

DIGITALITZACIÓ D'ÀUDIO

Digitalització àudio

Senyal Analògic: senyal que pot prendre infinits valors de manera contínua en un interval de temps. Senyals que podem observar a l'oscil·lograma.

Exemples: temperatura, pressió, soroll, velocitat, pes, etc.

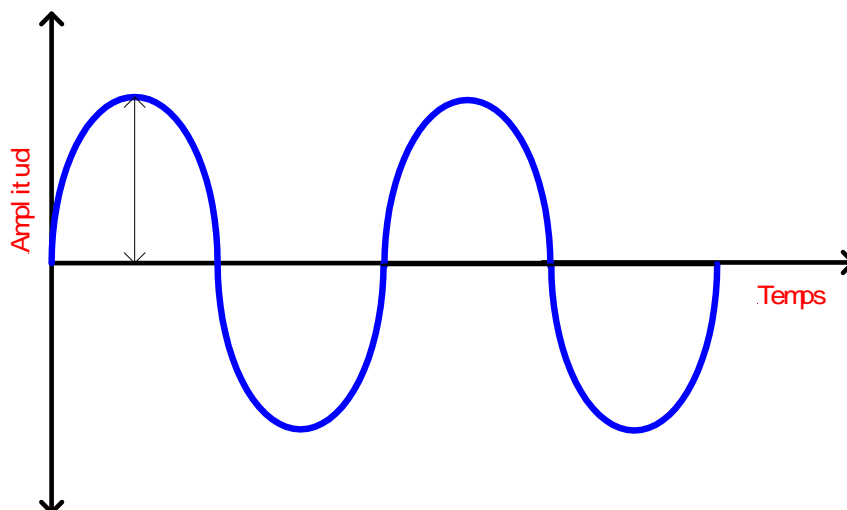


Figura 28 Senyal analògic

Senyal Digital: senyal discontinu que pren valors fixos en determinats instants de temps. Aquests valors estan basats en el sistema binari i són '0' i '1'.

Exemples: obert-tancat, activat-desactivat, connexió-desconnexió, blanc-negre, si-no, tot-res, etc...

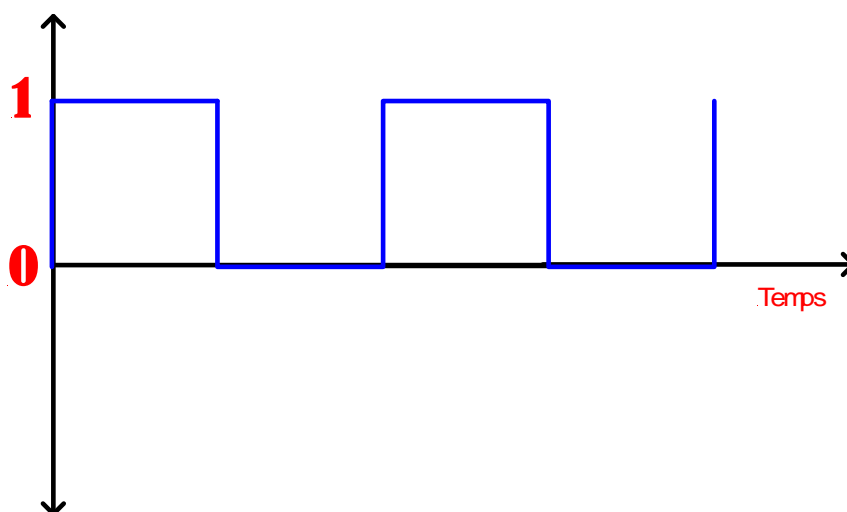


Figura 29 Senyal digital



El tractament d'àudio digital, implica:

- ✚ Convertir l'ona sonora en voltatge elèctric i mesurar aquest voltatge al llarg del temps que dura el so. (senyal analògic)
- ✚ Amplificar i filtrar el senyal per evitar capturar ones que poden embrutar el senyal d'àudio.
- ✚ Convertir aquest senyal elèctric en valors numèrics binaris. Aquesta tasca la realitza un circuit electrònic anomenat ADC (convertidor analògic-digital) que a una determinada freqüència pren valors de l'amplitud del senyal analògic que codificarà en forma de dígit binari ('0' i '1'). (senyal digital)
- ✚ Comprimir aquest senyal en el format més adient segons la necessitat de l'usuari.

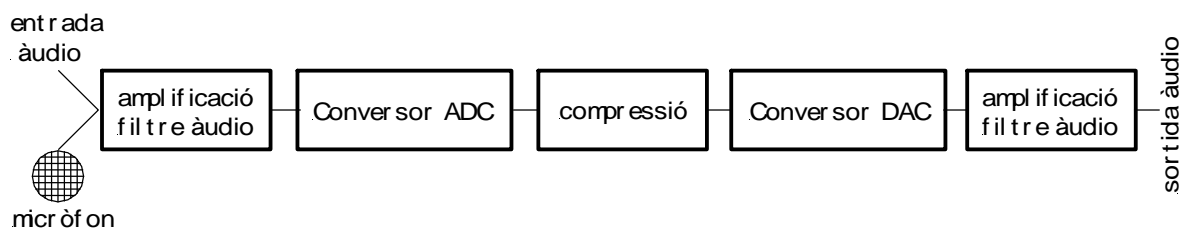


Figura 30 Esquema general del processat d'un senyal d'àudio digital

De la mateixa manera que digitalitzem el senyal d'àudio, si volem escoltar-lo a través d'uns auriculars o uns altaveus hem de realitzar el procés invers per convertir el senyal digital en un senyal apte per l'audició.

- ✚ Conversió digital a analògica, circuit electrònic **DAC**.
- ✚ Filtrar el senyal obtingut per evitar sorolls indesitjats.

Avantatges dels senyals digitals:

- ✚ Immunitat al soroll, només pot prendre dos valors.
- ✚ Fàcils d'emmagatzemar i processar.

Inconvenients dels senyals digitals:

- ✚ El senyal digital necessita un ample de banda més gran per ésser transmès.
- ✚ Necessita d'una conversió analògica-digital prèvia i una descodificació posterior.



1 Conversió Analògic-Digital

La conversió consisteix en realitzar de forma periòdica mesures d'amplitud del senyal d'entrada i traduir-les a un llenguatge numèric.

Els tres processos més importants de la conversió analògica-digital són:

Mostreig – Quantificació - Codificació

1.1 Mostreig

Número de mostres del senyal, adquirides durant un determinat interval de temps.

Freqüència de mostreig: velocitat amb la que es prenen les mostres = $\frac{\text{mostres}}{\text{segon}} = \text{Hertz (Hz)}$

Freqüència de mostreig	Qualitat de so
44KHz = 44000 Hz	CD
22KHz = 22000 Hz	Ràdio FM
11KHz = 11000 Hz	Telèfon

Augmentant la freqüència de mostreig obtenim un senyal més pròxim a l'original i per tant una qualitat de so més elevada.

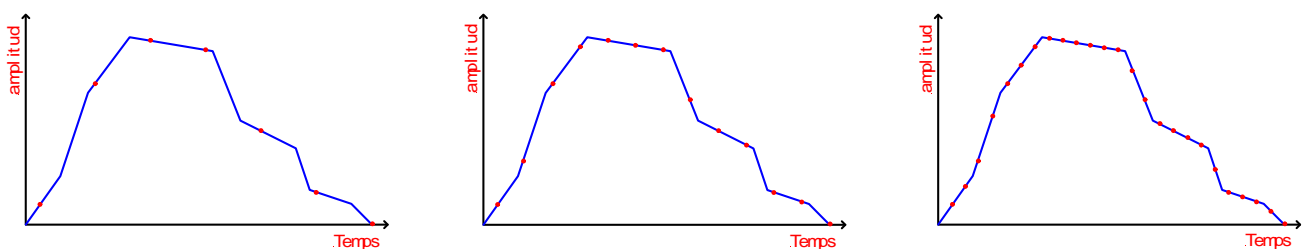


Figura 31 Senyal analògic amb diferents freqüències de mostreig

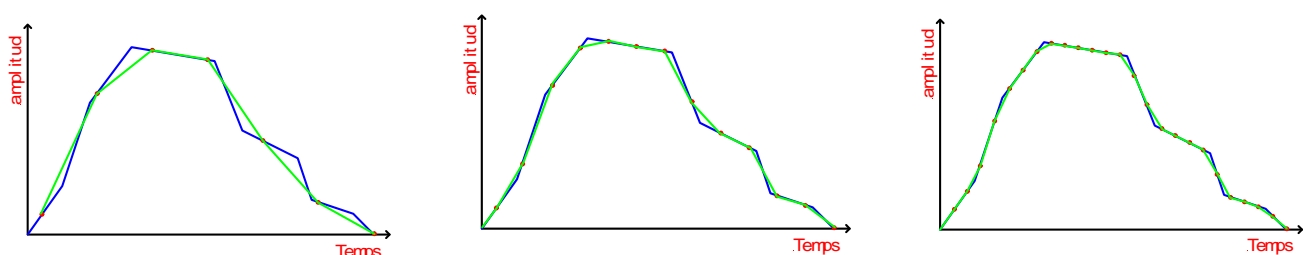


Figura 32 Reconstrucció de l'ona a partir de les freqüències de mostreig de la figura anterior



1.2 Quantificació

Procés que s'encarrega de donar valors numèrics a les mostres obtingudes del senyal analògic, és a dir, mesura el nivell d'amplitud que té cada mostra.

1.3 Codificació

Consisteix a assignar un valor binari a cada una de les mostres quantificades. Com podem observar a la taula següent, amb 4 bits podem representar 16 nivells de quantificació (0-15).

Valors en Sistema Decimal	Conversió a Codi Binari
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

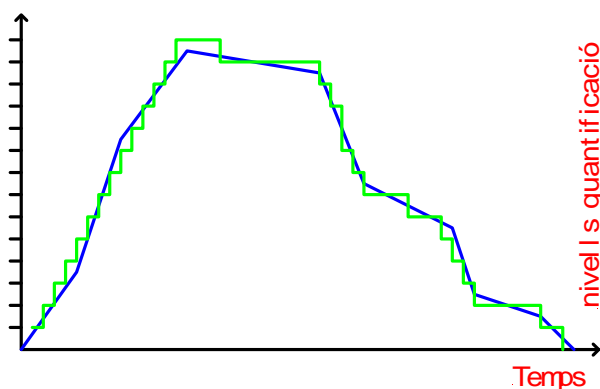
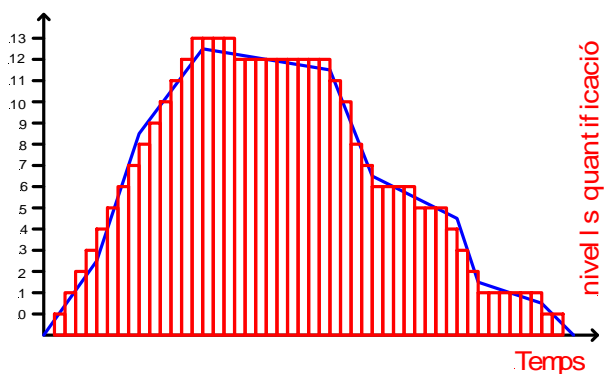


Figura 33 Nivell quantificació de 4bits (16nivells) / Reconstrucció senyal original

Número de bits	Nivells	Qualitat
4 bits	16 nivells (2^4)	
8 bits	256 nivells (2^8)	Telèfon /Radio
16 bits	65.536 nivells (2^{16})	CD àudio



1.4 Resolució

La resolució la determina la freqüència de mostreig i el número de bits que utilitzem per representar els nivells de quantificació. És el mateix que succeeix amb la resolució d'una imatge o d'una televisió, tothom ha sentit parlar o ha vist en alguna full de publicitat aquestes xifres:

Resolució (píxels)	Qualitat
640x480	Molt baixa
800x600	baixa
1024x768	alta
1900x1080	Alta definició

La primera xifra indica el nombre de punts de color que té en l'eix horitzontal i la segona el nombre de punts que té en l'eix vertical. Imaginem que cada quadrat és un píxel, la figura de la dreta ens donarà molt més detall de la imatge que el de l'esquerra.

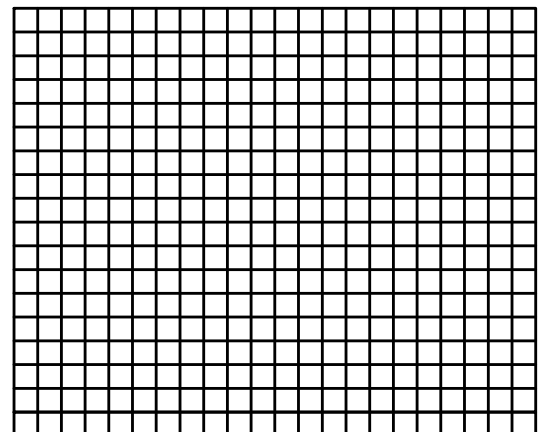
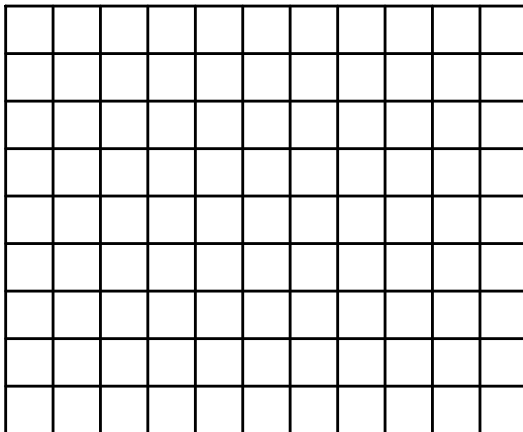


Figura 34 Representació de dos quadres amb resolucions diferents



Figura 35 Imatges amb resolucions diferents 97x130 / 1920x2560

Divisions	paràmetre
verticals	Freqüència mostreig (número mostres)
Horitzontals	Nivells quantificació (número bits)

Per tant la qualitat del so serà millor quan aquests dos paràmetres siguin més grans.

1.5 Canals

L'àudio es pot enregistrar en format mono o en estèreo. El format estèreo consisteix a gestionar dos canals d'àudio que es reproduïxen al mateix temps.

1.6 Mida

Per calcular la mida que ocuparà un segon de so en memòria sense comprimir, només cal multiplicar els paràmetres que hem vist en els apartats anteriors.

$$\text{Mida (Kbytes/segon)} = \text{Freqüència de mostreig} \times \text{n}^{\circ} \text{ bytes quantificació} \times \text{n}^{\circ} \text{ canals}$$

Exemple

Si capturem un fitxer d'àudio de 3 minuts i 15 segons amb una qualitat CD (44000Hz, 2 canals, 16 bits) sense comprimir, el seu pes serà de:

Tamany (Kbytes/segon) = $44000 \text{ Hz} \times 2 \text{ canals} \times 2 \text{ bytes} = 176.000 \text{ bytes/segon} = 172 \text{ Kbytes/segon}$
 3 minuts i 20 segons = 200 segons.

Tamany fitxer = $172 \text{ Kbytes/segon} \times 200 \text{ segons} = 34,4 \text{ Mbytes}$

* Recordeu que un 1 byte = 8 bits

El pes de l'arxiu resultant és considerable, això implica utilitzar grans espais de disc per emmagatzemar aquests arxius d'àudio. Per aquest motiu s'han creat els formats d'arxius comprimits que permeten realitzar captures de so d'alta qualitat sense necessitat d'utilitzar tanta memòria.



Formats d'àudio sense comprimir

CDA (Compact Disc Àudio)

- ✚ Format d'arxiu d'àudio creat per Philips a final de la dècada dels 70.
- ✚ Tenen una freqüència de Mostreig de 44,1KHz, 16 bits de quantificació i canal estèreo.
- ✚ Requereix 172 Kbytes de memòria per segon de so (raó per la qual en un CD convencional amb 650Mbytes de capacitat només hi caben 74 minuts de so).
- ✚ El seu principal avantatge és la qualitat de so, i el seu principal inconvenient és la memòria que requereix.
- ✚ És el suport estàndard de distribució i comercialització de música en Compact Disc.

WAV (Microsoft Waveform)

- ✚ Format d'arxiu d'àudio creat per Microsoft el 1987 amb l'objectiu de que es convertís en el format "estàndard" utilitzat en totes les aplicacions multimèdia de Windows.
- ✚ Admet diferents freqüències de mostreig, quatre qualitats de quantificació (a 8, 16, 24 i 32 bits) i pot ser mono o estèreo.
- ✚ El seu principal avantatge és la seva qualitat de so, i el principal inconvenient és la memòria que necessita.

AIFF (Audio Interchange Format File)

- ✚ Popular en sistemes Apple.
- ✚ Suporta fins a 44.1 KHz i 32 bits de quantificació.



2 Comprensió

Si tenim en compte que la capacitat d'emmagatzematge dels suports físics és finita, la comprensió ens ajuda a reduir la quantitat de dades a transmetre o gravar.

Per realitzar aquesta tasca i comprimir els senyals d'àudio s'utilitzen complexos algoritmes matemàtics desenvolupats per institucions, empreses i plataformes que han finalitzat en la creació dels següents formats.

Formats d'àudio comprimits

MP3 (MPEG audio layer 3)

- ✚ És el format més conegut i utilitzat de tots.
- ✚ Format d'arxiu d'àudio comprimit creat per Thomson Multimèdia i el Fraunhofer Institute de Baviera.
- ✚ Permet emmagatzemar so de gran qualitat amb altes relacions de comprensió.
- ✚ Es caracteritza per eliminar determinades freqüències que no són perceptibles per l'oïda humana.
- ✚ Degut a la seva potent comprensió i la pràcticament nul·la pèrdua de qualitat, és el format estàndard actualment per a la distribució de música per Internet.

Bitrate

El bitrate és un paràmetre que permet configurar la quantitat de comprensió aplicada a l'arxiu de so original. Fixa el número de bits que utilitzem per representar un segon d'àudio. La seva unitat és el kilobit per segon (kbps).

Un bitrate elevat produeix un arxiu amb més qualitat de so, perquè conserva més informació del senyal original, però també genera un arxiu de mida més gran.

Freqüència Hz	canal	bitrate	qualitat	Comprensió
11,025	Mono	8 kbps	Molt baixa	Molt gran
22,050	Estéreo	64 kbps	baixa	Molt Gran
44,100	Estéreo	96 kbps	Acceptable	Gran
44,100	Estéreo	128 kbps	alta	Gran
44,100	Estéreo	196 kbps	Molt alta	gran



RA (Real Àudio)

- ✚ Creat per l'empresa Real Networks.
- ✚ Format d'arxiu d'àudio comprimit molt utilitzat per Internet per a la reproducció en temps real.
- ✚ Disposa d'un potent sistema de descompressió, que permet funcionar sense la necessitat de treballar sobre l'arxiu complet, cosa que permet que els programes de reproducció puguin anar descodificant i reproduint el so a mesura que la informació els va arribant, sense esperar a rebre l'arxiu complet.
- ✚ La seva qualitat és inferior a les dels formats WAV, CDA i MP3, raó per la qual no és utilitzat per la indústria discogràfica.

AAC: (Advanced Audio Coding)

- ✚ És un format exclusiu d'Apple i funciona només amb reproductors iPod.

OGG Vorbis

- ✚ És un format que utilitza tecnologies similars a MP3 y AAC, però amb diferencia important: és completament gratis, lliure de patents i desenvolupat amb codi obert.
- ✚ Utilitzat per plataformes de lliure distribució, sobre tot Linux.
- ✚ Té una qualitat similar als formats MP3, AAC i WMA.
- ✚ És molt popular en el món del software, però és ignorat en el camp dels reproductors musicals.

WMA o MS Àudio (Windows Media Àudio)

- ✚ Format creat per Microsoft per competir amb el MP3.
- ✚ Format d'àudio emprat pel Windows Media Player.

Audio for Unix (AU)

- ✚ Estàndard acústic utilitzat en llenguatge de programació JAVA.



3 Guió de la pràctica

3.1 Programa

L'entorn del programa que farem servir per treballar amb l'àudio digital és el següent:

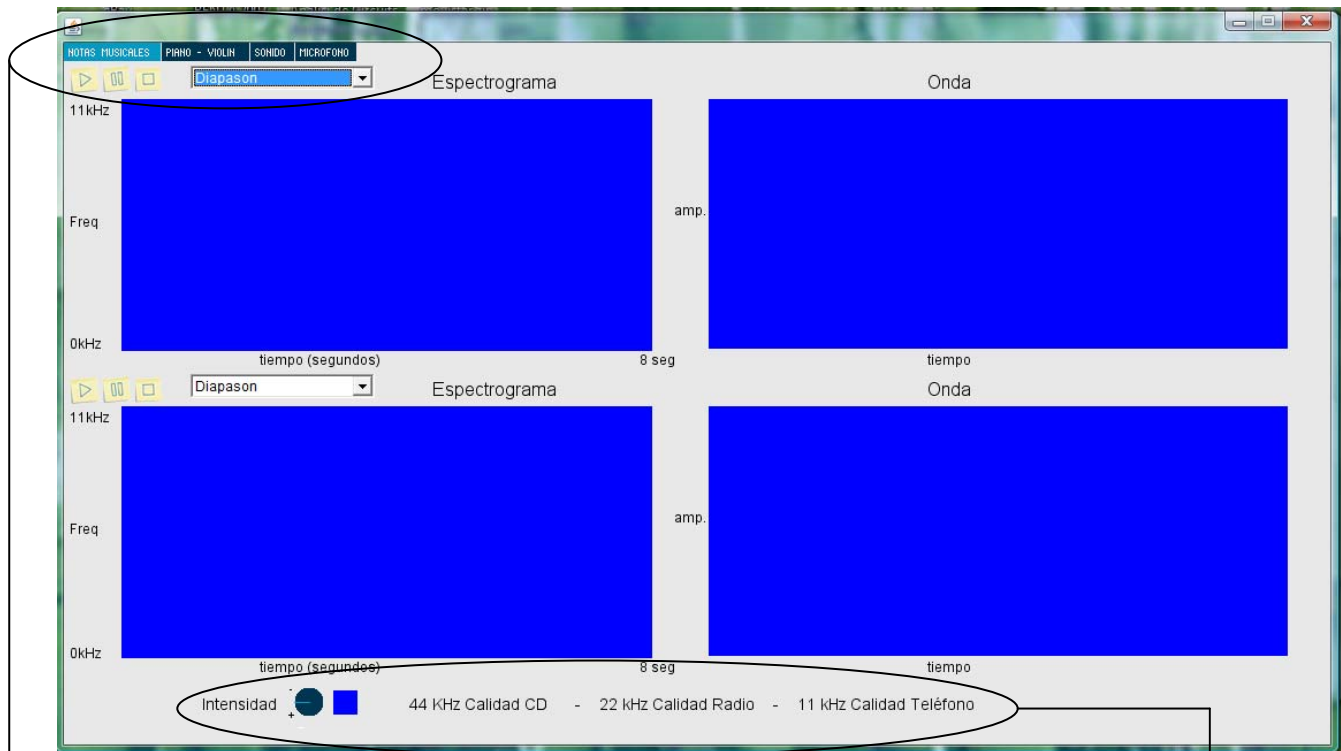


Figura 36 Entorn general programa

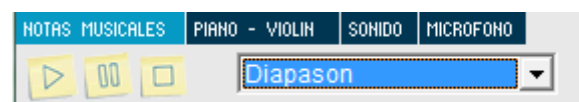


Figura 37 Menú i Controls del programa



Figura 38 Llegenda informativa

Llegenda

Ajuda per interpretar les gràfiques. Només és de caràcter informatiu.

Paràmetre	informació
Intensidad	Relaciona nivell intensitat amb el color que obtenim al espectrograma
Freqüència mostreig	Indica el número de mostres amb el que s'ha digitalitzat el fitxer d'àudio.



Menú

Opcions	funció
Notas musicales	Reproducció de notes musicals
Piano – violín	Reproducció fragments musicals de piano i violí a diferents freqüències de mostreig i nivells de quantificació.
Sonido	Ancho de banda: reproducció d'un fragment de cançó a diferents freqüències de mostreig
	Calidad: reproducció d'un arxiu d'àudio comprimit en diferents qualitats.
	Voz: reproducció dels arxius capturats a l'aparat micròfon.
Microfono	Captura de la veu a diferents freqüències de mostreig.
Llegenda	Ajuda per interpretar les gràfiques. Només és de Caràcter informatiu.

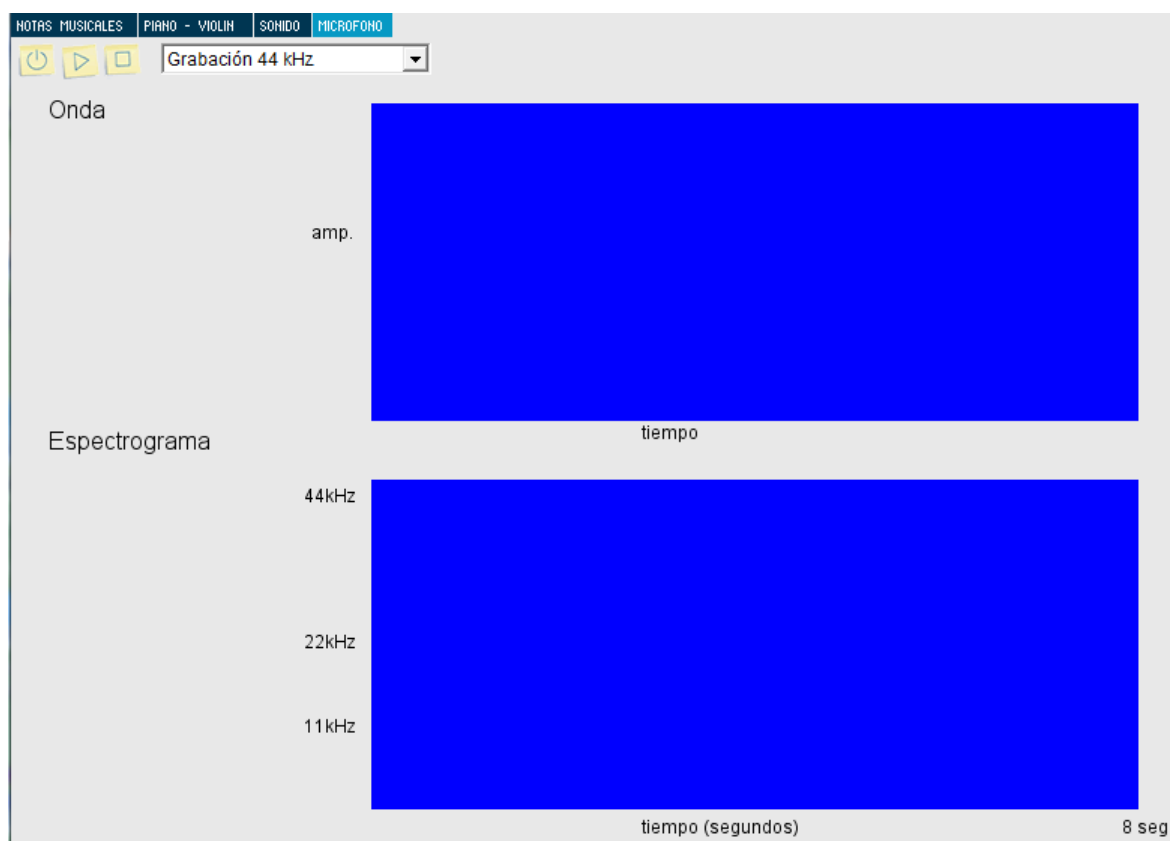


Figura 39 Menú captura de la veu

Play		Posa en marxa la primera pantalla (oscil-lograma)
Gravar		Captura i genera un fitxer d'àudio amb la nostra veu
stop		Atura la captura



3.2 Activitats

ACTIVITAT 1: Diapasó
a) Situa't a la pestanya de "Notas Musicales".
b) Escull l'opció "Diapasón" del menú desplegable.
c) Prem la tecla "Play".
d) Quin tipus d'ona tens a l'oscil·lograma?
e) Per quantes ones de diferents freqüències esta composta aquesta nota?

ACTIVITAT 2: Escombrat
a) Situat a la pestanya de "Notas Musicales".
b) Escull l'opció "Barrido" del menú desplegable.
c) Prem la tecla "Play".
d) Quin tipus d'ona tens a l'oscil·lograma?
e) És constant la freqüència del senyal representat?

ACTIVITAT 3: Escales musicals
a) Situat a la pestanya de "Notas Musicales".
b) Escull l'opció "Escala Violín" del menú desplegable de la primera pantalla.
c) Prem la tecla "Play".
d) Escull l'opció "Escala Guitarra" del menú desplegable de la segona pantalla.
e) Prem la tecla "Play".
f) Són diferents les notes musicals? Que les diferencia?

ACTIVITAT 4: Resolució
a) Situat a la pestanya de "Piano-Violín" i tria un dels instruments.
b) Compara el mateix fitxer d'àudio amb diferents resolucions, reproduint-los a les dues zones de treball de les que disposes.
c) Digues quins són els fitxers de major qualitat.
d) Per què?



ACTIVITAT 5: Compresió
a) Situat a la pestanya de “Sonido”.
b) Escull l’opció “Ancho de Banda” del menú desplegable de la primera pantalla.
c) Escull l’opció “WAV 44KHz” (arxiu d’àudio sense comprimir).
d) Prem la tecla “Play”.
e) Escull l’opció “Calidad” del menú desplegable de la segona pantalla.
f) Escull l’opció MP3 24 kbps (arxiu d’àudio comprimit).
g) Prem la tecla “Play”.
h) Digues si trobes alguna diferència auditiva entre els dos formats d’àudio.

ACTIVITAT 6: Vocals
a) Situat a la pestanya “Micrófono”.
b) Prem la tecla “Play” i observa la teva veu a l’oscil·lograma.
c) Prem la tecla “Gravar” i digues el nom de les vocals a, e, i, o, u lentament i amb nitidesa.
d) Torna a la pestanya “Sonido”.
e) Escull l’opció “Voz” del menú desplegable de la primera pantalla.
f) Prem la tecla “Play”.
g) Diferencia les vocals per la seva freqüència i intensitat

Vocal de freqüència més alta	
Vocal de freqüència més baixa	
Vocal més intensa	

ACTIVITAT 7: Final
a) Joga i prova totes les opcions que et dóna el programa d’àudio digital.

