

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

**ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT EN ELECTRÒNICA
INDUSTRIAL**

MICRÒFONS DE BAIX COST PER LA MONITORITZACIÓ DEL SOROLL URBÀ

Memòria

**ANTONIO ALFONSO RODRÍGUEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA**

TARDOR/PRIMAVERA 2011

**Escola Universitària
Politécnica de Mataró**



Tecnocampus
Mataró-Maresme

Agraïments

Durant el temps que he treballat en la realització del projecte, hi ha hagut moments bons i dolents. En aquest període he coincidit amb diferents persones, i he estat sotmès a diferents situacions i responsabilitats, per sort per a mi molts d'ells són els que m'han ajudat i són als qui tinc molt que agrair. La suma de totes aquestes ajudes han fet possible aquest treball que aquí es presenta.

Al meu projectista D. Joan Altabella per introduir-me en la investigació i ajudar-me a comprendre el món de la acústica dintre del camp electrònic.
Vull agrair a totes aquelles persones que en el seu moment varen fer possible que jo avui fos aquí.

Gràcies.

Resum

Aquest projecte es basa en l'estudi d'un micròfon d'àudio per aconseguir un menor cost en el producte mitjançant una electrònica senzilla. La necessitat d'incorporar al mercat aquest producte ens ha portat a l'execució del projecte on han sigut avaluats diversos circuits per arribar al fi de solucionar l'exposició acústica en la que estem envoltats. Els resultats obtinguts en la part pràctica ens a portat a conèixer el micròfon corresponent per a la realització de medicions d'àudio.

Resumen

Este proyecto se centra en el estudio de un micrófono de audio para conseguir un menor coste en el producto a través de una electrónica sencilla. La necesidad de incorporar al mercado este producto nos ha llevado a la ejecución del proyecto donde han sido evaluados varios circuitos para llegar al fin de solucionar la exposición acústica en la que estamos rodeados. Los resultados obtenidos en la parte práctica nos llevan a conocer el micrófono correspondiente para la realización de mediciones de sonido.

Abstract

The principal objective of this project it's to realize a study of an audio microphone to obtain a minor cost in the product across a simple electronics. The need to incorporate into the market this product has taken us to the execution of the project where several circuits have been evaluated to solve the acoustic exhibition that we are suffering. The results obtained lead us to know the proper microphone for the accomplishment of sound measurements.

Índex.

Índex de figures.....	VII
Índex de taules.	IX
Glossari de termes.	XI
1. Objectius.	1
1.1. Propòsit.	1
1.2. Abast.	1
2. Conceptes bàsics. So i propagació de les ones sonores. [1].....	3
2.1. Introducció.	3
2.2. Mesurament del soroll i la seva escala decibèlica.	4
2.4. Corbes de Fletcher Munson.....	8
2.5. Corbes de Ponderació.	10
2.6. Bandes d’octava.	12
3. Soroll d’Activitats.	13
3.1. Mesurament del soroll d’activitats.....	14
3.2. Tipus de soroll i fonts de soroll.[2].....	14
Figura 3.2.1. Gràfica de soroll continu	15
Figura 3.2.3. Gràfica de soroll impulsiu	16
Figura 3.2.4. Gràfica de soroll de baixa freqüència	17
4. Avaluació del soroll d’activitats.	19
4.1. Ordenança reguladora del soroll i les vibracions.[4].....	19
4.2. Determinació dels nivells d’immissió en ambient exterior.....	21
5. Equips de mesurament.....	23

5.1. Sonòmetres [3]	23
6. Gestió ambiental del soroll.	29
7. Formalització del projecte.	31
8. Conclusions.....	43
9. Referències.....	45

Índex de figures.

Figura 3.2.1. Gràfica de soroll continu	15
Figura 3.2.2. Gràfica de soroll intermitent.....	15
Figura 3.2.3. Gràfica de soroll impulsiu	16
Figura 3.2.5. Gràfica de soroll de baixa freqüència.....	17
Figura 5.1.1. Diagrama de blocs del sonòmetre	24
Figura 5.1.2. Exemple de sonòmetre	28
Figura 7.1.1. Micròfon model B6022AS-C.....	31
Figura 7.1.2. Micròfon model B6027AP	32
Figura 7.1.3. Micròfon model F6035AL.....	32
Figura 7.1.4. Micròfon model F6035AP.....	33
Figura 7.1.5. Micròfon model F9445AL.....	33
Figura 7.1.6. Micròfon model F9745-AP-C.....	34
Figura 7.1.7. Micròfon model F9767AP.....	34
Figura 7.1.8. Micròfon model EM-4F-P	35
Figura 7.1.9. Esquema del circuit implementat I.....	34
Figura 7.1.10. Esquema del circuit implementat II	38
Figura 7.1.11. Gràfica d'interpretació del senyal fast.....	39
Figura 7.1.12. Gràfica d'interpretació del senyal slow.....	40
Figura 7.1.13. Gràfica d'interpretació del senyal ampliat.....	42

Índex de taules.

Taula 3.2. Diagrama de les principals fonts de soroll.	18
Taula 4.1. Valors límit d'immissió.	20
Taula 5.1.1. Diagrama de corbes isofòniques .	26
Taula 5.1.2. Mesura de l'energia transportada.	27
Taula 5.1.3. Mesura del nivell continu.	27
Taula 6.1. Comparativa dels diferents nivells acústics.	30
Taula 7.1.1. Característiques bàsiques dels micros.	35
Taula 7.1.2. Mesures a 1000Hz. (fast)	39
Taula 7.1.3. Mesures a 1000 Hz. (slow)	40
Taula 7.1.4. Gràfica d'interpretació del senyal amb rang ampliat.	41

Glossari de termes.

dB	Decibels
Ld	Índex de pressió de soroll en període de dia
Le	Índex de pressió de soroll en període de vespre
Ln	Índex de pressió de soroll en període de nit
Log	Logaritme
Lp	Nivell de pressió sonora
Pa	Unitat de pressió en pascals
Po	Pressió sonora de referència
RMS	Valor eficaç
SPL	Nivell de pressió del so

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

Aquest projecte té per objectiu l'estudi d'un micròfon de baix cost per la seva implementació. Per poder dur a terme aquest projecte, és important aconseguir uns coneixements adequats sobre el mesurament i avaluació del soroll, i alhora s'obtindrà una realització adequada per l'aplicació.

Aquest projecte haurà de servir per poder implantar el sistema en qualsevol aplicació relacionada amb el tema acústic, s'haurà d'adaptar a qualsevol ús referit amb el soroll i vibracions.

La realització es farà partint d'una informació, on el treball de recerca té un paper important. Dintre d'aquesta recerca analitzarem tots els pros i contres de cada component, ajudant-nos de les bases de càlcul descrites en la ordenança reguladora.

Alhora de portar a terme la construcció real, es necessari fer una sèrie de proves i càlculs reals, d'aquesta forma ens donaria a conèixer amb exactitud el micro necessari per a la realització del projecte.

1.2. Abast.

L'abast del projecte és fer l'aplicació d'un micro de baix cost fent servir els components corresponents per obtenir una bona sonorització omnidireccional.

Cal esmentar, que serà un estudi acústic dintre de normativa vigent basat en unes dades estadístiques en àmbits d'emissió acústica.

El micro implementat s'alimentarà amb una tensió de referència de nou volts (9 V), utilitzant components electrònics amb dimensions de l'electrònica prou reduïdes . El disseny es basa en un estudi previ el qual s'ha revisat i refet en algunes parts.

2. Conceptes bàsics. So i propagació de les ones sonores.

[1]

2.1. Introducció.

Per poder dur a terme un bon estudi i aplicació del micro és necessari definir abans els conceptes bàsics que ens permetrà fer l'anàlisi.

El so és una vibració mecànica que es propaga en un medi, gas, líquid o sòlid, capaç de ser percebuda per l'oïda. El medi en el qual es propaguen les ones sonores ha de tenir massa i elasticitat. En l'aire l'energia de les ones sonores es propaga a una velocitat de 340 m/s.

<i>Substància</i>	<i>Velocitat del so (m/s)</i>
Aire	340
Aigua	1.500
Ferro	6.000
Vidre	5600
Escorça terrestre	Aprox. 8.000

Taula 3.1. Taula de propagació dependent del medi

2.2. Mesurament del soroll i la seva escala decibèlica.

La magnitud que s'utilitza per avaluar la pertorbació de l'estat d'equilibri del medi on es propaga l'ona sonora és la pressió sonora, que és la variació de pressió per sobre i per sota de la pressió atmosfèrica.

Per mesurar la pressió sonora s'utilitza el sistema d'unitats internacional(SI): newtons per m² (N/ m²) o pascals (Pa). 1N/m² equival a 1 Pa.

$$\text{SPL (dB)} = 20 \text{ Log } \frac{P}{P_0}$$

P: pressió sonora en N/m² o pascal
P₀: pressió de referència 2·10⁵ N/m² o pascal

Taula 2.2.1. Fórmula de pressió sonora

El llindar d'audició, és a dir, el nivell mínim de pressió sonora d'un so perquè sigui audible, és de 0,00002 N/m². El llindar del dolor, en què la pressió sonora és tan elevada que arriba a fer mal al timpà, és d'uns 20 N/m².

L'escala logarítmica es construeix de manera que el 0 es correspon amb el llindar de percepció (0,00002 N/m²). Dividint cadascun dels valors de pressió sonora entre 0,00002 N/m², i després aplicant logaritmes, s'obté una escala en què:

El llindar d'audició es correspon amb:

$$\text{Log } \frac{0,00002}{0,00002} = 0 \text{ en l'escala logarítmica}$$

Taula 2.2.2. Fórmula de llindar d'audició

El llindar de dolor es correspon amb:

$$\text{Log } \frac{20}{0,00002} = 6 \text{ en l'escala logarítmica}$$

Taula 2.2.3. Fórmula de llindar de dolor

D'aquesta manera l'escala de $0,00002 \text{ N/m}^2$ a 20 N/m^2 queda comprimida a valors entre 0 i el 6. Una escala logarítmica així construïda s'anomena escala decibèlica i s'expressa en decibels (dB).

El nivell de pressió sonora (L_p) s'expressen en dB, relatiu a la pressió del llindar d'audició anomenada pressió de referència.

Per tant: $0,00002 \text{ N/m}^2$ es correspon amb 0 dB

i 20 N/m^2 es correspon amb 120 dB

Una pressió sonora p es correspon amb el valor:

$$\text{Log} \frac{p}{0,00002} \text{ en l'escala decibèlica}$$

L_p : nivell de pressió sonora en dB

P : pressió sonora en N/m^2

P_0 : pressió sonora de referència = $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

Taula 2.2.4. Fórmula de pressió

Qualsevol dels sons que percebem habitualment és comprès en un nivell de pressió sonora entre 0 dB i 120 dB, tal com es mostra a continuació.

Pressió sonora p N/m²	Nivell de pressió sonora Lp (dB ref. 2 · 10⁻⁵ N/m²)	
200	140	A 25 m de l'enlairament d'un avió
63	130	
20	120	Llindar del dolor
6,3	110	
2	100	Gran rotativa
0,63	90	
0,2	80	Carrer molt sorollós
0,063	70	
0,02	60	Veü normal a 1 m
0,0063	50	
0,002	40	Microordinador de sobretaula
0,00063	30	
0,0002	20	Estudi d'enregistrament de so
0,000063	10	
0,00002	0	Llindar d'audició

Taula 2.2.5. Nivells de pressió sonora

2.3. Freqüència.

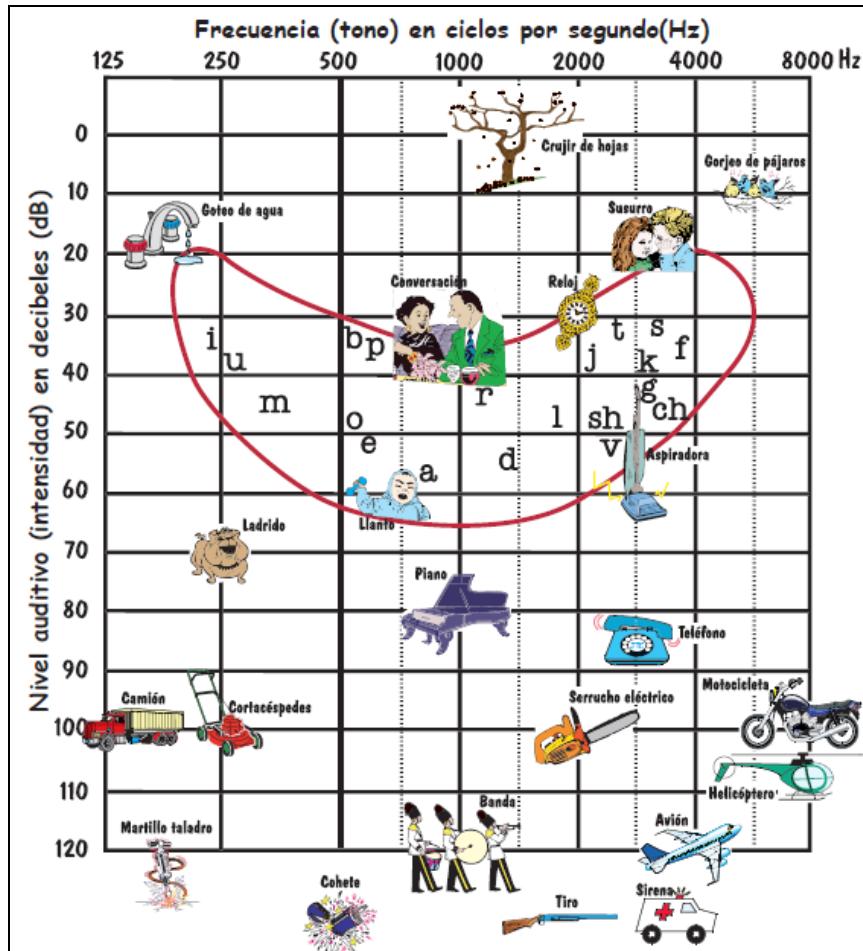
La freqüència del so es medeix en cicles per segon (s^{-1}) o en Hertz (Hz).

La mesura es pot iniciar en qualsevol punt de la ona, sempre que termini on va començar. El numero de vegades que això succeeix en un segon es la freqüència de la ona. Contra mes cicles per segon mes alt és el so. Cada freqüència d'un so es produeix en un to diferent.

La banda de freqüències audibles es divideix en tres parts:

- **Tons greus** : de 125 Hz a 250 Hz.
- **Tons mitjos** : de 500 Hz a 1000 Hz.
- **Tons aguts** : de 2000 Hz a 4000 Hz.

Quan aquestes vibracions de l'aire son percebudes per les nostres oïdes , aquestes es transformen en senyals elèctriques que poden ser enteses pel nostre cervell. Un micròfon actua de manera similar transformant les vibracions acústiques en elèctriques de manera que puguin guardar-se, manipular-ne i reproduir-se. A aquesta senyal se la denomina senyal analògica. La forma d'ona més senzilla es la denominada ona sinusoidal, que es caracteritza per tindre una freqüència i una amplitud constant.



Taula 3.1. Gràfica auditiva de freqüència respecte nivell auditiu

2.4. Corbes de Fletcher Munson

Com hem assenyalat, l'oïda humana és un instrument registrador extremadament sensible ; és capaç de percebre vibracions de l'aire de l'ordre de 10^{-11} m, encara que evidentment aquesta sensibilitat no és la mateixa per a tots els individus ni per a totes les freqüències. Fletcher i Munson van ser els primers investigadors que en els anys 30 van establir la sensibilitat humana a sons de diversa amplitud i freqüència, demostrant que la sensibilitat de l'oïda és extremadament depenent de la freqüència, registrant una sensibilitat màxima entre 3 i 4 KHZ. Per damunt i sota aquestes freqüències els sons es perceben més feblement.

Segons aquests resultats resulta evident que conèixer el SPL d'un so no proporciona suficient informació sobre la seva sonoritat ("quant" de fort ho percebem); caldria indicar la seva freqüència i conèixer el grau de sensibilitat a aquesta última.

A fi de donar una mesura el més fidel possible de la "sonoritat" d'un so, Fletcher i Munson van establir una mesura per a la sonoritat i una sèrie de corbes d'igual sonoritat per a diversos nivells de pressió acústica, des del llindar d'audició (0 dB), a nivells nocius per a la salut (120 dB), en intervals de 10 dB. Observi que utilitzem el terme sonoritat per descriure el nivell de sensació que produeix un so. La unitat de sonoritat phon, és la que correspon a un so de 1000 Hz expressat en dB.

Per determinar la sonoritat d'una nota de qualsevol freqüència F, es determina el SPL en dB d'un so de 1000 Hz que proporioni la mateixa sensació de volum sonor.

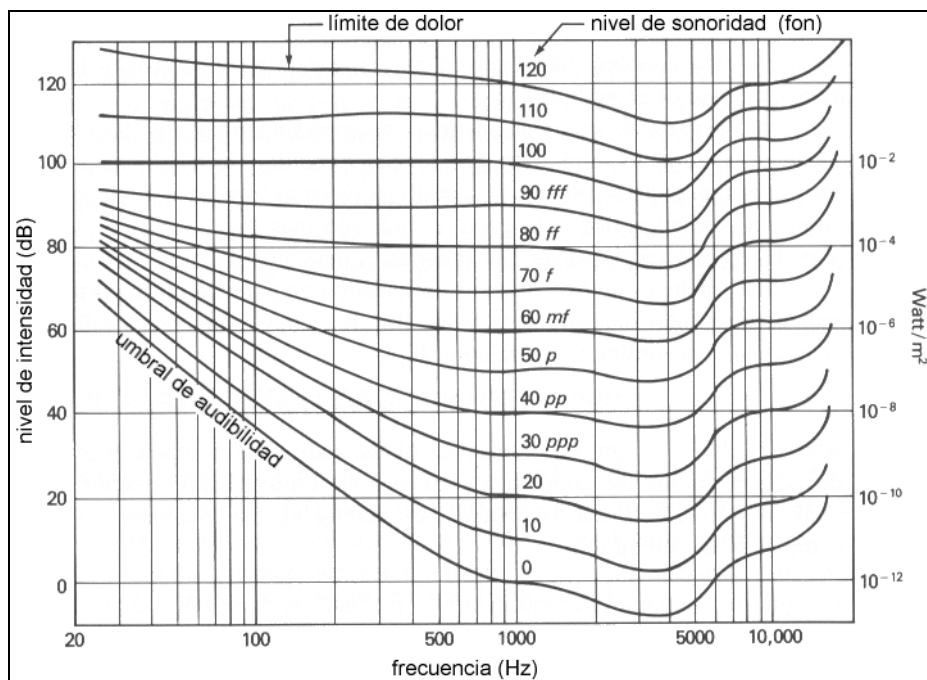


Figura 2.4. Corbes de Fletcher Munson

Les corbes situades a la dreta dels 1.000 Hz tenen un traçat molt semblant, repetit en tots els nivells en acusat contrast amb les variacions a baixes freqüències. Tenint una corba com el nivell inicial, si s'augmenta en decibels, suposarà com si donéssim desplaçament a

la corba paral·lelament i així mateixa i cap amunt una quantitat constant, encaixant d'una forma aproximada la part de la corba situada a la dreta dels 1.000 Hz, amb la línia homòloga del nivell superior, mentre que la part de l'esquerra quedarà elevada de forma creixent segons disminueixen les freqüències

2.5. Corbes de Ponderació.

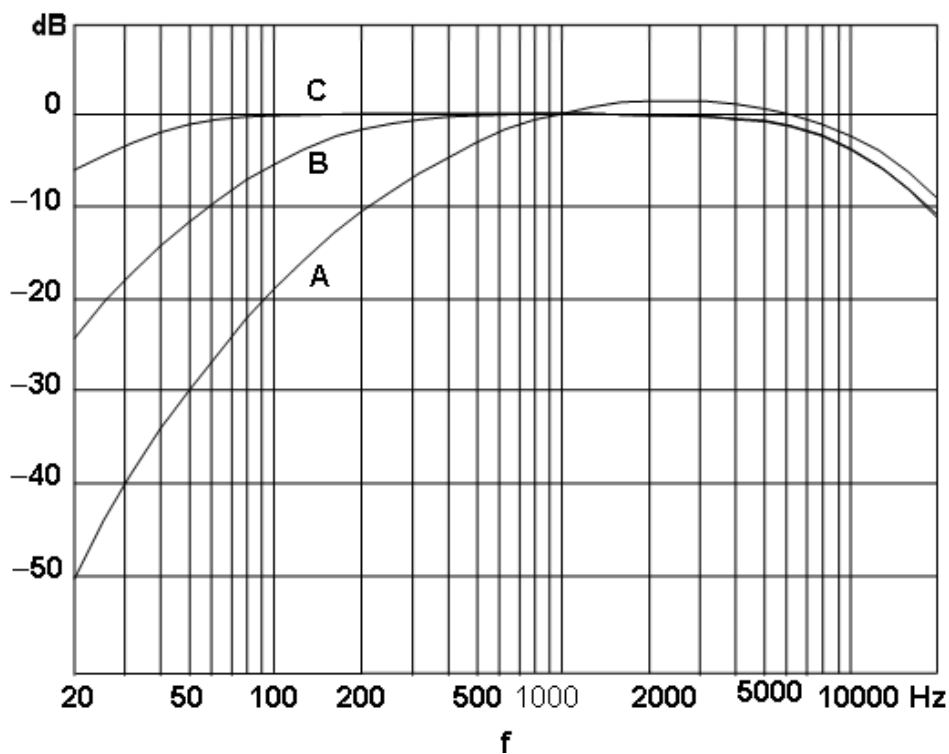
El nostre sistema auditiu és capaç en termes generals, de captar freqüències entre 20 i 20.000 Hz, però la resposta de la nostra oïda no es lineal. L'oïda humana es fa més notable per a nivells de pressió sonora baixos que no a tons greus o freqüències altes.

L'oïda humana no és sensible de la mateixa manera a les diferents freqüències. Així, per a un mateix nivell de pressió sonora, un soroll serà tant més molest com més gran proporció d'altres freqüències contingui. Basant-se en les corbes de sonoritat de l'oïda humana es van definir una sèrie de filtres amb la pretensió de ponderar el senyal recollit pel micròfon d'acord amb la sensibilitat de l'oïda, atenuant les freqüències baixes, per poder reflectir un nivell sonor representatiu de la sensació de soroll realment rebuda.

Per tenir en compte aquesta sensibilitat s'introdueix en la mesura del soroll el concepte de filtres de ponderació. Aquests filtres actuen de manera que els nivells de pressió de cada banda de freqüència són corregits en funció de la freqüència segons unes corbes de ponderació. Amb aquest criteri s'han definit diversos filtres, sent els més coneguts els denominats A, B, C i D.

Ponderacions	Caracterització
A	És la xarxa de ponderació més comunament utilitzada per a la valoració de dany auditiu i intel·ligibilitat de la paraula. Empleada inicialment per analitzar sons de baixa intensitat, és avui, pràcticament, la referència que utilitzen les lleis i reglaments contra el soroll produït a qualsevol nivell. El nivell de pressió sonora s'expressa en *dB(A).
B	Creada per modelar la resposta de l'oïda humana a intensitats mitjanes. No obstant això, en l'actualitat és molt poc empleada (una gran quantitat de sonòmetres ja no la contemplen).
C	En els seus orígens es va crear per modelar la resposta de l'oïda davant sons de gran intensitat. En l'actualitat, ha guanyat prominència en l'avaluació de sorolls en la comunitat, així com en l'avaluació de sons de baixa freqüència en la banda de freqüències audibles.
D	Aquesta xarxa de compensació té la seva utilitat en l'anàlisi del soroll provocat pels avions.

Taula 2.5.1 Taula resum de les corbes de ponderació



Taula 2.5.2 Gràfica de les corbes de ponderació

2.6. Bandes d'octava.

L'octava és un interval de freqüències per l'oïda, que l'anomenada anàlisi de banda d'octaves ha estat definit com una norma per a l'anàlisi acústica. L'anàlisi del mesurament de sorolls amb el filtre de ponderació A permet resoldre la major part, però a vegades és necessari conèixer el seu espectre per freqüències.

Per analitzar l'espectre del camp audible entre 20 i 20.000Hz aquest s'ha dividit en deu bandes de freqüències. Cada un d'aquestes bandes són consecutives, ocupen una amplada de freqüències de l'espectre anomenat banda d'octava i cada banda s'anomena pel valor de la freqüència central. Aquest valor està normalitzat i com a característica cada un d'aquests valors és el doble de l'anterior i la meitat del precedent.

El gràfic 3.5.1 mostra un espectre típic, de banda d'octava, on s'usen les freqüències estàndard ISO de la banda de les octaves. Cada banda d'octaves té una amplària de banda del voltant del 70% de la seva freqüència central. Aquest tipus d'espectre es diu banda a percentatge constant, perquè cada banda té la seva amplària que és un percentatge constant de la seva freqüència central. En altres paraules les bandes d'anàlisi es fan mes amples en proporció a les seves freqüències centrals.

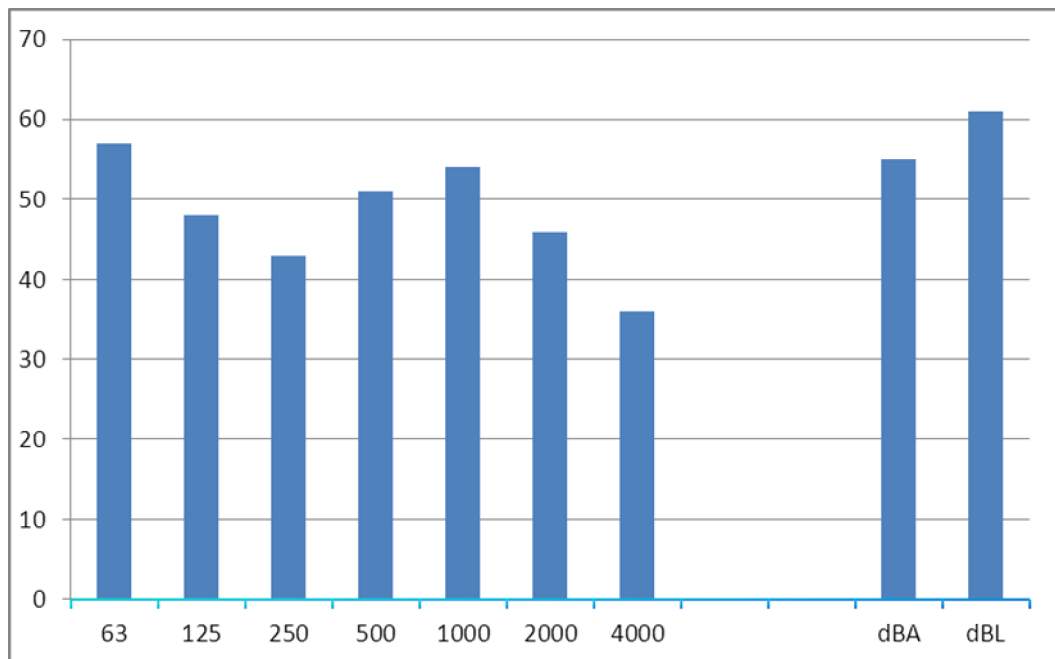


Figura 2.6 Soroll mesurat de les bandes d'octava

3. Soroll d'Activitats.

En el grup de soroll d'activitats s'inclouen totes les activitats comercials, de serveis o industrials, regulades pel Reglament d'activitats (Ordenança Reguladora del Soroll i les Vibracions), que estan subjectes al tràmit de llicència municipal.

Les activitats classificades, les quals en endavant s'anomenaran simplement activitats, són una de les causes més freqüents de molèsties a causa del soroll, quan són contigües a habitatges. Ara podem classificar en dos tipus de transmissió el soroll:

- Transmissió per via aèria
- Transmissió per estructura

Les transmissions per via aèria són les originades per torres de refrigeració o de ventiladors.



Les transmissions per estructura són aquelles que s'originen quan l'emissor i el camí de propagació estan en contacte per via sòlida.



3.1. Mesurament del soroll d'activitats.

A l'hora de determinar el nivell de soroll produït per activitats cal tenir en compte les consideracions següents:

- Descripció de l'entorn:

És molt important la descripció de l'entorn de mesura, degut a que la influeix la situació entre la font emissora i el receptor. Anteriorment en determinat els esquemes corresponents dels dos possibles camins de propagació del so.

- Equips de mesurament:

S'ha d'utilitzar un sonòmetre de classe 1 o de classe 2, i s'ha de calibrar abans i després dels mesuraments. En els mesuraments a l'exterior s'ha de fer servir una pantalla antivent.

3.2. Tipus de soroll i fonts de soroll.[2]

El Soroll no és Només Soroll

A casa i en el treball sovint sentim sorolls, procedents de sistemes de ventilació o de calefacció, als quals difícilment podem esment ja que no tenen característiques destacables. Aquests sorolls mai paren i no tenen to, però si de sobte el ventilador es parés o comencés a zumbiar, el canvi podria cridar-nos l'atenció o fins i tot molestar-nos. La nostra oïda reconeix informació en els sons que escoltem. La informació que no necessitem o que no volem passa a ser soroll. Les característiques del soroll que ens fan atendre i parar esment són tons o canvis en el nivell sonor. Com més destacable sigui el to o més abrupte el canvi de nivell sonor, més perceptible és el soroll.

Quan mesurem el soroll, necessitem saber el tipus de soroll que és amb la finalitat de que puguem seleccionar els paràmetres a mesurar, l'equip a usar i la durada dels mesuraments. Sovint hem d'utilitzar la nostra oïda per captar i subratllar les característiques molestes del soroll, abans de començar a prendre mesures, analitzar-les i documentar-les.

Soroll Continu

El soroll continu es produeix per maquinària que opera de la mateixa manera sense interrupció, per exemple, ventiladors, bombes i equips de procés. Per determinar el nivell de soroll és suficient mesurar durant uns pocs minuts amb un equip manual. Si s'escolten tons o baixes freqüències, pot mesurar-se també l'espectre de freqüències per a una posterior anàlisi i documentació

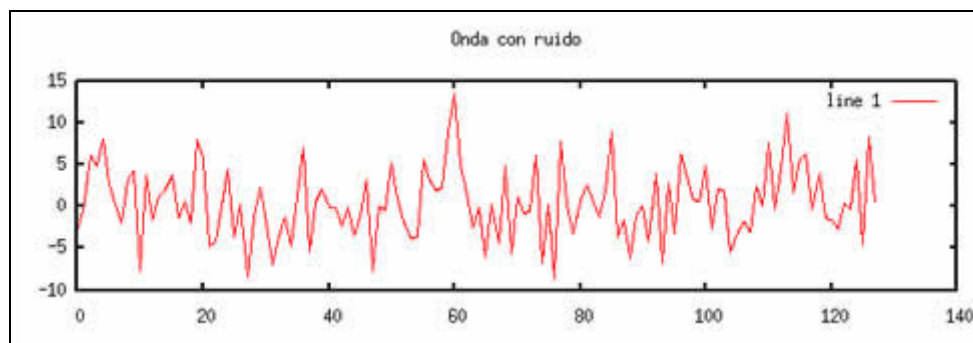


Figura 3.2.1. Gràfica de soroll continu

Soroll Intermitent

Quan la maquinària opera en cicles, o quan passen vehicles aïllats o avions, el nivell de soroll augmenta i disminueix ràpidament. Per a cada cicle d'una font de soroll de maquinària, el nivell de soroll pot mesurar-se simplement com un soroll continu. Però també ha d'anotar-se la durada del cicle. El pas aïllat d'un vehicle o aeronau es diu succés. Per mesurar el soroll d'un succés, es mesura el nivell d'exposició sonora, que combina en un únic descriptor tant el nivell com la durada. El nivell de pressió sonora màxim també pot utilitzar-se. Pot mesurar-se un nombre similar de successos per establir una mitjana fiable.

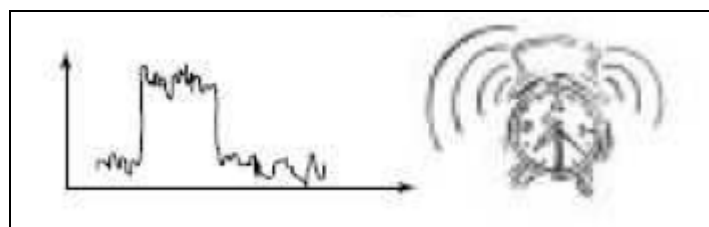


Figura 3.2.2. Gràfica de soroll intermitent

Soroll Impulsiu

El soroll d'impactes o explosions, per exemple d'un martinet, toquejadora o pistola, és anomenat soroll impulsiu. És breu i abrupte, i el seu efecte sorprenent causa major molèstia que l'esperada a partir d'una simple mesura del nivell de pressió sonora. Per quantificar l'impuls del soroll, es pot utilitzar la diferència entre un paràmetre amb resposta ràpida i un de resposta lenta. També haurà de documentar-se la taxa de repetició dels impulsos (nombre d'impulsos per segon, minut, hora o dia).

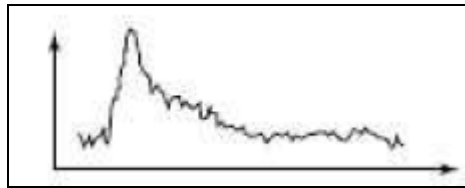


Figura 3.2.3. Gràfica de soroll impulsiu

Tons en el Soroll

Els tons molestos poden veure's generats de dues maneres: Freqüentment les màquines amb parts rotatives tals com a motors, caixes del canvi, ventiladors i bombes, creen tons. Els desequilibris o impactes repetits causen vibracions que, transmeses a través de les superfícies a l'aire, poden ser sentits com a tons. També poden generar tons els fluxos polsants de líquids o gasos que es produeixen per causa de processos de combustió o restriccions de flux. Els tons poden ser identificats subjectivament, escoltant-los, o objectivament mitjançant anàlisis de freqüències. La audibilitat es calcula llavors comparant el nivell del to amb el nivell dels components espectrals circumdants. També haurà de documentar-se la durada del to.

Soroll de Baixa Freqüència

El soroll de baixa freqüència té una energia acústica significant en el marge de freqüències de 8 a 100 Hz. Aquest tipus de soroll és típic en grans motors dièsel de trens, vaixells i plantes d'energia i, ja que aquest soroll és difícil d'esmoreir i s'estén fàcilment en totes adreces, pot ser sentit a molts quilòmetres. El soroll de baixa freqüència és més molest que el que es caldria esperar amb una mesura del nivell de pressió sonora ponderat A. La diferència entre el nivell sonor ponderat A i el ponderat C pot indicar l'existència o no d'un problema de soroll de baixa freqüència. Per calcular la audibilitat de components de baixa freqüència en el soroll, es mesura l'espectre i es compara amb el llindar auditiu. Els infrasons tenen un espectre amb components significants per sota de 20 Hz. Ho percebem no com un so sinó més aviat com una pressió. L'avaluació dels infrasons és encara experimental i en l'actualitat no està reflectit en les normes internacionals

Abans de començar a fer una mesura es molt important sàpiguen les característiques de les fonts de soroll i el tipus de soroll que genera. Un mateix soroll pot ser més o menys molest segons la seva tipologia. Es convenient adequar la mesura al tipus de soroll que anem a tractar.

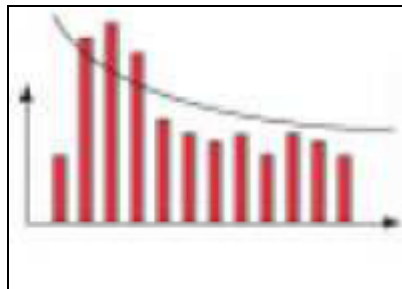
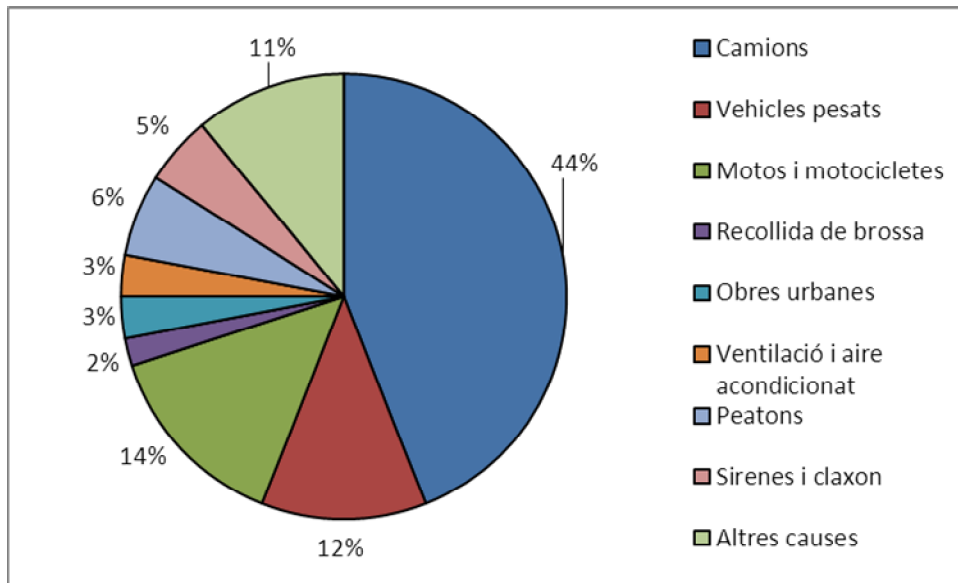


Figura 3.2.4. Gràfica de soroll de baixa freqüència



Taula 3.2. Diagrama de les principals fonts de soroll

Sembla que hi ha un acord bastant generalitzat per establir les fonts que produeixen el soroll a les nostres ciutats:

- transport (de vehicles, aeri i ferroviari),
- activitats industrials i de comerç,
- construcció d'edificis i infraestructures,
- domèstica (aparells instal·lats en les llars)
- activitats d'oci

4. Avaluació del soroll d'activitats.

4.1. Ordenança reguladora del soroll i les vibracions.[4]

En aquest capítol es pretén descriure el procediment actual de les principals causes de preocupació ciutadana, ja que incideix en la qualitat de vida de les persones. En l'àmbit de la Unió Europea, la Directiva 2002/49/CE, del Parlament Europeu i del Consell, de 25 de juny de 2002, sobre avaluació i gestió del soroll ambiental, ha obligat a un procés de transposició de les seves normes al Dret intern dels estats membres.

Els articles 43 i 45 de la Constitució estableixen el manament de tots els poders públics de protegir la salut i el medi ambient, en la qual s'inclou la protecció davant la contaminació acústica. Així, a escala estatal s'han promulgat la Llei 37/2003, de 17 de novembre, del soroll, el Reial decret 1513/2005, de 16 de desembre, que la desplega pel que fa a l'avaluació i gestió del soroll ambiental i el Reial decret 1367/2007, de 19 d'octubre, que la desplega pel que fa a zonificació acústica, objectius de qualitat i emissions acústiques.

A Catalunya, els articles 27 i 46 de l'Estatut d'Autonomia estableixen el dret de totes les persones a la protecció davant les diferents formes de contaminació i que les polítiques ambientals dels poders públics han de dirigir, entre d'altres finalitats, a la reducció de les diferents formes de contaminació, mitjançant l'adopció de les corresponents polítiques públiques.

En aquest marc s'insereixen la Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica, el Decret 245/2005, de 8 de novembre, pel qual es fixen els criteris per a l'elaboració de mapes de capacitat acústica i el Decret 176/2009, de 10 de novembre, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 16/2002, de 28 de juny, i se n'adapten els annexos.

Finalment, pel que fa a l'Administració local, l'article 84 de l'Estatut d'Autonomia de Catalunya garanteix als ens locals competències pròpies en la formulació i gestió de polítiques per a la protecció del medi ambient, i aquesta atribució també es fa als articles 25 de la Llei 7/1985, de 2 d'abril, de bases del règim local i 66 del Text refós de la Llei

municipal i de règim local de Catalunya, aprovat pel Decret legislatiu 2/2003, de 28 d'abril.

A continuació es descriu l'Annex 3 Immissió sonora aplicable a l'ambient exterior produïda per les activitats, incloses les derivades de les relacions de veïnat; els requisits mínims que ha d'incloure un projecte de soroll i vibracions segons l'ordenança reguladora.

L'àmbit d'aplicació del soroll està sotmès al soroll produït pel veïnatge, procedent de les activitats domèstiques, el funcionament d'electrodomèstics i els aparells diversos. El període d'avaluació és de 180 minuts per a l'horari diürn i 120 minuts per a l'horari vespertí i l'horari nocturn.

Zones de sensibilitat acústica i usos del sòl	Valors límit d'immissió en dB(A)		
	Ld(7 h – 21 h)	Le(21 h – 23 h)	Ln(23 h – 7 h)
ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA ALTA (A)			
(A2) Predomini del sòl d'ús sanitari, docent i cultural	50	50	40
(A3) Habitatges situats al medi rural	52	52	42
(A4) Predomini del sòl d'ús residencial	55	55	45
ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA MODERADA (B)			
(B1) Coexistència de sòl d'ús residencial amb activitats i/o infraestructures de transport existents	60	60	50
(B2) Predomini del sòl d'ús terciari diferent a (C1)	60	60	50
(B3) Àrees urbanitzades existents afectades per sòl d'ús industrial	60	60	50
ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA BAIXA (C)			
(C1) Usos recreatius i d'espectacles	63	63	53
(C2) Predomini de sòl d'ús industrial	65	65	55

Taula 4.1. Valors límit d'immissió

Valors d'atenció: en les activitats existents en zones urbanitzades existents i per als usos de sòl (B3), (C1) i (C2), el valor límit d'immissió s'incrementa en 5 dB(A)

Un cop es disposa d'aquesta documentació s'ha de complimentar tots els valors amb el seu límit establert, aquesta determinació dels nivells d'immissió be determinada d'acord amb l'establir en el Decret 176/2009, de 10 de novembre.

4.2. Determinació dels nivells d'immissió en ambient exterior.

Els mesuraments es poden realitzar en continu durant tot el període d'avaluació o mitjançant mesuraments representatius de cada fase de soroll.

Per obtenir mesuraments representatius, se n'han de dur a terme com a mínim 3, els quals es consideren vàlids quan la diferència entre els valors extrems obtinguts és menor o igual a 3 dB(A). El resultat és la mitjana energètica dels 3 valors que compleixin aquesta condició. Si la diferència fos més gran, s'ha d'augmentar el temps de cada mesurament i dur-ne a terme una nova sèrie fins que la diferència entre 3 valors sigui inferior a 3 dB(A). En cas contrari, s'ha de justificar que aquesta diferència és conseqüència del funcionament normal de l'activitat.

Les condicions de mesurament són les següents:

- a) Els mesuraments s'han de dur a terme en condicions meteorològiques representatives de l'indret on es mesura, la velocitat del vent en el punt d'avaluació ha de ser inferior a 5 m/s i cal usar sempre els equips amb pantalla paravent.

- b) Quan la finalitat dels mesuraments sigui la inspecció i el control d'activitats o del soroll de veïnat, les persones titulars o usuàries d'aparells generadors de sorolls, tant a l'aire lliure com a establiments o locals, han de facilitar als/a les inspectors/es l'accés a les seves instal·lacions o fonts d'emissió de soroll i han de disposar el seu funcionament a les diferents velocitats, càrregues o marxes que indiquin aquests inspectors, els quals podran presenciar tot el procés operatiu.
- c) L'emplaçament del mesurament s'ha de determinar segons l'escenari que s'hagi d'avaluar.
- d) En les edificacions, el nivell d'immissió de soroll a l'ambient exterior es mesura situant, sempre que sigui possible, el micròfon al mig de la finestra completament oberta de les dependències d'ús sensible al soroll (dormitoris, sales d'estar, menjadors, despatxos d'oficina, aules escolars o d'altres dependències assimilables).
- e) En els altres supòsits, s'ha de situar el micròfon entre 1,5 i 4 metres d'altura sobre el nivell del sòl, i:
 - 1. A peu de carrer, entre 0,5 i 2 metres de distància de les façanes amb dependències d'ús sensible dels receptors.
 - 2. En les zones encara no construïdes però destinades a l'edificació, en el pla d'emplaçament de la façana més exposada al soroll.
- f) Per determinar el nivell d'immissió, s'ha de tenir en compte el so incident, és a dir, no s'ha de recollir el so reflectit en el parament vertical mateix.
- g) En el cas de mesuraments d'aerogeneradors dels parcs eòlics, la direcció del vent ha de ser $\pm 45^\circ$ des de l'aerogenerador cap al punt de mesurament, i la velocitat del vent, mesurada a 10 metres d'alçada, ha de ser d'entre 6 i 8 m/s.
- h) Abans i després dels mesuraments, s'ha de fer una verificació acústica de la cadena de mesurament mitjançant calibrador acústic que garanteixi un marge de desviació no superior a 0,5 dB(A) respecte del valor de referència inicial.

5. Equips de mesurament.

5.1. Sonòmetres [3]

Aquest instrument de mesura serveix exclusivament per mesurar nivells de pressió sonora en dB (dels quals depèn l'amplitud i, per tant, la intensitat acústica i la seva percepció, la sonoritat).

La norma IEC 61672 (a Espanya, UNE-EN 61672) , emeses pel CEI (Comissió Electrotècnica Internacional), estableixen, per a l'àmbit europeu, les normes que han de seguir els fabricants de sonòmetres. S'intenta que totes les marques i models ofereixin un mateix mesurament davant un so donat. La CEI també es coneix per les seves sigles en anglès: IEC (International Electrotechnical Commission), per la qual cosa les normes adduïdes també es coneixen amb aquesta nomenclatura: IEC 60651 (1979) i l'IEC 60804 (1985).

A més, en tots els països, normes nacionals i internacionals classifiquen els sonòmetres en funció del seu grau de precisió. A Espanya i altres països europeus se segueix la norma CEI 60651, on s'estableixen 3 tipus en funció del seu grau de precisió.

De més a menys:

- Sonòmetre de classe 0: S'utilitza en laboratoris per obtenir nivells de referència.
- Sonòmetre de classe 1: Permet el treball de camp amb precisió.
- Sonòmetre de classe 2: Permet realitzar mesuraments generals en els treballs de camp.

El diagrama de blocs de tot sonòmetre conté, almenys, els següents:

- 1.– Micròfon. Converteix les variacions de pressió sonora en variacions equivalents de senyal elèctric.
- 2.– Preamplificador. Transforma l'alta impedància del micròfon en baixa.
- 3.– Xarxes de ponderació en freqüència. Fan que la resposta en freqüència del sonòmetre sigui semblant a la de l'oïda humana
- 4.– Detector integrador. Converteix el senyal altern en contínua.
- 5.– Ponderació temporal. Ajusta la constant de temps que s'utilitzarà en les mesures, i amb això determina la velocitat de resposta del sonòmetre enfront de les variacions de pressió sonora.
- 6.– Indicador analògic o digital. Visualitza el resultat de les mesures

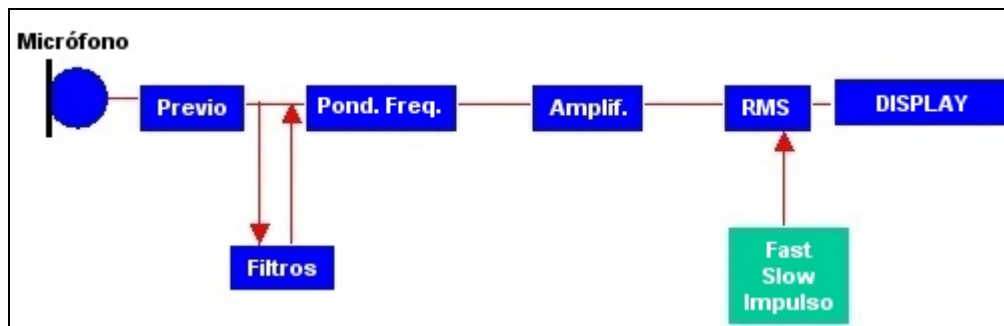


Figura 5.1.1. Diagrama de blocs del sonòmetre

1.– MICRÒFON. El millor transductor acústic tant per a mesures de laboratori com per a les mesures en camp amb condicions de vegades molt severes és el micròfon de condensador, que, entre unes altres, té els següents avantatges:

- Gran estabilitat ambiental
- Ampli rang de resposta en freqüència plana.
- Baixa distorsió.
- Molt baix nivell de soroll intern.
- Gran rang dinàmic.
- Alta sensibilitat.

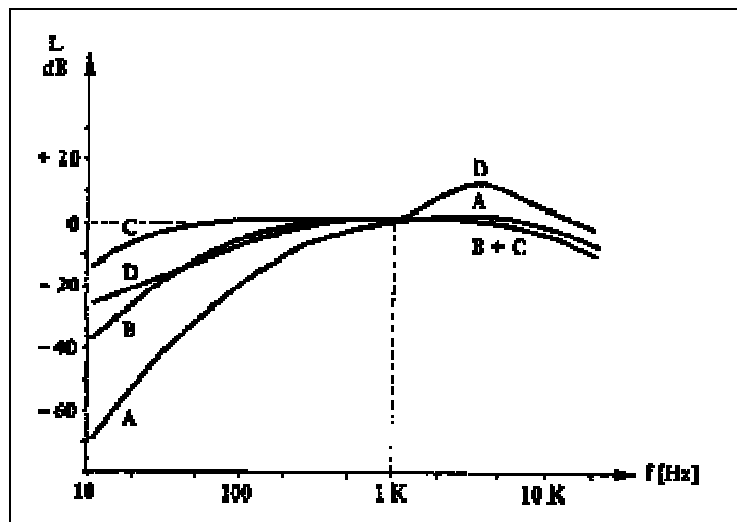
Un micròfon d'aquest tipus consisteix en un diafragma metàl·lic de molt poca massa, muntat paral·lel i molt proper a una placa rígida. Aquesta disposició forma un condensador d'aire la capacitat del qual varia quan el diafragma es desplaça en incidir en ell una ona sonora. Quan el condensador aquesta polaritzat amb una tensió contínua, les variacions de capacitat originen variacions de càrrega, la qual cosa es tradueix en variacions de tensió elèctrica, que són una fidel replica de les variacions de pressió que afecten al diafragma.

Els micròfons de mesura es dissenyen en diferents grandàries i per a diferents aplicacions. Les característiques mes importants de tot micròfon són: sensibilitat, resposta en freqüència i directivitat.

2.– PREAMPLIFICADOR.– Va col·locat immediatament darrere del micròfon per reduir l'alta impedància del micròfon i així poder utilitzar cables per connectar-ho a la resta de la cadena de mesura amb una impedància d'entrada relativament baixa. El preamplificador ha de tenir un soroll elèctric molt baix i una dinàmica i rang de freqüència major que les del micròfon que se li connecti. Abans d'iniciar les mesures és important calibrar conjuntament el micròfon i l'instrument de mesura per comprovar el funcionament de tot el sistema i assegurar la precisió de les mesures.

3.– XARXES DE PONDERACIÓ EN FREQUÈNCIA. El senyal lliurat pel micròfon i condicionada pel preamplificador passa per una sèrie de circuits amplificadors per acomodar el rang de lectura amb els nivells a mesurar, i posteriorment passa a la xarxa de

ponderació. Aquestes xarxes de ponderació s'introdueixen perquè el sonòmetre tingui una resposta en freqüència similar a la de l'oïda humana. Les corbes de ponderació adonen de la diferent sensibilitat de l'oïda humana per a cada freqüència, i es corresponen amb les corbes d'igual nivell de sonoritat o corbes isofòniques. Les corbes internacionalment acceptades es denominen A, B i C, i es corresponen amb les isofòniques de 40, 70 i 100 fons (de vegades s'utilitza també la corba D). s'expressen en dB(A), dB(B) i dB(C) les mesures realitzades amb aquests filtres.



Taula 5.1.1. Diagrama de corbes isofòniques

La corba A hauria d'utilitzar-se per a nivells baixos, la B per a mitjans i la C per a alts. No obstant això, en la pràctica l'única que s'empra és el fet que presenta bona correlació entre els valors mesurats i la molèstia o perillositat del so. La ponderació D està normalitzada per a la mesura de soroll d'avions i emfatitza els senyals entre 1 i 10 KHZ.

4.- DETECTOR INTEGRADOR. El senyal elèctric després de passar la xarxa de ponderació, o sense ponderar, és un senyal altern, variable amb el temps que no és susceptible de ser mesurada, per la qual cosa cal convertir-la en un senyal continu proporcional a un d'aquests paràmetres:

Nivell de bec: és la màxima amplitud instantània del senyal. S'utilitza per a valors de molt curta durada, com a impactes, impulsos, etc.

Nivell eficaç: també anomenat valor RMS (Root Pixen Square) és l'arrel quadrada del valor mitjà del quadrat de la variable que es tracti. Aquest valor és una mesura de l'energia

transportada pel senyal. Quan es parla de nivells de pressió sonora, sempre es refereix a valors eficaços definits com:

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

Taula 5.1.2. Mesura de l'energia transportada

5.- PONDERACIÓ TEMPORAL. Per al càlcul dels valors eficaços, en acústica s'han normalitzat tres temps d'integració, constants de temps o ponderacions temporals (de les tres formes que les hi coneixem). Aquestes tres ponderacions temporals són les següents: Fast (ràpid), Slow (lent) i Impulse (impuls). Els seus noms indiquen la velocitat amb que el sonòmetre segueix les fluctuacions del soroll i es corresponen amb uns temps d'integració de 125 ms (fast), 1 s (slow) i 35 ms (impulse).

Un altre paràmetre molt important que s'utilitza com a indicador de nivell de pressió sonora, és el nivell continu equivalent o Leq. Aquesta mesura representa el nivell que mantenint-se constant durant el temps que dura la mesura té el mateix contingut energètic que el nivell variable observat. També pot interpretar-se com un càlcul del valor eficaç el temps del qual d'integració s'estén al temps de la mesura.

$$L_{AeqT} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A(t)}{P_0(t)} dt$$

Taula 5.1.3. Mesura del nivell continu

6.- INDICADOR ANALÒGIC O DIGITAL. Antigament els següents indicadors eren solament analògics, però avui dia es combinen indicadors analògics i digitals. Cal tenir en compte la precisió del sistema indicador, que normalment en digitals és 0.1 dB, mentre que els quasi-analògics només serveixen per donar una idea dels nivells d'entrada mentre es visualitza un altre paràmetre, com Leq, LMAX, LMI, etc. Els indicadors digitals que segueixen les normes IEC s'actualitzen cada segon i presenten el nivell màxim aconseguit en el segon anterior. Aquest nivell es representa com SPL (Sound Pressure Level), mentre

que la denominació INST (instantani) es reserva a aquells indicadors del nivell present en l'instant de l'actualització de la pantalla.

ALTRES CARACTERÍSTIQUES. Els sonòmetres permeten fer mesures en un rang determinat de freqüències, generalment d'octaves i de vegades també en terços d'octaves.

El marge de mesura d'un sonòmetre està limitat interiorment pel soroll elèctric o tèrmic del micròfon i circuiteria. Quant el límit superior de la mesura normalment s'expressa en valors de bec, que són els que saturen la mesura. Es completa la informació amb el factor de cresta del detector (el factor de cresta d'un senyal és el quocient entre el valor de bec i el nivell eficaç. La dinàmica de l'equip es defineix com la diferència entre el senyal mes baixa i més alta que poden mesurar-se sense canviar el rang. La dinàmica real sol ser major que la que figura, a causa que el fons d'escala és eficaç i no de bec.

Generalment els sonòmetres incorporen indicadors de saturació. Quan s'activa l'indicador de saturació, aquesta mostra que algun circuit electrònic està rebent un senyal superior a l'admissible, encara que l'indicador no ho acusi per estar mesurant valors eficaços. Un circuit saturat introdueix error en la mesura, doncs d'una banda s'està retallant l'amplitud del senyal, i d'altra banda està generant harmònics. Quan ocorre això, cal passar al rang d'escala immediatament superior del sonòmetre.



Figura 5.1.2. Exemple de Sonòmetre

6. Gestió ambiental del soroll.

La contaminació acústica és un factor mediambiental molt important en tots els països desenvolupats. L'activitat humana s'ha anat concentrant en els grans nuclis industrials, que al seu torn han provocat un extraordinari augment de la densificació; d'altra banda, com no podia ser d'una altra manera, tot això ha provocat uns nivells mai vist de mecanització que han tingut una expressió acabada. Es pot comparar si aquesta ciutat és més sorollosa que l'altra, però les bases per produir soroll són un lloc comú que s'estén a totes o a la major part de les ciutats dels anomenats països desenvolupats. Però el problema es aquí; encara que avui hem pres consciència que les bases per al desenvolupament comencen a generar molts desequilibris, som conscients que estem davant una carrera que no es pot parar i ens resignem –ja estem acostumats a això– a crear problemes per buscar posteriorment les vies de solució.

Aquesta afirmació be donada sabent que el tràfic rodat i, sobretot, els vehicles que circulen per les nostres ciutats són la causa més important de la contaminació sonora, sense menysprear la maquinària a la qual estem sotmesos diàriament. Però ningú vol reparar en aquest problema i si en alguna ocasió s'ha posat límit a la circulació de cotxes per la ciutat, ha estat només quan la contaminació atmosfèrica ha començat a aconseguir límits insospitats, però de moment ningú ha plantejat que ens podem quedar sords, o sofrir altres efectes perjudicials per a la salut, si l'escalada de la circulació i, consegüentment, la contaminació acústica segueix un curs ascendent.

El fenomen es pot particularitzar i, de fet, anem a comparar els diferents sorolls als quals estem exposats dintre d'un rang de treball.[5]

Segons podem comprovar a la taula 5.1 fem referència als diferents nivells acústics que hauríem d'estar sotmesos i després fem una mitja del nivell al qual ens sotmetem. Com podem comprovar sempre estem sotmesos a nivells molt per sobre del que ens marca la pròpia legislació, aquest soroll es contaminant donat que tot l'ho que superi els nostres estàndards i sobrepassi els límits es perjudicial per el desenvolupament del nostre entorn.

NIVELES ACUSTICOS CARACTERISTICOS		
	NIVEL DE RUIDO dB(A)	NIVEL ACÚSTICO ÚTIL A OBTENER dB(A)
• SALAS DE ESPECTÁCULOS Y ESTUDIOS DE GRABACIÓN		
Estudio TV o Radio	35	
Estudio de grabación	40	
Estudio-sala de control	45	
Teatro	40 - 45	65 - 80
Sala de conciertos	45 - 50	85 - 110
Cine	50	70 - 80
Night-Club (Pista de baile)	76	95 - 110
• HOSPITALES		
Sala de audiometría	40 - 45	
Quirófano	50 - 55	
Sala con varias camas	55	
Corredores	55 - 60	65
Lavabos - Servicios	55 - 60	65
Vestíbulo - Sala de espera	50 - 60	55 - 65
• HOTELES - RESTAURANTES		
Habitación	40 - 50	
Salon de banquetes	60	70 - 75
Sala de baile	60 - 65	80 - 90
Sala de conferencias	50 - 55	70 - 75
Corredores - Servicios	55 - 60	65
Restaurante	50 - 60	60 - 65
Bar - Cafetería	60 - 65	60 - 70
• COMERCIOS - GRANDES SUPERFICIES		
Grandes almacenes	55 - 65	70
Supermercado - Hipermercado	65 - 70	75
Cafetería	60 - 65	65 - 70
• EDIFICIOS DE OFICINAS - CONGRESOS		
Sala del consejo de administración	45 - 50	65
Sala de conferencias	45	65
Recepción	50 - 55	60
Anfiteatro	45 - 65	65 - 75
Oficinas	55 - 60	60 - 65
Museo	50 - 55	55 - 60
Tribunal	45 - 50	60 - 65
• SALAS DE ESPERA - ANDENES		
Aeropuerto	65 - 70	75 - 80
Estación	80	85 - 90
Metro	90	95 - 100
• POLIDEPORTIVOS		
Gimnasio	55 - 65	70 - 75
Piscina - Pista de patinaje	60 - 70	75 - 80
Sala polivalente - Cancha de baloncesto	75 - 80	90 - 95
Gradas de un estadio	75 - 85	90 - 95
Estadio en el momento de marcar un tanto	90	
LOCALES INDUSTRIALES		
Garaje	65 - 75	75 - 85
Carrocerías	70 - 85	90 - 95
Entrepôts	65 - 70	70 - 75
Industria ligera	65 - 70	75 - 80
Industria pesada	70 - 80	85 - 90
• LUGARES DE CULTO		
Iglesias	50 - 55	60 - 65
Mezquitas	50 - 55	65 - 75

Taula 6.1. Comparativa dels diferents nivells acústics

7. Formalització del projecte.

Segons la recerca d'informació es dur a terme l'elecció del micròfon de baix cost més adient per la seva monitorització. Aquesta elecció s'ha portat a terme fent l'estudi dels diferents micròfons disponibles en el mercat dintre del territori europeu. Segons les seves prestacions i posteriors càlculs realitzats s'ha trobat el micròfon més adient per capturar el soroll.

Anàlisis dels diferents dispositius:

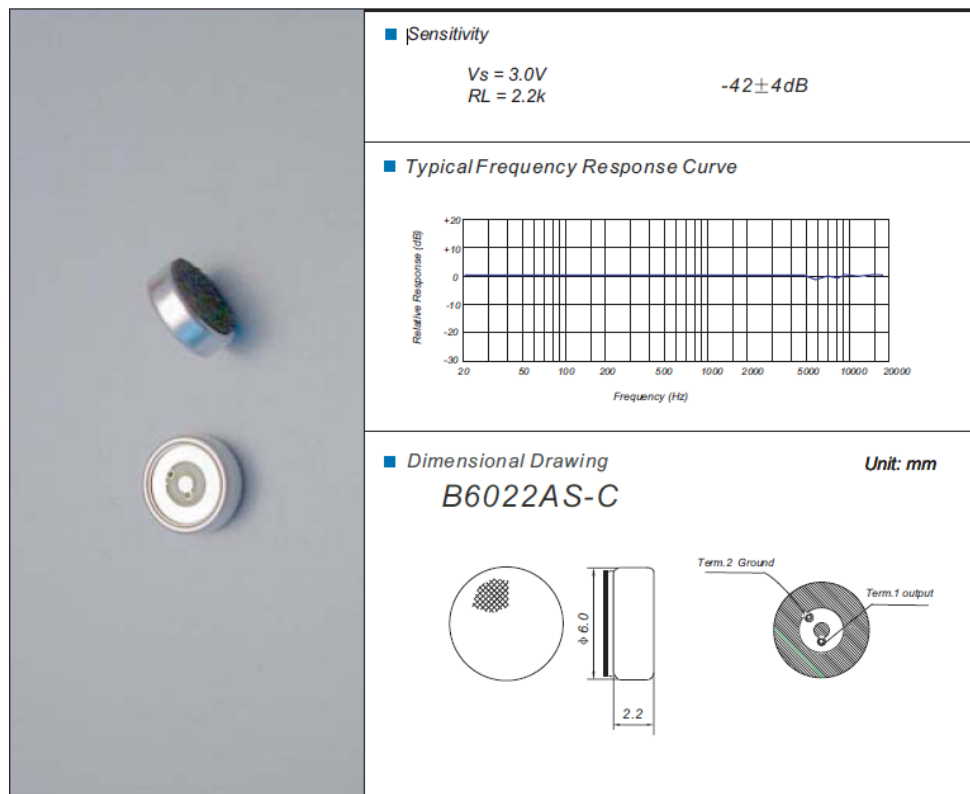


Figura 7.1.1. Micròfon model B6022AS-C

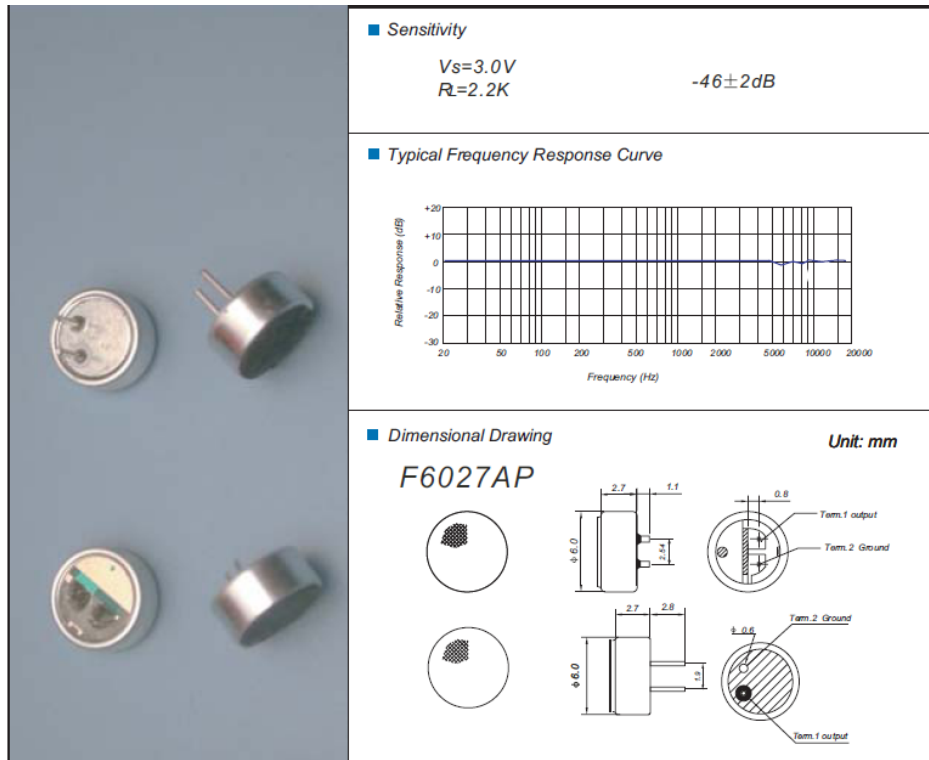


Figura 7.1.2. Micròfon model B6027AP

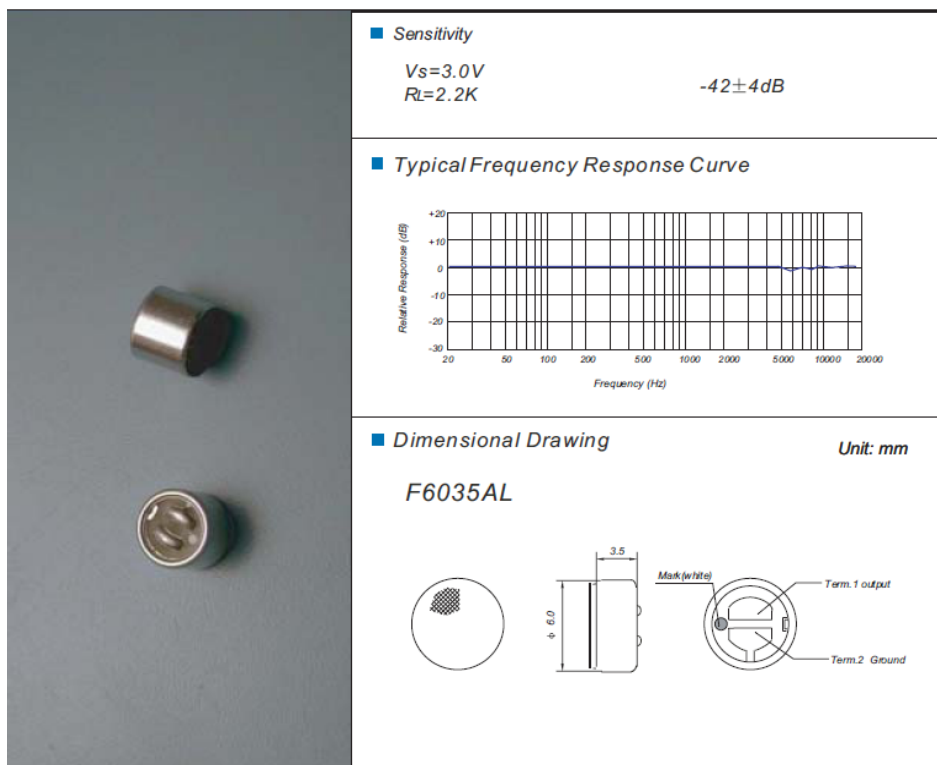


Figura 7.1.3. Micròfon model F6035AL

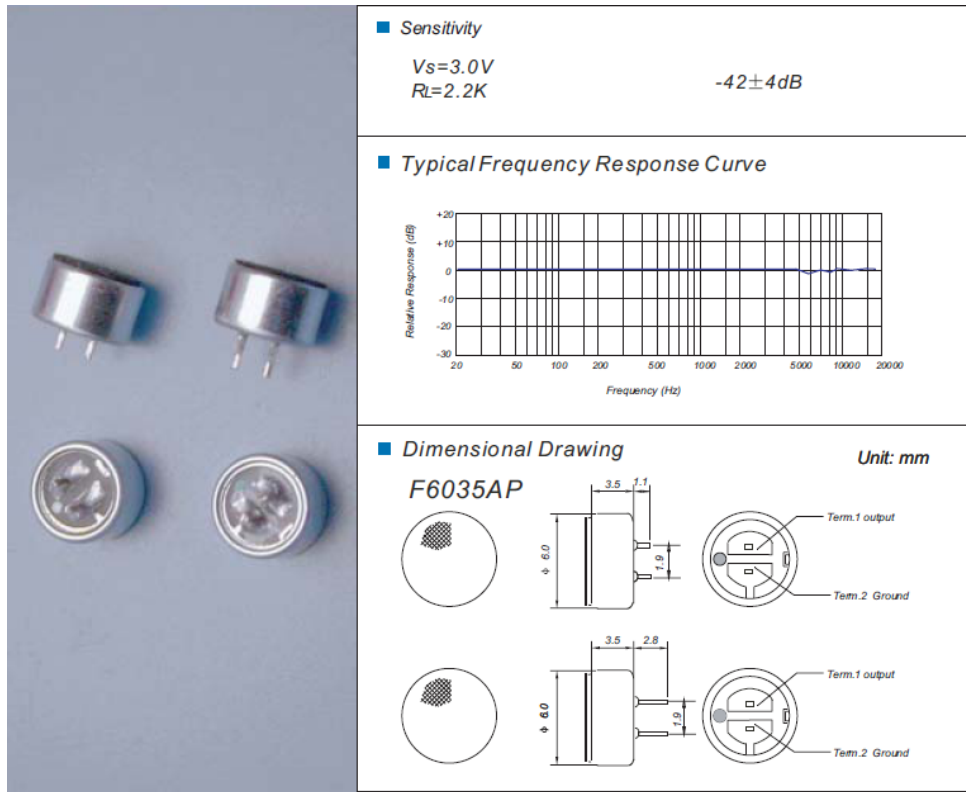


Figura 7.1.4. Micròfon model F6035AP

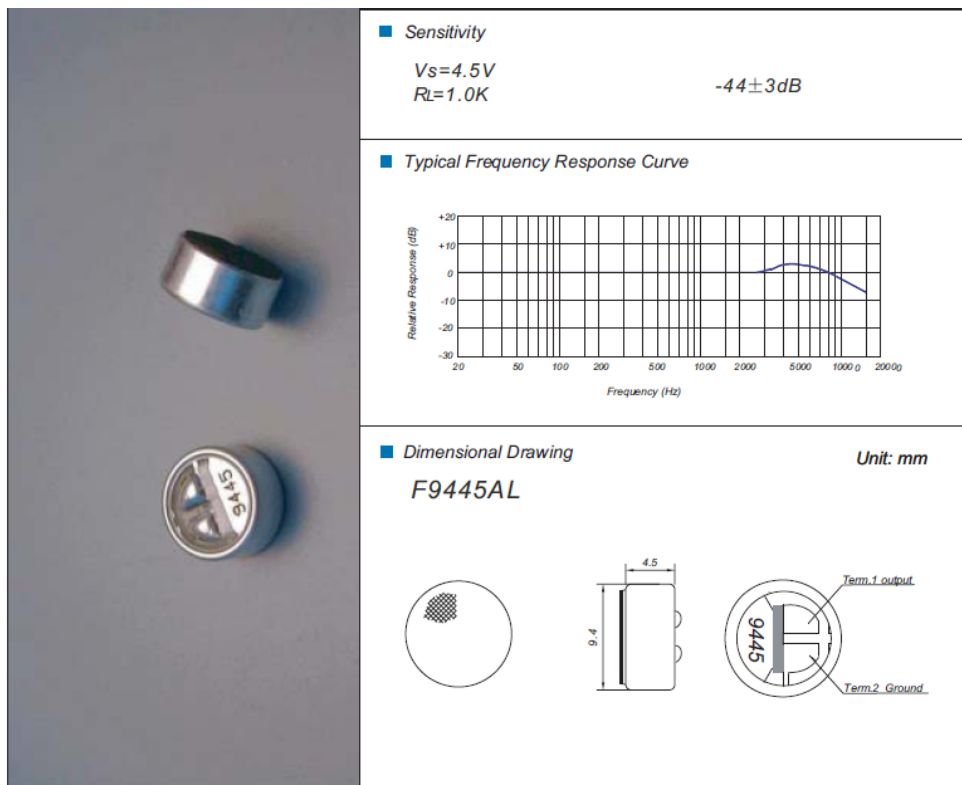


Figura 7.1.5. Micròfon model F9445AL

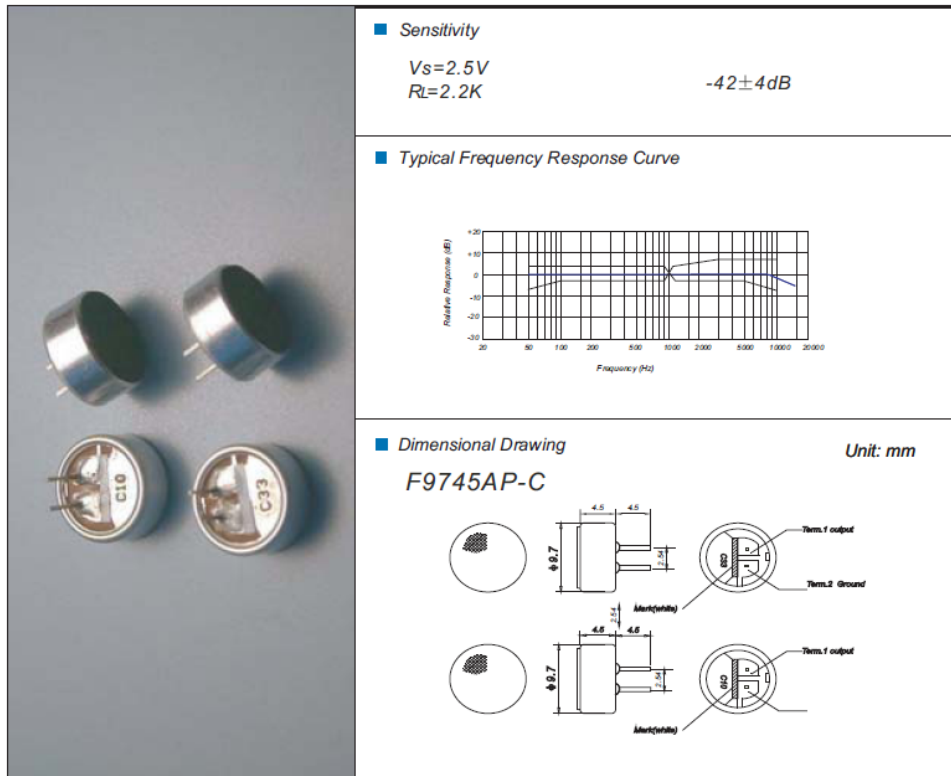


Figura 7.1.6. Micròfon model F9745AP-C

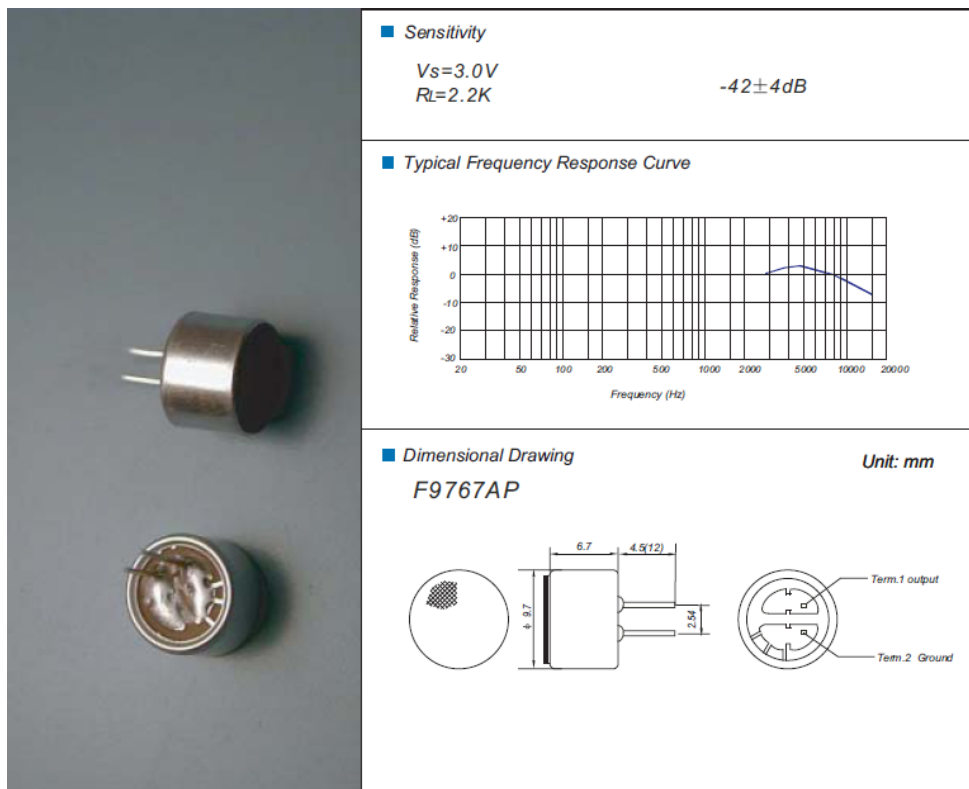


Figura 7.1.7 Micròfon model F9767AP

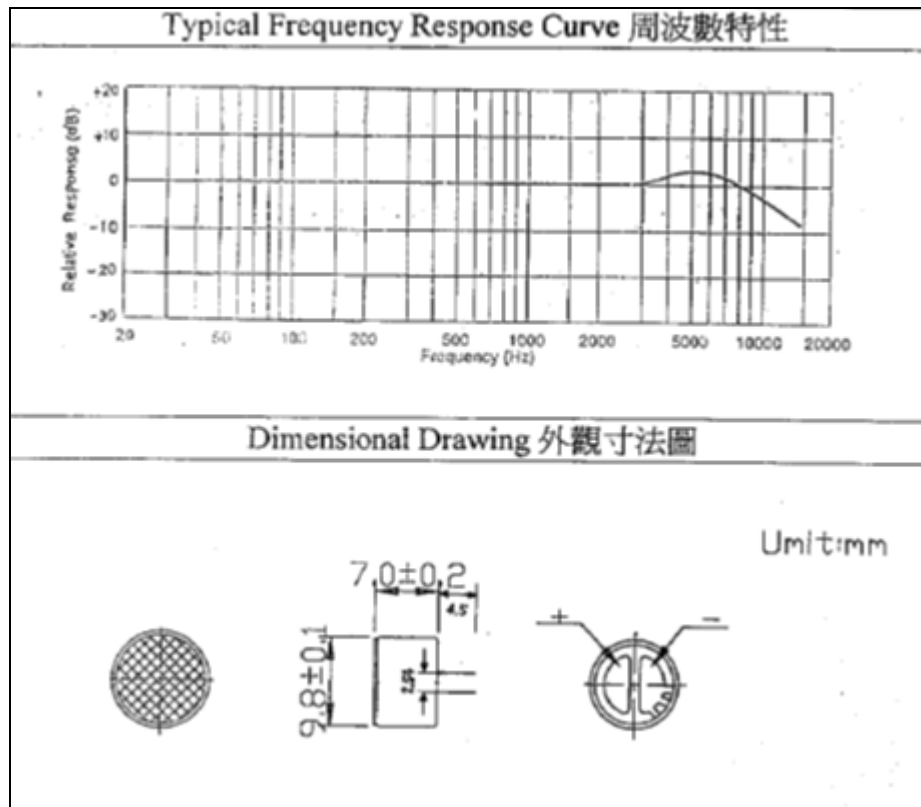


Figura 7.1.8 Micròfon model EM-4F-P

Després de compilar tota la informació tècnica, hem obtingut la següent taula:

Part No.	Sensibilitat (0dB=1V/Pa,1 Khz))	Resposta en freqüència (Hz)	Reducció Sensitiva (+/- dB@_V)	S/N Ratio(>dB)	Pressió (N/m ²)
B6022AS-C	-42+/-4dB	20-20000	-3 at 1.5	58	0,002517851
F6027AP	-46+/-2dB	20-16000	-3 at 1.5	58	0,003990525
F6035AL	-42+/-4dB	20-20000	-3 at 1.5	58	0,002517851
F6035AP	-42+/-4dB	20-20000	-3 at 1.5	58	0,002517851
F9445AL	-44+/-3dB	20-16000	-3 at 1.5	60	0,003169786
F9745AP	-42+/-4dB	20-16000	-3 at 1.5	60	0,002517851
F9767AP	-42+/-4dB	20-16000	-3 at 3.0	60	0,002517851
EM-4F-P	-54+/-3dB	100-15000	-3 at 3.0	31	0,010023745

Taula 7.1. Característiques bàsiques dels micros

Aquesta taula ens indica en primer lloc el model sotmès al control de pressió, cada micro disposa d'una resposta en freqüència, directivitat i sensibilitat diferents, aquests termes són les característiques bàsiques per aconseguir una bona pressió acústica.

Hem assignat el micro EM-4F-P ja que segons característiques tècniques i càlculs posteriors és el que més s'aproximava dintre dels paràmetres principals. S'ha marcat la seva resposta en freqüència ja que és un paràmetre que determina les freqüències en que es pot gravar o reproduir un dispositiu i en segon terme l'hem caracteritzat per la seva bona prestació en sensibilitat,

Segons el model escollit per la realització de la prova de control hem tingut que fer un circuit elèctric on mitjançant resistències, condensadors i operacionals poder visualitzar els valors corresponents del micro. A continuació mostrarem el primer circuit implementat en el nostre projecte:

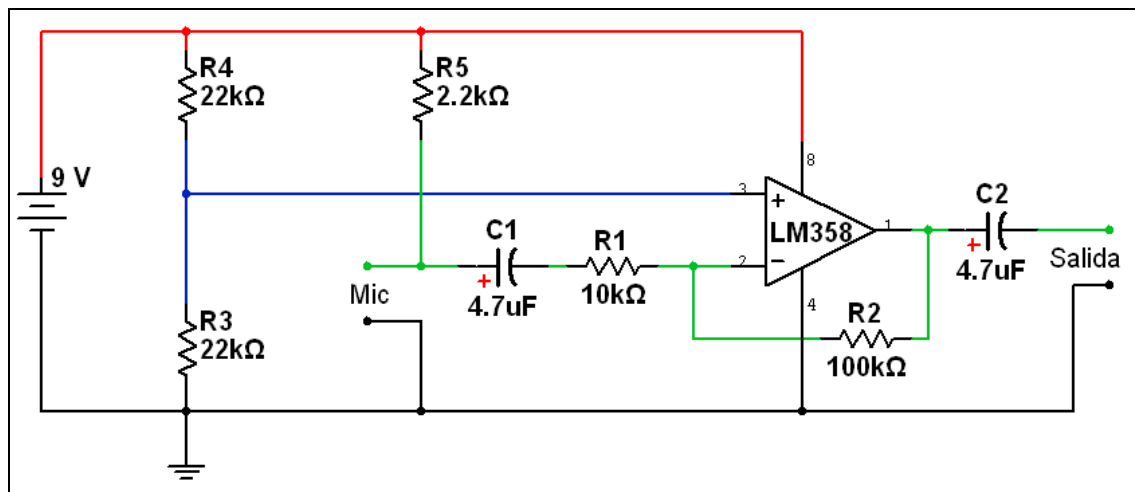


Figura 7.1.9. Esquema del circuit implementat I

Aquest circuit s'ha realitzat en un protoboard de pràctiques per fer les proves corresponents.

En primer lloc fem una llista de components per realitzar el muntatge:

- 1 Micro electret EM-4F-P
- 1 Operacional LM358
- 2 Resistències de 22 k Ω
- 1 Resistència de 2.2k Ω
- 1 Resistència de 10k Ω
- 1 Resistència de 100K Ω
- 2 Condensadors de 4.7 μ F

Un cop disposem dels components necessaris fem el muntatge físic del circuit corresponent fent de guió de muntatge segons l'esquema 6.1 tal i com ens mostra la figura. Un cop finalitzat aquest procés es verifica que tot sigui tal i com ens diu el fabricant i procedim a la seva alimentació. Cal tenir en compte que l'alimentació del micro està compresa entre 3 i 9 volts , i la del operacional ha de portar una alimentació de +/- 16 volts.

Un cop alimentat i amb els aparells de mesura corresponents (oscil·loscopi¹, multímetre² i emissor de freqüències³) ens disposem a realitzar la visualització i registre de les dades.

Degut a la seva problemàtica de funcionament, problemes de visualització, de freqüència, de resistències no adequades, procedim a la realització d'un segon circuit per posar en marxa el micro.

El muntatge d'aquest circuit es fa per dos passos separats, primer hem realitzat una reconstrucció del que s'ha dissenyat primerament incorporant un rectificador mitjançant un pont de Graetz, amb aquest circuit el que s'aconseguirà serà una senyal rectificada a mitja ona ; i en segon terme l'hem implementat un integrador que la seva funció serà estabilitzar el senyal donat una component continua.

Un cop realitzat el muntatge, ens disposem a realitzar les proves necessàries per determinar la viabilitat i la funcionalitat del micro.

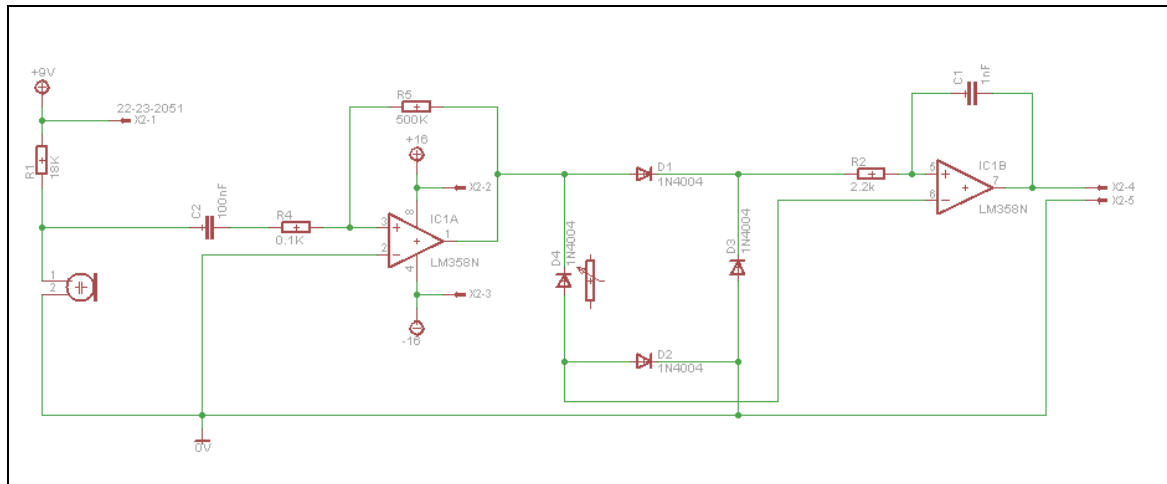


Figura 7.1.10. Esquema del circuit implementat II

Per poder fer les proves necessàries hem utilitzat un emissor de freqüències que mitjançant uns altaveus i una freqüència sempre constant de 1000 Hz, ja que amb aquest rang de freqüència donada qualsevol corba de ponderació ens assegurem els 0 dB, aconseguim un to acústic nítid.

Els resultats obtinguts són els següents:

Mesures a 1000 Hz, amb sonòmetre de marca RION model NL- 05, dintre de l'aula de laboratori 1, en el recinte del TCM.

Anàlisi per resposta slow utilitzant el condensador de càrrega de 1nF :

Sonòmetre (dB)	Tensió (V)
77,6	0
81,4	3
82,3	6,4
82,2	7
83,5	8
82,4	9
83,1	10
82,6	11
82,8	13
83	14,6
85,4	15,8

Taula 7.1.2. Mesures a 1000Hz. (fast)

Segons els temps d'integració s'han normalitzat unes constants de temps, on els seus noms ens indiquen la seva velocitat on el sonòmetre segueix les fluctuacions dels sorolls, per aquesta mesura s'ha ajustat al temps d'integració de 125 ms, corresponent a fast, per això s'ha implementat amb un condensador de càrrega de 1 nF que ens dona una resposta molt ràpida.

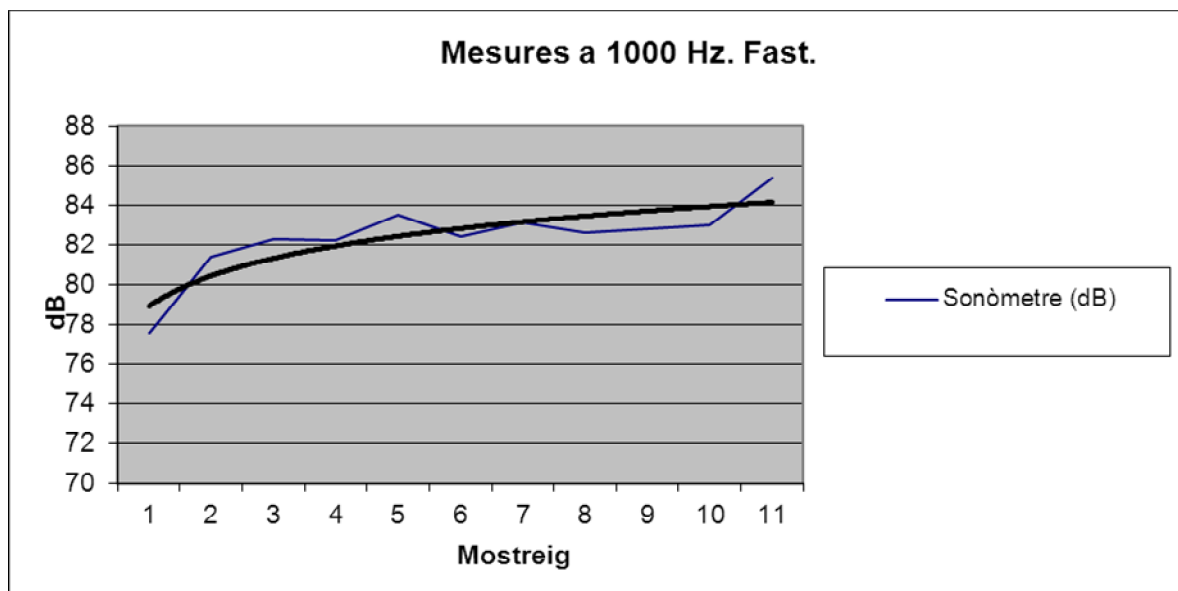


Figura 7.1.11. Gràfica d'interpretació del senyal fast

Segons la gràfica 6.2 es pot observar com la resposta es logarítmica dintre del rang de medicions adoptat. Aquesta resposta es la que buscàvem dintre del circuit dissenyat, però encara farem més proves per aconseguir més precisió en els punts a analitzar.

Anàlisi per resposta slow utilitzant el condensador de càrrega de 2.2nF :

Sonòmetre (dB)	Tensió (V)
69,3	0
79,6	1,4
80,6	3
81,7	7,6
82	9
82,3	11
82,5	12
82,5	13
82,6	14
82,7	15
83,2	15,8

Taula 7.1.3. Mesures a 1000Hz. (slow)

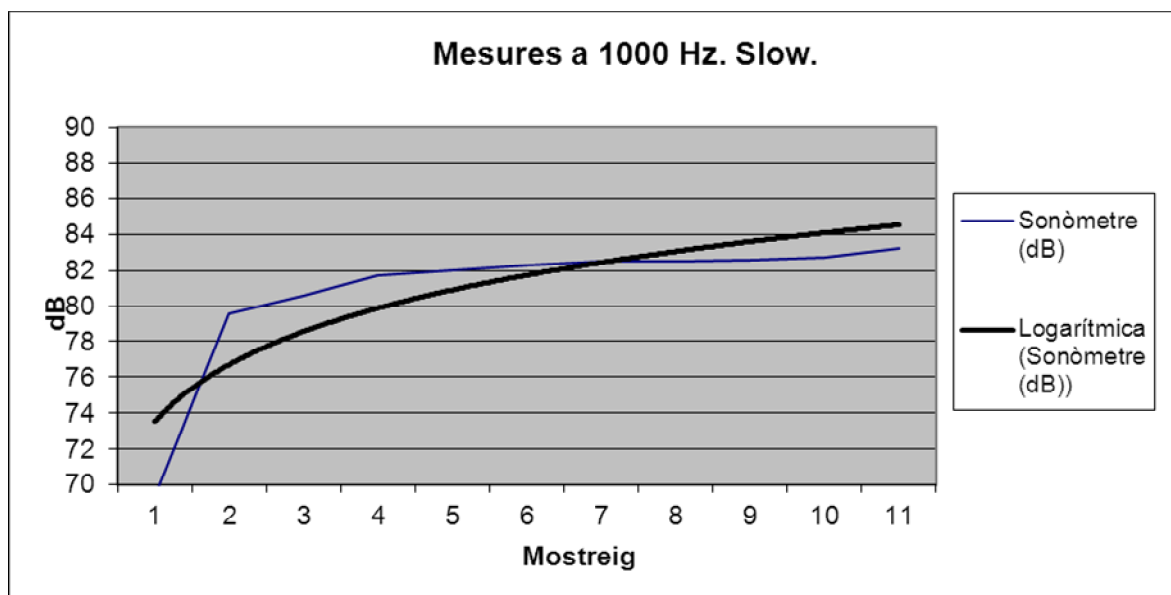


Figura 7.1.12. Gràfica d'interpretació del senyal slow

Com es pot observar en la figura 6.3. obtenim diferents valors però l'objectiu principal que es aconseguir una corba l'ho mes propera a logarítmica encara no és acceptable degut a l'ampli marge que hi ha entre una mostra i una altre.

Anàlisi per aconseguir un major marge de punts i determinar la viabilitat del micro:

Tensió	dB
0	79,9
0,1	83,9
0,2	85,6
0,3	87,8
0,4	88,9
0,5	89,5
0,6	89,7
0,7	89,8
0,8	89,9
0,9	90
1	90,1
1,1	90,3
1,2	90,4
1,3	90,7
1,4	90,8
1,5	91
1,6	91,3
1,7	91,4
1,8	91,5
1,9	91,7
2	91,8
2,2	92
2,4	92,3

Taula 7.1.4. Gràfica d'interpretació del senyal amb rang ampliat

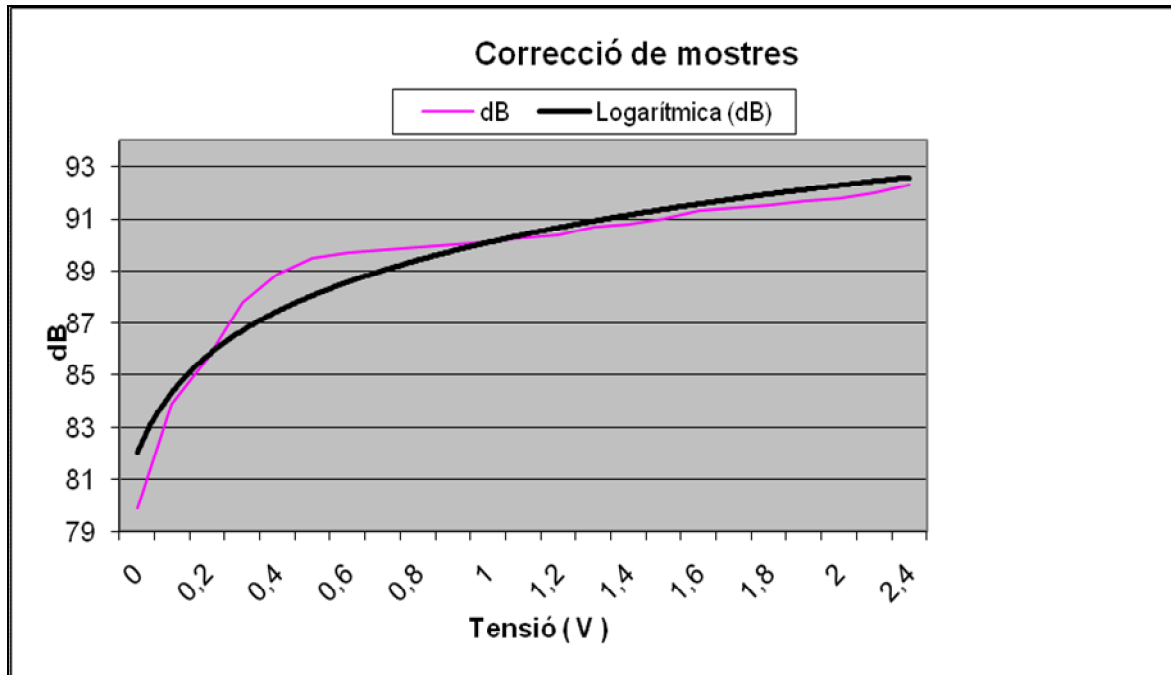


Figura 7.1.13. Gràfica d'interpretació del senyal ampliat

Segons la figura 6.3. podem veure com es comporta el micro davant d'un rang petit de mostreig dintre d'un interval de tensió ajustat per les característiques del micro. S'ha adoptat aquesta determinació ja que el circuit arriba a un punt de saturació quan agafa molt de soroll.

Les conclusions extreïdes d'aquesta part pràctica han sigut veritablement bones donades les dades inicials si les comparem amb les dades de la taula 7.1.4. podem afirmar que l'estudi realitzat dels micros ha sigut acceptable ja que buscàvem una corva característica l'ho més propera a logarítmica.

Encara que hi ha rangs de acceptació dolenta, hem de considerar que les condicions dels altaveus per generar la freqüència distorsionaven constantment, la electrònica emprada per a la realització del prototip emet soroll i la sala de laboratori no era en silenci continu, si tenim presents aquestes consideracions estaríem parlant d'unes condicions ideals del micro.

8. Conclusions.

Aquest projecte ha sigut l'estudi del micròfon electret més adient per fer la realització de les proves necessàries. Per poder dur a terme el projecte s'ha requerit la investigació de la informació i posterior anàlisi de cadascun dels models corresponents.

L'anàlisi dels micros s'han fet en referència a una base de dades creada inicialment per estudiar els avantatges i inconvenients dels diferents tipus. La realització pràctica s'ha portat a terme en una sala no neocica degut a que aquesta no compleix amb els requisits necessaris per fer les proves d'audiometria.

El projecte inicialment consistia en fer l'estudi ; pero a mida que la recerca d'informació era prou difusa es va optar per avançar continuament i buscar una solució pràctica per poder extreure conclusions.

Les conclusions del micro son força bones donat que els resultats i gràfiques obtinguts son dintre dels marges que ens varem marcar. Primer ens varem marcar fer un circuit senzill per abaratar el cost i despres amb un rectificador de precissió i un integrador ajustar la tensió de sortida per obtenir uns decibels adequats.

El prototip es presenta en una protoboard degut a la manca de temps d'execució que hi restava per a la finalització del projecte. Tot i això s'han realitzat els plànols corresponents per implementar-lo en una placa impresa.

El micròfon no s'acaba en aquesta part de projecte, es pot implementar adjuntant un convertidor ADC per extreure les dades i una memòria selectiva. Amb aquest circuit ja montat i l'alimentació a traves de unas plaques fotovoltaiques de mides reduïdes es pot aconseguir un sistema de medicció de so per incorporar-lo en un futur immediat al mon laboral, fent la seva funció de dosímetre.

9. Referències.

- [1] Josep Maria Querol i Noguera, “Manual de mesurament i avaluació del soroll”
- [2] www.sound.westhost.com/articles/microphones.htm
- [3] www.elektor.es
- [4] <http://www20.gencat.cat/portal/site/dmah/menuitem>.
- [5] http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/SONIDO%20_STI_.pdf

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

**ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT EN ELECTRÒNICA
INDUSTRIAL**

MICRÒFONS DE BAIX COST PER LA MONITORITZACIÓ DEL SOROLL URBÀ

Plànols

**ANTONIO ALFONSO RODRÍGUEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA**

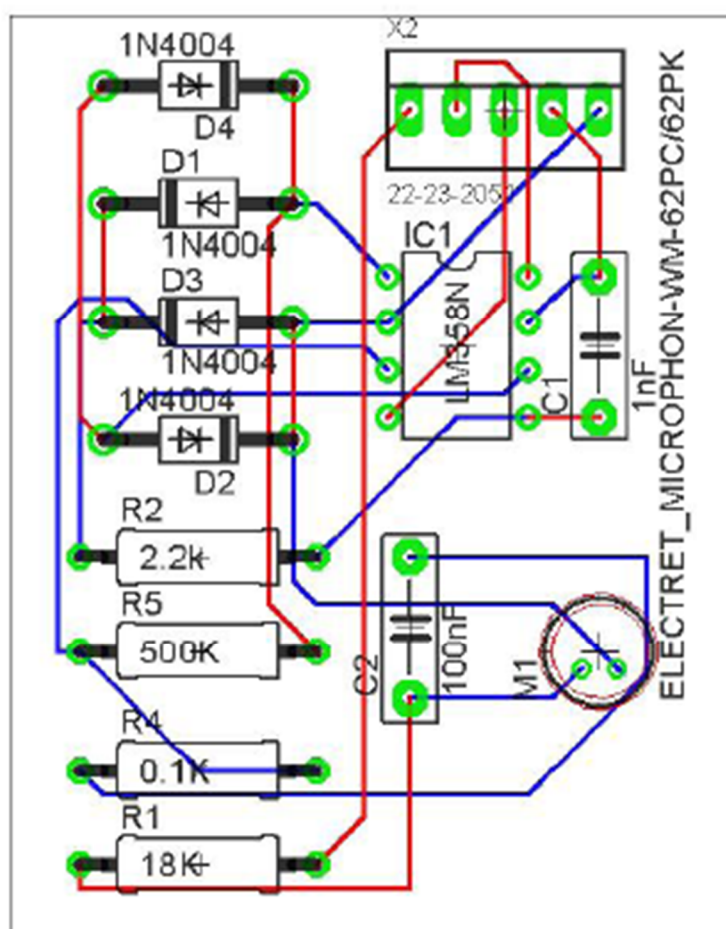
TARDOR/PRIMAVERA ANY



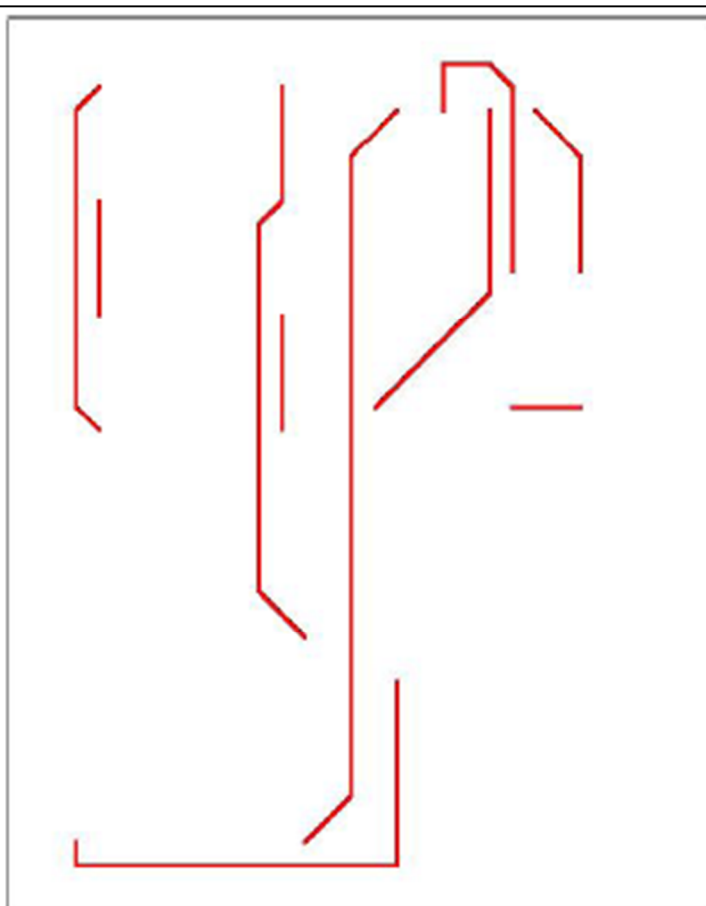
TecnoCampus
Mataró-Maresme


Índex.

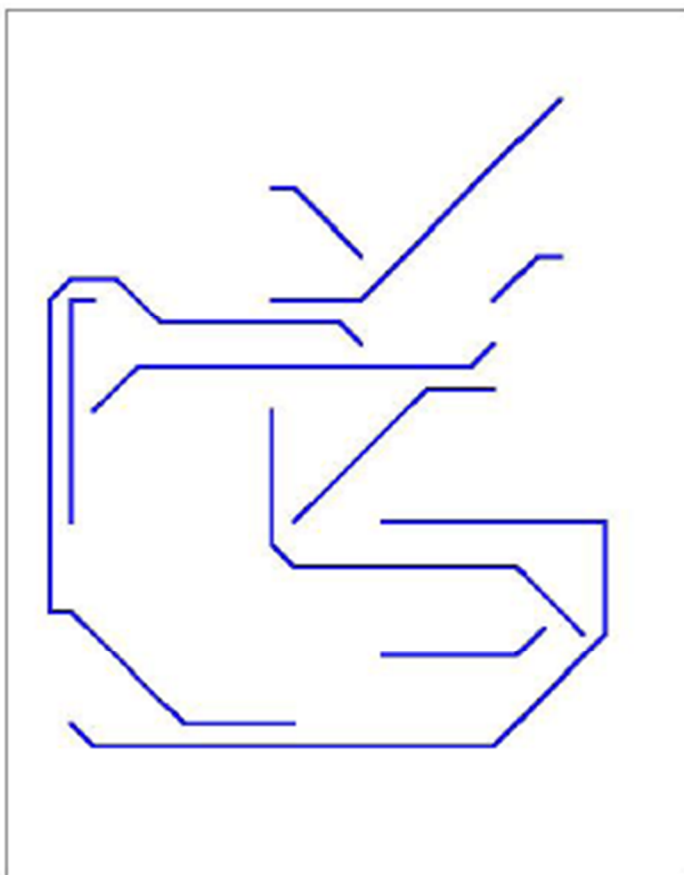
Document A-1. Placa PCB . CAPA BOARD.....	1
Document A-2. PLACA PCB. CAPA TOP.....	3
Document A-3. PLACA PCB.CAPA BOTTON.....	5
Document A-4. PLACA PCB .CAPA DRILLS.....	7
Document A-4. PLACA PCB. ESQUEMÀTIC.....	9




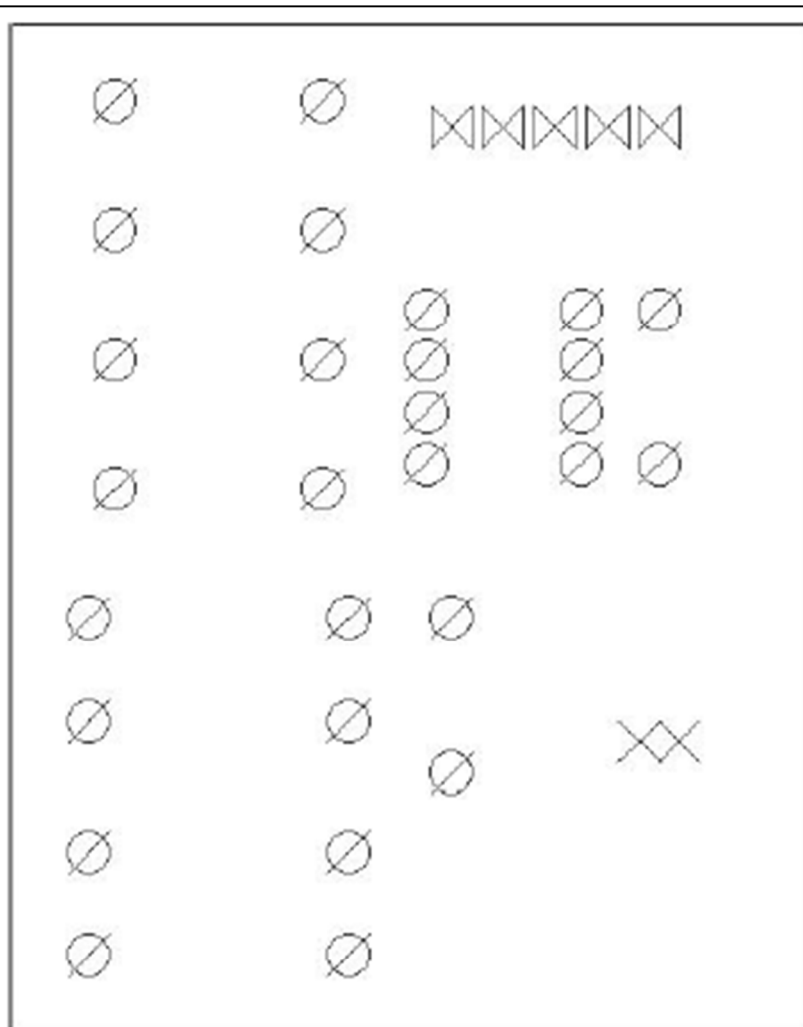
 Escola Universitària Politècnica de Màgatz	PROJECTE FINAL DE CARRERA	
	APLICACIÓ DE MICRÒFONS DE BAIX COST	
Autor: Antonio Alfonso	CIRCUIT DE LA PLACA	
Professor: Joan Altabella	PFC-0003-SA	Data: 17-06-2011
		Rev: 02




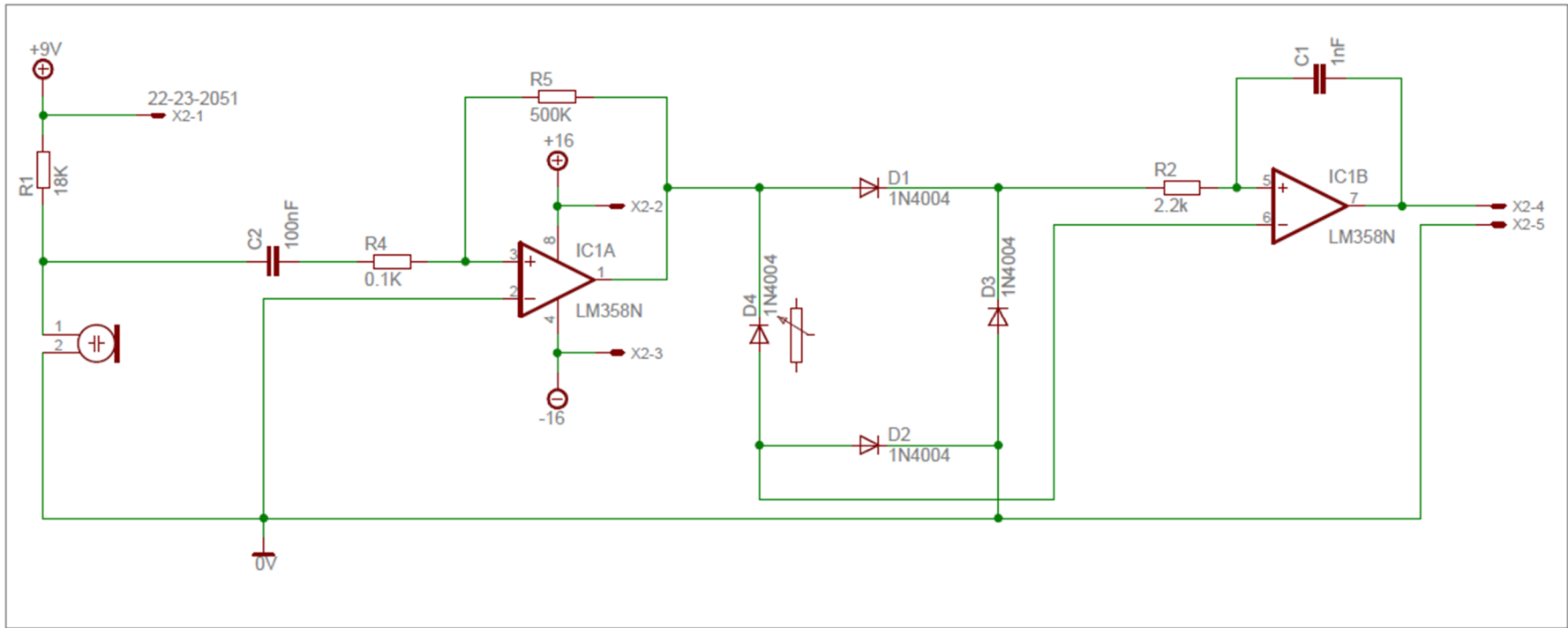
 Escola Universitària Politécnica de Maragón	PROJECTE FINAL DE CARRERA		
	APLICACIÓ DE MICRÒFONS DE BAIX COST		
Autor: Antonio Alfonso	CIRCUIT DE LA PLACA. CAPA TOP		Rev: 02
Professor: Joan Altabella	PFC-0003-SA	Data: 17-06-2011	



 Escola Universitària Politècnica de Maragat	PROJECTE FINAL DE CARRERA		
	APLICACIÓ DE MICRÒFONS DE BAIX COST		
Autor: Antonio Alfonso	CIRCUIT DE LA PLACA. CAPA BOTTON		Rev: 02
Professor: Jean Altabella	PFC-0003-SA	Data: 17-06-2011	



	PROJECTE FINAL DE CARRERA		
 Escola Universitària Politècnica de Matarró	APLICACIÓ DE MICRÒFONS DE BAIX COST		
Autor: Antonio Alfonso	CIRCUIT DE LA PLACA. CAPA DRILLS		Rev: 02
Professor: Joan Altabella	PFC-0003-SA	Data: 17-06-2011	



Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

**ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT EN ELECTRÒNICA
INDUSTRIAL**

MICRÒFONS DE BAIX COST PER LA MONITORITZACIÓ DEL SOROLL URBÀ

Estudi econòmic

**ANTONIO ALFONSO RODRÍGUEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA**

TARDOR/PRIMAVERA ANY



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

1. Cost del prototip.	1
1.1. Cost del material.....	1
1.2. Costos de recursos humans.	3
1.3. Amortització equips, instrumental i software.	3
1.4. Despeses indirectes.....	4
1.5. Cost de fabricació del prototip.	4
2. Preu de venda en el mercat.	5
2.1. Càlcul del cost total per unitat.....	5
2.2. Càlcul del preu de venda per unitat.	6

1. Cost del prototip.

Aquest document ens demostrarà la viabilitat econòmica del micròfon de baix cost per la seva monitorització del soroll urbà. L'estudi econòmic que hem realitzat està basat en preus orientatius donat que amb la demanda del nostre producte el preu es podria baratar.

S'han tingut en compte consideracions especials com :

- Les despeses de material.
- Cost de disseny del micro (hores tècnic especialista en electrònica).
- Cost d'administratiu (redacció projecte).
- Cost de realització (hores mà d'obra tècnic).
- Despeses d'edifici (llum, telèfon, lloguer).
- Cost d'amortització de les eines que s'han de renovar (ordinadors, impressores, material d'oficina, material de laboratori).

1.1. Cost del material.

Cost del material per al muntatge d'un prototip:

<u>Descripció</u>	<u>Quantitat</u>	<u>Preu unitari (€)</u>	<u>Total (€)</u>
<u>Circuits integrats</u>			
LM358N	1	0,53	0,53
<u>Condensadors</u>			
100 nF electrolític	1	0,14	0,14
1 nF electrolític	1	0,12	0,12
2.2 nF electrolític	1	0,12	0,12
<u>Díodes i LEDs</u>			
1N4004	4	0,12	0,48

<u>Resistències</u>			
18 K Ω , 0,25 W	1	0,04	0,04
2.2 K Ω , 0,25 W	1	0,04	0,04
0,1 K Ω , 0,25 W	1	0,04	0,04
500 K Ω VARIABLE	1	0,35	0,35
<u>Micròfon</u>			
Càpsula micròfon Electret Omnidireccional CME12	1	0,67	0,67
<u>Connectors</u>			
2p 5 mm per PCB	2	2,32	4,64
BNC per PCB	1	2,01	2,01
<u>PCB</u>			
Placa europea 160x100 mm	1	3,60	3,60
<u>Sòcols</u>			
WR DIP 14	2	0,73	1,46
WR DIP 16	2	1,05	2,10
<u>Material divers</u>			
Suport placa 15 mm	4	0,62	2,48
TOTAL COST DEL MATERIAL			18,82€

1.2. Costos de recursos humanos.

<u>Concepte</u>	<u>Hores</u>	<u>Preu/hora (€)</u>	<u>Total (€)</u>
Estudi i documentació (Enginyer sènior)	35	70	2.450
Disseny (Enginyer sènior)	10	70	700
Muntatge i posada a punt (Enginyer júnior)	75	30	2.250
Redacció memòria (Administratiu)	50	30	1.500
TOTAL RECURSOS HUMANS			6.900€

1.3. Amortització equips, instrumental i software.

<u>Equip utilitzat</u>	<u>Hores d'utilització</u>	<u>Preu/hora(€)</u>	<u>Total(€)</u>
<u>Equips i programari informàtic</u>			
Ordinador	200	0,50	100
Software Eagle 5.11.0	15	1,00	15
Software ORCAD	10	2,00	20
Microsoft Office	50	1,00	50
<u>Instrumentació electrònica</u>			
Oscil·loscopi	30	3,00	90
Multímetre	20	0,50	10
Font d'alimentació	100	0,50	50
Sonòmetre	10	35	350
TOTAL AMORTITZACIONS			685€

1.4. Despeses indirectes.

Les despeses indirectes d'aquest projecte venen determinades per l'ús de les instal·lacions on s'ha desenvolupat, els consum d'energia elèctrica que això ha provocat i el lloguer del local..

1.5. Cost de fabricació del prototip.

Costos de material	18,82 €
Costos de recursos humans	6.900 €
Costos d'amortització	685 €
Subtotal	7.603,82 €
Despeses indirectes (19%)	1.292,65€
TOTAL	8.896,47

2. Preu de venda en el mercat.

2.1. Càlcul del cost total per unitat.

Abans de realitzar l'estudi econòmic per la fabricació de 10.000 unitats, cal fer algunes consideracions:

- Els costos de fabricació són els corresponents al muntatge en sèrie de l'equip dissenyat. Aquest muntatge es subcontractaria a una empresa externa especialitzada per tal de minimitzar costos de fabricació. Si es fabriquen 10.000 unitats, s'estima un cost de fabricació per una unitat de 7 €
- Com que es comprarà material per fabricar 10.000 unitats s'espera obtenir un descompte del 25% respecte el preu pagat per la realització del prototip.

Cost total del material per un prototip	18,82€
Descompte de material 10%	-1,88 €
Cost total del material per una unitat	16,94 €
Cost de fabricació per una unitat	7 €
Cost total per unitat	23,94 €

2.2. Càlcul del preu de venda per unitat.

El cost obtingut per unitat és de 23,94 €, però a l'hora de posar el producte al mercat s'ha d'afegir el cost de desenvolupament del producte, que conté els costos de recursos humans, amortitzacions, despeses indirectes, i el marge comercial.

Cost total per 10.000 unitats	239.400 €
Cost desenvolupament	8.896,47 €
COST TOTAL	248.296,47 €
Preu de venda unitari (COST TOTAL/10.000 unitats)	24,83 €
Marge comercial 35%	8,69 €
PREU DE VENDA UNITARI	33,52 €

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

**ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT EN ELECTRÒNICA
INDUSTRIAL**

MICRÒFONS DE BAIX COST PER LA MONITORITZACIÓ DEL SOROLL URBÀ

Annexos

**ANTONIO ALFONSO RODRÍGUEZ
PONENT: JOAN ALTABELLA**

TARDOR/PRIMAVERA ANY



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Índex.

Annex I. Configuració física del prototip.	3
Annex II. Datashetts	7
Annex III. Contingut del CD-ROM.....	13

Annex I. Configuració física del prototip.

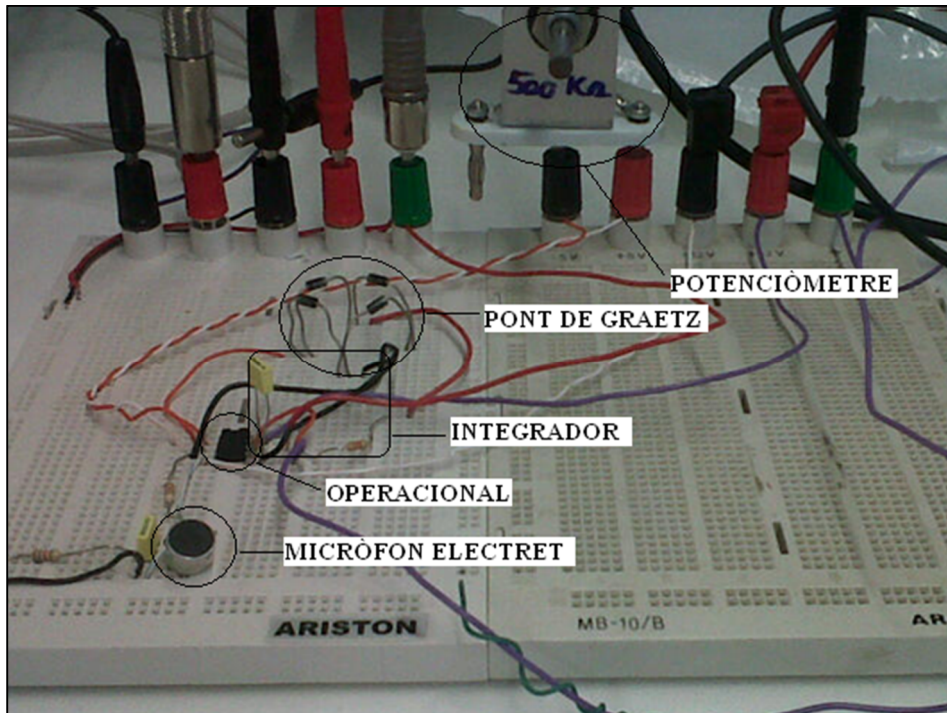


Fig. I.1. Vista superior del prototip.



Fig. II.2. Font d'alimentació del micro electret



Fig. III.3. Font d'alimentació de l'operacional.

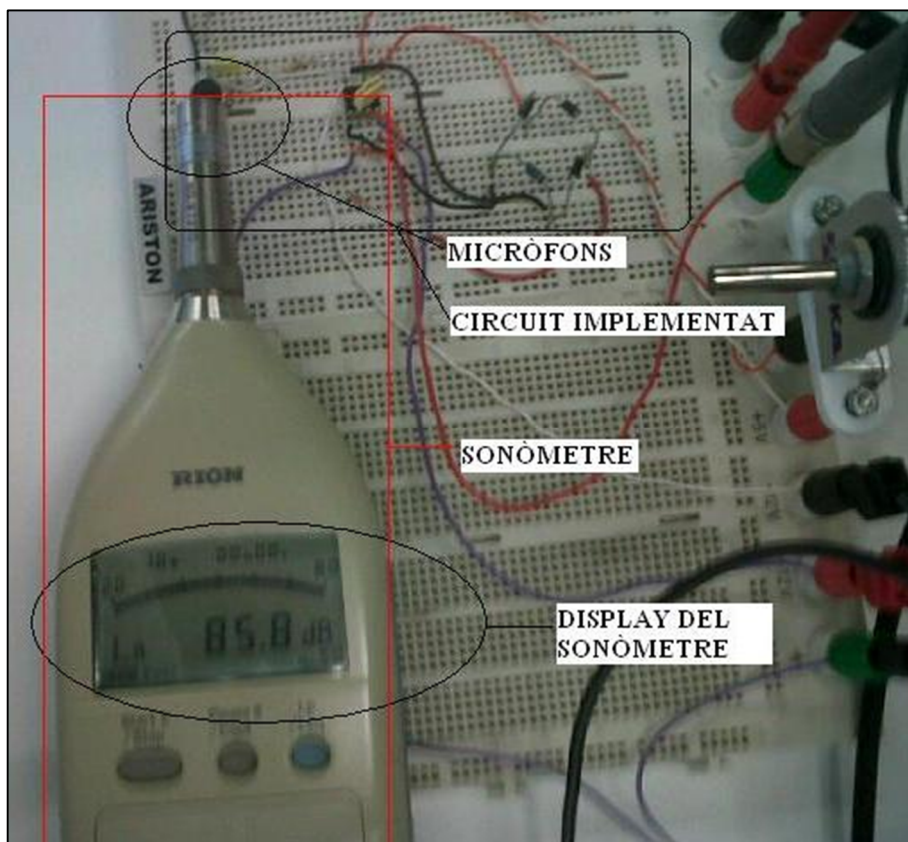


Fig. IV.4. Vista superior del prototip en fase de captació de dades.



Fig. V.5. Vista de l'oscil·loscopi amb la senyal rectificada.

Annex II. Datasheets

- MICRO ELECTRET OMNIDIRECTIONAL

下: 張先生

Y&G 永喆企業有限公司
YUNGTECH ELECTRONICS CORPORATION

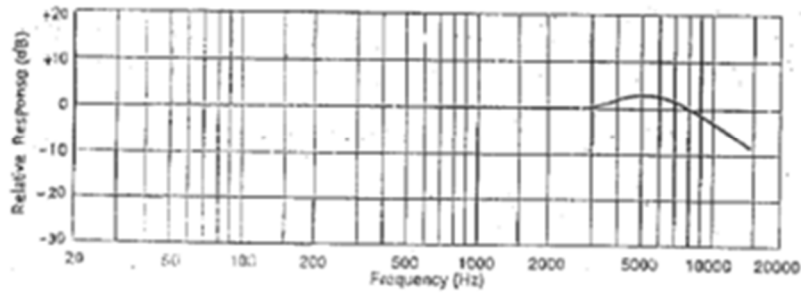
SPECIFICATION
=====

CUSTOMER :		CHECKED	DESIGNED
MODEL : EM - 4F - P		BY	BY <i>bc</i>
ELECTRICAL CHARACTERISTICS			
DESCRIPTION	SPECIFICATION	TEST CONDITION	
1. TYPE	ELECTRET CONDENSER MICROPHONE		
2. Dimension	9.8 x 7 mm		
3. Directivity	Non - Directivity		
4. Sensitivity	- 54 dB \pm 3 dB	Vs = 3v RL = 2.2k F = 1k OdB = 1V / uBar	
5. Sensitivity Reduction	\pm 3 dB	Vs = 3v RL = R2.2k F = 1k	
6. Output Resistance	MAX. 2.2 K	Vs = 3v RL = 2.2k F = 1k OdB = 1v / uBar	
7. Rated Voltage	3 Volts.		
8. Max. Operating Voltage	9 Volts.		
9. Current Consumption	Max. 0.8 mA		
10. S / N Ratio	Min. 31 dB	@1khz 1uBar A weighted network	
11. Storage Temperature	-20 °C ~ +60°C		
12. Frequency Response	100 ~ 15K Hz		
RELIABILITY TESTING			
1. Temperature Cycle Test	After exposure at -20 °C for 1 hour, at 25 °C 1 hour then at 60 °C for 1 hour, 2cycles.		
2. Heat Resistance	60 °C for 48 hours and left for 1 hour at NTPH		
3. Cold Resistance	-20 °C for 48 hours and left for 1 hour at NTPH.		
4. Humidity Test	90% ~ 95% at 40 °C for 48 hours and left for 1 hour at NTPH.		

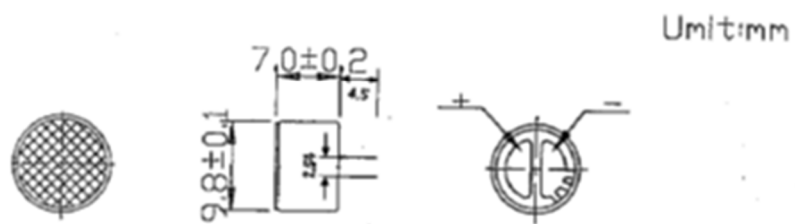
Y&G YUNGTECH ELECTRONICS CORP.

永喆企業有限公司

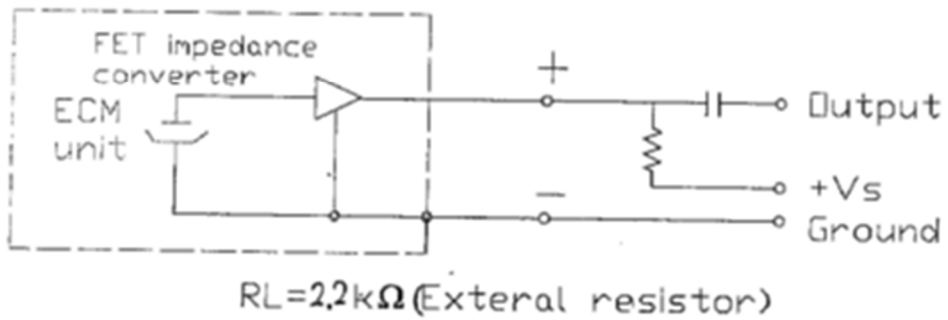
Typical Frequency Response Curve 周波數特性




Dimensional Drawing 外觀寸法圖



Schematic Diagram 測定回路圖



- OPERACIONAL LM358




MOTOROLA

Order this document by LM358/D


**LM358, LM258,
LM2904, LM2904V**

**DUAL DIFFERENTIAL INPUT
OPERATIONAL AMPLIFIERS**

**SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**

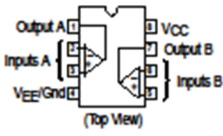


**N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626**



**D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)**

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	$T_A = -40^\circ \text{ to } +105^\circ \text{C}$	SO-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD	$T_A = -40^\circ \text{ to } +125^\circ \text{C}$	SO-8
LM2904VN		Plastic DIP
LM258D	$T_A = -25^\circ \text{ to } +85^\circ \text{C}$	SO-8
LM258N		Plastic DIP
LM358D	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ \text{C}$	SO-8
LM358N		Plastic DIP

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ \text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	V_{CC}	32	26	
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ \text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +125		$^\circ \text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ \text{C}$
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

NOTES: 1. Split Power Supplies.
2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

© Motorola, Inc. 1996

Rev 2

- SONÒMETRE RION MODEL NL-05

Small but versatile!



1/2-inch microphone

Liquid crystal display

Set up panel
(All set up conditions will be retained even after the unit is switched off)

Side panel

● **Data printing system**
CP-10 printer, CC-90 printer cable
Print out example (Thermal paper TP-14)

01	L _{eq}	89.7dB	Fast	10s	95%	
02	L _{max}	89.8dB	Fast	10s	95%	
03	L _{min}	81.2dB	Fast	10s	95%	
04	L _{avg}	83.7dB	Fast	10s	95%	
05	L _{1s}	114.3dB	Fast	Over	10s	95%
06	L ₁₀	94.2dB	Fast	10s	95%	
07	L ₅	82.5dB	Fast	10s	95%	
08	L ₁	85.1dB	Fast	10s	95%	
09	L _{0.5}	95.1dB	Fast	10s	95%	
10	L _{0.1}	81.5dB	Fast	10s	95%	
11	L _{0.05}	81.5dB	Fast	10s	95%	
12	L _{0.01}	100.5dB	Fast	10s	95%	

● **Level recording system**
LR-06 level recorder, BNC-mini plug cable CC-24
Recording example (Thermal paper TP-30)

Specifications

Applicable standards:	IEC 651; 1979 Type 2, IEC 604; 1985 Type 2 [NL-05]	Display:	Numerical; 4 digits, resolution 0.1 dB update cycle 1 s Graph scale; 60 dB range, 2 dB-step, update cycle 0.1 s
Microphone:	1/2-inch Prepolarized Condenser Microphone UC-52 [NL-05], with Preamplifier NH-16.	Warning indicators:	Overload (upper scale limit +9 dB) Under range (lower scale limit -1 dB) Battery condition (3-segment indicator)
Max. measurement level:	139 dB RMS (132 dB af c.f.3)[NL-05]	Memory:	Up to 50 L _{max} data (automatic store after measurement)
Noise floor:	Typical 21 dB (A) RMS (Max. 24 dB (A) RMS)[NL-05] 20 to 140 dB 70 dB	Outputs:	AC; 1 Vrms (at FS), DC; 3.5 V (at FS) 0.5 V/10 dB, interface; RS-232 C
Display range:	20 to 140 dB	Ambient condition for operation:	-10 to +50°C, 30 to 90 % RH
Linearity range:	70 dB	Power supply:	DC; IEC R6 (size AA) × 2 Continuous operation; 24 h [NL-05] (alkaline)
Measurement parameters:	L _{eq} , L _{max} , L _{1s} and L ₁₀	AC; AC adapter NC-27 series (100 V, 120 V, 230 V, optional)	Approx 23 (H) × 8 (W) × 3 (D) cm
Frequency range:	6000 Hz [NL-05]	Dimension:	Approx 300 g (including batteries)
Frequency weighting:	A, C, Flat	Weight:	Windscreen WS-10 × 1, Batteries IEC R6 × 2, Miniature screwdriver × 1, Carrying case × 1
Time weighting:	Fast, Slow	Supplied accessories:	
Measurement time for L _{eq} , L _{1s} and L ₁₀ :	10 s, 1, 5, 10, 15, 30 min, 1, 8, 24 h and manual set (up to 99 h 59 min 59 s)		

Specifications subject to change without notice.

RION CO., LTD.

20-41, Higashimotomachi 3-chome, Kokubunji, Tokyo 185, Japan
Telephone: 0423-59-7888 Fax: 0423-59-7442

- **DEFINICIONS A CONSIDERAR:**

¹Un **oscil·loscopi** és un instrument de mesurament electrònic per a la representació gràfica de senyals elèctrics que poden variar en el temps. És molt usat en electrònica de senyal, freqüentment al costat d'un analitzador d'espectre.

Presenta els valors dels senyals elèctrics en forma de coordenades en una pantalla, en la qual normalment l'eix X (horitzontal) representa temps i l'eix Y (vertical) representa tensions. La imatge així obtinguda es denomina oscil·lograma. Solen incloure una altra entrada, cridada "eix Z" que controla la lluminositat del feix, permetent ressaltar o apagar alguns segments de la traça.

Els oscil·loscopis, classificats segons el seu funcionament intern, poden ser tant analògics com a digitals, sent el resultat mostrat idèntic en qualsevol dels dos casos, en teoria.

²Un **multímetre**, és un instrument elèctric portàtil per mesurar directament magnituds elèctriques actives com a corrents i potencials (tensions) o passives com a resistències, capacitats i unes altres. Les mesures poden realitzar-se per a corrent continu o alterna i en diversos marges de mesura cadascuna.

³**L'espectre de freqüència** d'un fenomen ondulatori (sonor, lluminós o electromagnètic), superposició d'ones de diverses freqüències, és una mesura de la distribució d'amplituds de cada freqüència. També es diu espectre de freqüència al gràfic d'intensitat enfront de freqüència d'una ona particular.

L'espectre de freqüències o descomposició espectral de freqüències pot aplicar-se a qualsevol concepte associat amb freqüència o moviments ondulatoris com són els colors, les notes musicals, les ones electromagnètiques de radi o TV i fins i tot la rotació regular de la terra.

Annex III. Contingut del CD-ROM.

- Documentació del projecte (memòria, plànols i pressupost).
- Plànols amb EAGLE 5.11.0
- Datasheets dels components del prototip.
- Software utilitzat per implementar la placa PCB.
- Bases de càlcul per la realització de l'estudi.