

X Dipartimento del
COMUNE DI ROMA
via Cola di Rienzo 23
00192 ROMA

da Fabrizio Calabrese
Consigliere Tecnico del **C.R.A.**
Comitato Romano Antirumore
e del Comitato “**Verde e Mare**” di Ostia,
Consigliere Tecnico delle Associazioni
CIVES e CAMPODEIFIORI
via R.G.Lante 70, 00195 Roma

Roma 3 novembre 2002

Protocollo n.25142 del X Dipartimento (05/11/02)

Nota Tecnica n.40 di C.R.A./CIVES

Impianti audio da concerto e per discoteca:
un esempio di riduzione dell'inquinamento acustico,
senza costi aggiuntivi né pregiudizio dell'ascolto.

Questa **Nota Tecnica n.40** illustra i risultati in termini di riduzione dell'inquinamento acustico causato di potenti impianti audio da concerto, ottenibili con la tecnica più semplice, **impiegando gli stessi amplificatori e diffusori** che normalmente vanno a comporre questi impianti (dunque senza costi aggiuntivi) e –soprattutto- senza inficiare minimamente né i livelli di pressione sonora né il livello qualitativo dell'ascolto presso il pubblico.

La stessa tecnica può essere impiegata –con eguale successo- nel caso di **discoteche all'aperto**.

Non è un caso che le maggiori lamentele, espresse dalla popolazione residente nelle vicinanze dei luoghi ove si tengono –d'estate- concerti rock-pop o discoteche all'aperto, abbiano per oggetto le forti emissioni di **basse frequenze** prodotte dagli impianti audio di queste manifestazioni.

Tutti i sistemi di diffusori acustici professionali e di elevata potenza –tipicamente impiegati in queste occasioni- emettono infatti in modo perfettamente omnidirezionale, cioè con eguale intensità sia in direzione del pubblico del concerto o in pista da ballo, sia in direzione delle abitazioni.

Le basse frequenze –peraltro- costituiscono la maggior parte dell'energia emessa da questo tipo di impianti audio, tant'è che le sezioni di impianto specificamente dedicate a questa gamma di frequenze sono dimensionate per livelli di emissione esattamente **dieci volte maggiori** rispetto a quelli praticabili dai diffusori –dello stesso impianto- che emettono le frequenze medie ed alte.

Qualsiasi tipo di barriera o ostacolo naturale risulta assai poco efficace nello schermare emissioni le cui lunghezze d'onda sono dell'ordine dei metri: esse infatti “girano intorno” agli ostacoli, per via del fenomeno della diffrazione, pervenendo pressoché intatte alle abitazioni.

Una lunga esperienza di rilievi fonometrici eseguiti in contemporaneità presso le aree d'ascolto e presso le abitazioni a centinaia di metri consente di affermare -con ragionevole certezza ed ampia documentazione- che i livelli di immissione sono del tutto prevedibili, semplicemente in base alle distanze relative tra diffusori, ascoltatori ed abitazioni, con contributi del tutto marginali dovuti a movimenti atmosferici o altro tipo di interposizioni.

La personale ed estesa esperienza nel campo della progettazione e realizzazione di impianti audio da concerto (e da discoteca), consente –tuttavia- di suggerire anche **più di una tecnica** con cui operare una sostanziale riduzione dei livelli di immissione di basse frequenze verso le abitazioni.

La direttività di emissione alle basse frequenze

Esistono varie tecniche per ottenere l'emissione direttiva delle basse frequenze: personalmente ho sperimentato –sin dal 1982- l'impiego di sorgenti estese (trombe con elevata superficie di bocca), la cui naturale direttività era incrementata dall'effetto di restringimento del fascio di emissione nella gamma di frequenze la cui lunghezza d'onda corrispondeva al raggio di curvatura del fronte d'onda in uscita. Con questa tecnica sono stati sonorizzati sia il PalaEur che il Pala de André (Ravenna) con risultati assai positivi e ben documentati, anche in occasione di Convegni e Seminari della Sezione Italiana dell'Audio Engineering Society.

Una tecnica assai differente –studiata dal 1989 e brevettata nel 1997- consentiva risultati sostanzialmente superiori, oltre che più facilmente ed affidabilmente prevedibili: essa è stata impiegata per un numero di realizzazioni, specie di impianti audio per discoteche all'aperto. Tuttavia questa tecnica prevede un progetto specifico per i diffusori, la cui configurazione differisce di molto da quella delle realizzazioni commerciali, suscitando prevedibili difficoltà di accettazione da parte dei tecnici più legati alle configurazioni tradizionali.

E' tuttavia possibile controllare la direttività di emissione anche di diffusori convenzionali.

La disponibilità di programmi di simulazione al computer è –da anni- ausilio prezioso per ogni progettista o installatore di impianti audio: l'efficacia e la precisione di ogni simulazione sono tuttavia commisurate alla verosimiglianza del modello matematico del diffusore acustico dal quale il programma di computer trae i parametri base per la simulazione.

Fino a pochi anni fa era proprio l'eccessiva semplificazione dei modelli di calcolo a rendere le simulazioni al computer un semplice ausilio didattico per gli installatori e non un vero ed affidabile mezzo di calcolo e previsione di risultati poi strumentalmente verificabili.

Il contesto attuale è assai diverso: chi scrive opera da anni simulando in dettaglio i parametri di diffusori acustici anche relativamente complessi (p.es. trombe o condotti risonanti), combinati in gruppi ("array"), diversamente orientati e spazati, in modo di ottenere diagrammi di emissione quanto mai prevedibili e di grande interesse pratico.

Nelle simulazioni –e nella pratica di impiego- è possibile variare sia il tempo che la fase delle emissioni dei diversi diffusori che formano un gruppo (detto "array" nella letteratura tecnica di settore) e che riproducono la stessa gamma di frequenze.

La conoscenza delle leggi di propagazione del suono, unita a quella delle caratteristiche intrinseche dei diffusori, permette di operare simulazioni di configurazioni che impieghino esattamente lo stesso numero di diffusori, con le stesse potenze elettriche normalmente impiegate, ma con un posizionamento ed una regolazione delle fasi di emissione che consentano di ottenere un elevato grado di direttività di emissione, anche alle frequenze più basse.

Un esempio pratico

L'esempio descritto di seguito è basato sulla simulazione del comportamento di una normale sezione bassi (i "subwoofers") di un normale impianto da concerto: i grafici dei risultati della simulazione sono utili per illustrare i risultati.

Gli stessi risultati sarebbe altresì facile dimostrarli con una prova reale, per esempio con un modello in scala dei diffusori oppure con veri diffusori professionali: proprio il fatto che le simulazioni riguardino frequenze basse e con lunghezze d'onda assai elevate (2-3 metri o più) rende assolutamente prevedibile la conferma sul campo, con differenze del tutto trascurabili rispetto ai risultati delle simulazioni.

Un primo grafico mostra il normale decadimento –con la distanza- dell'emissione di un singolo diffusore (un "subwoofer") ad una frequenza bassa (125 Hz) e per un'area di ascolto di 100 X 100 metri intorno. Il **Grafico n.1** mostra che con un livello di 108 deciBel ad un metro si ottengono -dalla simulazione- esattamente 74 deciBel al perimetro dell'area, cioè a 50 metri di distanza.

Il risultato è del tutto coerente con una propagazione sferica, per cui la stessa energia acustica causa un livello di pressione sonora che diminuisce di 6 (sei) deciBel per ogni raddoppio di distanza e/o di 20 (venti) deciBel per ogni moltiplicazione per dieci della distanza.

Da 1 a 50 metri la differenza è di $20 \times (\log 50) = 34$ deciBel: $108 - 34 = 74$ dB.

Il **Grafico n.2** mostra quel che accade (a 125 Hz) quando si affiancano due gruppi di tre diffusori ai lati di un palco da concerto (largo 12 metri), pilotandoli con lo stesso segnale, come è tradizione: l'interferenza tra le emissioni dei due gruppi di diffusori altera profondamente i livelli sonori sia in direzione del pubblico (a destra del centro) che delle abitazioni (nelle altre direzioni).

In pratica si osserva che le energie dei sei "subwoofer" si addizionano coerentemente sia in direzione del pubblico che delle abitazioni alle spalle del palco, con un livello di 80 decibel in media a 50 metri, che supera la semplice somma delle sei emissioni (di 100 dB ad un metro, ciascuna) proprio per via dell'interferenza positiva.

Ai due lati del palco si osserva –invece- una forte diminuzione del livello di emissione (60-61 deciBel), causata da interferenza negativa tra le emissioni dei due gruppi di diffusori.

Il **Grafico n.3** mostra quel che accade ad una frequenza appena inferiore (100 Hz): l'addizione dei livelli in direzione del pubblico -e delle abitazioni alle spalle del palco- resta positiva (81 dB a 50 mt.), mentre cresce il livello verso le abitazioni ai lati del palco (64-66 dB).

Dunque a frequenze inferiori possiamo attenderci livelli sempre crescenti verso le abitazioni ai lati del palco: il tutto è perfettamente coerente con il contesto fisico, per cui la stessa distanza tra i due gruppi di diffusori –ai lati del palco- causa interferenze negative (cancellazioni) sempre minori al crescere delle lunghezze d'onda emesse dai diffusori.

Vi è un aspetto importante e facilmente sottovalutabile, in queste due simulazioni: mentre le emissioni verso il pubblico e verso le abitazioni alle spalle del palco si sommano coerentemente (poiché non vi sono ostacoli) **tutt'altro avviene –nella realtà fisica e non nella simulazione- per le abitazioni ai lati del palco.**

Infatti proprio la presenza del palco, delle coperture e delle scenografie, diminuisce in qualche modo proprio la quota di energia che da un gruppo di subwoofer perviene nella direzione del gruppo sito al lato opposto del palco e che va ad interferire negativamente, diminuendo il livello di emissione verso le abitazioni in direzione laterale rispetto al fronte palco.

Dunque nella realtà pratica i livelli di immissione verso le abitazioni sono sostanzialmente superiori rispetto a quelli che emergono nella simulazione.

Diversamente, i livelli previsti verso il pubblico o verso le abitazioni alle spalle del palco, sono ragionevolmente trasferibili dalla simulazione al contesto reale.

Il caso è quanto mai comune nelle simulazioni: basta sottovalutare alcuni aspetti inevitabilmente diversi tra i due contesti –quello reale e quello simulato- per trarre deduzioni assolutamente erranee.

Nella trasposizione tra una simulazione e la realtà fisica occorre anche tener conto della presenza di superfici riflettenti (p.es. facciate di edifici) che possono orientare in altre direzioni le emissioni naturalmente più cospicue –per esempio quelle verso le spalle del palco- con il risultato di riscontrare livelli di immissione impreveduti anche in direzioni ove non sono affatto attesi.

Un montaggio diverso

Semplicemente disponendo i sei diffusori per bassi ("subwoofers") in modo diverso e regolandone opportunamente le emissioni è possibile ottenere risultati di notevole interesse, oltre che assai resistenti alle interferenze causate da scenografie e da edifici.

Il **Grafico n.4** mostra il risultato della simulazione alla frequenza di 125 Hz, sempre con sei "subwoofers" da 100 dB ciascuno ad un metro e sempre per un'area di 100 metri di lato.

La fase delle emissioni è stata regolata in modo di ottenere un'addizione positiva delle emissioni soltanto nella direzione del pubblico (a destra, rispetto al centro del grafico), mentre in ogni altra direzione l'interferenza delle sei emissioni è negativa.

A 50 metri e verso il pubblico ritroviamo 81-82 deciBel: lo stesso livello riscontrabile per il montaggio tradizionale, ma con una distribuzione assai più omogenea per tutta l'area occupata dal pubblico (come si evince nel confronto con il **Grafico n.2**).

Dunque abbiamo ottenuto lo stesso livello di pressione sonora verso il pubblico, con lo stesso numero di diffusori e con eguali potenze di amplificazione.

Ben diversa la situazione verso l'abitato circostante: a 50 metri ed in tutte le direzioni riscontriamo livelli compresi tra 60 e 64 deciBel, **oltre cento volte inferiori a quanto emesso verso il pubblico.**

Il **Grafico n.5** mostra un comportamento del tutto simile anche alla frequenza inferiore -di 100 Hz.- con minime variazioni, soprattutto in direzione dell'abitato.

La cosa che rende particolarmente interessante il risultato di questa simulazione è che proprio per il fatto di aver ottenuto l'interferenza negativa direttamente mediante la regolazione delle fasi di emissione dei singoli diffusori –vicini tra loro- è del tutto ragionevole attendersi che anche le riflessioni dalle strutture adiacenti il palco saranno egualmente attenuate, rendendo dunque il risultato della simulazione assai più facilmente trasferibile nel contesto fisico reale di impiego.

Per evitare emissioni riflesse verso l'abitato occorrerà prestare attenzione soltanto all'eventuale presenza di pareti o edifici nella direzione del pubblico: un compito assai più semplice.

Nella realizzazione effettiva è possibile che le tolleranze tra i diffusori producano come risultato pratico una riduzione meno drastica delle emissioni verso l'abitato: tuttavia l'ordine di grandezza dei risultati attesi -cioè una riduzione di almeno dieci volte- è tale da produrre risultati nettamente apprezzabili dalla popolazione residente nelle adiacenze dell'area ove si tiene il concerto.

Il costo dell'intervento

Nulla, assolutamente nulla in più rispetto a quanto normalmente occorre per allestire un normale impianto audio da concerto...

Il numero di diffusori è rimasto lo stesso, come le potenze di amplificazione: identico il livello di pressione sonora verso il pubblico, peraltro più omogeneo.

Le regolazioni necessarie sono facilmente operabili mediante i normali processori in uso presso qualsiasi società di "Service" di quelle che noleggiavano questo tipo di impianti audio.

Esistono tecniche ancora più sofisticate ed efficaci, sempre di costo contenuto.

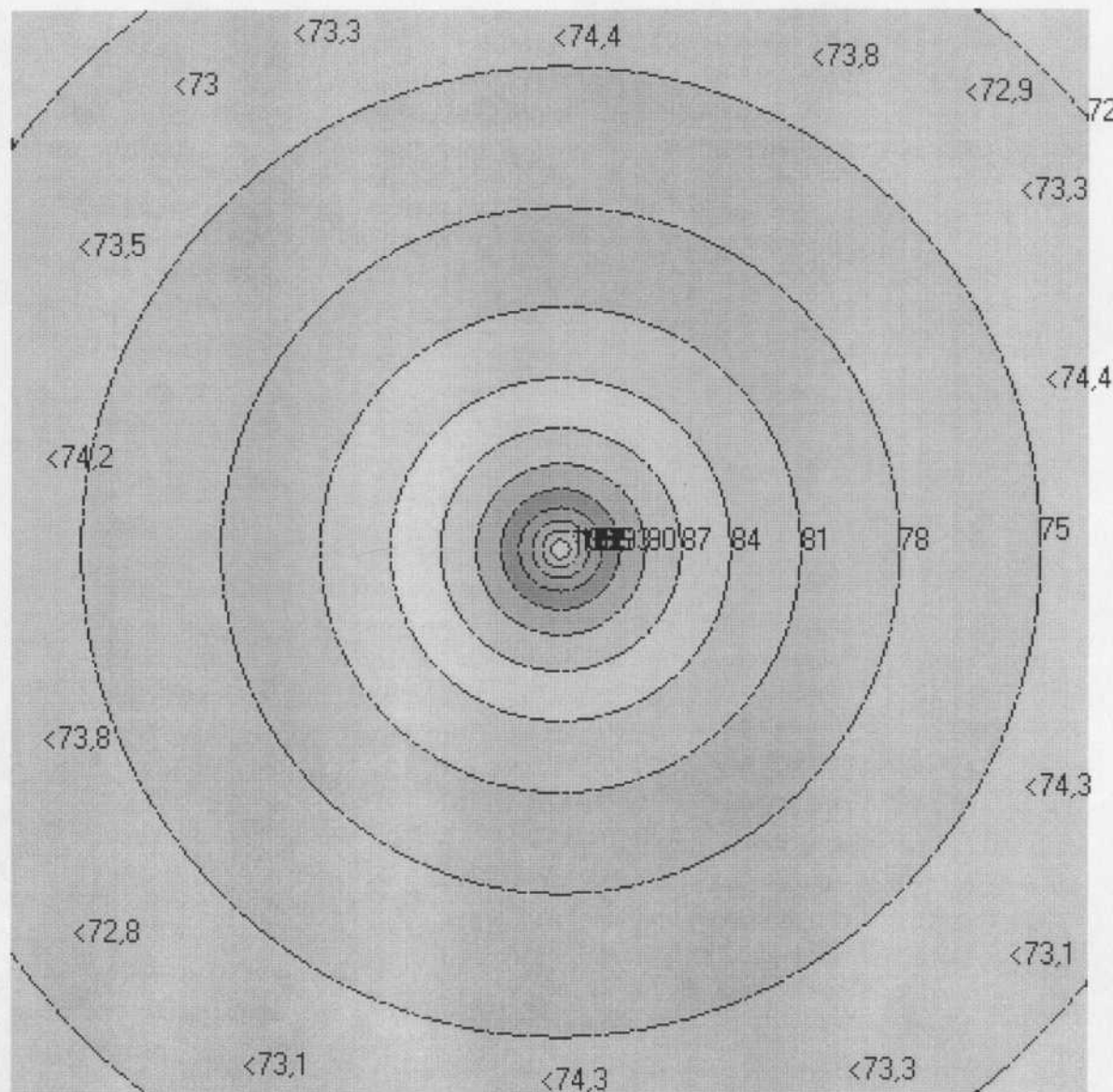
Una volta ridotte le emissioni di basse frequenze, occorre operare interventi di eguale efficacia anche per le frequenze medie ed alte, dove però vi è maggiore disponibilità di tecniche e sono attendibili risultati ancora più consistenti.

E' relativamente semplice organizzare dimostrazioni pratiche con modelli in scala, a conferma dell'efficacia di una tecnica che –oltre alla semplicità intrinseca- possiede una solida giustificazione fisica quale premessa.

Fabrizio Calabrese

Hall : Nota Tecnica

Nota Tecnica
 Direct Sound Pressure Level :
 125 Hz,
 Used :
 Lspk: SUB
 - Speaker Data Not Authorized -
 Interference :
 Interference Sum
 Bandwidth :
 1

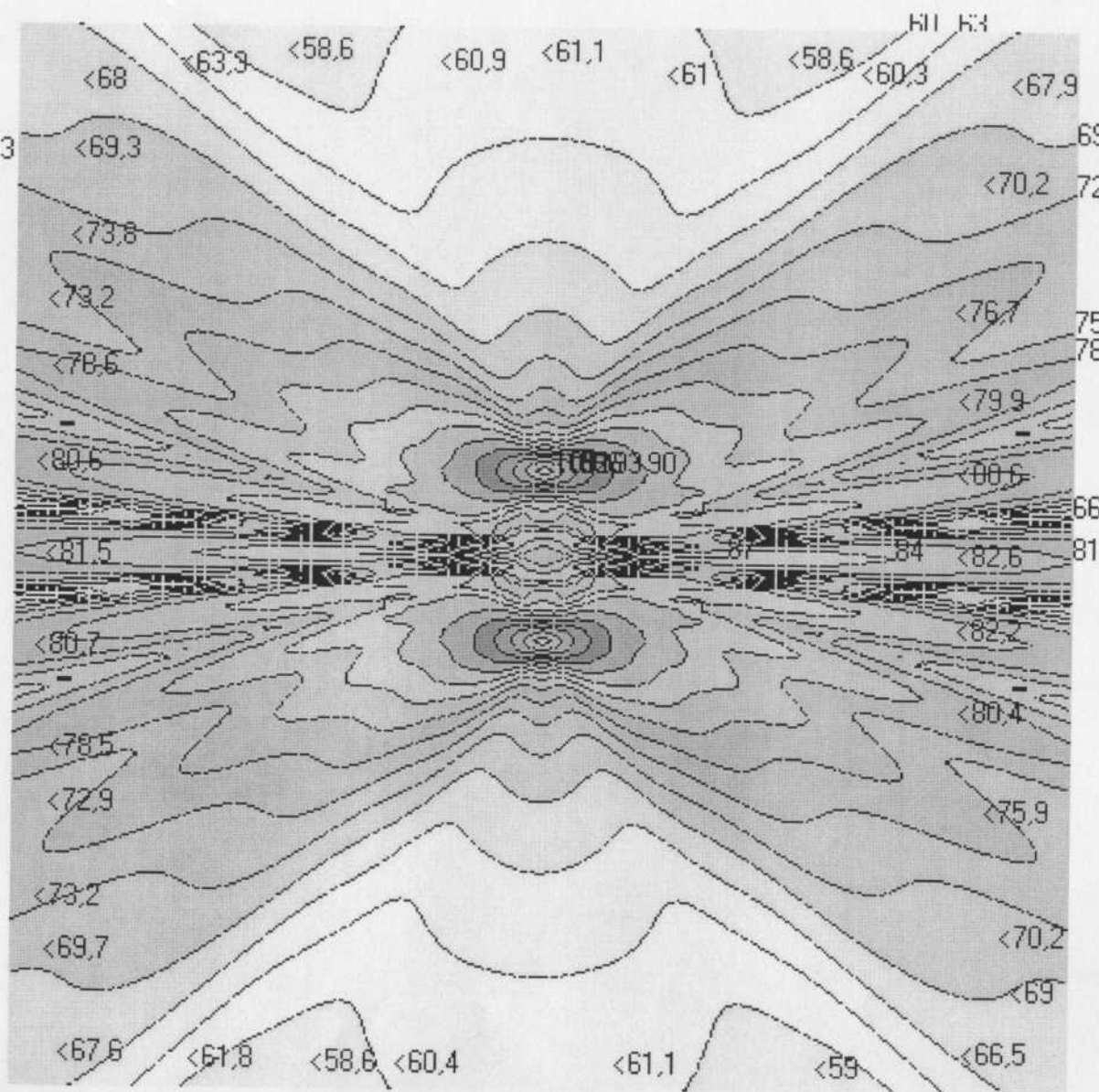


Direct SPL [dB]	
Max:	108
	108
	107
	106
	105
	104
	103
	102
	101
	100
	99
	98
	97
	96
	95
	94
	93
	92
	91
	90
	89
	88
Min:	72

Nota Tecnica n.40 –Un diffusore per bassi (subwoofer) al centro di un’area 100X100m– Grafico n.1

Hall : Nota Tecnica

Nota Tecnica
 Direct Sound Pressure Level :
 125 Hz,
 Used :
 Lspk: S8, S9, S10, S11, S12, S13
 - Speaker Data Not Authorized -
 Interference :
 Interference Sum
 Bandwidth :
 1



Direct SPL [dB]	
Max:	108
	108
	107
	106
	105
	104
	103
	102
	101
	100
	99
	98
	97
	96
	95
	94
	93
	92
	91
	90
	89
	88
Min:	60

Nota Tecnica n.40 – 6 subwoofers ai due lati del palco; area esterna di 100X100m– **Grafico n.2**

Hall : Nota Tecnica

Nota Tecnica

Direct Sound Pressure Level :

100 Hz,

Used :

Lspk: S8, S9, S10, S11, S12, S13

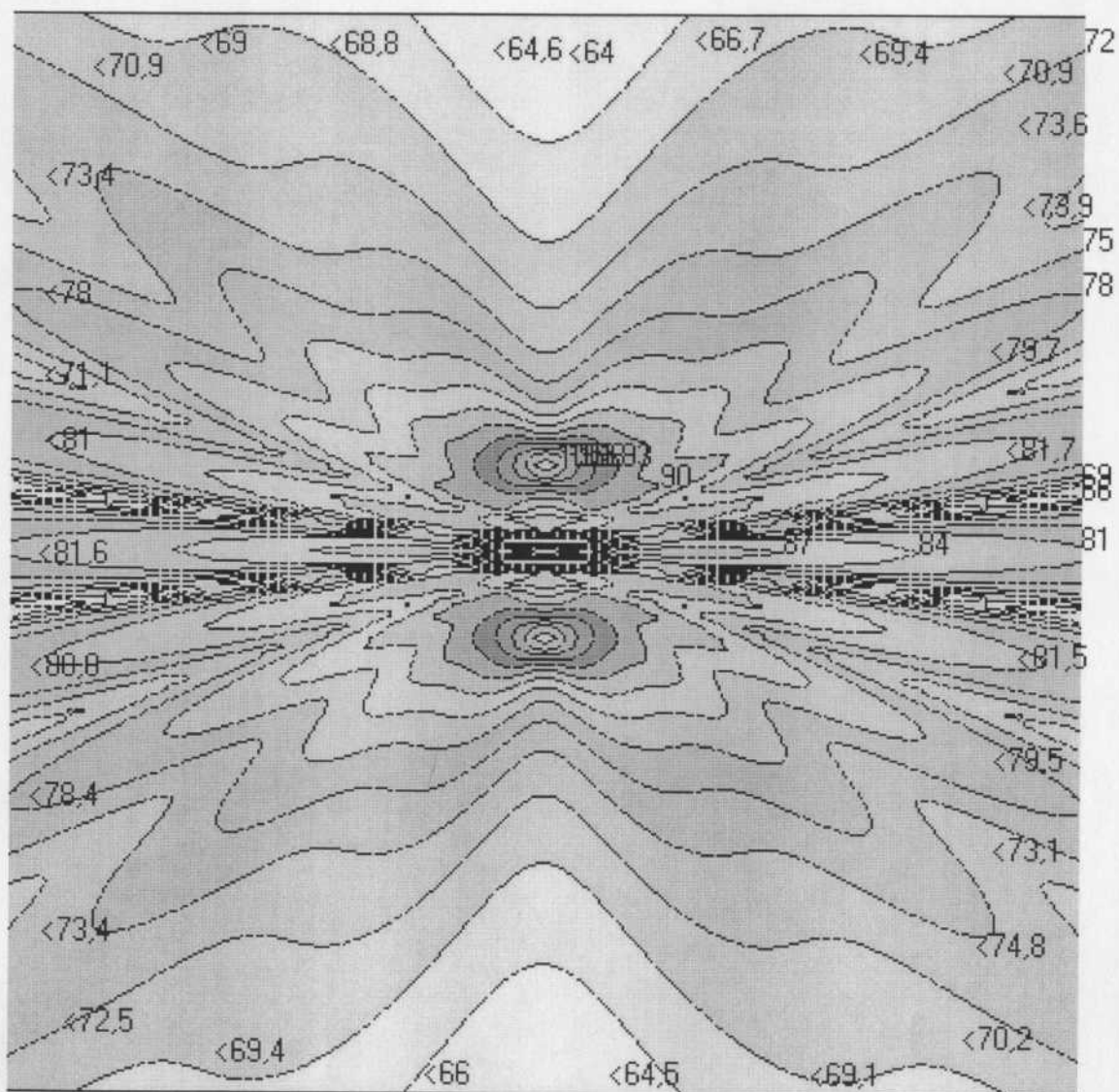
- Speaker Data Not Authorized -

Interference :

Interference Sum

Bandwidth :

1



Nota Tecnica n.40 – 6 subwoofers ai due lati del palco; area esterna di 100X100m– **Grafico n.3**

A

Hall : Nota Tecnica

Nota Tecnica

Direct Sound Pressure Level :

125 Hz,

Used :

Lspk: S1, S2, S3, S4, S5, S6

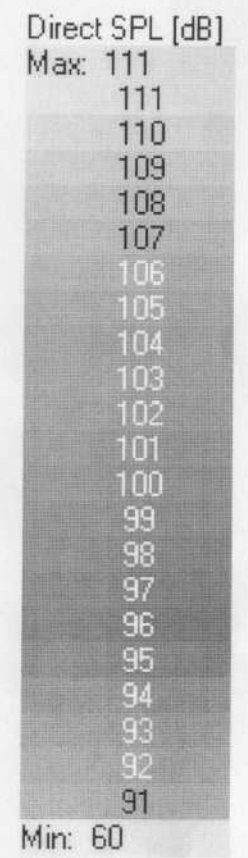
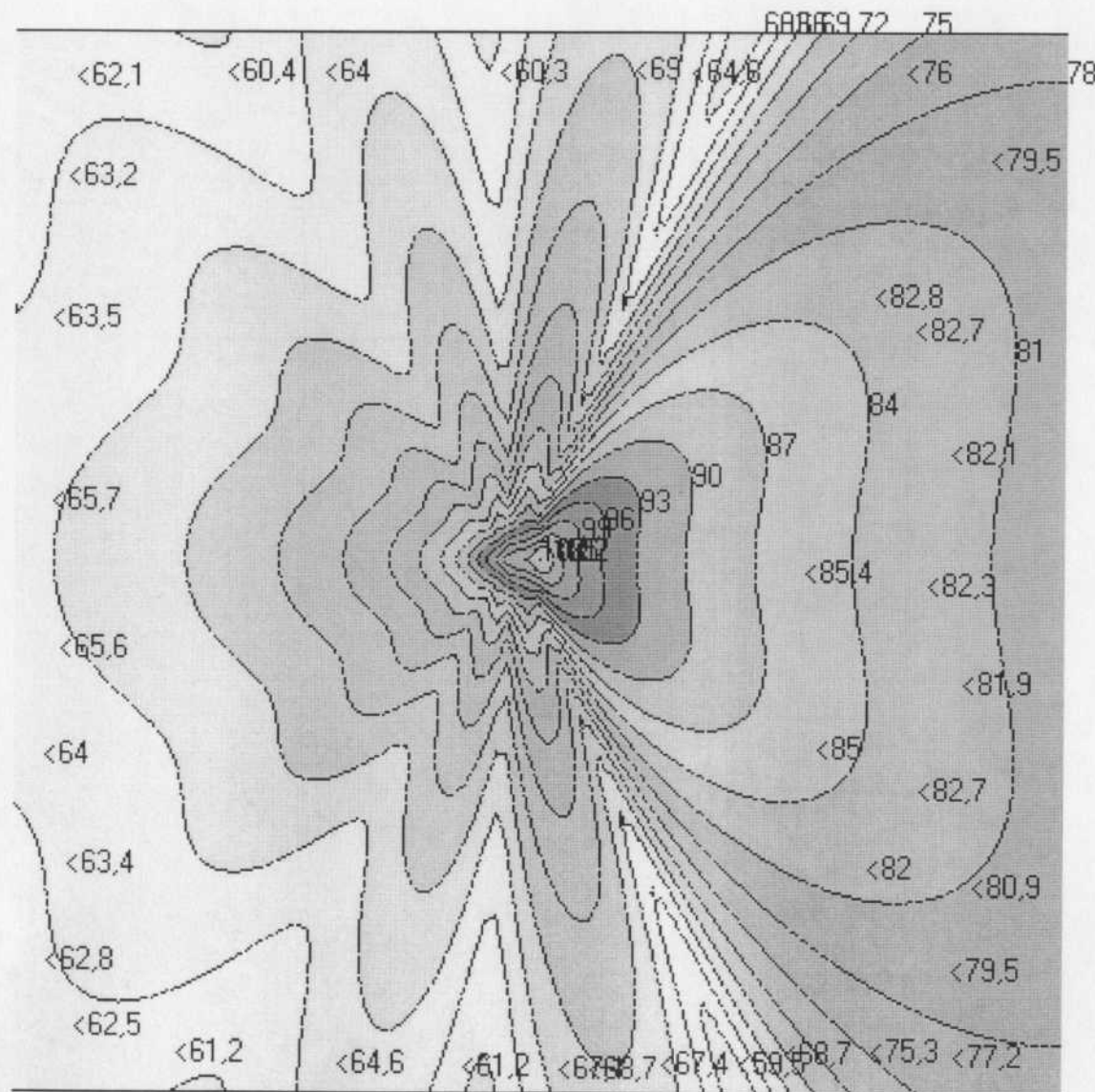
- Speaker Data Not Authorized -

Interference :

Interference Sum

Bandwidth :

1



Nota Tecnica n.40 – 6 subwoofers con rifasamento; area esterna di 100X100m– Grafico n.4

Hall : Nota Tecnica

Nota Tecnica

Direct Sound Pressure Level:
100 Hz,

Used:

Lspk: S1, S2, S3, S4, S5, S6

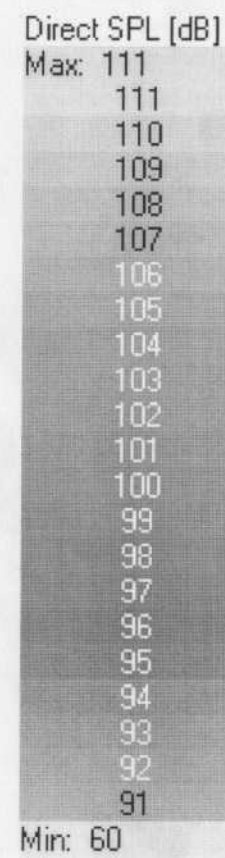
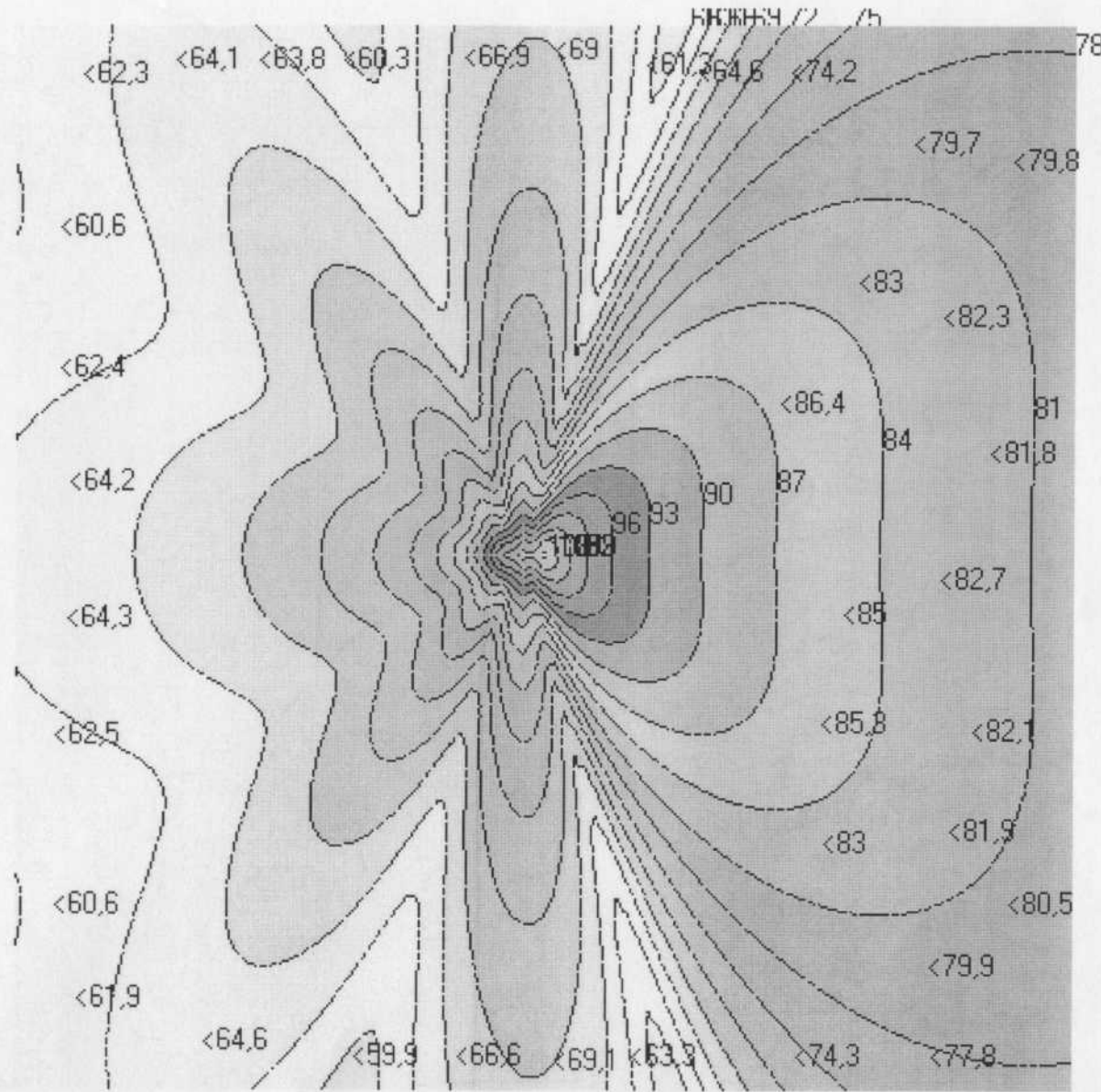
- Speaker Data Not Authorized -

Interference:

Interference Sum

Bandwidth:

1



Nota Tecnica n.40 – 6 subwoofers con rifasamento; area esterna di 100X100m– Grafico n.5