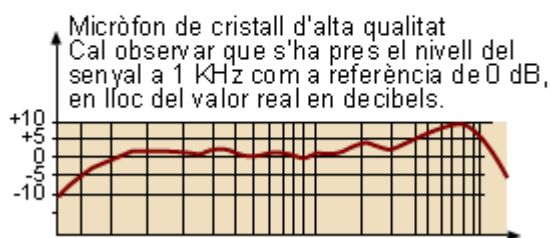
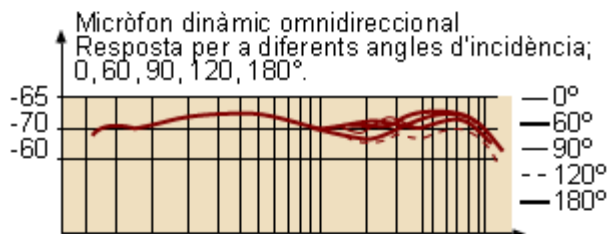
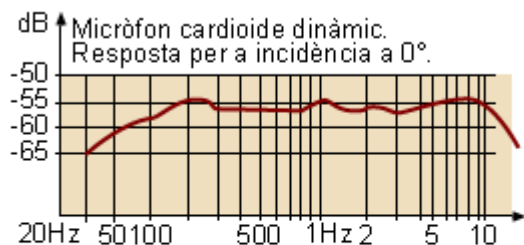
A l'hora de valorar el soroll d'un micròfon, hem de tenir en compte el grau d'incidència respecte al soroll de l'entrada de l'equip (sovint el soroll de l'entrada és molt superior al soroll del mateix micròfon).

Fidelitat

La **fidelitat** és la resposta en freqüència del micròfon (variació del nivell de sensibilitat amb la freqüència). Es diu que un micròfon té un alt grau de fidelitat quan la gamma de resposta és àmplia, quan no presenta excessius cims ni valls en la relació nivell de sensibilitat-freqüència i quan la tensió de sortida és proporcional a la pressió que incideix en la membrana.

Un micròfon ha de ser capaç de respondre, almenys, al marge de freqüències adequat en l'aplicació a què és sotmès. Per a un micròfon que només s'utilitzi per a telefonia n'hi hauria prou que transferís senyals des dels 300 Hz fins als 4 KHz, perquè és la banda utilitzada i transmesa per tota la xarxa. Si es tracta, en canvi, de dur a terme un enregistrament en alta fidelitat d'un grup musical, cal que respongui des dels 20 Hz fins als 20 KHz (és a dir, tot l'espectre complet d'àudio).

Quan hem d'escollir un micròfon, en valorarem la **resposta en freqüència**, representada en forma de gràfica com una corba que reflecteix el valor del senyal de sortida per a les diverses freqüències sonores. Normalment és aproximadament plana a la zona central, i presenta caigudes (pèrdua) en els extrems de la banda i, possiblement, algun cim de ressonància.



Resposta en freqüència



Activitat

- Amb un cercador, localitzeu a Internet adreces de firmes fabricants de micròfons. Analitzeu-ne i compareu-ne les característiques. També us podeu adreçar directament a www.todomusica.com.ar/microfon.htm i llegir els paràmetres definitoris dels micròfons que s'hi mostren.



El coneixement de les característiques dels micròfons, de la sensibilitat, directivitat, impedància, soroll de fons i fidelitat, ens permet de triar en cada circumstància el micròfon més adequat per dur a terme la captació de so més ajustada a les nostres necessitats.



Els micròfons s'han d'assemblar, tant com sigui possible, a l'orella humana. Al cap i a la fi, la seva funció no és un altra que la captació dels sons amb una fidelitat el màxim de similar a com percebem les persones.

Segons les necessitats d'enregistrament, s'han de valorar les característiques del micròfon a utilitzar. Per a això, hem de disposar de dades sobre la sensibilitat, directivitat, impedància, fidelitat i soroll de fons.

Tipus de micròfons i usos

Podríem dur a terme diverses classificacions dels micròfons, atenent, per exemple, a cada una de les seves característiques, però el més habitual és classificar-los segons el principi de funcionament –electrodinàmics, electroestàtics– o també segons el patró de captació o directivitat –omnidireccional, bidireccional, unidireccional–. Finalment farem una referència als micròfons sense fil.

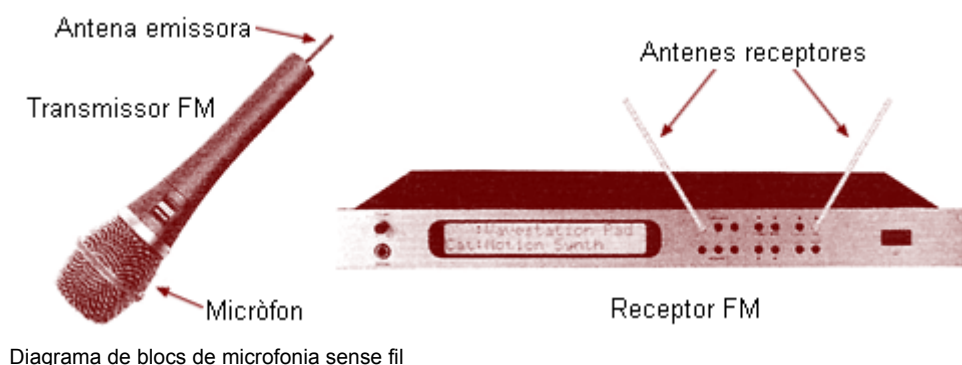
Classificació dels micròfons segons el principi de funcionament				
Electrodinàmics		Electroestàtics		
Bobina mòbil	Cinta	Condensador	Electret	Condensador de radiofreqüència

Classificació dels micròfons segons el patró de captació o directivitat		
Omnidireccionals	Bidireccionals	Unidireccionals

Amb qualsevol tipus de micròfon es pot aconseguir un patró de directivitat específic; és totalment independent del principi de funcionament, per això no se n'ha indicat cap exemple específic. Hi ha micròfons unidireccionals de condensador, de bobina, de cinta i, també, omnidireccionals de bobina o de condensador.

■ Micròfons sense fil

Un sistema de microfonia sense fil consta d'un micròfon normal, un transmissor de freqüència modulada (que pot estar dins o fora del cos del micròfon), una antena de transmissió i un aparell receptor dissenyat per a rebre el senyal d'un determinat transmissor. Cada receptor és capaç de rebre una sola freqüència.



El transmissor és del tipus FM. En un sistema FM, el transmissor radia la freqüència portadora modulada per l'amplitud del senyal d'àudio. El semicicle positiu del senyal modulador produeix un augment de la freqüència de la portadora i, el semicicle negatiu, produeix una disminució de la freqüència de la portadora.

En el receptor es desmodula el senyal portador i es transformen les variacions de freqüència en variacions d'amplitud, és a dir, es reconstrueix el senyal d'àudio original.

Els micròfons sense fil aconsegueixen donar al portador del micròfon una total llibertat de moviments, atès que no necessita dependre d'un cable connectat en un lloc fix. Normalment, si no volem que el transmissor sigui molt pesant, ha de ser poc voluminós, fet que, al mateix temps, implica una potència de transmissió baixa i un abast curt.

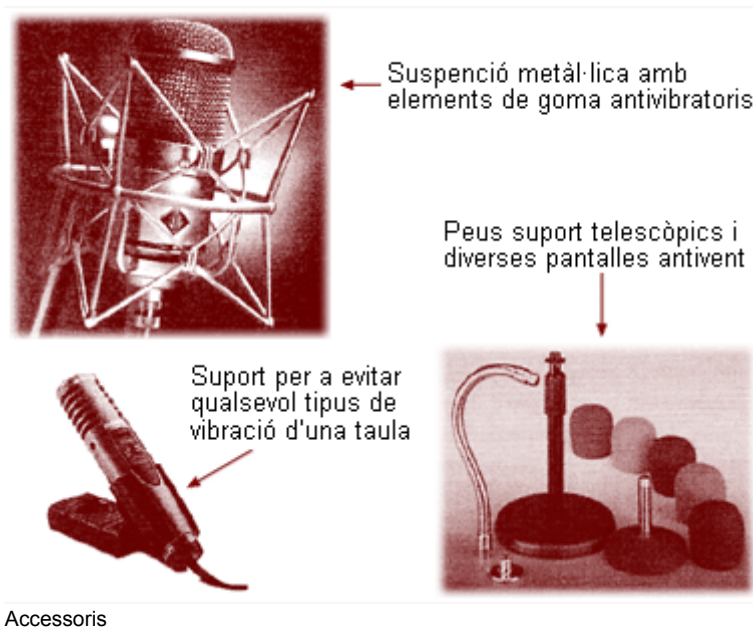


Els avantatges dels micròfons sense fil se centren sobretot en la mobilitat que permeten, per la qual cosa s'han instal·lat definitivament en el món de l'espectacle i de les representacions artístiques.



■ Accessoris de micròfons

Hi ha una infinitat d'accessoris per als micròfons, dissenyats per facilitar-ne la manipulació i per obtenir-ne el màxim rendiment. Cal esmentar els peus de sobretaula i trípodes de terra, els suports, els llums articulats, les girafes, els penjadors telescòpics, els adaptadors, les pinces antivibratòries amb amortiment mecànic, els filtres paravent per a evitar que el micròfon reculli el so de l'aire en exteriors, els filtres antipop, que corregeixen el problema causat en articular la lletra p molt a prop del diafragma.



■ Com obtenir millors enregistraments

Les consideracions a tenir en compte a l'hora de captar so directe són diverses. En primer lloc, s'ha d'analitzar el tipus d'enregistrament a fer, si es tracta de veu, música, o efectes ambientals, etc. En segon lloc, tindrem en compte les característiques acústiques dels espais d'enregistrament. Segons aquests dos factors, es pot seleccionar el tipus de micròfon més adequat a cada cas.

Els fabricants de micròfons ofereixen una àmplia gamma per cobrir totes les situacions que puguem imaginar: per a cantants, entrevistes i per a cada tipus d'instrument musical.

- Un dels principals inconvenients que podem trobar en la captació de so és el soroll, que pot ser produït per un ambient sorollós, per un cablatge inadequat, per l'acció del vent, etc. En qualsevol cas, tingui l'origen que tingui, el soroll s'ha de mantenir com a mínim 20 dB per sota del senyal útil.
- Hem de tenir en compte la sensibilitat del micròfon i si el nostre té una sensibilitat de fins a -55 dBm, només el podem utilitzar molt a prop de la font de so. A partir de -55 dBm el podem utilitzar per a la captació d'ambients o més allunyat de la font sonora.
- Un altre fenomen que sol aparèixer quan gravem en la mateixa sala on té lloc l'acció és el de **realimentació acústica**, ja que el micròfon recull el so de la font i també el del sistema de monitoratge, per la qual cosa es produeix un xiulet intolerable. Sovint, aquest problema se soluciona simplement variant la posició del micròfon, però en cas que persisteixi convé utilitzar un micròfon amb un patró de captació hipercardioida, ja que la seva àrea efectiva és força reduïda i introdueix una atenuació de 10 dB fora de la zona útil. Aquest tipus de micròfon és el més utilitzat en enregistraments de ficció en vídeo.
- Quan es facin enregistraments de paraula, amb un micròfon pròxim, s'ha de tenir en compte que ens apareixerà el fenomen anomenat *popping*, que consisteix en una mena d'explosió en les lletres p, per un cop d'aire fort. Aquest problema es resol interposant un filtre paravent.

- Actualment està molt estès l'ús de micròfons sense fil i, sense cap mena de dubte, requereixen un tracte especial en la col·locació, perquè no n'hi ha prou que no es vegin, sinó que, a més, no han d'ocasionar sorolls per friccions ni per corrents estàtics, i han de poder captar la veu de la manera més correcta possible. Per exemple, si el situem molt a prop del coll de l'actor, el so resulta engolat, sense aguts, per això aquests micròfons corregeixen la resposta en una zona pròxima als 10 KHz. En aquesta freqüència es produeix un realçament de 6 a 8 dB.
- Per gravar so hem de prendre una sèrie de precaucions a fi d'evitar que el resultat final tingui un alt contingut de soroll de fons, propi del sistema electrònic d'enregistrament o d'altres procedències, i a més, per enregistrar so de productes audiovisuals, hem de tenir cura d'altres aspectes que fan referència a la imatge:
 - Hem de situar el micròfon el màxim de pròxim possible de la font de so i, en el cas de programes de ficció en vídeo o cine, el situarem perpendicularment a la línia imaginària del camp de càmera. Normalment va suspès en un penjador, fet que permet molta mobilitat per al seguiment dels actors.
 - Hem d'evitar que el micròfon, si és direccional, quedi massa a prop d'una paret o del sostre, ja que perd la propietat de direccionalitat, atès que l'aire que penetra per les ranures laterals recorre camins incorrectes i perd congruència en rebotar en parets i/o sostres.
 - Sempre hem de dirigir el micròfon de dalt cap a baix.
 - Si gravem en exteriors, ens hem de proveir d'uns auriculars que admetin molt de volum a fi de no confondre si el soroll que sentim és de l'enregistrament o del carrer.
 - Sempre convé gravar sons d'ambient, com a mínim 30 segons, per poder "omplir" possibles silencis o buits en l'edició posterior.
 - Per no introduir ombres en la presa d'imatge i so, sempre s'ha de situar el micròfon amb el penjador com més amunt millor. Si la il·luminació de l'escena prové d'un sol punt de llum, de fer entrar el penjador pel costat oposat, sempre tenint en compte les ombres.



Activitat

- Entreu en la pàgina d'Internet www.cybercollege.org/span/tpv038.htm, on podreu ampliar la informació sobre micròfons i les seves característiques.
-



La presa de so és, des del principi del so aplicat als mitjans audiovisuals o sonors, una complexa especialitat que competeix amb els professionals de la presa directa, veritables mags experts en la captació de la part sonora de l'audiovisual en condicions gairebé sempre difícils.



Pràcticament es pot afirmar que sempre hi ha el micròfon més adequat per a cada necessitat, tant pel que fa als diagrames de captació com a la sensibilitat, les necessitats de fidelitat i la determinació tecnològica o escènica, en el cas dels mitjans audiovisuals o la indústria de l'espectacle.

Una presa de so correcta exigeix un domini complet de la tècnica de captació i el coneixement de les característiques tècniques de l'àmplia gamma de micròfons i accessoris disponibles en la indústria sonora.

Qüestionari

Després d'una lectura atenta del tema, respongueu el qüestionari següent. Contrasteu les vostres respostes amb el

contingut.

1. Què vol dir que un micròfon és un transductor electroacústic?
2. Expliqueu en què consisteix el fenomen de la inducció electromagnètica.
3. Quins problemes origina la desadaptació d'impedàncies entre un micròfon i l'equip gravador?
4. És compatible l'ús d'un micròfon d'alta impedància amb llargues tirades de cable?
5. Necessiten alimentació externa els micròfons de bobina mòbil?
6. Quina diferència hi ha entre un micròfon de condensador i un electret?
7. Per què no utilitzaríem un micròfon de cinta per a preses de so d'exteriors?
8. Si requerim una qualitat molt elevada i una resposta plana en tota la banda audible, quin tipus de micròfon ens pot interessar?
9. Els micròfons amb un diagrama de directivitat en forma de vuit s'anomenen...
10. Els micròfons cardioïdes també s'anomenen...
11. Quan un micròfon capta tot el so que l'envolta, es diu que té un diagrama de directivitat o patró de captació de tipus...
12. Quin és el principal avantatge dels micròfons sense fil?
13. Què produeix el fenomen anomenat de realimentació acústica? Per evitar-ho, quin tipus de micròfon farem servir?
14. Per què convé proveir-se d'auriculars quan gravem al carrer o en ambients sorollosos?
15. Quins problemes pot originar en l'enregistrament d'imatges el penjador a l'extrem del qual s'ubica el micròfon? Com es pot evitar?