
CAPACITACIÓ PER A LA PLANIFICACIÓ DE L'AUTOPROTECCIÓ EN L'ÀMBIT LOCAL

MATERIAL DE SUPORT PER A LA CAPACITACIÓ DE PERSONAL TÈCNIC
COMPETENT EN ELABORACIÓ DE PLANS D'AUTOPROTECCIÓ D'ACTIVITATS
I CENTRES D'INTERÈS PER A LA PROTECCIÓ CIVIL LOCAL

Institut de
Seguretat Pública
de Catalunya



Amb la col·laboració de la
**Direcció General de
Protecció Civil**

MÒDUL A INTRODUCCIÓ BÀSICA A LA PROTECCIÓ CIVIL

BLOC A4. TECNOLOGIES DE SUPORT A LA PROTECCIÓ CIVIL



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca)

Està permès reproduir-la, distribuir-la i comunicar-la públicament, sempre que se'n reconegui explícitament l'autoria, amb usos no comercials i sense obra derivada, i l'Institut com a editor de la publicació.

Consulteu la llicència completa a:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>

© Institut de Seguretat Pública de Catalunya

Ctra. C-17, Barcelona-Ripoll, km 13,5
08100 Mollet del Vallès

Amb la col·laboració de la **Direcció General de Protecció Civil**

Continguts revisats i modificats, d'acord amb el Decret 30/2015: juliol de 2017

1a edició electrònica: juny de 2011

Dipòsit legal: B-25864-2011

Tractament, edició i maquetació: GEC, SA (www.gecsa.com)

A4. Tecnologies de suport a la protecció civil

Taula de continguts

A4.1 Xarxa d'alarmes i avisos a la població.....	5
1. Per a quins riscos han d'adoptar-se mesures d'avís a la població?.....	7
2. La xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil	11
2.1 Marc normatiu.....	11
2.2 Composició actual de la xarxa de sirenes	16
2.3 El sistema de comunicacions i telecontrol.....	17
2.4 Activació del sistema d'avisos per al PLASEQQCAT.....	18
2.5 Activació del sistema d'avisos per als plans de preses	20
3. Tipus de sirenes d'avís a la població	22
3.1 Sirenes pneumàtiques	23
3.2 Sirenes mecàniques	23
3.3 Sirenes electròniques	24
Annex 1. Càlculs de cobertura acústica.....	25
1.1 Teoria de l'acústica.....	25
1.2 Efectes de la intensitat i la freqüència en la percepció acústica	27
1.2.1 Intensitat.....	28
1.2.2 Freqüència	32
1.2.3 Atenuació del so amb la distància	35
1.2.4 Efectes de l'ona estacionària.....	37
Annex 2. Característiques tècniques de la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil.....	39
2.1 Arrays d'altaveus MOD6024	39
2.2 Unitats de control electròniques UVTD	41
2.3 L'electrònica de les sirenes.....	42

A4.1 Xarxa d'alarmes i avisos a la població

1. Per a quins riscos han d'adoptar-se mesures d'avís a la població?



Sant Boi de Llobregat. Edifici Centre de Serveis.

D'una manera o altra, totes les persones han d'estar informades sobre qualsevol risc que les pugui afectar i de les mesures que han d'adoptar per afrontar-los. Evidentment, en funció del tipus de risc, **el mitjà de comunicació a la població i el missatge a difondre seran molt diferents.**

Tant en el cas dels **microriscos** (afecten una persona o un nombre delimitat de persones) com els de **riscos col·lectius** (poden afectar tota la població o un grup important) tenen associats algun tipus de sistema d'avís o sensibilització a la població.

Exemple

Com a exemples cal destacar els següents:

- **Accidents de trànsit:** anuncis als mitjans de comunicació (televisió i ràdio), panells lluminosos a les carreteres, campanyes dels serveis de trànsit, etc.
- **Fumar:** campanya d'informació sobre els riscos de fumar, anuncis als mitjans de comunicació, etc.
- **Grip A:** informació als mitjans de comunicació, campanya de vacunació, etc.

Emmarcats dins l'objecte i àmbit de la Llei 4/1997, de 20 de maig, de protecció civil de Catalunya (**situacions de greu risc col·lectiu, de catàstrofes i de calamitats públiques**) es fa encara més palès aquest deure d'informar a la població i, en concret, s'estableix en els següents articles:

Cita

"Article 4

Dret d'informació

- 1. Els ciutadans i ciutadanes tenen dret a ésser informats dels riscos col·lectius greus que els poden afectar i de les mesures públiques per a afrontar-los.*
- 2. Les persones que es poden veure afectades per situacions de risc greu han de rebre informació i instruccions de manera àmplia, precisa i eficaç sobre les mesures de seguretat a prendre i la conducta a seguir en cas d'emergència."*

Cita

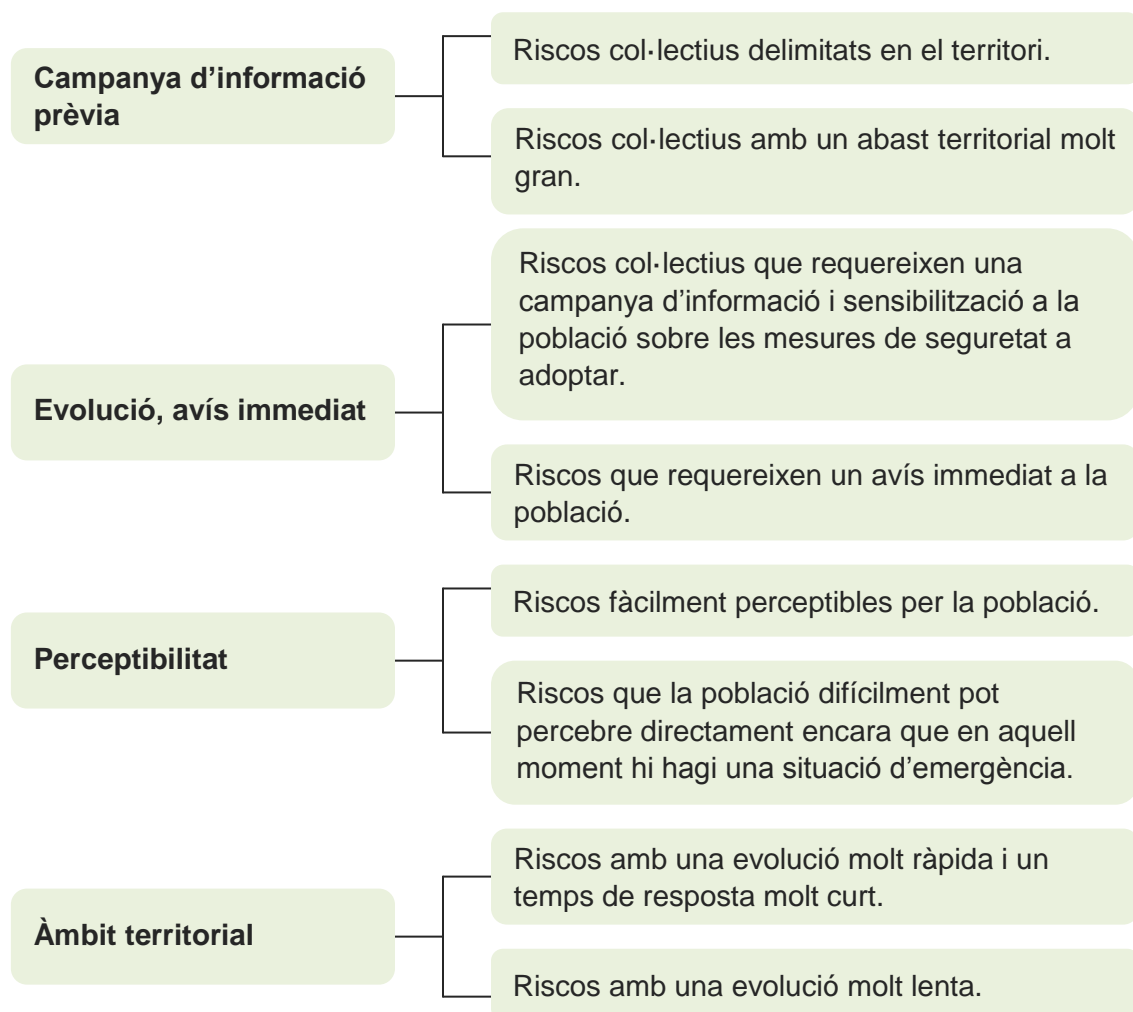
“Article 11

Mitjans de comunicació

En les situacions d'emergència regulades per aquesta Llei, els mitjans de comunicació social de titularitat pública i privada són obligats a col·laborar amb les autoritats de protecció civil, i han de transmetre o, si escau, publicar, de manera prioritària i immediata i gratuïta (si l'emergència així ho requereix) la informació, els avisos i les instruccions que aquestes autoritats els facilitin. En tots els casos, s'ha d'indicar l'autoritat de protecció civil que genera el comunicat.”

Hi ha factors associats a cada risc que determinen el **tipus d'avís** a la població i també el canal o **mitjà de comunicació** que es faran servir.

Concretament, segons diversos factors, es poden distingir els següents **tipus de riscos**:



Es pot fer una taula comparativa amb dos riscos col·lectius de diferent tipologia d'aquesta manera:

	Incendi forestal	Fuita tòxica en una instal·lació industrial amb substàncies perilloses
Àmbit territorial	Zona forestal de tot Catalunya.	Zones d'alerta i intervenció dels diferents establiments industrials.
Perceptibilitat	Fàcilment perceptible per a la població relativament propera al risc.	Una fuita tòxica, per regla general, difícilment serà perceptible per la població.
Campanya d'informació prèvia	Difusió de les mesures de prevenció d'incendis, dels consells generals a la població en cas d'incendi, de les mesures d'autoprotecció en urbanitzacions, etc.	Difusió del coneixement del risc a la població: com sabran que s'ha produït una emergència, els tipus de sons del sistema d'avís acústic, les mesures d'autoprotecció a adoptar, etc.
Evolució, avís immediat	No es requereix un avís immediat a la població. En funció de l'evolució de l'incendi els grups d'ordre i intervenció, com a mesura preventiva, poden ordenar l'evacuació de les zones de població més pròximes.	Es requereix un avís immediat a la població per tal que es confinin en lloc segur. Si no es fa l'avís a la població, és possible que no tinguin manera de saber que estan en perill.

Independentment del tipus de risc, una manera de fer arribar el missatge a la població afectada serà a través dels **mitjans de comunicació social** (ràdio, televisió i Internet).

En algun tipus de risc (com ara el cas d'una fuita tòxica) es trobaran certes mancances dels mitjans de comunicació social a l'hora de difondre els missatges que faran pensar en adoptar **sistemes d'avís a la població addicional**.



Algunes d'aquestes mancances dels mitjans de comunicació serien les següents:

Inconvenients dels mitjans de comunicació

- Ampli marge de temps de disponibilitat del canal de comunicació i de la difusió del missatge a la població.
- Necessitat que la població tingui disponible en aquell moment el terminal receptor (ja sigui un aparell de ràdio o de televisió).
- Necessitat que el missatge arribi a la població que es troba a l'exterior d'edificis o en mobilitat.
- Necessitat de restringir el missatge a una zona del territori concreta.

Com a **sistemes addicionals** als mitjans de comunicació social s'utilitzen:

Sirenes fixes instal·lades a les zones de risc

- + Rapidesa en la difusió del missatge.
- + Les sirenes permeten arribar a tota la població que es troba dins la zona afectada.
- Alt cost d'implantació (no hi ha aprofitament de la infraestructura existent).
- Limitada longitud o contingut del missatge a difondre.

Sirenes mòbils dels vehicles i cotxes dels grups d'ordre i intervenció

A través d'aquest sistema se seleccionaria la zona de població a la qual s'hauria de fer l'avís, la qual inclouria el conjunt d'abonats de telefonia fixa als qual s'enviaria un missatge telefònic pregravat.

Sistema de trucades massives

- + Rapidesa en la difusió del missatge.
- + Capacitat de selecció per zona.
- El missatge només arribaria a l'interior d'edificis que tinguessin telefonia fixa.

Servei de *broadcast* o *Cell Broadcast (CB) messaging*

Es tracta d'un servei de telefonia mòbil que permet la difusió d'un missatge a múltiples clients de telefonia mòbil que es trobin localitzats en una àrea determinada de cobertura de la xarxa.

- + A diferència del servei de SMS (que fa enviaments d'un origen a un destí o a varis) el CB fa enviaments d'un origen a tots els destinataris.
- La majoria d'operadors de telefonia mòbil no tenen activat aquest servei en les seves xarxes.
- La majoria de fabricants de terminals no suporten aquesta funcionalitat.

A través del **Cell Broadcast Forum** i del projecte europeu **CHORIST**, mitjançant l'intercanvi de coneixements i experiències, es pretén descriure una posició comú de tots els implicats (governos, operadors i fabricants de terminals) que porti cap a una estandardització del *Cell Broadcast* com a sistema d'alerta massiu a la població.

Important

En resum, els casos en què serà prioritari dur a terme la implantació de sistemes d'avís a la població addicionals als mitjans de comunicació social, serà per a aquells riscos que tinguin un **abast delimitat en el territori**, que siguin **difícilment perceptibles** per a la població en el moment de produir-se una emergència, i que la seva evolució requereixi adoptar **mesures d'autoprotecció immediates**. La xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil està contemplada actualment per al **risc en instal·lacions industrials amb substàncies perilloses** i per al **risc de trencament de preses**.

2. La xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil

2.1 Marc normatiu

A l'article 22 de la Llei 4/1997, de 20 de maig, de protecció civil, s'exposa el següent:

Cita

- “1. El Govern ha de crear una xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil.*
- 2. El Govern ha de determinar la localització de les instal·lacions, amb l'audiència prèvia de la corporació municipal en el terme de la qual s'han d'emplaçar.*
- 3. Es declara la utilitat pública de les instal·lacions que integren la xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil.*
- 4. L'expropiació forçosa de béns i drets i la imposició de servituds per l'establiment de les instal·lacions de la xarxa general d'alarmes de protecció civil es regeixen per la legislació general d'expropiació forçosa.”*

Així mateix, es crea el Decret 240/1999, de 31 d'agost, pel qual es regulen els **senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil**, amb l'objectiu de regular el sistema d'avís a la població mitjançant la utilització de senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions adreçats a informar la població davant situacions de risc col·lectiu greu, catàstrofes i calamitats públiques, per tal que aquest sistema d'avís sigui igual arreu de Catalunya i se'n garanteixi l'operativitat.

En aquest Decret també es regulen els diferents tipus de senyals acústics i l'activació d'aquests senyals, com també els òrgans competents per activar-los en el marc de l'atribució de competències prevista en la Llei per a l'activació dels plans de protecció civil.

Concretament, el Decret estableix:

“Article 1

Objecte

1.1 Aquest Decret té com a objecte regular el sistema d'avís a la població mitjançant els senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil.

1.2 Els senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions estan destinats a **informar** la població mitjançant sirenes electromagnètiques, davant situacions de **risc col·lectiu greu, catàstrofes i calamitats públiques i no poden ser utilitzats per a altres fins que els definits en aquest Decret.**

Article 2

Àmbit

Els equips de sirenes electromagnètiques previstos en els plans de protecció civil s'han d'ajustar als tipus de sons dels senyals acústics establerts en aquest Decret.

Article 3

Tipus de senyals acústics

Els senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions poden ser **d'alerta, d'evacuació, de fi d'alerta i de prova.**

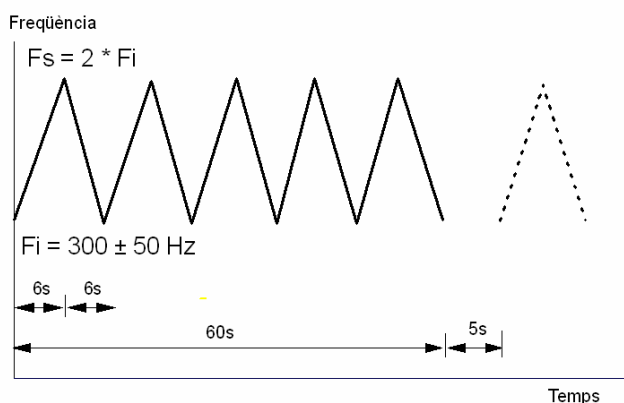
Article 4

El senyal d'alerta

4.1 L'emissió del senyal d'alerta té com a objecte recomanar a la població:

- El confinament de les persones en els seus domicilis o en llocs segurs, d'acord amb les previsions dels plans corresponents.
- Escoltar els missatges i les instruccions difosos per les autoritats de protecció civil a través dels mitjans de comunicació social de titularitat pública i privada, en què s'indicaran les consignes per a la població i l'autoritat de protecció civil que genera el comunicat.

4.2 El senyal d'alerta està format per 3 cicles d'una durada d'un minut cadascun, separats per un interval de 5 segons.



1. El senyal d'alerta és un senyal en dent de serra.
2. La variació en freqüència s'estén en un interval d' F_i a F_s :
(F_i) Freqüència inferior = 300 ± 50 Hz.
(F_s) Freqüència superior = $2 \times F_i$.
3. El temps d'increment d' F_i a F_s és de 6 segons.
4. El temps de descens d' F_s a F_i Hz és de 6 segons.
5. La durada total d'un cicle d'alerta és de 60 segons.

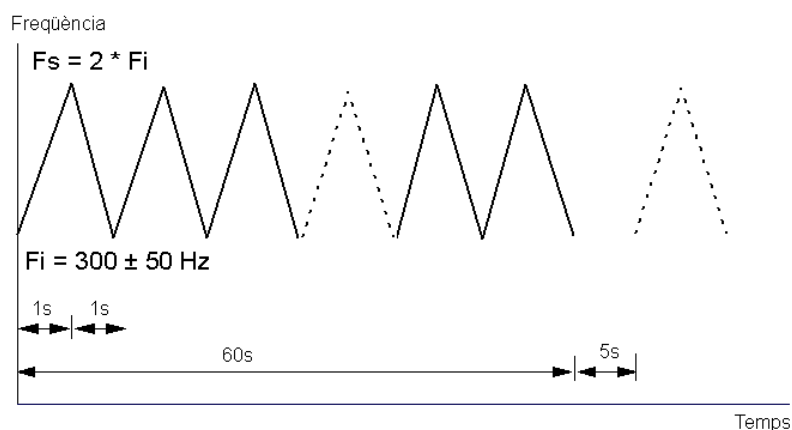
Article 5

El senyal d'evacuació

5.1 L'emissió del senyal d'evacuació té com a objecte avisar la població de la necessitat de realitzar una evacuació immediata per tal que s'allunyi dels llocs de perill i que es dirigeixi als punts de reunió definits en la implantació del pla de protecció civil que prevegi l'evacuació.

5.2 El senyal d'evacuació només s'ha d'utilitzar en els casos en què el confinament no estigui indicat, com en els de trencament d'embassament i en els altres que determinin els plans de protecció civil.

5.3 El senyal d'evacuació està format per tres cicles d'una durada d'un minut cadascun, separats per un interval de 5 segons.



1. La variació en freqüència s'estén en un interval d' F_i a F_s :
(F_i) Freqüència inferior = 300 ± 50 Hz.
(F_s) Freqüència superior = $2 \times F_i$.
2. El temps d'increment d' F_i a F_s és d'1 segon.
3. F_s es manté constant durant 1 segon.
4. La durada total d'un cicle d'evacuació és de 60 segons.

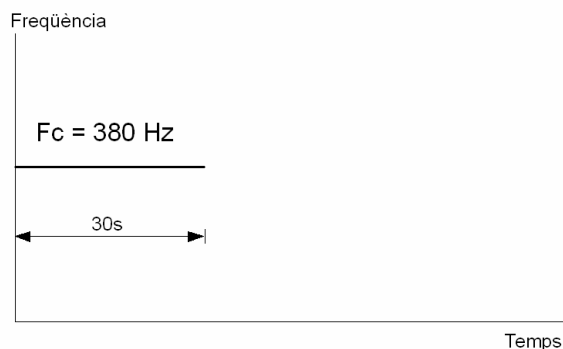
Article 6

El senyal de fi d'alerta

6.1 L'emissió del senyal de fi d'alerta té com a objecte avisar la població que s'ha restituit la situació de normalitat i ha finalitzat l'emergència que va originar l'activació del senyal d'alerta o del senyal d'evacuació.

6.2 El senyal de fi d'alerta ha de ser anunciat, a través dels mitjans de comunicació social de titularitat pública i privada, per les autoritats de protecció civil corresponents.

6.3 El senyal de fi d'alerta comporta una emissió d'un so d'una durada de 30 segons.



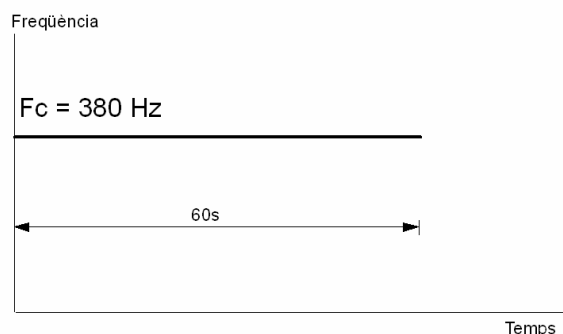
La freqüència del senyal de fi d'alerta és de 380 Hz.

Article 7

El senyal de prova

7.1 L'emissió del senyal de prova té com a objecte comprovar el bon funcionament dels senyals acústics, donar-los a conèixer a la població i habitar la població a la seva emissió.

7.2 El senyal de prova comporta l'emissió d'un so d'una durada d'un minut, d'acord amb les característiques tècniques establertes a l'annex d'aquest Decret.



La freqüència del senyal de prova és de 380 Hz.

Article 8

Responsabilitat de l'activació dels senyals acústics

8.1 L'activació dels senyals acústics regulats en aquest Decret correspon a l'**òrgan competent per declarar l'activació del pla** de protecció civil associat als equips de sirenes, segons l'abast de l'emergència.

8.2 **Excepcionalment** el senyal d'alerta pot ser activat pels **responsables de la instal·lació que ha provocat l'accident** mentre les autoritats de protecció civil no prenguin el comandament i sempre amb l'obligació de comunicar-ho immediatament a aquestes autoritats.

Article 9

Coordinació operativa

L'**emissió dels senyals acústics** de la xarxa general d'alarmes i comunicacions acordada per part dels òrgans competents a què fa referència l'apartat 1 de l'article anterior correspon al **Centre de Coordinació Operativa de Catalunya (CECAT)** o als **centres municipals de coordinació operativa (CECOPAL)**, segons que el pla de protecció civil activat sigui autonòmic o local.

Article 10

Informació i formació

10.1 Les autoritats de protecció civil han d'informar la població mitjançant campanyes d'informació i divulgatives dels diferents tipus de senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil.

10.2 En la realització de simulacres, d'acord amb les disposicions dels plans corresponents, s'han d'utilitzar els senyals acústics regulats en aquest reglament.”

Important

En resum, la xarxa d'alarmes i comunicacions és un recurs assignat tant al pla d'emergència autonòmic com al pla d'actuació municipal i, per tant, la responsabilitat de la seva activació recaurà tant en el **CECAT** a través de la direcció del pla autonòmic (titular del Departament d'Interior) com en el **CECOPAL** a través de la persona responsable de la protecció civil del municipi i del pla d'actuació municipal (alcalde o alcaldessa).

Això sí, en el moment d'activació de la xarxa d'alarmes i comunicacions, sigui quin sigui el centre de coordinació que ho faci, haurà d'haver un **avís o acord previ** entre les dues parts.

Actualment, els plans de protecció civil que contemplen explícitament mesures d'avís a la població a través de la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil són el **Pla d'emergència exterior del sector químic de Catalunya (PLASEQCAT)** i els **plans d'emergència de preses**.

Segons la Llei 4/1997, de 20 de maig, de protecció civil, i d'acord amb el Decret 243/2007, de 6 de novembre, d'estructura del Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació,

la responsabilitat de dur a terme **la implantació de la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil** recau en la **Direcció General de Protecció Civil**, a través del **Servei de Tecnologia en Protecció Civil**.

En el cas de risc de trencament de presa, segons la Directriu bàsica de planificació de protecció civil davant el risc d'inundacions, el responsable de dur a terme la implantació del sistema d'avís a la població en la zona inundable en la primera mitja hora, és el **titular de la presa**.

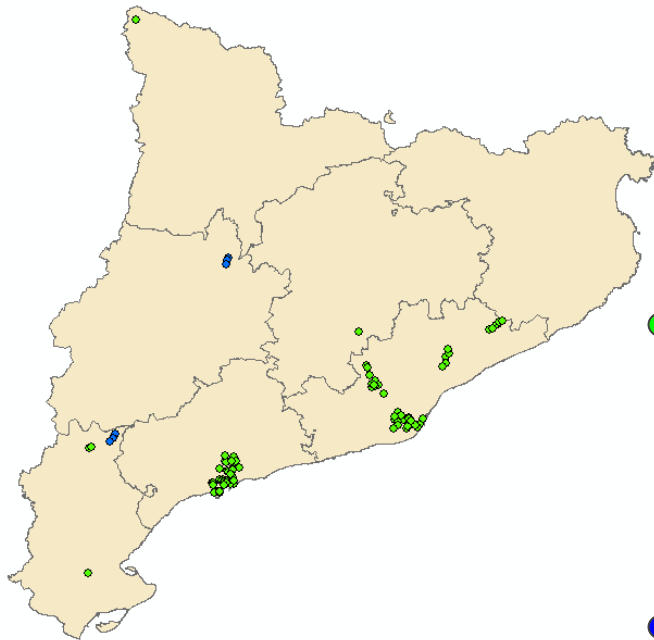
En tot cas, però, aquest sistema d'avís a la població per a trencament de preses, s'haurà d'integrar en la **xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil** per al seu telecontrol i activació també des del Centre de Coordinació Operativa de Catalunya (CECAT).



Tarragona. IES Vidal i Barraquer.

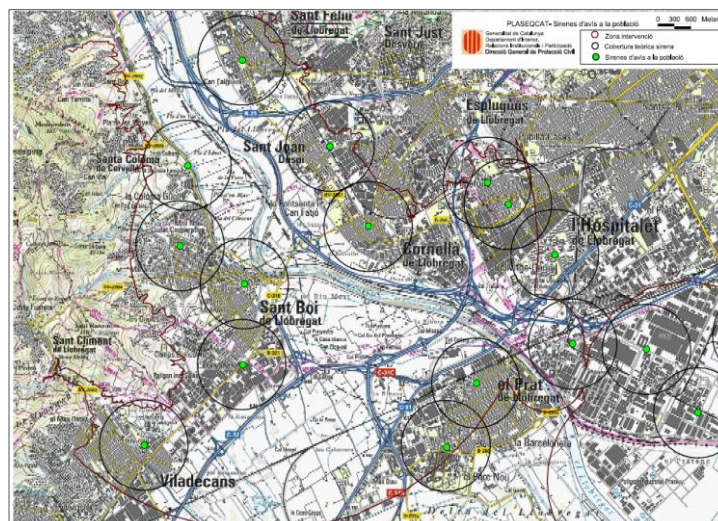
2.2 Composició actual de la xarxa de sirenes

Actualment, la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil està formada per **88 unitats de sirena**, segons la següent distribució:

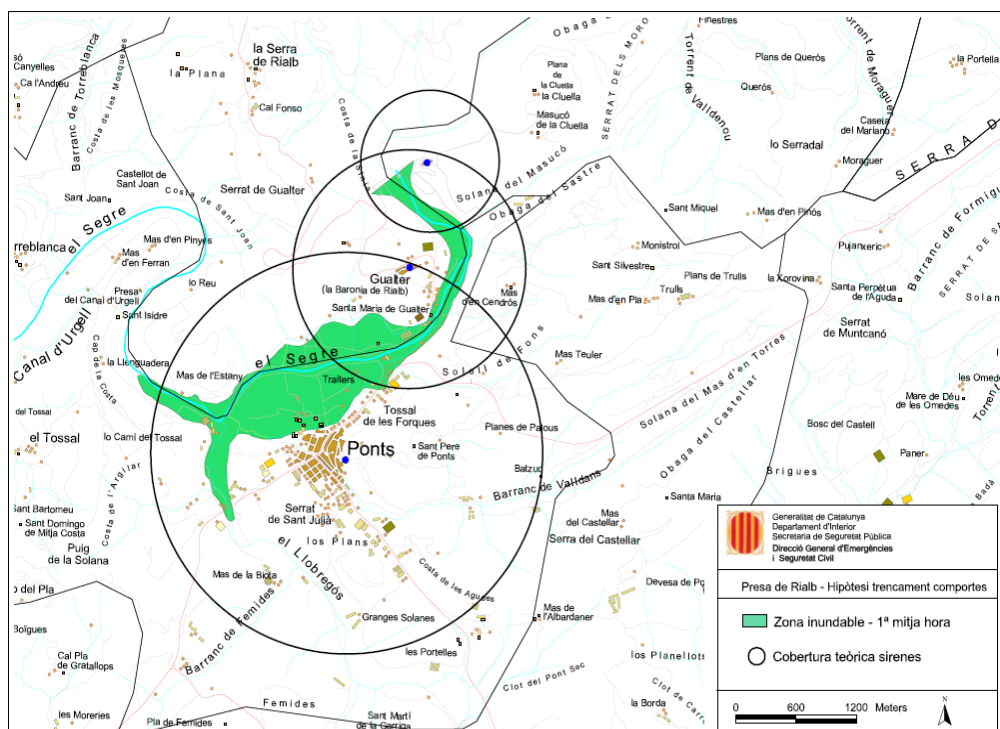


- **Risc químic**
 - Tarragona: 38 sirenes
 - Terres de l'Ebre: 3 sirenes
 - Llobregat - Vallès Occidental: 10 sirenes
 - Vallès Oriental - Vallès Occidental: 5 sirenes
 - Llobregat - Barcelonès: 18 sirenes
 - La Tordera: 6 sirenes
 - El Bages: 1 sirena
 - Garona Verda: 1 sirena
- **Risc trencament de presa**
 - Rialb: 3 sirenes
 - Palma d'Ebre: 3 sirenes

Aquesta xarxa de sirenes **es va ampliant progressivament** a mesura que es van cobrint acústicament totes les zones de població que es trobin dins les zones d'intervenció dels diferents establiments industrials inclosos en el PLASEQCAT, i a mesura que es vagin aprovant els diferents plans d'emergència de presa.



Exemple de cobertura acústica del sector químic Llobregat – Barcelonès.

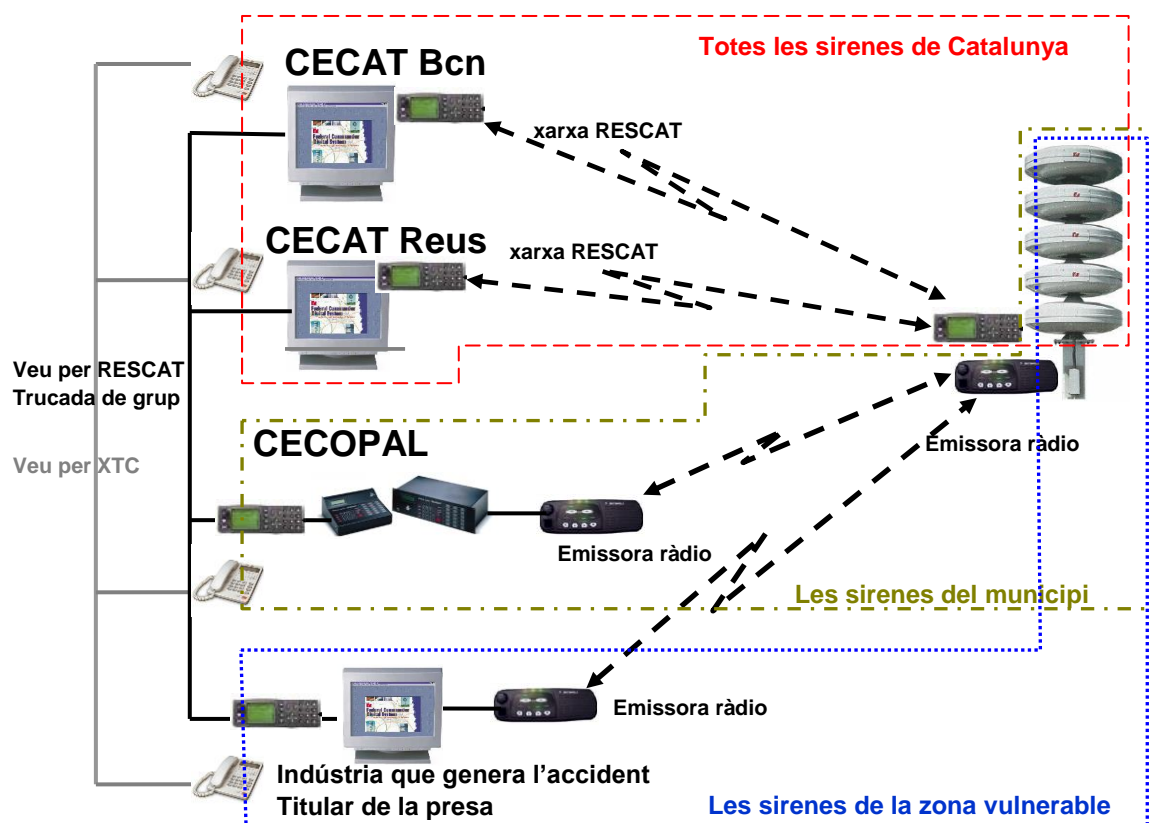


Exemple de cobertura acústica de la presa de Rialb.

2.3 El sistema de comunicacions i telecontrol

El sistema de comunicacions i telecontrol de la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil es basa en un sistema redundat de comunicacions de veu i dades amb les següents característiques:

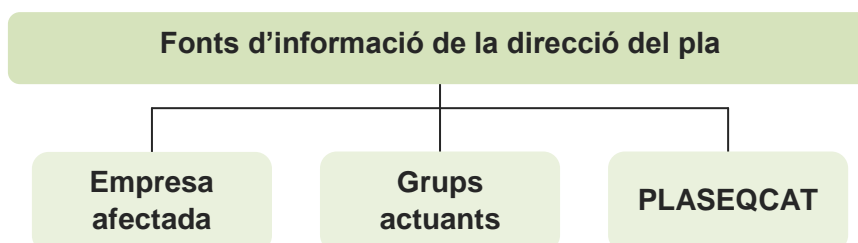
- **CECAT Barcelona i CECAT Reus** activen i telecontrolen totes les sirenes d'avís a la població de Catalunya a través de la **xarxa de radiocomunicacions RESCAT** (de l'estàndard TETRA).
- Cada **CECOPAL** (policia local del municipi) activa i telecontrola les sirenes que es troben dins el seu terme municipal a través de **radiocomunicacions Private Mobile Radio (PMR)**.
- D'acord al Decret 240/1999, de 31 d'agost, **l'establiment industrial o la presa** que ha generat l'accident, activa i telecontrola les sirenes que es troben dins la zona d'afectació que ha generat l'accident a través de **radiocomunicacions PMR**. Aquesta situació és **molt excepcional en el cas de risc químic** en establiments industrials, ja que l'avís a la població ha de ser competència de les autoritats de protecció civil, ja sigui municipal o autonòmica. En el cas de les preses, sí que és més habitual que des de la sala de control de presa es disposi de sistema d'activació i telecontrol.
- **Enllaç de veu principal** entre CECAT, CECOPAL i establiments industrials o sales de control de preses, a través de **telefonía convencional**.
- **Enllaç de veu secundari** entre CECAT, CECOPAL i establiments industrials o sales de control de preses, a través de la xarxa de **radiocomunicacions RESCAT**.



2.4 Activació del sistema d'avís per al PLASEQCAT

En cas d'emergència, cal determinar la **zona vulnerable** que comprèn les zones d'intervenció i alerta, per tal d'adoptar les mesures adients per protegir la població de l'accident. Les dues zones es fixen per a cada tipus i magnitud d'incident.

La direcció del pla disposarà de **tres fonts d'informació**:



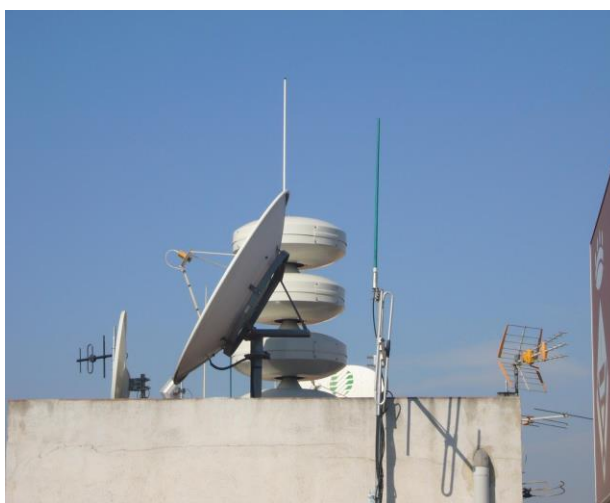
Especialment, els grups següents:
 - Grup d'intervenció.
 - Grup de control ambiental.

Important

D'acord amb el PLASEQCAT, la finalitat del sistema d'avisos és **alertar la població situada a la zona d'intervenció**, de la manera més ràpida possible, sobre l'existència d'un accident en una indústria o instal·lació i que, en conseqüència, cal que s'adoptin les mesures preestablertes de confinament o evacuació (si fos necessari) i que es connectin amb les emissores de ràdio local, Ràdio Nacional d'Espanya o Catalunya Ràdio, on s'emetran els comunicats i instruccions que ha de seguir la població. El **factor temps** pot ser molt important.

La responsabilitat última de l'activació de les sirenes és de la **direcció del PLASEQCAT**. Aquesta tindrà molt en consideració les recomanacions que, en aquest sentit, facin el responsable del grup d'intervenció o la direcció del pla d'emergència interior de l'empresa sinistrada.

A més, l'**alcalde o alcaldessa** de cada població, com a responsable de protecció civil al seu municipi, disposa de mitjans per activar els equips situats al seu terme, tot i que abans de fer-ho haurà de coordinar-se amb la direcció del PLASEQCAT.



Sant Andreu de la Barca. Edifici de l'Ajuntament.

En l'accionament, es selecciona el **conjunt de sirenes** (activació selectiva) i el **tipus de senyal** a emetre. L'activació pot ser de dues modalitats:

Remota

Les sirenes s'activen via ràdio des del CECAT. També es podrien activar, amb l'equipament adequat, des de la indústria accidentada i el CECOPAL afectat.

Local

Polsador a peu de sirena.

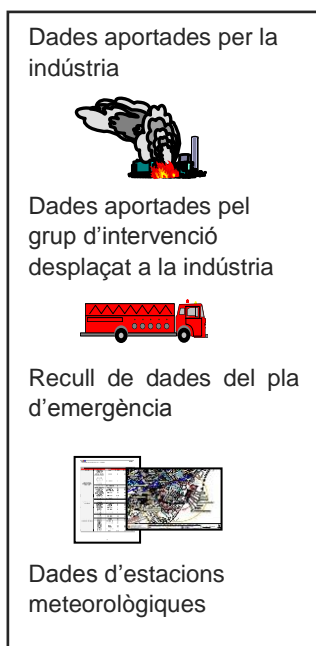


CEIP Sant Bernat, Vila-seca.

Si no es disposa de sirenes s'alertarà a la població utilitzant, en la mesura que sigui possible, la **megafonia mòbil dels cotxes patrulla** del grup d'ordre i logístic. S'utilitzarà un so gravat idèntic al de la megafonia fixa. El recorregut d'aquests cotxes ha de ser tal que la informació arribi a tota la població potencialment afectada.

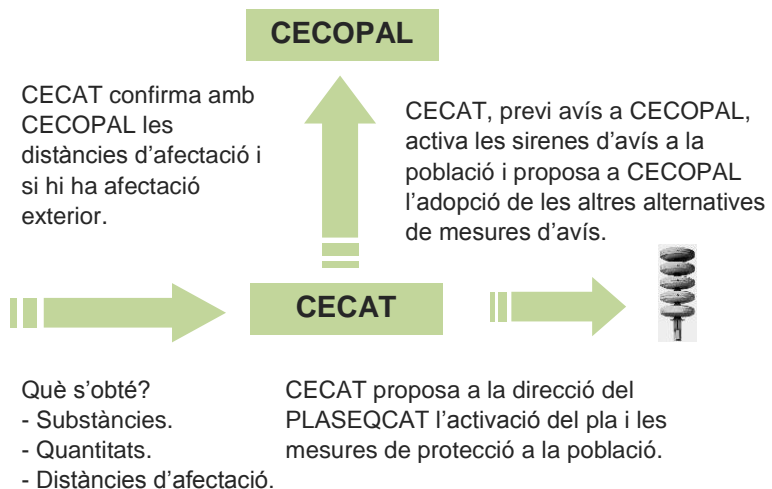
Unes altres accions que s'hauran de dur a terme, es disposi o no de sirenes d'avís a la població, seria la realització tant des del CECAT com des del CECOPAL, de **trucades telefòniques als elements de població més vulnerables** a patir les conseqüències d'un accident químic (llars d'infants, llars d'avis, hospitals, etc.) i als llocs on es poguessin concentrar un gran nombre de persones (instituts, mercats, zones comercials, etc.).

En definitiva, les sirenes d'avís a la població constitueix **un recurs més del pla, però no l'únic**.



Fons d'informació

CECOPAL proposa a la persona responsable de protecció civil municipal l'activació del PAM i les mesures de protecció a la població.



2.5 Activació del sistema d'avisos per als plans de preses

Els sistema de comunicacions i d'activació de les sirenes d'avís a la població per als plans d'emergència de preses es dissenya segons la **Guia tècnica per a l'elaboració de plans d'emergència de preses** (pàgines 40 a 43), i sempre d'acord amb allò que diu la **Llei 4/1997**, de 20 de maig, de protecció civil i el **Decret 240/1999**, de 31 d'agost, pel qual es regulen els senyals acústics de la xarxa general d'alarmes i comunicacions de protecció civil.

Al **Pla d'emergència de la Llosa del Cavall**, per exemple, es recull la següent informació:

Cita

*“La gestió d’una eventual emergència a la presa obliga a definir un **esquema de comunicacions** entre ens responsables tot partint de la presa o del responsable de presa com a focus de detecció inicial de l’anomalia. [...]*

*Segons el Decret 240/1999 de 31 d’agost, pel qual es regulen els senyals acústics de la xarxa general d’alarmes i comunicacions de protecció civil, en l’apartat 1 de l’article 8 s’especifica que l’activació dels senyals acústics regulats en aquest Decret correspon a l’òrgan competent per declarar l’activació del pla de protecció civil associat als equips de sirenes, segons l’abast de l’emergència. Dins del mateix Decret, a l’article 9 s’hi defineixen els ens responsables de la coordinació operativa “l’emissió dels senyals acústics de la xarxa general d’alarmes i comunicacions acordada per part dels òrgans competents, a què fa referència l’apartat 1 de l’article anterior, correspon al Centre de Coordinació Operativa de Catalunya (CECAT) [...]”. Per tant, serà responsabilitat del **CECAT** l’activació del sistema d’alerta a la població. De forma excepcional, l’**Agència Catalana de l’Aigua**, a través de la **Sala de Gestió d’Emergències** (Centre de Telecontrol) o des de la **Sala d’Emergència de Presa** en última instància, podrà activar també aquest sistema d’avís, amb el ben entès que haurà de **mantenir informat el CECAT i les autoritats de Protecció Civil**. [...]*

El sistema de comunicacions ha de garantir una forma de comunicació directa i ininterrompuda entre la presa i els organismes implicats en una emergència. [...]

*La **xarxa de comunicacions** es dissenyarà de manera **redundant**, de manera que la fallada d’un dels subsistemes no comporti la fallada general del sistema global. Aquesta xarxa estarà constituïda de nous equipaments que complementaran els actualment instal·lats, tot **aprofitant al màxim la xarxa RESCAT** que cobreix territorialment tota la conca.”*

D’aquesta manera, la **xarxa de comunicacions** es divideix en **tres grans sistemes**:

1

Xarxa de telefonia convencional ja existent per la qual és possible comunicar la presa amb tots els organismes implicats.

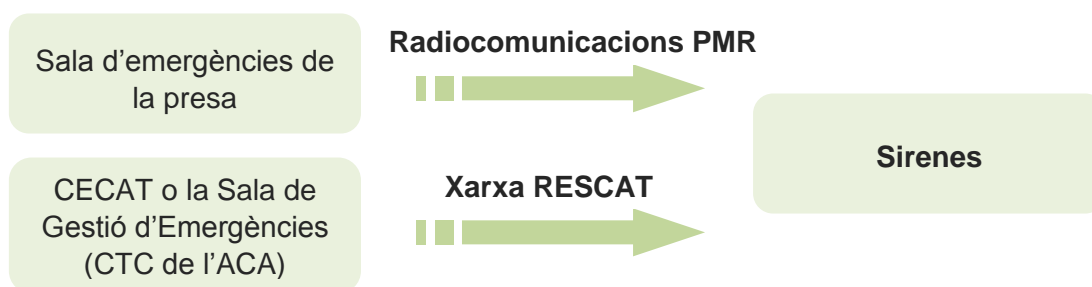
2

Comunicacions GSM/GPRS de la xarxa convencional **GSM**. Donarà servei a tots els ens implicats en l’emergència.

3

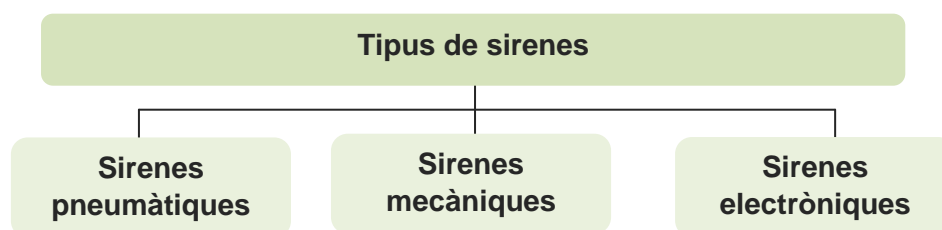
Comunicació mitjançant la **xarxa TETRA** amb línies de comunicació entre tots els organismes implicats en l’emergència.

En el cas d'**activació i desactivació** del sistema d'avís a la població es farà per les següents **vies de comunicació**:



3. Tipus de sirenes d'avís a la població

Podem classificar les sirenes d'avís a la població segons la **tecnologia emprada** per generar el so:



Cada tipus de tecnologia té unes determinades característiques i prestacions que la fan més o menys indicada per a una determinada aplicació. En cada cas s'han d'avaluar els **condicionants inicials de l'aplicació** en concret, així com les **prescripcions tècniques** requerides, per obtenir la solució més adequada.

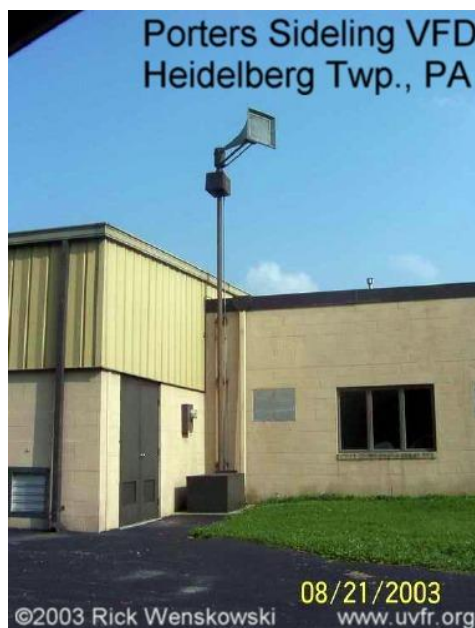
Alguns dels condicionants poden ser els següents:

- Propòsit del sistema d'avís: a la població en general, al personal d'una empresa, en entorns rurals o urbans, etc.
- Número de senyals de so necessaris.
- Característiques dels senyals de so: freqüència, modulació, períodes, etc.
- Temps mínim d'autonomia sense alimentació.
- Disponibilitat d'alimentació elèctrica.
- Manteniment dels equips.
- Necessitat o no de fer test silenciosos i comprovacions remotes.
- Necessitat de missatges de veu o megafonia.

3.1 Sirenes pneumàtiques

A les **sirenes pneumàtiques** el so es produeix per l'escapament d'un determinat cabal d'aire a certa pressió a través d'unes botzines. Serà necessari, doncs, un dipòsit o calderí d'aire, un compressor que generi la pressió d'aire adient.

Aquestes sirenes tenen el desavantatge que els elements mecànics i electrovàlvules són molt susceptibles a averies, a més de necessitar una caseta per contenir el calderí. Cal afegir que no tenen la capacitat de generar sons de freqüència modulada, ni l'emissió de missatges de veu ni megafonia.



Font: Air Raid Sirens, <http://www.airraidsirens.com/>.

3.2 Sirenes mecàniques

El so de les **sirenes mecàniques** es produeix per la rotació d'un motor connectat a un ventilador. Les sirenes mecàniques poden generar sons continus i també tons modulats en freqüència. Malgrat això, el número de tons modulats serà limitat i, a més, la freqüència serà la que li doni la velocitat de rotació del motor. No poden emetre missatges de veu ni megafonia.

Aquests tipus de sirenes són capaces de generar un SPL (*sound pressure level*) molt elevat.

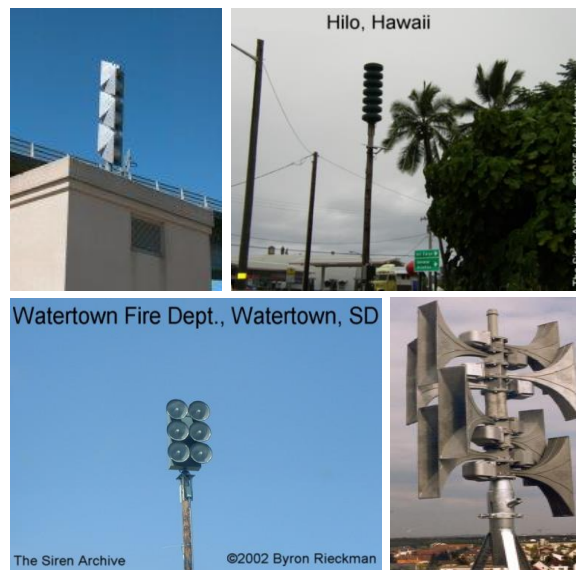


Font: Air Raid Sirens, <http://www.airraidsirens.com/>.

3.3 Sirenes electròniques

Les sirenes electròniques estan constituïdes per un generador de senyals o tons, els amplificadors del senyals, els altaveus que converteixen l'energia elèctrica en energia acústica, i els difusors del so.

Són sirenes de gran potència, gran SPL. Poden generar qualsevol tipus de so, modulats en freqüència o no, i a qualsevol freqüència modulada. Poden generar també missatges de veu i megafonia.



Font: Air Raid Sirens, <http://www.airraidsirens.com/>.

Annex 1. Càlculs de cobertura acústica

1.1 Teoria de l'acústica

Quan es parla de **magnituds de potència acústica**, **intensitat acústica** o **pressió acústica** que l'oïda humana pot percebre, s'està parlant de magnituds molt grans que poden anar, per exemple, en el cas de la potència acústica des del llindar d'audició, dels 10^{-12} Watts (W) fins a una gran quantitat de W. A més, l'oïda humana no segueix un comportament lineal sinó logarítmic; és a dir, un augment d'una unitat en la potència, intensitat o pressió acústica no representa el mateix canvi en nivells alts que en nivells baixos. Així mateix, doblar la potència d'una font sonora no significa que se sentirà el doble.

Es necessita, per tant, una **unitat de mesura logarítmica** per representar-les:

Definició

El **decibel (dB)** és la unitat de mesura logarítmica que expressa els nivells de potència acústica, intensitat acústica i pressió acústica.

El decibel, per definició és:

Fórmula

$$\text{dB} = 10 \log (x)$$

En aquesta fórmula, x serà la magnitud de potència, intensitat o pressió referida a la magnitud llindar d'audició.

Definició

La **potència acústica** és la quantitat d'energia radiada per una determinada font. Es mesura en Watts (W) i és un valor intrínsec de la font que no depèn del lloc on aquesta se situï ni de les condicions atmosfèriques.

Exemple

Un altaveu de 60 W de potència tindrà els 60 W estigui dins una habitació o a fora el carrer.

El **nivell de potència acústica** serà per definició:

Fórmula

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ (dB)}$$

En aquesta fórmula, $W_0 = 10^{-12}$ W, potència llindar d'audició

Definició

La **intensitat acústica** es defineix com la quantitat de potència acústica per unitat de superfície. Es mesura en W/m^2 . En la intensitat acústica ja es té en compte la superfície de radiació de la font sonora i la distància a la qual ens trobem de la font. Ja no és, per tant, un valor intrínsec de la font.

En el supòsit d'una font sonora de potència W radiant en una superfície esfèrica (el cas més normal) la intensitat acústica es representa de la següent manera:

Fórmula

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r^2} \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

El **nivell d'intensitat acústica** serà per definició:

Fórmula

$$L_I = 10 \log \frac{W}{W_0} = 10 \log \frac{I \cdot S}{I_0 \cdot S} = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)}$$

En aquesta fórmula, $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2 , intensitat llindar d'audició

Més que a variacions d'intensitat acústica, l'oida és sensible a variacions de **pressió acústica** sobreposades a la pressió atmosfèrica. Es mesura en Pascal (Pa).

La **relació entre intensitat acústica i pressió acústica** és la següent:

Fórmula

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \left(\frac{W}{m^2} \right) \Rightarrow P = \sqrt{I \rho c} \text{ (Pa)} \Rightarrow P = \sqrt{\frac{W \rho c}{4\pi r^2}} \text{ (Pa)}$$

En aquesta fórmula:

$\rho = 1,21 \text{ kg/m}^3$, densitat volumètrica de l'aire.

$c = 345 \text{ m/s}$, velocitat de propagació del so a l'aire.

A part de la superfície de radiació i de la distància ja tenim en compte també factors com la densitat volumètrica de l'aire i la velocitat de propagació del so en l'aire.

El **nivell de pressió acústica** serà per definició:

Fórmula

$$L_p = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{\frac{p^2}{\rho c}}{\frac{p_0^2}{\rho c}} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ (dB)}$$

En aquesta fórmula, $P_0 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$, pressió llindar d'audició.

El nivell de pressió acústica és la magnitud més utilitzada internacionalment, a més, és el valor que ens donaran les especificacions tècniques de la majoria de fabricants d'equipaments acústics. Les sigles més habituals són **SPL** (*sound pressure level*).

El més habitual no serà parlar del nivell de potència o intensitat acústica que té una font sonora, sinó de la **percepció real** que es té d'aquesta potència, és a dir, del **nivell de pressió acústica**.

Els fabricants d'equipaments acústics, en les seves especificacions tècniques parlaran habitualment de la **sensibilitat** d'un altaveu, és a dir del seu SPL per 1 W a 1 m i per un senyal d'1 kHz.

A partir d'aquest valor, i amb dades addicionals sobre els efectes que produirà l'augment de la potència de l'altaveu en el SPL i l'augment de la distància respecte l'altaveu, es pot saber el SPL de l'altaveu a la seva potència nominal i a certa distància.

1.2 Efectes de la intensitat i la freqüència en la percepció acústica

La percepció de l'oïda humana a un so varia tant amb la freqüència com amb la potència o la intensitat d'aquest so. No obstant, l'oïda és més sensible a les variacions de freqüència que no pas a les d'intensitat.

1.2.1 Intensitat

L'oïda no respon de manera proporcional als canvis en la intensitat acústica dels sons. Si la potència o intensitat d'un so es duplica, la sensació sonora o percepció que es tindrà no es multiplica per dos, no se sentirà el doble.

Si es disposa de dues fonts sonores de 90 dB de nivell de pressió acústica, el nivell de pressió resultant no serà la suma dels dos nivells de pressió, no serà 180 dB, ja que **els decibels no se sumen**.

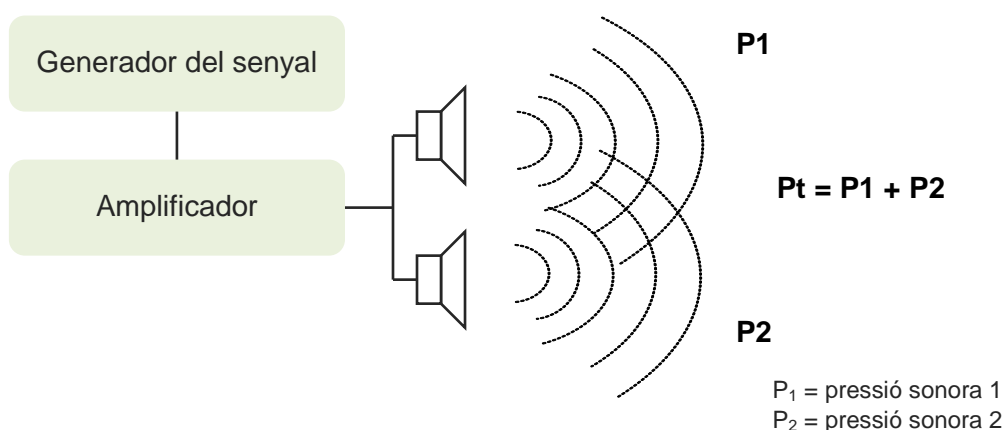
No es poden sumar magnituds logarítmiques, per tant, s'hauran de passar les magnituds logarítmiques a magnituds lineals, sumar-les i llavors tornar a passar el seu valor a dB. Abans de sumar dos nivells de pressió acústica caldrà saber si les fonts sonores són coherents o incoherents entre si.

1. Fonts coherents

Definició

Dues fonts són coherents quan produeixen el mateix senyal amb idèntica fase i amplitud. Dit d'una altra manera, dos altaveus seran coherents quan el senyal que els alimenta sigui el mateix. A més, la distància entre les dues fonts o altaveus haurà de ser mínima, a poder ser, menor a la longitud d'ona del senyal emès.

En aquest cas, la pressió sonora resultant serà la suma de les pressions sonores dels dos altaveus. Es tindrà una **interferència constructiva**.



Suposant que $P_1 = P_2$, si es realitza la suma dels dos nivells de pressió sonora, s'obté el següent resultat:

Fórmula

$$N_t = 20 \log \frac{P_t}{P_o} = 20 \log \frac{P_1 + P_2}{P_o} = 20 \log \frac{2P_1}{P_o} = 20 \log \frac{P_1}{P_o} + 20 \log 2 = 20 \log \frac{P_1}{P_o} + 6 \text{dB}$$

En aquesta fórmula:

N_1 = nivell de pressió sonora 1.

N_2 = nivell de pressió sonora 2.

P_1 = pressió sonora 1.

P_2 = pressió sonora 2.

A partir de la definició de fonts coherents i de la relació entre potència acústica i pressió acústica es pot constatar que no tindrà el mateix efecte doblar la potència d'una font sonora que dues fonts sonores coherents d'igual potència.

Com a exemple, a partir d'un altaveu de 2 W de potència, es vol calcular les següents dades:

1. SPL a 1 m de distància de l'altaveu.
2. SPL si doblem la potència de l'altaveu a 4 W.
3. SPL si situem un altre altaveu de 2 W just al seu costat.

1. La **pressió acústica** de l'altaveu de 2 W a 1 m de distància és:

$$P = \sqrt{\frac{W\rho c}{4\pi r^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,21 \cdot 345}{4\pi 1^2}} = 8,15 \text{Pa}$$

El nivell de pressió acústica és:

$$SPL = 20 \log \frac{p}{p_o} = 20 \log \frac{8,15}{20 \cdot 10^{-6}} = 112,2 \text{dB}$$

2. Si es **doblés la potència** de l'altaveu a 4W s'aconseguiria la pressió acústica següent:

$$P = \sqrt{\frac{W\rho c}{4\pi r^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,21 \cdot 345}{4\pi 1^2}} = 11,53 \text{Pa}$$

D'altra banda, el nivell de pressió acústica seria:

$$SPL = 20 \log \frac{p}{p_o} = 20 \log \frac{11,53}{20 \cdot 10^{-6}} = 115,2 \text{dB}$$

3. Si, en canvi, se situen **dos altaveus** de 2 W alimentats pel mateix senyal suficientment a prop la pressió acústica resultant és:

$$P_t = P_1 + P_2 = 8,15 + 8,15 = 16,3 \text{ Pa}$$

I el nivell de pressió acústica resultant és:

$$SPL = 20 \log \frac{p_t}{p_o} = 20 \log \frac{16,3}{20 \cdot 10^{-6}} = 118,2 \text{ dB}$$

Per tant, d'aquest exemple se'n pot extreure les següents conclusions:

- Doblar la potència d'emissió d'una font sonora significa un increment de 3 dB en el nivell de pressió sonora.
- Doblar el número d'altaveus d'una font sonora (fonts sonores coherents d'igual potència) significa un increment de 6 dB en el nivell de pressió sonora.
- Sentir-hi el doble significa doblar la magnitud lineal (la pressió acústica). Això no es tradueix en multiplicar per dos la magnitud logarítmica (nivell de pressió sonora) sinó que es tradueix en un augment de 6 dB en el nivell de pressió sonora.

D'aquesta manera s'explica que els equipaments acústics de totes les empreses subministradores estiguin formats per **agrupacions d'altaveus** i no pas per un únic altaveu de major potència.



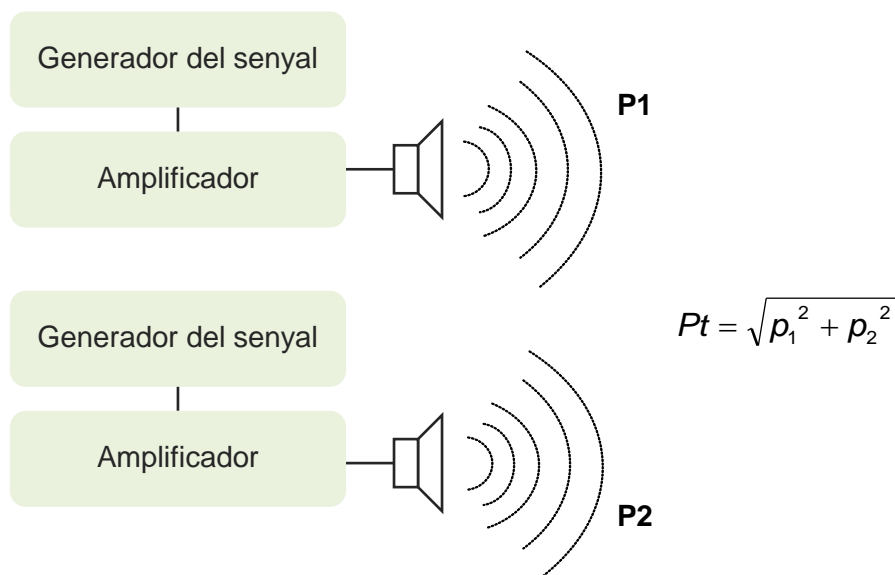
Família de sirenes WPS-2900 de la casa Whelen Engineering

2. Fonts no coherents

Definició

Dues fonts sonores són no coherents quan els sons que emeten no tenen relació de fase i amplitud, no estan correlacionats. Dit d'una altra manera, dos altaveus seran no coherents quan el senyal que els alimenta és diferent.

Es demostra matemàticament que en aquest cas, en lloc de fer una suma de pressions caldrà fer una suma quadràtica de les pressions. D'aquesta manera s'obindrà una **interferència destructiva**.



El cas de fonts no coherents es pot aplicar quan vulgui saber-se el nivell de pressió acústica en un punt determinat com a efecte de dues fonts sonores diferents.

En aquest cas, com en l'anterior, se suposa que $P_1 = P_2$

$$N_t = 20 \log \frac{P_t}{P_o} = 20 \log \frac{\sqrt{p_1^2 + p_2^2}}{P_o} = 20 \log \frac{\sqrt{2p_1^2}}{P_o} = 20 \log \frac{\sqrt{p_1^2}}{P_o} + 20 \log \sqrt{2} = 20 \log \frac{P_1}{P_o} + 3dB$$

D'aquest càlcul s'extreu que l'efecte d'una font sonora sobre una altra font sonora d'igual potència, quan les fonts són no coherents, significa un increment de 3 dB en el nivell de pressió sonora resultant.

En el cas de la **cobertura acústica de les sirenes** que formen la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil, es pot aplicar la teoria de **fonts sonores no coherents** per calcular el SPL que s'hauria de tenir a certa distància d'una sirena per tal de realitzar un correcte avís a la població tenint en compte el soroll de fons present a la zona.

Per tal que el soroll de fons o sons no desitjats no tingui cap efecte sobre el resultat final hauran d'estar **10 dB per sota del so que es vol sentir**.

Nivell 1	Nivell 2	Resultat
N1	N1	N1+3
N1	N1-1dB	N1+2,5
N1	N1-2dB	N1+2
N1	N1-3dB	N1+2
N1	N1-4dB	N1+1,5
N1	N1-5dB	N1+1
N1	N1-6dB	N1+1
N1	N1-7dB	N1+1
N1	N1-8dB	N1+0,5
N1	N1-9dB	N1+0,5
N1	N1-10dB	N1

Si se suposa que el **nivell 1 és el so de la sirena d'avís** a la població i el **nivell 2 el soroll o so no desitjat** en l'última fila de la taula anterior, un soroll de N1-10 dB sobreposat al so de la sirena de N1 no li farà cap efecte: el resultat és el mateix N1 que oferiria la sirena.

A la pràctica, però, no cal que el soroll no li faci cap efecte al so que volem sentir: es recomana que, perquè un so sigui **perfectament audible**, aquest haurà d'estar uns 6 dB per sobre del soroll de fons.

1.2.2 Freqüència

La major part dels sons consisteixen en una **combinació de diferents freqüències**. L'oïda humana té una sensibilitat o percepció diferent per a freqüències diferents: és més sensible per a freqüències entre 1 kHz i 5 kHz, i menys sensible per a freqüències més altes, i encara menys sensible per a freqüències més baixes.

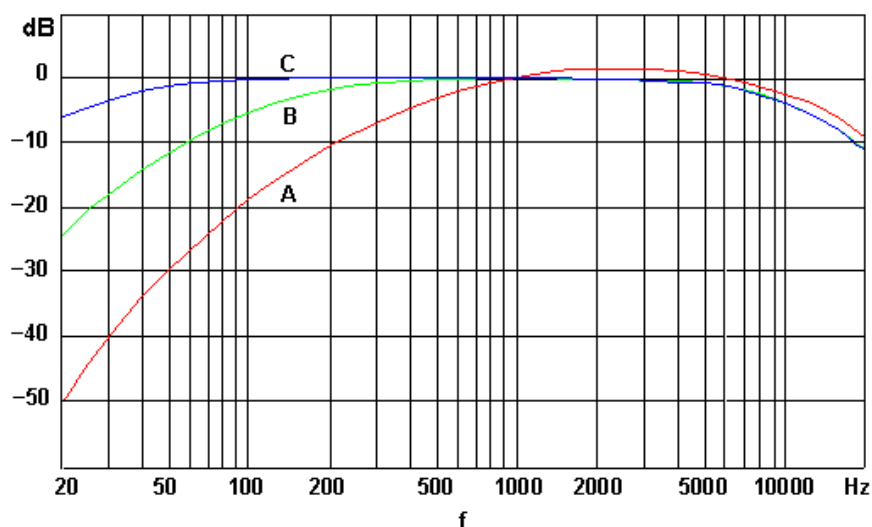
Exemple

Per exemple, mentre que un so de 1 kHz a 10 dB ja és audible, caldrà arribar als 37 dB per poder escoltar un to de 100 Hz.

Es feia necessari trobar una forma d'ajustar els nivells de dB teòrics dels sons amb la percepció que l'oïda en té segons cada freqüència. Aquesta correcció es fa ponderant els dB mitjançant el que es coneix com **ponderació A**.

Es va comprovar, però, que per a **nivells alts de pressió sonora** (al voltant dels 100 dB), independentment de la freqüència del so, l'oïda els sentia tots amb la mateixa percepció. Mentre que per a nivells de pressió sonora mitjans (uns 80 dB) l'oïda percep millor les freqüències entre 1 kHz i 5 kHz com el cas de la ponderació A, però amb més percepció que aquesta per a les freqüències baixes.

Amb tot això es veu raonable dissenyar **corbes de ponderació** diferents **en funció del nivell de pressió sonora** dels sons. Així s'aconsegueix la ponderació A (per a sons al voltant dels 60 dB), la ponderació B (al voltant dels 80 dB) i la ponderació C (al voltant dels 100 dB).



De la gràfica s'extreuen les següents conclusions per a una freqüència de 200 Hz:

- Un nivell de pressió sonora de 60 dB és percebut per l'oïda com si realment tingués 49 dB i no 60 dB (s'aplica la corba de ponderació A).
- Un nivell de pressió sonora de 80 dB és percebut per l'oïda com si realment tingués 78 dB i no 80 dB (s'aplica la corba de ponderació B).
- Un nivell de pressió sonora de 100 dB a una freqüència de 200 Hz és percebut per l'oïda a 100 dB igualment (s'aplica la corba de ponderació C).

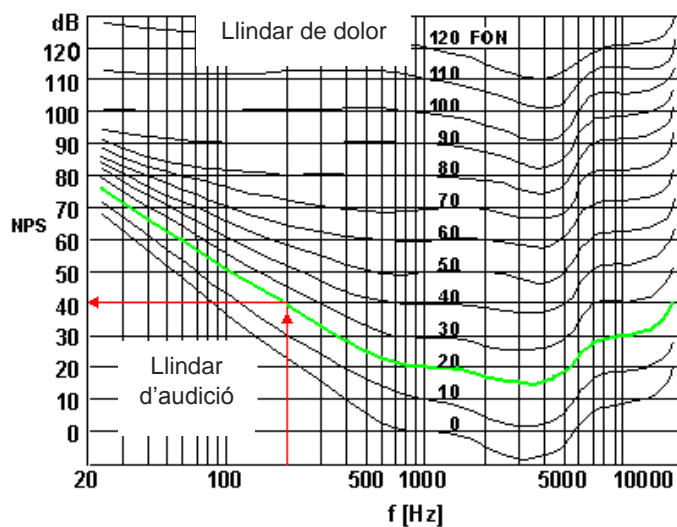
En el cas dels sons del Decret 240/1999 de 31 d'agost, **per a una freqüència de 350 Hz** (molt pròxima a la del senyal de fi d'alerta i també molt pròxima a la d'inici del senyal d'alerta) s'apliquen les següents corbes de ponderació.

Nivells de pressió sonora	Percepció	Ponderació
60-65 dB: a una distància relativament important de la sirena.	Correcció d'entre 5 i 6 dB.	A
80-90 dB: a una certa distància de les sirenes.	Correcció d'entre 1 i 2 dB.	B
100-110 dB: zones relativament pròximes a la sirena.	Percepció real dels decibels emesos.	C

A la següent taula es pot veure la correcció que s'ha de fer al nivell de dB teòric per aconseguir **nivells ponderats en A** per a diferents freqüències del so.

Freqüència del so (Hz)	A (dB)	Freqüència del so (Hz)	A (dB)
20	-50,50	800	-0,80
25	-44,70	1.000	0,00
31,5	-39,40	1.250	0,60
40	-34,60	1.600	1,00
50	-26,20	2.000	1,20
63	-26,20	2.500	1,30
80	-22,50	3.150	1,20
100	-19,10	4.000	1,00
125	-16,10	5.000	0,50
160	-13,40	6.300	-0,10
200	-10,90	8.000	-1,10
250	-8,60	10.000	-2,50
315	-6,60	12.500	-4,30
400	-4,80	16.000	-6,60
500	-3,20	20.000	-9,30

També es poden observar les correccions a través de les **corbes de Fletcher i Munson**:



A la gràfica es descobreix que la banda de freqüències 500-1.000 Hz presenta una linealitat en totes les corbes (a excepció de les corbes per a 10, 20 i 30 fons, però aquests són nivells de sonoritat tan baixos que no val la pena considerar-los). És a dir, els dB que l'oïda humana percebrà serà pràcticament el SPL del so emès. En la corba de 70 fons també s'observa que per aquesta banda de 500-1.000 Hz, la percepció de l'oïda serà fins i tot lleugerament superior al SPL de so (per percebre 70 fons es necessita un SPL d'uns 68-69 dB).

Cal tenir present que les mesures que es puguin arribar a fer amb els sonòmetres són resultats ja ponderats.

Definició

Un **sonòmetre** és un aparell dissenyat per reproduir la sensibilitat de l'oïda humana i respon al so en aproximadament la mateixa manera que ho fa l'oïda i dona mesures objectives del nivell de pressió sonora.

1.2.3 Atenuació del so amb la distància

Segons la teoria de física acústica la pèrdua del nivell de pressió sonora és de 6 dB en doblar la distància des de l'origen del so en condicions teòriques ideals. Aquest factor és anomenat **factor de pèrdues en doblar la distància (FPDD)**.

Fórmula

$$ATNPS \text{ (dB)} = 20 \cdot \text{Log } d_2/d_1$$

En aquesta fórmula:

ATNPS = atenuació del nivell de pressió sonora.

També es poden utilitzar les sigles NPS o SPL (de l'anglès *Sound Pressure Level*).

Efectivament, l'atenuació és de $6 \text{ dB} = 20 \cdot \text{Log } 2 \text{ m}/1 \text{ m}$ en cas que la relació entre les distàncies sigui de 2:1. Aquest càlcul es vàlid en condicions ideals com el d'una cambra anecoica.

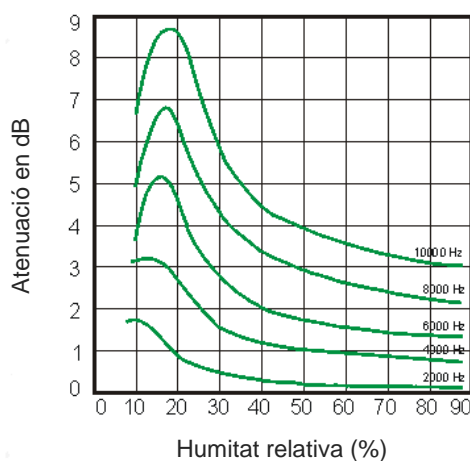
Definició

Una **cambra anecoica** consisteix en una sala lliure de tota reflexió de so a les seves superfícies limítrofes. És una sala amb material absorbent en totes les seves parets, sostre i terra. Com que no existeix energia reflectida no es poden produir ni interferències ni cancel·lacions que dificultin les mesures que es puguin fer dins la sala.

A la pràctica però, l'atenuació serà resultat de molts factors: **humitat i temperatura de l'atmosfera, acció dels vents, reflexions i absorció del so** com a conseqüència dels obstacles naturals i/o artificials, freqüència de la senyal, entre d'altres.

Factors que atenuen el so	
Temperatura	Una disminució de la temperatura amb l'alçada provoca una curvatura de les ones sonores en sentit vertical respecte la posició de la font del so, tot ocasionant la debilitació a nivell del terra. Pel contrari, un increment de la temperatura amb l'alçada provoca una curvatura de les ones sonores en sentit horitzontal, tot ocasionant el reforçament a nivell del terra.
Humitat	L'absorció de l'aire és més gran en l'aire sec que no pas en un ambient humit. Per tant, es tindrà més atenuació del so per a humitats relatives baixes.
Freqüència	L'absorció de l'aire també varia en funció de la freqüència. És ben sabut que en l'exterior i a llargues distàncies les freqüències molt altes desapareixen molt ràpidament.

La següent gràfica mostra **l'atenuació del so en l'aire en funció de la humitat relativa per a diferents valors de freqüència del so**. Com es pot observar, per a valors de freqüència inferiors a 2000 Hz, l'efecte de la freqüència en l'absorció de l'aire i, en conseqüència, en l'atenuació del so, serà pràcticament insignificant.



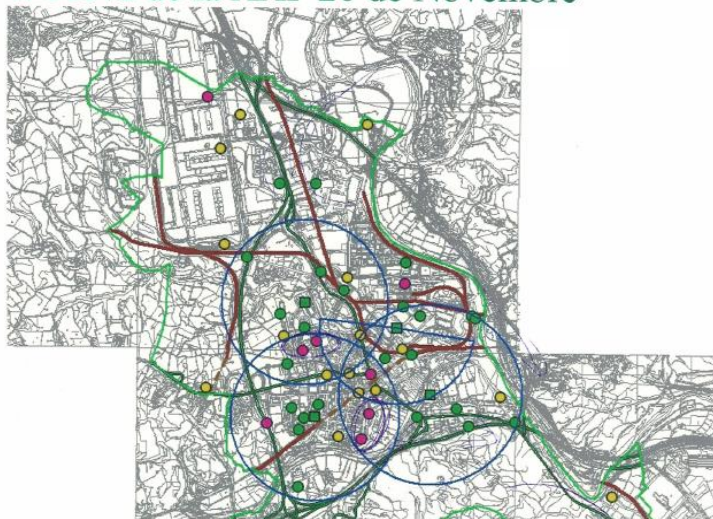
Comprovacions empíriques han confirmat que **l'atenuació normal serà de 10 dB en distàncies superiors a 300 m i freqüències inferiors a 1000 Hz**. D'aquesta manera s'ha englobat en un únic valor els efectes que puguin tenir els diferents factors (humitat, temperatura, freqüència) en l'atenuació del so amb la distància.

1.2.4 Efectes de l'ona estacionària

D'entre les diferents proves de la xarxa d'avisos a la població que s'han anat fent (dues proves a l'any), en algun cas s'han trobat resultats que no s'ajustaven a les previsions teòriques i fins i tot eren del tot contradictòries.

En la següent figura es poden veure els resultats d'audició d'una prova de so realitzada a la població de Martorell al novembre de 2006. Es poden observar resultats d'audició positius (cercle verd) en zones fora del que seria la cobertura teòrica i, en canvi, es veuen resultats d'audició negatius (cercle lila) en zones força pròximes a les sirenes, que fins i tot es troben en la confluència de la cobertura acústica de dues sirenes.

4.-Prova de la XAP 20 de Novembre



S'han fet altres proves de so anteriors i posteriors a les d'aquest dia, i en cap altre cas s'ha observat que es donés aquesta audició negativa a zones de confluència de cobertura de dues sirenes, o almenys no s'ha observat amb tanta claredat.

El fenomen que es va accentuar aquest dia negativament és el fenomen d'**ona estacionària**.

En l'espai i el temps es troben infinitat d'ones electromagnètiques. Aquestes però, en estar en bandes de freqüències diferents no s'interfereixen:

GSM	Banda 900 MHz
TETRA	Banda de 380 MHz
Ràdio convencional	Bandes 80-100 MHz
Buscapersones	Banda de 50 kHz

En el cas d'ones sonores (banda 20 Hz-20 kHz), els diferents sons que es trobin en l'espai i el temps ho faran en la **mateixa banda de freqüència** però no exactament en la mateixa freqüència. En aquest cas tindrem l'efecte d'emascarament d'un so sobre l'altre (normalment es diu que un soroll interfereix o emmascara el so que volem sentir).

Definició

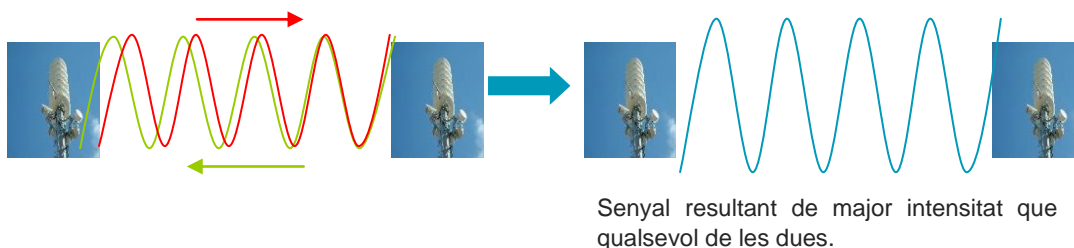
Es tindrà l'efecte d'una **ona estacionària** quan dues ones sonores es troben en l'espai i el temps i, a més, ho fan en les següents condicions:

- Són de la mateixa magnitud.
- Són de la mateixa freqüència.
- Tenen la mateixa longitud d'ona.
- Avancen en sentits oposats.

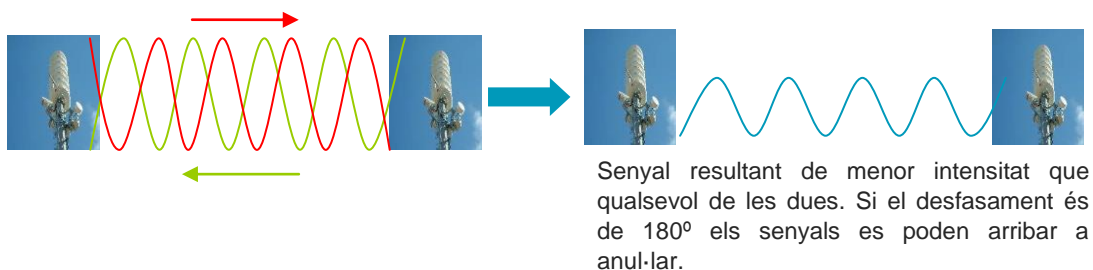
A causa de l'ona estacionària, es poden produir els següents efectes:

- Si en l'espai es troben **en igual fase** s'obté **interferència constructiva**, un senyal resultant de major intensitat que qualsevol de les dues ones sonores.
- Si en l'espai es troben **desfasades** s'obté **interferència destructiva**, un senyal resultant de menor intensitat que qualsevol de les dues. **Si el desfasament és de 180° els senyals es poden arribar a anul·lar.**

Ona estacionària: **interferència constructiva**



Ona estacionària: **interferència destructiva**



Annex 2. Característiques tècniques de la xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil

La xarxa d'alarmes i comunicacions de protecció civil està formada gairebé en la seva totalitat per **sirenes Federal Signal**. Aquestes consten de dues parts bàsiques: mòduls o **arrays d'altaveu MOD6024** i **unitats de control electròniques UVTD**.

2.1 Arrays d'altaveus MOD6024

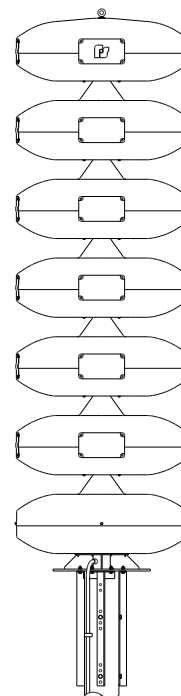
Per garantir la cobertura acústica de 1 km de radi a cada emplaçament s'ha escollit el model d'arrays d'altaveus omnidireccional MOD6024 de Federal Signal. Aquest tipus de sirena s'ha dissenyat específicament per a aplicacions de protecció civil i aconsegueix una pressió acústica omnidireccional de 121 dBc a 30,5 m.

Definició

El **model MOD6024** consisteix en un conjunt de 24 altaveus de baixa impedància de 100 W/11 Ω , distribuïts en sis mòduls actius d'alumini que fan de botzina hiperbòlica, i un mòdul passiu inferior que completa la botzina del primer mòdul actiu. La potència total instal·lada es de 2400 W.

Característiques bàsiques del MOD6024

- 6 difusors de tipus hiperbòlic omnidireccional.
- Angle de cobertura horitzontal: 360° \pm 0,5 dB.
- Número i tipus d'altaveus: 24 de 100 W/11 Ω (4,2 Ω DC).
- Potència total: 2400 W.
- Pressió sonora a 1 kHz, 30,5 m (100'); 121 dBc.
- Ample de banda efectiu: 200 Hz-2000 Hz \pm 1dB.
- Radi de cobertura (70 dBc) efectiu: 1036 m (3400').
- Diàmetre dels mòduls difusors: 1,13 m.
- Pes: 344 kg.
- Alçada: 3,71 m.



El disseny hiperbòlic de la botzina permet aconseguir un angle de cobertura certificat de 360° \pm 0,5 dB en el pla horitzontal, amb una cobertura omnidireccional pràcticament uniforme. Aquest tipus de botzina permet eliminar les àrees de menor pressió típiques dels sistemes convencionals.

Amb una pressió acústica de 121 dBc a 30,5 m, la distància d'efectivitat amb un NPS = 70 dBc mínima aconseguida és de 1036 m, considerant un factor de pèrdues en doblar la distància FPDD = 10 dB.

Segons la teoria de física acústica la pèrdua del nivell de pressió sonora és de 6 dB en doblar la distància des de l'origen del so en condicions teòriques ideals. Per tant, teòricament el FPDD és de 6 dB. Si s'aplica aquest factor d'atenuació s'obtindria **un radi d'efectivitat de les sirenes** per a un nivell de pressió sonora mínim de 70 dB, **de 9,7 km**.

A la pràctica l'atenuació serà resultat de molts factors: humitat i temperatura de l'atmosfera, acció dels vents, reflexions i absorció del so com a conseqüència dels obstacles naturals i/o artificials, freqüència de la senyal, entre d'altres.

Tot considerant un valor normal de FPDD=10 dB, l'expressió matemàtica per calcular l'atenuació serà la següent:

Fórmula

$$ATNPS = 33,33 \cdot \text{Log } d2 / d1$$

Coneixent l'especificació de NPS = 121dB a 30,5 m de distància del model de sirena MOD6024, s'han calculat les distàncies de cobertura d2, amb diferents NPS mínims i factors FPDD de 6, 8, i 10 dB, d'acord amb l'expressió següent:

Fórmula

$$121 \text{ dB} - \text{NPSMIN (dB)} = \text{ATNPS (dB)} = F \cdot \text{Log } d2 \text{ (m)} / 30,5 \text{ m}$$

Càlcul de cobertura acústica del MOD6024

		FPDD	6	8	10
		F	20	26,57	33,33
NPSMIN (dB)	ATNPS (dB)	d2 (m)	d2 (m)	d2 (m)	d2 (m)
70	51	9700	2550	1036	
75	46	6100	1650	740	
80	41	3450	980	520	
85	36	1950	690	370	
90	31	1090	450	261	
95	26	610	292	185	
100	21	345	188	122	

Les distàncies de cobertura en negreta, columna corresponent a un FPDD = 10 dB, són les que podem considerar més reals. Només en entorns més rurals o en situacions favorables per la propagació del so podem considerar, com a possibles, les distàncies corresponents a un FPDD = 8 dB.

2.2 Unitats de control electròniques UVTD

La família de controladors per sirenes d'alta potència UVTD s'ha dissenyat per **aplicacions d'emergències**, amb criteris estrictes que els permeten funcionar en condicions especialment severes.

Definició

Les **unitats de control electròniques UVTD** consisteixen en dues caixes d'acer, una caixa de control electrònica (tipus IP66) i una caixa de bateries (tipus IP53) connectades entre elles a través d'un conducte segellat per tal de prevenir qualsevol entrada de vapor àcid a l'electrònica. Aquests controladors proporcionen els senyals acústics als *arrays* d'altaveus de baixa impedància de la família MOD (per exemple, el MOD6024) i inclouen la capacitat de comunicació bidireccional remota per diversos canals.

La **caixa de control** allotja tota l'electrònica necessària per produir i amplificar els senyals d'avís programats, dos generadors de tons programables, codificador descodificador DTMF, AFSK, i els diferents sensors d'estat de l'equip.

La **capacitat d'amplificació** és de fins a 2400 W tot inserint fins a 6 mòduls amplificadors UV400. Cada mòdul consta de dos etapes d'amplificació 200+200 W per connectar a altaveus de baixa impedància.

El controlador té capacitat per generar fins a **set tipus de senyals sonores** tipus sirena, 16 missatges vocals de 60 segons enregistrades digitalment, i també disposa d'una entrada de megafonia local. Les característiques dels senyals són programades en memòries EEPROM no volàtils i poden ser reprogramades indefinidament per la persona usuària per adaptar-les a qualsevol canvi en el pla d'emergència o en la legislació vigent.

Aquest model de controlador té la capacitat de **comunicació remota bidireccional**, amb diferents vies. Aquesta característica els permet ser activades a distància i transmetre informació al centre de control sobre l'estat dels equips electrònics, altaveus, i d'altres. La transmissió d'informació pot ser a requeriment de l'operador o automàticament en el cas d'alarmes del tipus intrusió, manca de subministrament d'alimentació elèctrica, etc.

L'equip incorpora un **mètode d'activació silencios** que activa un senyal inaudible d'alta freqüència durant uns 6 segons. El propòsit d'aquest test és actualitzar les variables no dinàmiques dels equips electrònics, com l'estat dels altaveus i amplificadors, per tal de comprovar el seu funcionament sense alarmar la població. Aquesta funció és particularment important en sistemes d'avís d'emergències.

Característiques bàsiques de les unitats de control electròniques UVTD

- Capacitat d'amplificació: 400-2400 W.
- 7 senyals sirena programades.
- 16 missatges digitals de 60 s.
- Entrada de megafonia local.
- Ports de comunicació bidireccional: RS232, AFSK, DTMF.
- Sensors d'estat inclosos.
- Report automàtic d'alarmes.
- Test silenciosos amb actualització de les variables estàtiques i dinàmiques.
- Autonomia en *stand-by*: més de 168 hores (7 dies) amb un mínim de 5 minuts de reserva per activació de senyal.

La **caixa de bateries** allotja fins a 4 bateries de 12 VDC 75 AH, i el carregador de bateries:

- Voltatge d'entrada: 220 VAC.
- Intensitat d'entrada: 2 A.
- Voltatge de funcionament: 24 VDC.
- Intensitat en funcionament: 25-120 A (nominal).
- Intensitat en standby: 200 mA.

En cas que no es tingui accessibilitat a la connexió de 220 VAC es pot optar per alimentar les bateries de la sirena amb dues **plaques solars** de 110 Wp.

2.3 L'electrònica de les sirenes



L'electrònica de les sirenes està allotjada dins d'una caixa metàl·lica amb tanca. Les bateries disposen d'una caixa metàl·lica independent, aïllada de l'electrònica, per tal de prevenir possibles fuites de gas corrosiu.

El conjunt de **caixes d'electrònica i bateries** s'ha d'instal·lar dins d'un armari o caseta d'obra, resistent a la intempèrie i amb clau d'accés, situada a la base de la columna de suport i collada a un sòcol de formigó o obra vista. En cas que la sirena estigui al terrat d'un edifici, els armaris electrònics poden anar en alguna habitació de l'edifici.

**Institut de
Seguretat Pública
de Catalunya**



Ctra. C17 Barcelona - Ripoll, km 13,5
08100 Mollet del Vallès (Vallès Oriental)
Tel. 93 567 50 00
Fax 93 567 50 30



Generalitat
de Catalunya
**Departament
d'Interior**

Amb la col·laboració de la
Direcció General de Protecció Civil