

**Carpa polivalent "El Sorralet"
(Montornès del Vallès):
Estudi d'impacte acústic i reestudi del projecte de
condicionament acústic**

ÍNDEX

1. Introducció	1
2. Descripció del recinte	2
3. Paràmetres acústics bàsics relacionats amb l'impacte acústic	4
3.1 Nivell de pressió sonora (L_p)	4
3.2 Nivell de pressió sonora ponderat A (L_A)	4
3.3 Diferència de nivells (D)	5
3.4 Índex de reducció sonora (R)	5
3.5 Índex de reducció sonora global al soroll rosa (R global)	6
3.6 Índex ponderat de reducció sonora (R_w)	6
4. Normativa aplicable i objectius numèrics	8
4.1 Resum del Reglament de la Llei 16/2002	8
4.2 Objectius numèrics	13
5. Caracterització de les fonts de soroll	15
5.1 Nivells màxims de pressió sonora	15
6. Descripció dels tancaments	16
6.1 Característiques d'aïllament acústic de la nova coberta	16
7. Avaluació de l'impacte acústic	17
7.1 Introducció	17
7.2 Simulacions acústiques	17
7.2.1 Consideracions preliminars	17
7.2.2 Resultats de les simulacions acústiques	19
7.2.3 Valoració dels resultats	23
8. Paràmetres acústics bàsics relacionats amb el condicionament acústic	25
8.1 Temps de reverberació (RT)	25
8.1.1 Fórmula de Sabine	25
8.1.2 Fórmula de Sabine modificada	26
8.1.3 Fórmula de Kuttruff	26
8.2 Nivell de pressió sonora (L_p)	27
8.3 Nivell de camp reverberant (L_R)	27
8.4 Intel·ligibilitat de la paraula (RASTI)	29

9. Objectius numèrics de disseny	30
10. Descripció dels tractaments acústics proposats	31
10.1 Característiques d'absorció acústica de la nova coberta	31
10.2 Tractament fonoabsorbent a les parets de la carpa	33
11. Simulacions acústiques	36
11.1 Condicions de simulació	36
11.2 Model de simulació	36
12. Resultats de les simulacions acústiques	38
12.1 Tractament fonoabsorbent de la nova coberta	38
12.1.1 Temps de reverberació (RT)	38
12.1.2 Intel·ligibilitat de la paraula (RASTI)	40
12.2 Tractament fonoabsorbent nova coberta + tractament fonoabsorbent parets	41
12.2.1 Temps de reverberació (RT)	41
12.2.2 Intel·ligibilitat de la paraula (RASTI)	43

1. INTRODUCCIÓ

El present document conté l'estudi d'impacte acústic i el reestudi del projecte de condicionament acústic de la carpa polivalent "El Sorralet", de Montornès del Vallès.

Al capítol 2 es descriu el recinte objecte d'estudi.

Pel que fa a l'estudi d'impacte acústic:

Al capítol 3 es defineixen els paràmetres acústics bàsics associats a l'impacte acústic.

Al capítol 4 es detalla la normativa d'aplicació per al recinte objecte d'estudi, així com els objectius numèrics a complir.

Al capítol 5 es caracteritzen les fonts de soroll considerades.

Al capítol 6 es descriu el tancament previst partint de la nova coberta plantejada per la Propietat i es presenten les seves característiques d'aïllament acústic.

Al capítol 7 es presenten els resultats obtinguts en les simulacions d'impacte acústic i es verifica el compliment dels objectius prefixats.

Quant al reestudi del projecte de condicionament acústic partint de la nova coberta plantejada per la Propietat, es realitza una revisió del document d'Audioscan amb referència 3602P/16 i data 14/10/16, basada en l'estudi del comportament acústic del recinte amb el nou tractament fonoabsorbent a fi de verificar el compliment dels objectius numèrics prefixats.

Al capítol 8 es defineixen els paràmetres acústics bàsics associats al condicionament acústic.

Al capítol 9 es presenten els objectius numèrics de disseny.

Al capítol 10 es descriuen les propostes de tractament acústic plantejades.

Al capítol 11 es descriuen les condicions de partida de les simulacions acústiques dutes a terme i es mostra el model creat per a poder-les efectuar.

Al capítol 12 es presenten els resultats de les simulacions acústiques realitzades.

2. DESCRIPCIÓ DEL RECINTE

El recinte objecte d'estudi és una carpa poliesportiva dotada de grades retràctils en un lateral i un fons, i està destinada a esdeveniments esportius, activitats musicals i altres tipus d'actes amb so amplificat.

El recinte té un volum aproximat de 15.300 m³ i un aforament màxim de 1.800 persones.

Les següents figures mostren la planta i la secció de l'espai objecte d'estudi.

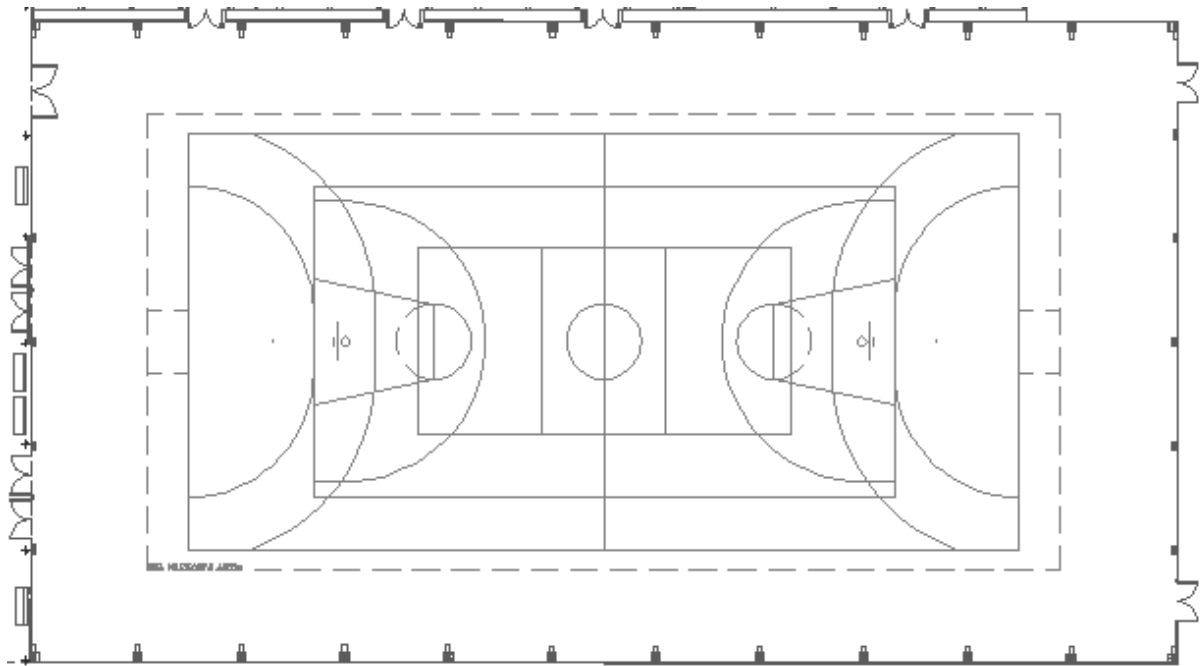


Figura 2.1: Vista en planta de la carpa poliesportiva

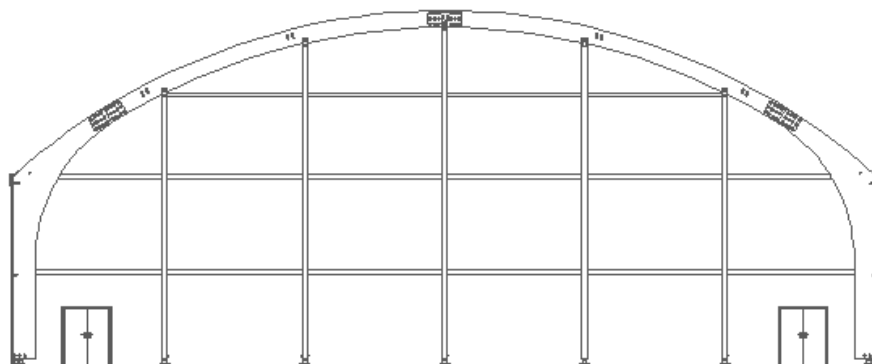


Figura 2.2: Vista en secció de la carpa poliesportiva

ESTUDI D'IMPACTE ACÚSTIC

3. PARÀMETRES ACÚSTICS BÀSICS RELACIONATS AMB L'IMPACTE ACÚSTIC

3.1 Nivell de pressió sonora (L_p)

El nivell de pressió sonora (L_p) constitueix la forma més habitual de representar la magnitud d'un camp sonor. S'expressa en dB SPL i es defineix com:

$$L_p = 20 \times \log (p_{ef} / p_{ref}), \text{ en dB SPL}$$

on:

p_{ef} = pressió sonora eficaç del so considerat

p_{ref} = pressió sonora eficaç corresponent al llindar d'audició humana a la freqüència d'1 kHz (= 2×10^{-5} Pa)

El nivell de pressió sonora (L_p) varia amb la freqüència i pot ser mesurat per bandes de freqüències d'octava o de terç d'octava. També pot ser expressat a través d'un únic valor global.

3.2 Nivell de pressió sonora ponderat A (L_A)

El nivell de pressió sonora ponderat A (L_A), expressat en dBA, s'obté aplicant la denominada ponderació A a tots els nivells de pressió sonora L_p mesurats en dB SPL.

A la figura 3.1 apareix representada la corba de ponderació A.

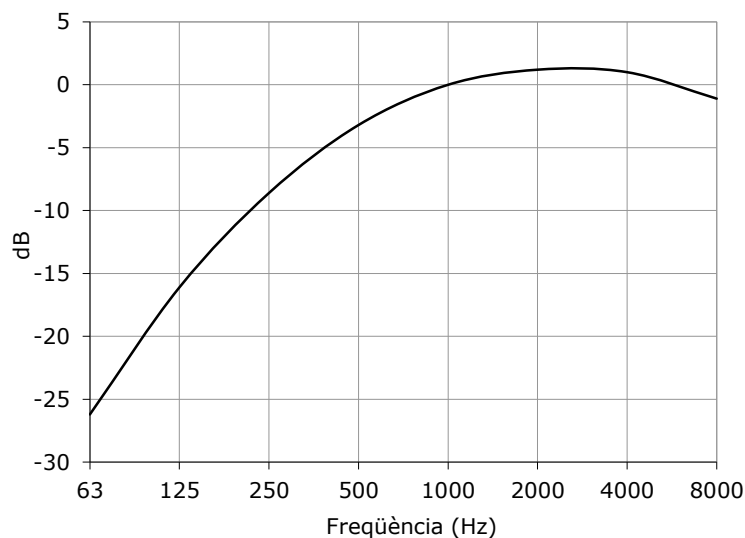


Figura 3.1: Corba de ponderació A

3.3 Diferència de nivells (D)

Paràmetre definit en la Norma UNE-EN ISO 140-4 (1999), versió oficial espanyola de la Norma Europea EN ISO 140-4 (1998) "*Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms*".

La diferència de nivells (D) existent entre dos locals es defineix com la resta entre el nivell mitjà de pressió sonora generat a la sala emissora i el corresponent nivell mitjà mesurat a la sala receptora.

La diferència de nivells es calcula mitjançant l'expressió següent:

$$D = L_1 \text{ [dB SPL]} - L_2 \text{ [dB SPL]} , \text{ en dB}$$

on:

L_1 : nivell mitjà de pressió sonora al local emissor

L_2 : nivell mitjà de pressió sonora al local receptor

El valor D es calcula per a cada banda de freqüències d'octava o terç d'octava i s'expressa en dB.

El valor D s'obté "in situ".

3.4 Índex de reducció sonora (R)

Paràmetre definit en la Norma UNE-EN ISO 140-3 (1995), versió oficial espanyola de la Norma Europea EN ISO 140-4 (1995) "*Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements*".

L'índex de reducció sonora (R) d'un determinat element separador entre dos locals es defineix com la suma de la diferència de nivells (D) i d'un terme que depèn de la superfície de l'element separador i de l'absorció acústica del local receptor.

En condicions de camp acústic difús, l'índex de reducció sonora es pot calcular mitjançant l'expressió següent:

$$R = D \text{ [dB]} + 10 \times \log\left(\frac{S}{A}\right) = L_1 \text{ [dB SPL]} - L_2 \text{ [dB SPL]} + 10 \times \log\left(\frac{S}{A}\right) , \text{ en dB}$$

on:

L_1 : nivell mitjà de pressió sonora al local emissor

L_2 : nivell mitjà de pressió sonora al local receptor

S: superfície de l'element separador entre el local emissor i el receptor, en m^2

A: absorció acústica total al local receptor, en m^2

L'índex R es calcula per a cada banda de freqüències d'octava o terç d'octava, s'expressa en dB i s'obté generalment en laboratori.

L'índex R també es denomina TL (de l'anglès, "Transmission Loss").

Quan hi ha transmissió de so per vies secundàries (en anglès, "flanking transmission"), els valors obtinguts són sempre inferiors. En aquest cas, s'utilitza la denominació R' (índex de reducció sonora aparent) en comptes d'R. En conseqüència, sempre succeeix que $R' < R$.

3.5 Índex de reducció sonora global al soroll rosa (R global)

L'índex de reducció sonora global al soroll rosa (R global) és un únic valor obtingut a partir dels valors dels índexs de reducció sonora (R) per bandes de freqüències d'octava o terç d'octava, suposant que la font de so situada a la sala emissora radia soroll rosa.

S'expressa en dBA per a indicar que, tant el nivell total de pressió sonora a la sala emissora com el corresponent a la sala receptora, es ponderen amb el filtre A.

3.6 Índex ponderat de reducció sonora (R_w)

Paràmetre definit en la norma UNE-EN ISO 717/1 (1997), versió oficial espanyola de la Norma Europea EN ISO 717-1 (1996) "*Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation*".

L'índex ponderat de reducció sonora (R_w) és un únic valor obtingut a partir dels valors dels índexs de reducció sonora (R) per bandes de freqüències d'octava o terç d'octava.

El valor R_w s'obté comparant els valors d'R amb els corresponents a una corba de referència, entre les bandes de freqüències de 100 Hz a 3.150 Hz.

La comparació es realitza de la manera següent: es desplaça la corba de referència en passos de ± 1 dB i es calcula la desviació desfavorable mitjana en cada pas. La desviació desfavorable mitjana és la suma de totes les desviacions desfavorables dividit pel nombre total de bandes (16). Una desviació desfavorable en una determinada banda de freqüències té lloc quan el valor d'R està per sota del valor de la corba de referència per a cada pas.

El valor d' R_w s'obté quan la desviació desfavorable mitjana s'acosta el màxim possible a 2 dB, sense superar tal valor. El valor d' R_w és el valor de la corba de referència per a la banda de 500 Hz, una vegada efectuat l'esmentat ajust. S'expressa en dB i s'obté generalment en laboratori.

A la figura 3.2 es mostra una de les possibles corbes de referència a utilitzar per al càlcul d' R_w , segons la norma UNE-EN ISO 717-1 (1997).

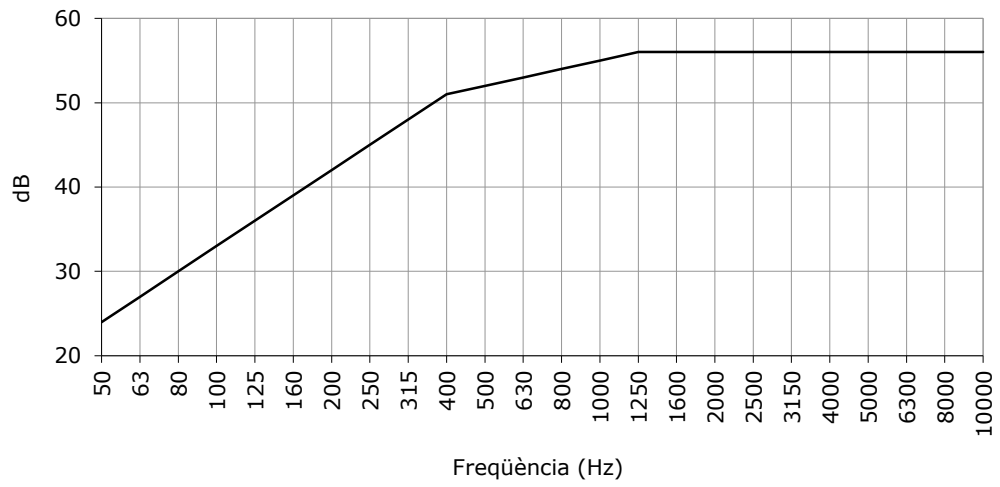


Figura 3.2: Corba de referència per al càlcul d' R_w , segons la norma UNE-EN ISO 717-1

4. NORMATIVA APLICABLE I OBJECTIUS NUMÈRICS

A efectes de determinar els valors límit d'immissió sonora a la zona d'estudi (edificis més propers), s'han pres com a referència els següents documents normatius:

- Decret 176/2009, de 10 de novembre, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 16/2002 de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica, i se n'adapten els annexos.
- Mapa de zonificació acústica del municipi de Montornès del Vallès

4.1 Resum del Reglament de la Llei 16/2002

A continuació es resumeixen els apartats més rellevants del Reglament.

Capítol III: Zonificació acústica del territori

El Capítol III fixa els criteris per establir la zonificació acústica del territori i el règim jurídic de les zones de soroll, de les zones d'especial protecció de la qualitat acústica i de les zones acústiques de règim especial.

Secció 1A: Zonificació acústica

Article 10. Criteris generals

1. La zonificació acústica consisteix en l'agrupació de les parts del territori amb la mateixa capacitat acústica.
2. La zonificació del territori ha d'incloure les zones acústiques següents, d'acord amb el que estableix el Decret 245/2005, de 8 de novembre:
 - a. Zona tipus A - Zona de sensibilitat acústica alta.
 - b. Zona tipus B - Zona de sensibilitat acústica moderada.
 - c. Zona tipus C - Zona de sensibilitat acústica baixa.
 - d. Zones de soroll.
 - e. Zones tipus ZEPQA - Zones d'especial protecció de la qualitat acústica.
 - f. Zones tipus ZARE - Zones acústiques de règim especial.

Annex A. Qualitat acústica del territori. Mapes de capacitat

Aquest annex s'aplica al conjunt d'emissors que incideixen a les zones de sensibilitat acústica delimitades segons la capacitat acústica del territori i establertes en els mapes de capacitat acústica.

Els objectius de qualitat acústica estableixen els valors límit d'immissió segons la taula següent per a la planificació del territori i la preservació i/o millora de la qualitat acústica:

Zonificació acústica del territori	Valors límit d'immissió en dB(A)		
	L_d (07:00 - 21:00)	L_e (21:00 - 23:00)	L_n (23:00-7:00)
Zona de sensibilitat acústica alta (A)	60	60	50
Zona de sensibilitat acústica moderada (B)	65	65	55
Zona de sensibilitat acústica baixa (C)	70	70	60

Taula 4.1: Zonificació acústica del territori

Aquestes zones acústiques del territori poden incorporar els valors límit dels usos del sòl d'acord amb la taula següent:

Zones de sensibilitat acústica i usos del sòl	Valors límit d'immissió en dB(A)		
	L_d (07:00 - 21:00)	L_e (21:00 - 23:00)	L_n (23:00-7:00)
<i>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA ALTA (A)</i>			
(A1) Espais d'interès natural i altres	-	-	-
(A2) Predomini del sòl d'ús sanitari, docent i cultural	55	55	45
(A3) Habitatges situats al medi rural	57	57	47
(A4) Predomini del sòl d'ús residencial	60	60	50
<i>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA MODERADA (B)</i>			
(B1) Coexistència de sòl d'ús residencial amb activitats i/o infraestructures de transport existents	65	65	55
(B2) Predomini del sòl d'ús terciari diferent a (C1)	65	65	55
(B3) Àrees urbanitzades existents afectades per sòl d'ús industrial	65	65	55
<i>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA BAIXA (C)</i>			
(C1) Usos recreatius i espectacles	68	68	58
(C2) Predomini de sòl d'ús industrial	70	70	60
(C3) Àrees del territori afectades per sistemes generals d'infraestructures de transport o altres equipaments públics	-	-	-

Taula 4.2: Valors límit dels usos del sòl

L'article 45 estableix que les activitats que originin sorolls no poden sobrepassar els valors límit d'immissió a l'ambient exterior establerts a l'annex 3, resumit a continuació.

Annex 3: Immissió sonora aplicable a l'ambient exterior produïda per les activitats, incloses les derivades de les relacions de veïnat

Aquest annex s'aplica als nivells de soroll de cadascun dels emissors acústics que incideixen en el medi exterior dels receptors. Els valors límit d'immissió s'estableixen a la taula següent:

Zones de sensibilitat acústica i usos del sòl	Valors límit d'immissió en dB(A)		
	L_d (07:00 - 21:00)	L_e (21:00 - 23:00)	L_n (23:00-7:00)
<i>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA ALTA (A)</i>			
(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
<i>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA MODERADA (B)</i>			
(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
<i>ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA BAIXA (C)</i>			
(C1) Usos recreatius i espectacles	63	63	53
(C2) Predomini de sòl d'ús industrial	65	65	55

Taula 4.3: Valors límit d'immissió en ambient exterior produïda per les activitats

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).

Correccions de nivell

Quan en el procés de mesurament d'un soroll es percebin components de baixa freqüència, o de tonals emergents, o d'impulsius, o de qualsevol combinació entre components que provinguin de la font a avaluar, s'ha de dur a terme una avaluació detallada del soroll introduint les correccions adequades.

Avaluació detallada d'un soroll amb presència de components de baixa freqüència

Cal obtenir la diferència entre els nivells de pressió acústica de la font a avaluar amb les ponderacions freqüencials A i C, a les bandes de terç d'octava de 20 a 160 Hz. En cas que la diferència sigui igual o superior a 20 dB, cal avaluar el nivell de baixa freqüència audible, L_B , segons s'especifica a l'annex 3.5.1, i aplicar la correcció K_f següent:

L_B en dB	K_f en dB
$L_B < 25$ dB	Nul·la: 0
$25 \text{ dB} \leq L_B \leq 35$ dB	Neta: 3
$L_B > 35$ dB	Forta: 6

Taula 4.4: Correccions per components de baixa freqüència

Avaluació detallada d'un soroll amb presència de components tonals emergents

Cal realitzar un anàlisi espectral del soroll en bandes d'1/3 d'octava entre 20 Hz i 10.000 Hz, i obtenir la diferència entre el nivell de pressió sonora en una banda, i la mitjana aritmètica de les bandes situades immediatament per sota i per sobre. A partir d'aquesta diferència L_t , cal aplicar la correcció K_t segons la taula següent, tenint en compte que només s'aplicarà quan el component tonal emergent sigui audible segons s'especifica a l'annex.

Banda de freqüència d'1/3 d'octava	L_t en dB	Component tonal K_t en dB
De 20 a 125 Hz	Si $L_t < 8$	Nul·la: 0
	Si $8 \leq L_t \leq 15$	Neta: 3
	Si $L_t > 15$	Forta: 6
De 160 a 400 Hz	Si $L_t < 5$	Nul·la: 0
	Si $5 \leq L_t \leq 8$	Neta: 3
	Si $L_t > 8$	Forta: 6
De 500 a 10.000 Hz	Si $L_t < 3$	Nul·la: 0
	Si $3 \leq L_t \leq 5$	Neta: 3
	Si $L_t > 5$	Forta: 6

Taula 4.5: Correccions per components tonals emergents

Avaluació detallada d'un soroll amb presència de components impulsius

Cal calcular la diferència entre els nivells de pressió acústica contínua equivalent ponderat A, i amb la constant temporal d'impuls I. A partir d'aquesta diferència L_i , s'aplica el paràmetre de correcció K_i següent:

L_i en dB	K_i en dB
Si $L_i < 3$ dB	Nul·la: 0
Si $3 \leq L_i \leq 6$ dB	Neta: 3
$L_i > 6$ dB	Forta: 6

Taula 4.6: Correccions per components impulsius

El valor màxim de la correcció resultant de la suma $K_f+K_t+K_i$ no ha de ser mai superior a 9 dB.

4.2 Objectius numèrics

A continuació es resumeixen els objectius aplicables a la carpa polivalent, d'acord amb aquesta normativa.

El nivell d'immissió sonora en l'ambient exterior es defineix com el nivell de soroll mesurat en els punts de recepció a l'ambient exterior que, en aquest cas, corresponen al pla d'emplaçament de les façanes més exposades al soroll de les parcel·les més properes a l'edifici.

A continuació es mostra el plànol d'ubicació de la carpa polivalent, situada al carrer dels Castanyers 5 de la localitat de Montornès del Vallès, indicant les parcel·les veïnes més afectades.



Figura 4.1: Plànol d'ubicació de la carpa polivalent (en blau) i façanes veïnes més afectades (en vermell)

A la figura següent es mostren les zones de sensibilitat acústica corresponents als edificis situats al voltant de la carpa polivalent.

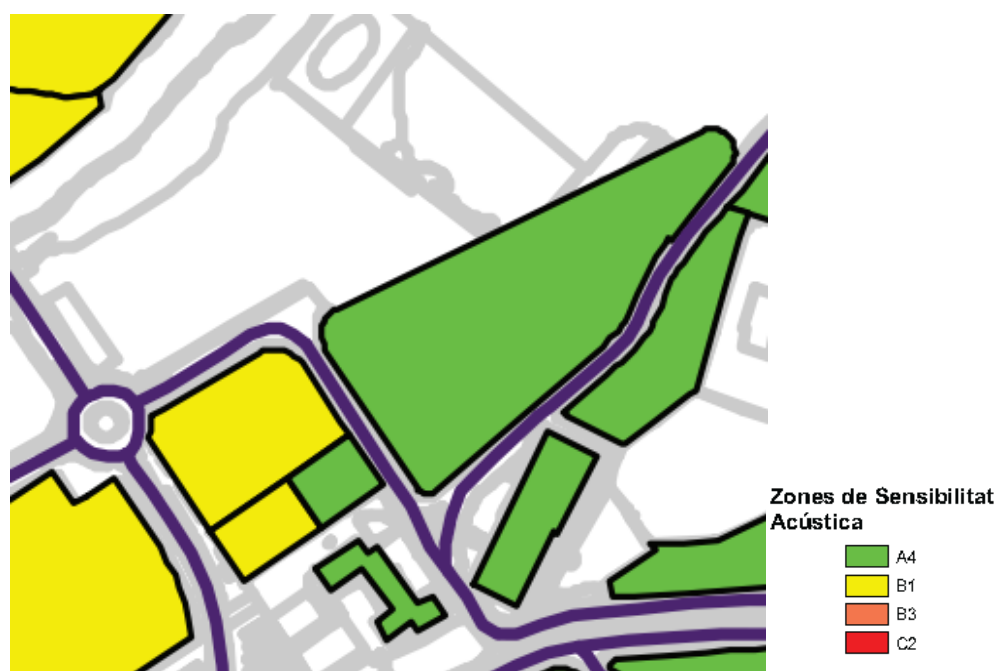


Figura 4.2: Zonificació acústica dels edificis situats al voltant de la carpa polivalent

Segons el mapa de zonificació acústica del municipi de Montornès del Vallès, les parcel·les veïnes més properes a l'edifici objecte d'estudi que es poden veure afectades pel soroll que prové de l'activitat, tenen la següent zonificació acústica i límits d'immissió sonora en horari nocturn (de 23.00 h a 7.00 h), que és el més restrictiu:

Carrer	Zona acústica	Límit d'immissió sonora (horari nocturn)
Carrer dels Castanyers i carrer de Can Parera	A4	45 dBA
Avinguda de la Llibertat i avinguda de Can Vilaró	B1	50 dBA

Taula 4.7: Zonificació acústica i límit d'immissió sonora a les zones d'immissió considerades

D'altra banda, segons la normativa descrita anteriorment, la penalització a aplicar en el càlcul del nivell de pressió sonora serà de **9 dB**.

5. CARACTERITZACIÓ DE LES FONTS DE SOROLL

5.1 Nivells màxims de pressió sonora

A continuació es mostren els nivells màxims de pressió sonora que es podran assolir a l'interior del recinte quan en el mateix hi tingui lloc una activitat amb so amplificat (cas més desfavorable) per tal de complir la normativa vigent en els edificis veïns més afectats, en horari nocturn, segons es demostrarà en els capítols posteriors.

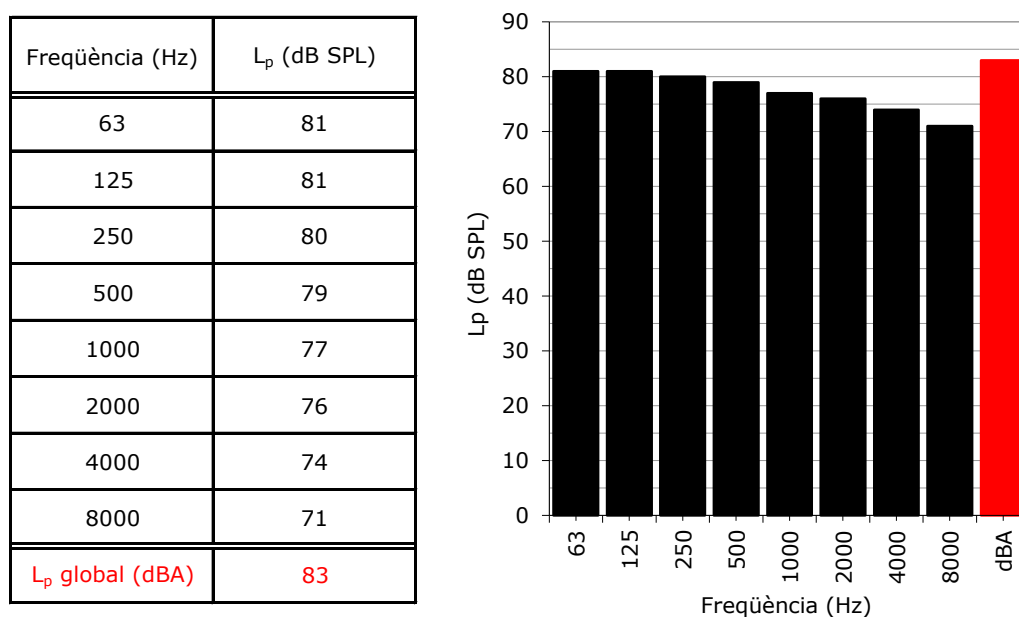


Figura 5.3: Nivells màxims admissibles de pressió sonora L_p a l'interior del recinte per complir la normativa vigent en els edificis veïns (horari nocturn)

6. DESCRIPCIÓ DELS TANCAMENTS

6.1 Característiques d'aïllament acústic de la nova coberta

La Propietat planteja la substitució de la coberta actual pel sistema EUROSILENCE IB-30/1,00, d'Europafil. A continuació es detalla la composició del mateix:

- Perfil EUROBAC 150 perforat
- Llana de roca
- Film PVC
- Separador omega
- Manta IBR
- Perfil EUROCOVER 34N

L'índex ponderat de reducció sonora R_w és de 38 dB.

La següent figura mostra els índexs de reducció sonora de l'esmentada coberta, segons assaig efectuat en laboratori homologat.

Freqüència (Hz)	R (dB)
125	17
250	26
500	36
1000	43
2000	46
4000	60
R_A (dBA)	36,8

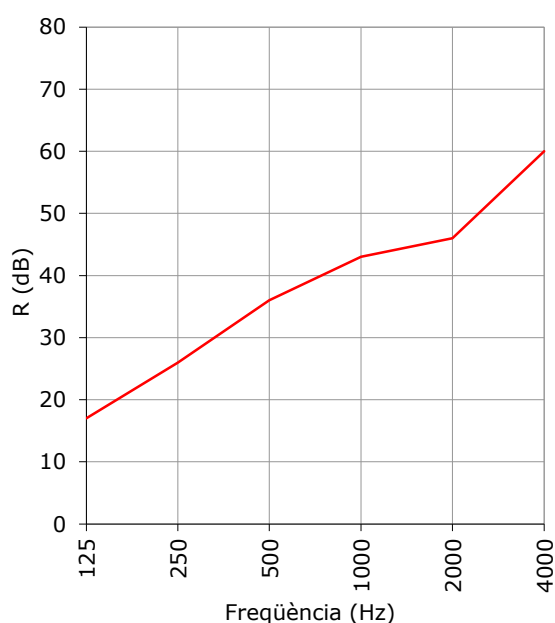


Figura 6.4: Valors de l'índex de reducció sonora (R) per bandes d'octava i de l'índex de reducció sonora global (R_A) del sistema EUROSILENCE IB 30/1,00

7. AVALUACIÓ DE L'IMPACTE ACÚSTIC

7.1 Introducció

Al present capítol es realitza l'avaluació de l'impacte acústic produït per l'activitat sobre les zones d'immissió sonora considerades.

L'objectiu d'aquests càlculs és el de verificar si es compleix la normativa legal vigent, pel que fa als nivells límit d'immissió sonora en l'ambient exterior, en horari nocturn.

7.2 Simulacions acústiques

7.2.1 Consideracions preliminars

Els càlculs que es presenten als següents apartats s'han realitzat mitjançant simulació informàtica a partir del model tridimensional de la carpa polivalent i el seu entorn creat amb aquesta finalitat.

Les simulacions que es presenten en aquest apartat s'han realitzat considerant difracció del so i els paràmetres de càlcul següents:

- Temperatura: 20°C
- Humitat relativa: 50%
- Ordre màxim de reflexions: 30
- Nombre de rajos de l'algoritme de "ray-tracing" per font de soroll: 20.000
- Model de difracció: Kurze-Anderson

Amb l'objectiu de calcular els nivells de soroll a les façanes veïnes, s'ha generat el model informàtic de simulació mostrat a la següent figura.

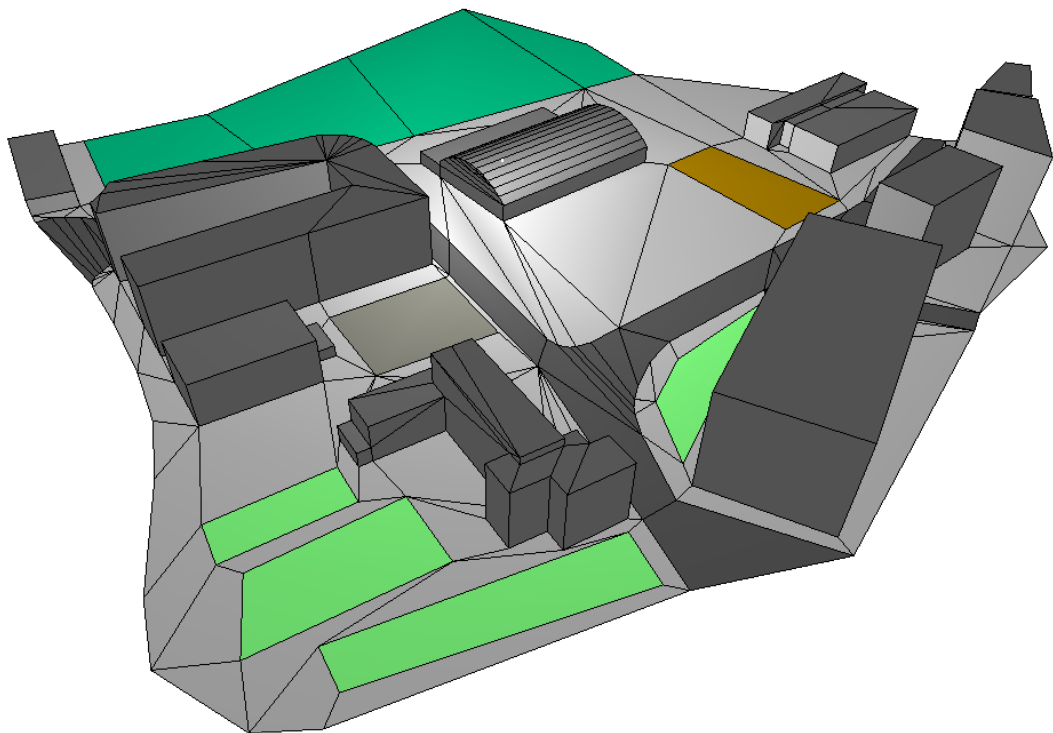


Figura 7.1: Imatge en perspectiva del model informàtic creat (I)

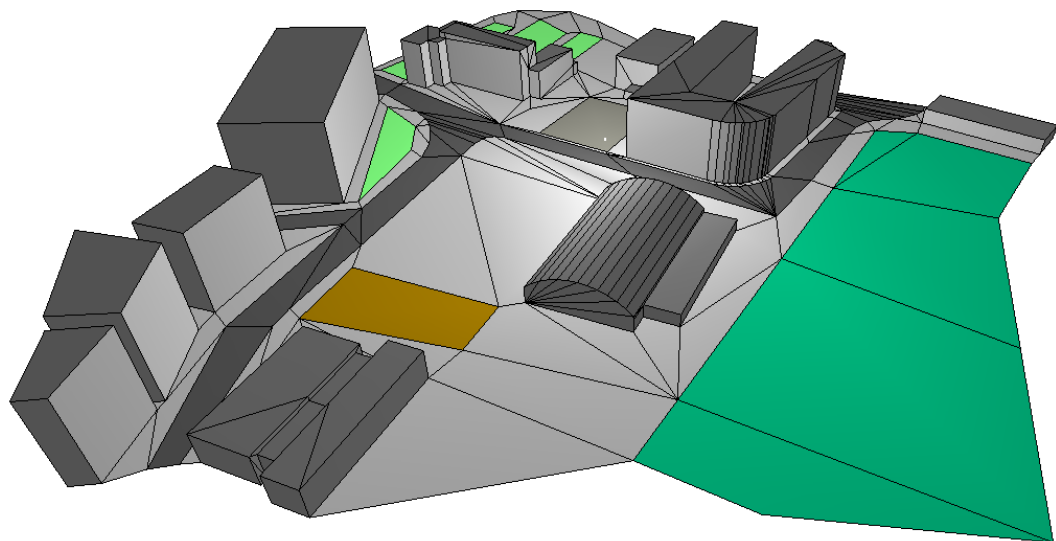


Figura 7.2: Imatge en perspectiva del model informàtic creat (II)

7.2.2 Resultats de les simulacions acústiques

A continuació es presenten els mapes dels nivells d'immissió sonora produïts per l'activitat a l'interior del recinte fent ús de so amplificat, partint de la nova coberta proposada per la Propietat.

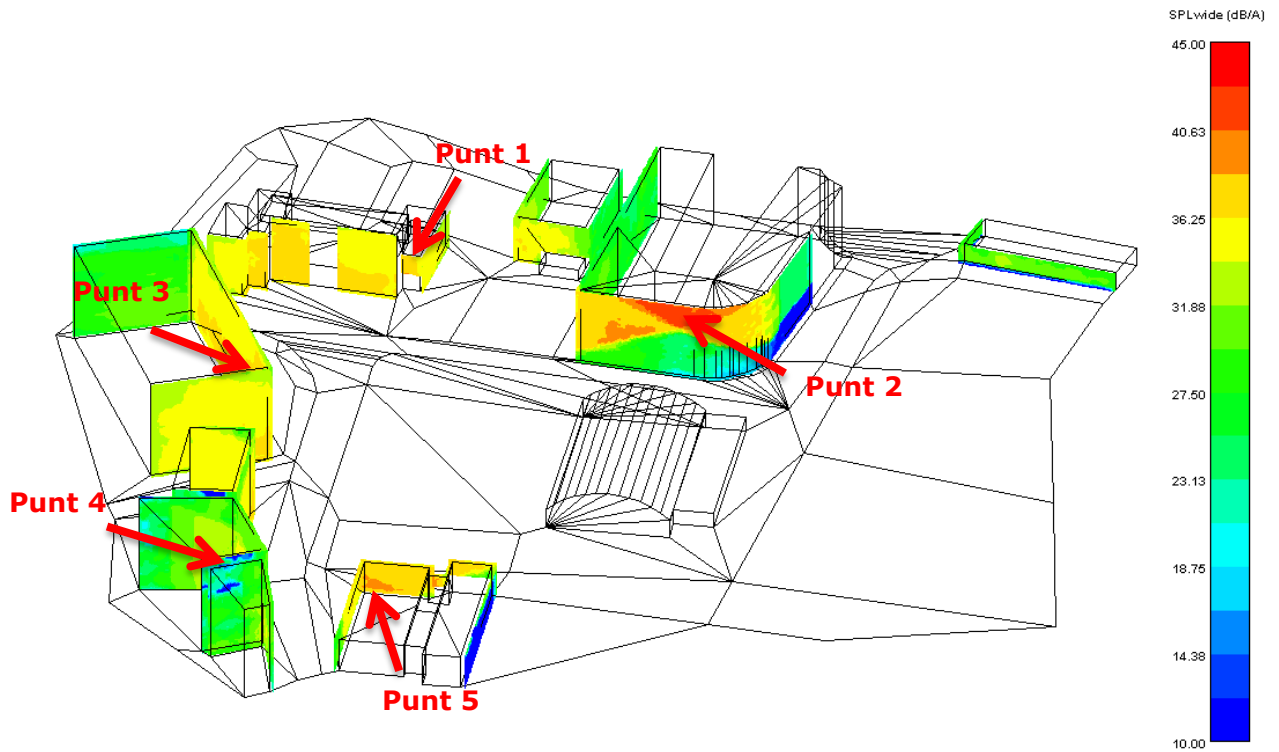


Figura 7.3: Nivells de pressió sonora global, en dBA, produïts per les fonts de soroll (I)

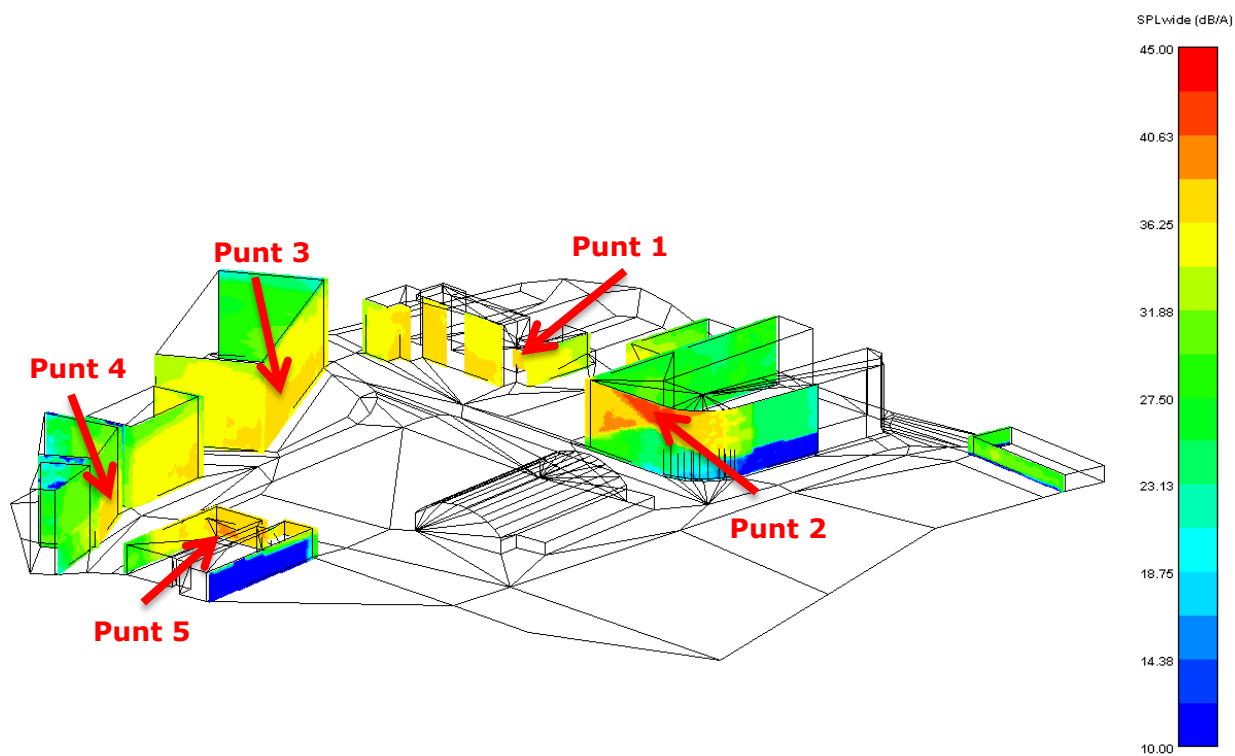


Figura 7.4: Nivells de pressió sonora global, en dBA, produïts per les fonts de soroll (II)

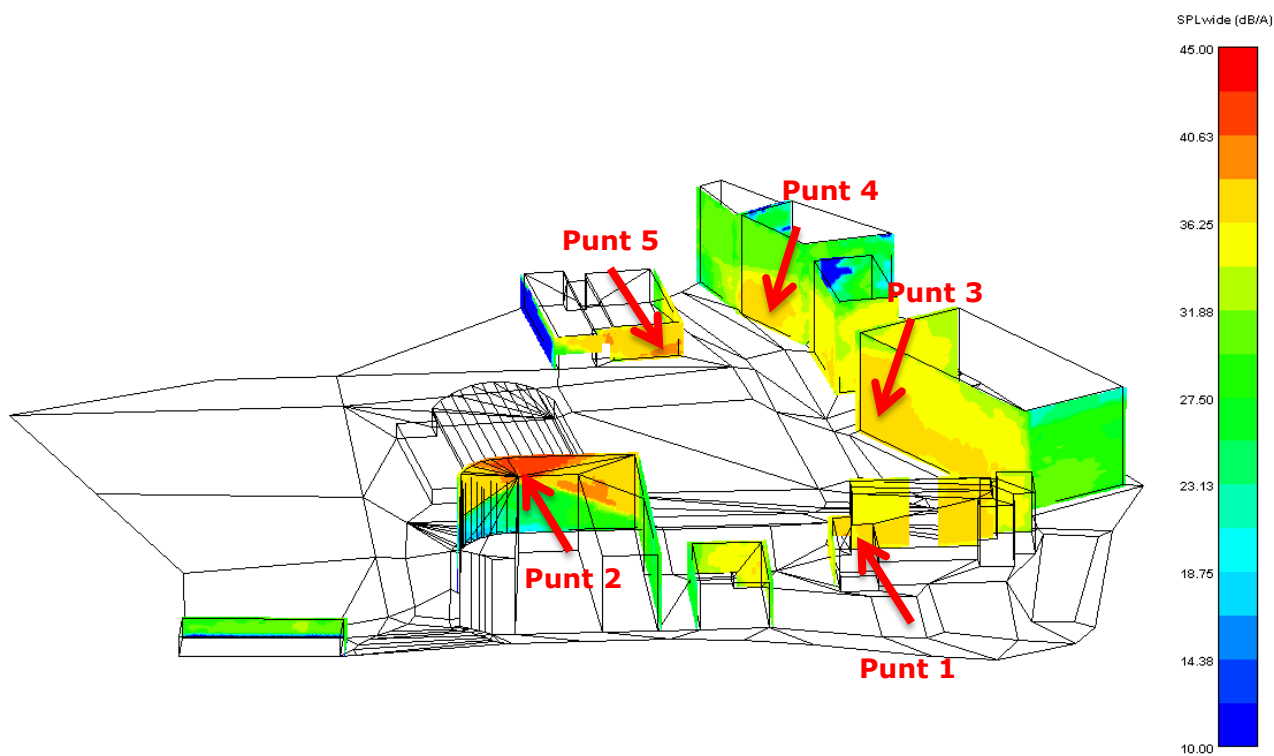


Figura 7.5: Nivells de pressió sonora global, en dBA, produïts per les fonts de soroll (III)

A les següents taules es mostren els nivells globals de pressió sonora obtinguts en els punts representatius més desfavorables (punt 1, punt 2, punt 3, punt 4 i punt 5), així com la correcció K considerada segons la normativa, tal i com s'especifica a l'apartat 4.1.

Nivell de pressió sonora global (dBA)	
Nivell en el punt 1	34,2
Correcció K, segons normativa (dB)	9
Nivell d'avaluació en el punt 1	43

Taula 7.1: Nivells en el punt 1

Nivell de pressió sonora global (dBA)	
Nivell en el punt 2	36,9
Correcció K, segons normativa (dB)	9
Nivell d'avaluació en el punt 2	46

Taula 7.2: Nivells en el punt 2

Nivell de pressió sonora global (dBA)	
Nivell en el punt 3	33,1
Correcció K, segons normativa (dB)	9
Nivell d'avaluació en el punt 3	42

Taula 7.3: Nivells en el punt 3

Nivell de pressió sonora global (dBA)	
Nivell en el punt 4	33,6
Correcció K, segons normativa (dB)	9
Nivell d'avaluació en el punt 4	43

Taula 7.4: Nivells en el punt 4

Nivell de pressió sonora global (dBA)	
Nivell en el punt 5	34,8
Correcció K, segons normativa (dB)	9
Nivell d'avaluació en el punt 5	44

Taula 7.5: Nivells en el punt 5

NOTA: Segons la normativa aplicada, resumida a l'apartat 4.1, els valors del nivell d'avaluació s'han d'arrodonir a la unitat.

A continuació es comparen els nivells d'avaluació obtinguts, i els límits fixats per la normativa, en horari nocturn.

Punt d'avaluació	Condicions	Nivell d'avaluació (dBA)	Nivell màxim, segons normativa (dBA)	Compliment
Punt 1 (zona tipus A4)	Condicions inicials de projecte	43	45	✓
Punt 2 (zona tipus B1)		46	50	✓
Punt 3 (zona tipus A4)		42	45	✓
Punt 4 (zona tipus A4)		43	45	✓
Punt 5 (zona tipus A4)		44	45	✓

Taula 7.6: Resum de nivells d'avaluació en els edificis veïns, nivells màxims admissibles segons normativa i compliment de la mateixa

7.2.3 Valoració dels resultats

Segons s'observa, els nivells d'immissió sonora produïts per l'activitat de la carpa polivalent al pla d'emplaçament de les façanes de les parcel·les veïnes més properes estan per sota dels valors límit en els punts d'avaluació considerats.

Atès que es tracta dels punts més desfavorables, es pot afirmar que es complirà la normativa vigent de protecció contra la contaminació acústica relativa a l'activitat de la carpa polivalent en totes les façanes de les parcel·les veïnes, en horari nocturn (de 23.00 h a 7.00 h), sempre i quan els nivells interiors de pressió sonora produïts per l'activitat amb so amplificat realitzada al recinte (cas més desfavorable) no superin els següents valors per bandes d'octava:

Freqüència (Hz)	L_p (dB SPL)
63	81
125	81
250	80
500	79
1000	77
2000	76
4000	74
8000	71
L_p global (dBA)	83

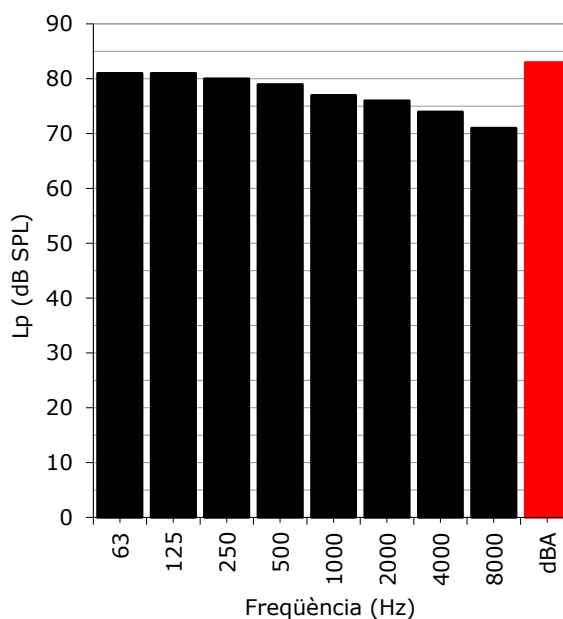


Figura 7.6: Nivells màxims de pressió sonora L_p admissibles a l'interior del recinte, per bandes d'octava, per complir la normativa en horari nocturn

Com es pot observar, el nivell global màxim no podrà superar els **83 dBA**.

Des d'un punt de vista pràctic, això significa que es podran dur a terme activitats amb so amplificat amb nivells moderats (no concerts de rock, o equivalents).

NOTA: En horaris diürns (de 7.00 a 21.00 h) i vespertí (de 21.00 h a 23.00 h), la normativa d'aplicació indica que els valors límit d'immissió són 10 dB més elevats que els corresponents a horari nocturn, és a dir, és clarament menys restrictiva.

Per tant, en aquestes franges horàries, es podran realitzar activitats amb so amplificat amb un nivell global màxim 10 dB més alt, és a dir, es podrà arribar fins als **93 dBA**.

REESTUDI DE CONDICIONAMENT ACÚSTIC

8. PARÀMETRES ACÚSTICS BÀSICS RELACIONATS AMB EL CONDICIONAMENT ACÚSTIC

8.1 Temps de reverberació (RT)

Quan una font sonora radiant en una sala donada s'atura bruscament, qualsevol oient situat a la mateixa seguirà sentint el so durant el lapse de temps que l'energia present tardi a ser absorbida per les seves superfícies.

El temps de reverberació (de forma abreujada RT), a una freqüència determinada, es defineix com el temps (en segons) que transcorre des que el focus emissor s'atura fins que el nivell de pressió sonora cau 60 dB. Com més absorbeixin les parets, menor serà el RT. Un recinte amb un RT gran s'anomena "viu", mentre que si el RT és petit rep el nom de recinte "apagat".

8.1.1 Fórmula de Sabine

L'expressió de Sabine per al càlcul del RT, vàlida quan l'absorció es manté uniforme per tot el recinte, és:

$$RT \text{ (Sabine)} = \frac{0,161 V}{A} \quad (\text{en segons})$$

on: V = volum del recinte (en m^3)

A = absorció total del recinte (en m^2)

Veurem a continuació com es defineix A .

El poder d'absorció de so d'una superfície qualsevol es representa mitjançant l'anomenat coeficient d'absorció α . Es defineix com la relació entre l'energia absorbida per l'esmentada superfície i l'energia incident sobre la mateixa. Els seus valors estan compresos entre 0 (corresponent a una superfície totalment reflectant) i 1 (cas ideal d'absorció total).

La caracterització d'un material absorbent, però, ve donada pel que es denomina absorció del material, que s'obté de multiplicar α per la seva superfície S .

Atès que un recinte tancat està constituït per diverses superfícies recobertes de materials diferents, cal definir l'absorció total A com la suma de totes i cadascuna de les absorcions individuals, és a dir:

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

A partir d' A , és possible calcular el coeficient d'absorció mig $\bar{\alpha}$ de la següent forma:

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S_T}$$

on $S_T = S_0 + S_1 + S_2 + \dots + S_n$ = superfície total del recinte (parets + sostre + terra)

Per tant, finalment podem escriure el temps de reverberació com:

$$RT(\text{Sabine}) = \frac{0,161V}{S_T \bar{\alpha}}$$

o bé, mitjançant l'expressió equivalent:

$$RT(\text{Sabine}) = \frac{13,8\bar{l}}{c \bar{\alpha}}$$

on: \bar{l} = lliure camí mig estadístic entre dues col·lisions consecutives ($\bar{l} = 4V/S_T$)

c = velocitat de propagació del so ($c=345$ m/s)

Ambdues expressions són vàlides si $\bar{\alpha}$ és molt inferior a 1 (cas habitual a la pràctica).

D'altra banda, convé destacar el fet que existeixen moltes altres expressions per calcular el temps de reverberació. D'entre totes elles, en definirem dues basades igualment en l'acústica estadística:

8.1.2 Fórmula de Sabine modificada

$$RT(\text{Sabine modificada}) = \frac{13,8\bar{l}'}{c \bar{\alpha}'}$$

8.1.3 Fórmula de Kuttruff

$$RT(\text{Kuttruff}) = \frac{13,8\bar{l}'}{-c \ln(1 - \bar{\alpha}') \left[1 + \frac{\gamma^2}{2} \ln(1 - \bar{\alpha}') \right]}$$

$$\text{on: } \bar{l}' = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_i$$

$$\bar{\alpha}' = \sum_j f_j \cdot \alpha_j$$

$$f_j = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_j}{N}$$

\bar{l}' : lliure camí mig calculat a través de la teoria de raigs

γ : desviació típica corresponent al lliure camí mig \bar{l}'

l_i : distància entre dues col·lisions consecutives

N : nombre total de col·lisions

$\bar{\alpha}'$: coeficient d'absorció mig

α_j : coeficient d'absorció de la cara j

N_j : nombre de col·lisions sobre la cara j

8.2 Nivell de pressió sonora (L_p)

El nivell de pressió sonora (L_p) constitueix la forma més habitual de representar la magnitud d'un camp sonor. S'expressa en dB SPL i es defineix com:

$$L_p = 20 \times \log \frac{p_{ef}}{p_{ref}}$$

on: p_{ef} = pressió eficaç del so considerat

p_{ref} = pressió eficaç corresponent al llindar d'audició a 1 kHz (= 2×10^{-5} Pa)

El nivell de pressió sonora (L_p) varia amb la freqüència i pot ser mesurat per bandes de freqüències d'octava o de terç d'octava. També pot ser expressat a través d'un únic valor global.

8.3 Nivell de camp reverberant (L_R)

El nivell de pressió sonora total (L_p) existent en un punt qualsevol d'un recinte tancat s'obté com a contribució de les pressions sonores de camp directe i de camp reverberant.

El nivell de pressió sonora de camp directe L_D és degut al so directe que arriba a l'oient, és a dir, aquell que es mesuraria si l'esmentat oient estigués a l'espai lliure. El nivell L_D disminueix 6 dB cada cop que es dobla la distància a la font sonora, sempre i quan aquesta radiï ones esfèriques (font puntual).

El nivell de pressió sonora de camp reverberant (L_R) apareix com a conseqüència de l'existència de les superfícies límit del recinte i, per tant, a l'aparició d'energia reflectida sobre les mateixes. En general, aquest nivell es manté constant amb independència de la distància a la font sonora.

La distància per a la qual $L_D = L_R$ s'anomena distància crítica D_c .

A la figura 8.7 s'observa l'evolució del nivell relatiu total de pressió sonora L_p en funció de la relació entre la distància r a la font sonora i la distància crítica D_c .

Per als punts situats molt a prop de la font, es compleix que:

$$L_p \approx L_D$$

mentre que per als punts allunyats:

$$L_p \approx L_R$$

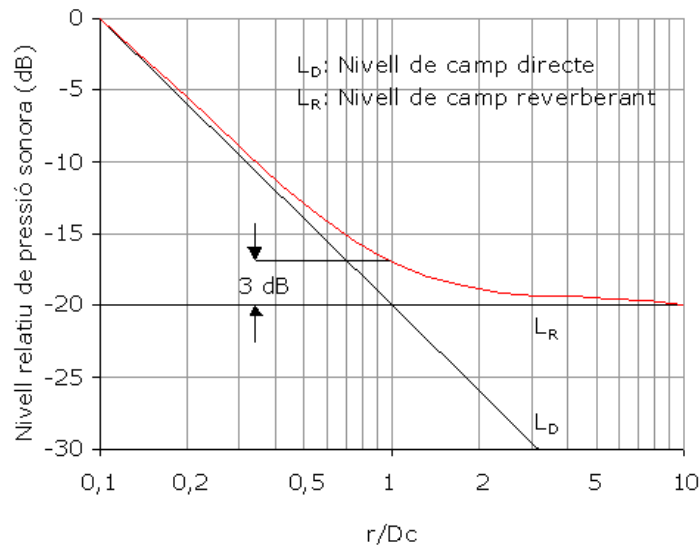


Figura 8.7: Evolució del nivell relatiu total de pressió sonora L_p en funció de r/Dc

D'altra banda, el nivell L_R és més baix com més absorbent sigui el recinte considerat. Aquest fet es fa palès a la figura 8.8 on es representen els nivells relatius d' L_p corresponents a una sala "viva" (poc absorbent), a una sala intermèdia i a una sala "apagada" (molt absorbent), en funció de la distància a la font sonora.

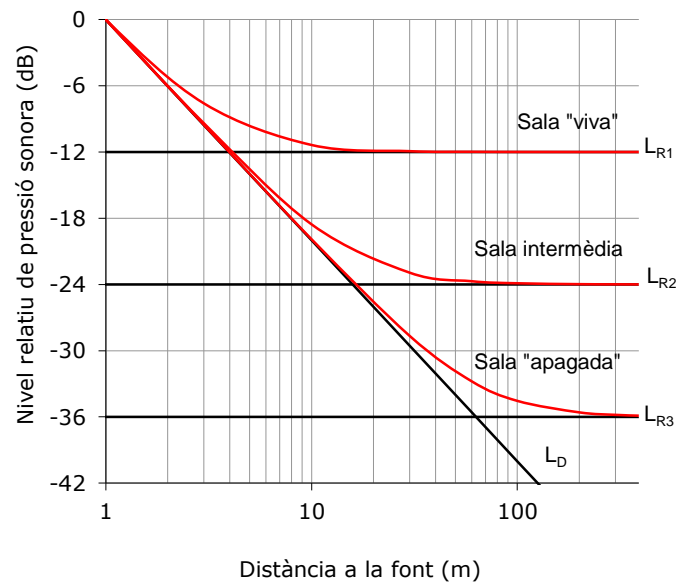


Figura 8.8: L_p corresponents a una sala "viva", a una sala intermèdia i a una sala "apagada"

8.4 Intel·ligibilitat de la paraula (RASTI)

El grau d'intel·ligibilitat de la paraula en un punt determinat d'un recinte s'expressa a través d'un paràmetre anomenat RASTI (que pot variar entre 0 i 1). La relació entre aquest paràmetre i el grau subjectiu d'intel·ligibilitat es pot observar a la taula 8.1.

RASTI	Valoració Subjectiva
0,87-1	Excel·lent
0,65-0,86	Bona
0,60-0,64	Correcta
0,50-0,59	Acceptable
0,35-0,49	Pobra
0-0,34	Dolenta

Taula 8.1: Correspondència entre els valors RASTI i la valoració subjectiva de la intel·ligibilitat

9. OBJECTIUS NUMÈRICS DE DISSENY

A la taula 9.1 es defineixen els criteris numèrics de disseny recomanats per a la carpa poliesportiva, en condicions de recinte ocupat.

Temps de reverberació mig (500 Hz - 1 kHz)	$1,4 \text{ s} \leq RT_{\text{mid}} \leq 1,8 \text{ s}$
Intel·ligibilitat de la paraula (criteri de mínims)	$\text{RASTI} \geq 0,50$
Intel·ligibilitat de la paraula (criteri òptim)	$\text{RASTI} \geq 0,65$

Taula 9.1: Valors recomanats dels paràmetres acústics per a la carpa poliesportiva, recinte ocupat

A la figura 9.1 es mostra l'interval màxim recomanat de variació dels valors del temps de reverberació per a les bandes de freqüències compreses entre 125 Hz i 4 kHz, en condicions de sala ocupada.

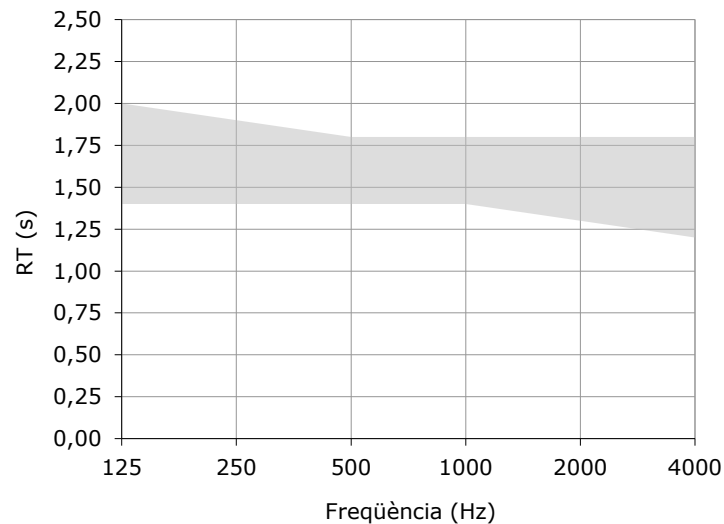


Figura 9.1: Interval recomanat de variació dels valors del temps de reverberació (recinte ocupat)

10. DESCRIPCIÓ DELS TRACTAMENTS ACÚSTICS PROPOSATS

A continuació es descriuen els tractaments fonoabsorbents proposats per tal de complir els objectius numèrics de disseny, així com la seva distribució en el recinte.

10.1 Característiques d'absorció acústica de la nova coberta

La Propietat planteja la substitució de la coberta actual pel sistema EUROSILENCE IB-30/1,00, d'Europafil. A continuació es detalla la composició del mateix:

- Perfil EUROBAC 150 perforat
- Llana de roca
- Film PVC
- Separador omega
- Manta IBR
- Perfil EUROCOVER 34N

Els coeficients d'absorció acústica de l'esmentada coberta, segons assaig efectuat en laboratori homologat, son els següents:

Freqüència (Hz)	Coefficient d'absorció α
125	0,65
250	0,90
500	0,95
1000	0,95
2000	1,00
4000	1,00

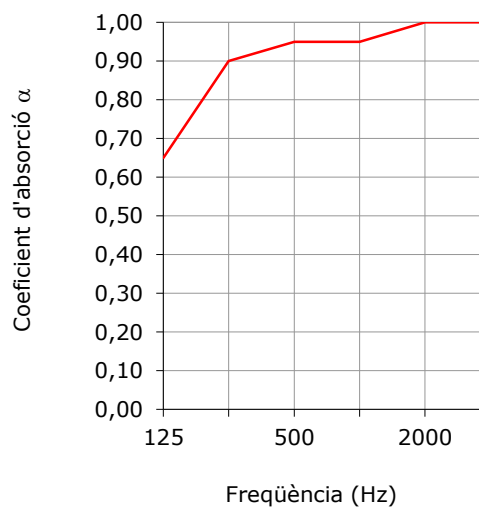


Figura 10.1: Coeficients d'absorció acústica del sistema EUROSILENCE IB 30/1,00

La següent figura mostra la ubicació del sistema proposat pel client.

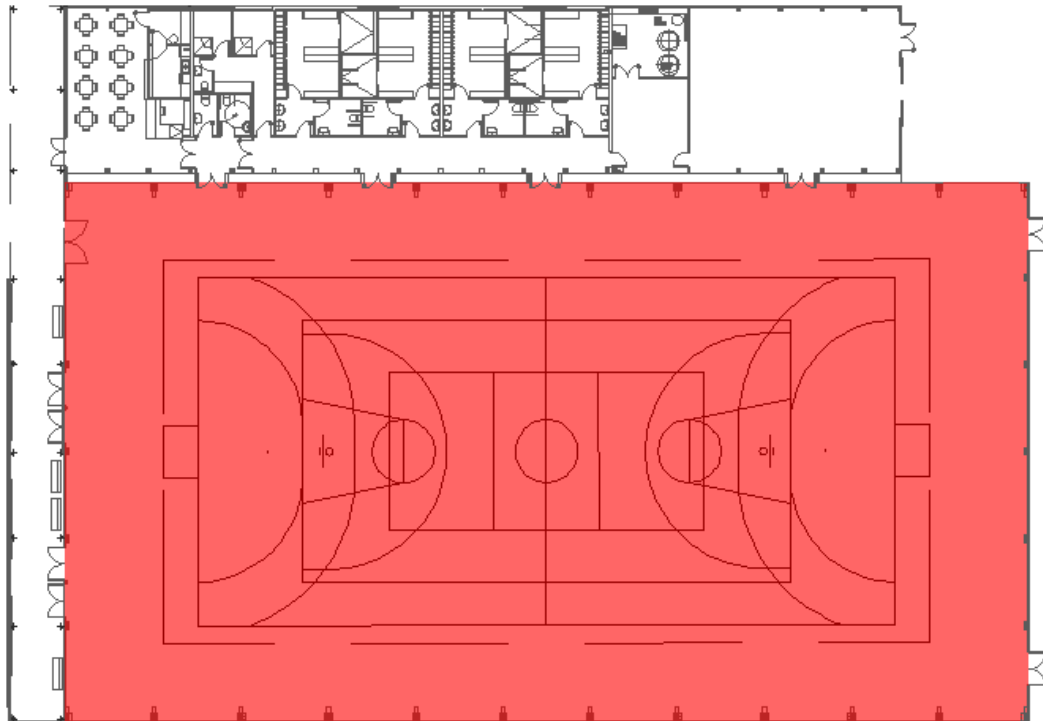


Figura 10.2: Ubicació de la nova coberta de la carpa (planta)

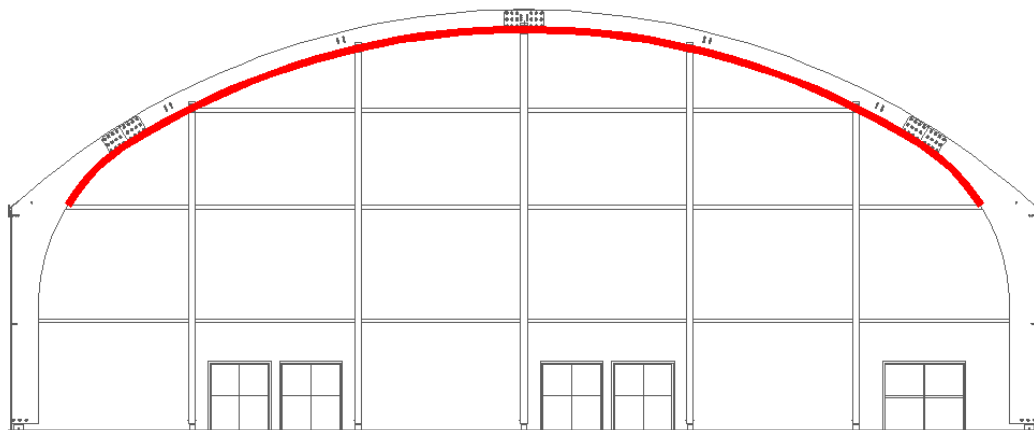


Figura 10.3: Ubicació de la nova coberta de la carpa (secció)

10.2 Tractament fonoabsorbent a les parets de la carpa

Adicionalment, es proposa col·locar a dues parets del recinte un revestiment fonoabsorbent format per:

- Xapa perforada d'acer de mínim 0,6 mm de gruix, amb un mínim d'un 30% de perforació
- Tela no teixida acústicament transparent, adherida per escalfor a la cara oculta de la xapa perforada, tipus Soundtex (de Freudenberg), o equivalent
- Llana de roca de, mínim, 50 mm de gruix i de 70 kg/m³ de densitat, a col·locar per darrere de la xapa perforada

Els coeficients d'absorció acústica del tractament fonoabsorbent descrit es mostren a la figura següent.

Freqüència (Hz)	Coefficient d'absorció α
125	0,30
250	0,50
500	0,70
1000	0,85
2000	0,85
4000	0,90

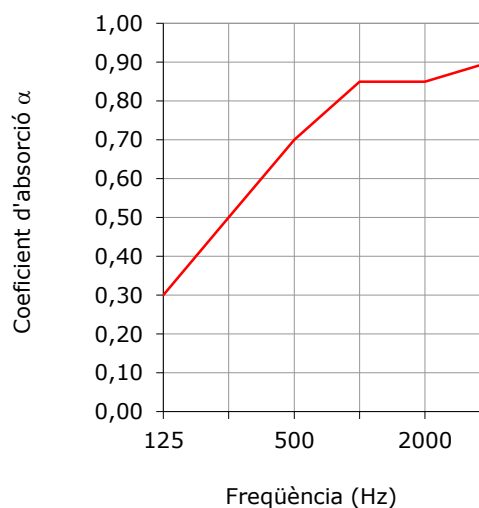


Figura 10.4: Coeficients d'absorció acústica de la xapa metàl·lica perforada amb fibra mineral

Les següents figures mostren la ubicació del tractament proposat a cadascuna de les dues parets.

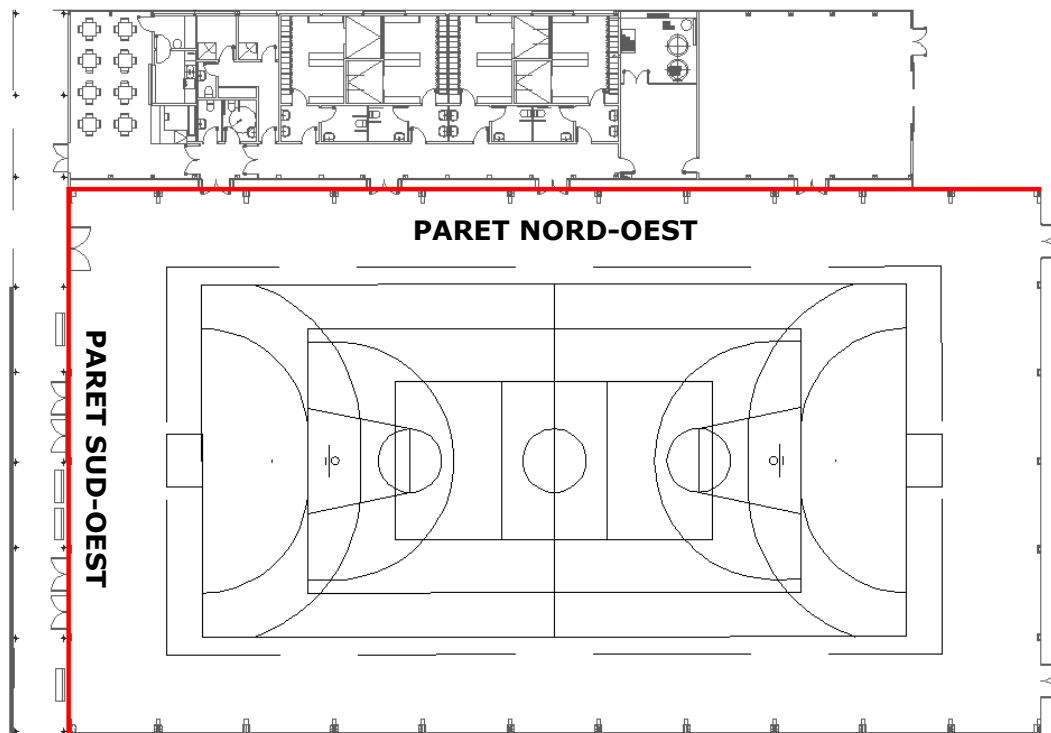


Figura 10.5: Ubicació del revestiment fonoabsorbent a les parets de la carpa (planta)

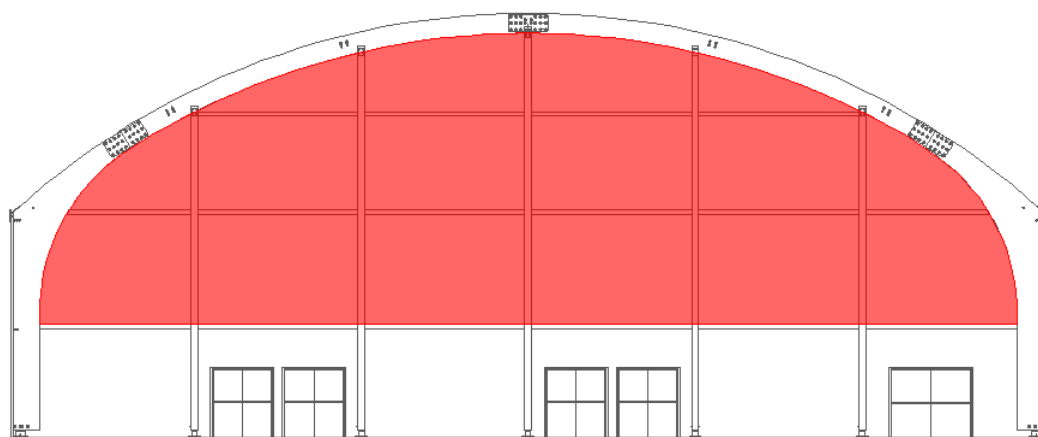


Figura 10.6: Ubicació del revestiment fonoabsorbent a la paret sud-oest (secció)



Figura 10.7: Ubicació del revestiment fonoabsorbent a la paret nord-oest (secció)

11. SIMULACIONS ACÚSTIQUES

11.1 Condicions de simulació

Les simulacions que es presenten en aquest apartat s'han realitzat amb els següents paràmetres de càlcul:

- Temperatura: 20°C
- Humitat relativa: 50%
- Ocupació: es considera una ocupació mitja de 900 persones a la carpa

11.2 Model de simulació

A continuació es mostren sengles vistes el model 3D creat per a dur a terme les simulacions acústiques de la carpa.

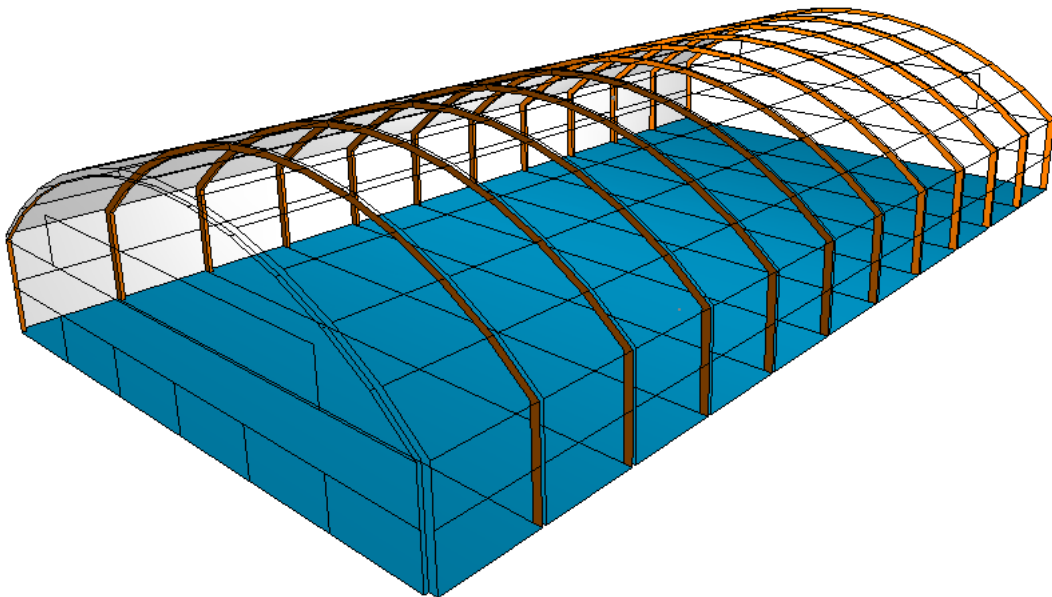


Figura 11.8: Model 3D creat per a dur a terme les simulacions acústiques de la carpa (I)

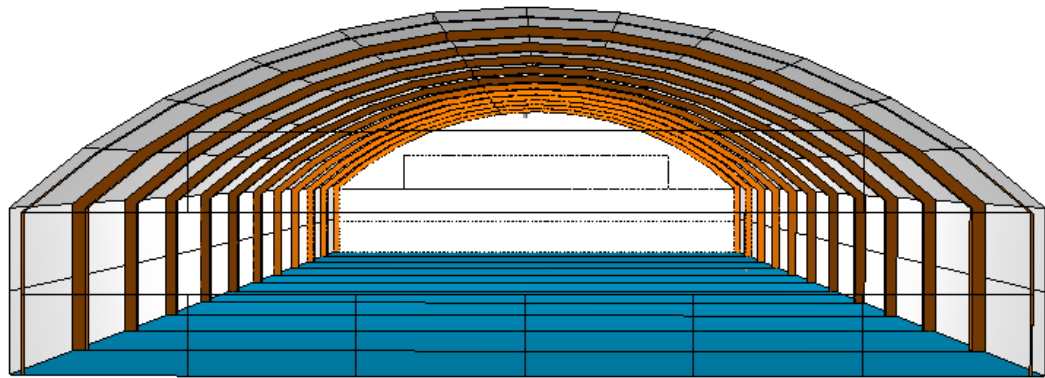


Figura 11.9: Model 3D creat per a dur a terme les simulacions acústiques de la carpa (II)

12. RESULTATS DE LES SIMULACIONS ACÚSTIQUES

12.1 Tractament fonoabsorbent de la nova coberta

A continuació es mostren els resultats de les simulacions acústiques efectuades obtinguts únicament amb el tractament fonoabsorbent integrant de la nova coberta, descrit a l'apartat 10.1.

12.1.1 Temps de reverberació (RT)

Considerant el tractament fonoabsorbent anteriorment mencionat s'han obtingut, mitjançant simulació informàtica, els temps de reverberació indicats a la següent taula, tant en condicions de recinte buit com ocupat.

Freqüència (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	RT _{mid}
RT (recinte buit), en s	2,75	2,32	2,25	2,26	2,07	1,56	2,26
RT (recinte ocupat), en s	2,66	2,14	2,08	1,93	1,86	1,42	2,01

Taula 12.1: Valors del temps de reverberació, en condicions de recinte buit i ocupat

A la figura següent es presenten les gràfiques corresponents als resultats anteriors, juntament amb els valors d'RT de l'estat actual, en condicions de sala buida, i l'interval màxim recomanat de variacions dels valors d'RT, en condicions de sala ocupada, definit al capítol 4.

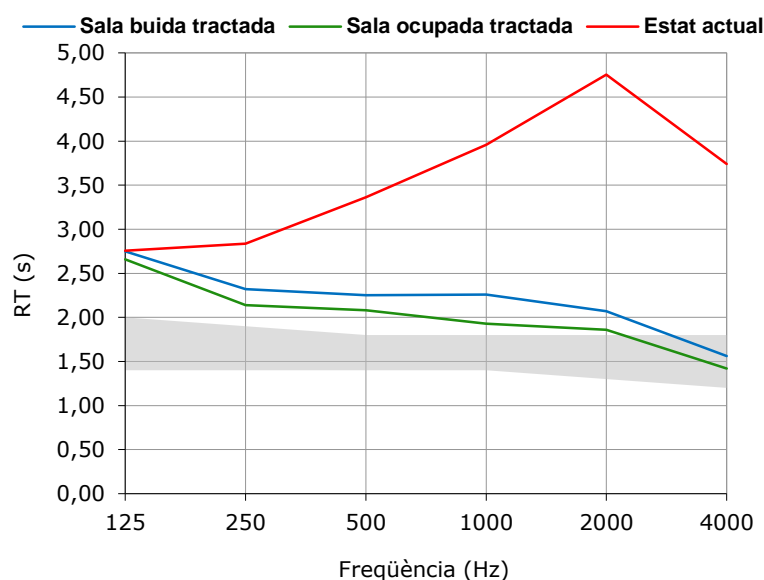


Figura 12.10: Valors del temps de reverberació de la carpa en l'estat actual (sala buida) i amb el tractament fonoabsorbent plantejat, en condicions de sala buida i ocupada, i marge de valors recomanats per a la sala ocupada

Com es pot observar, el valor mig del temps de reverberació (RT_{mid}) per a la sala buida tractada és de **2,26 s**, mentre que per a la sala ocupada també tractada és de **2,01 s**. Aquest darrer valor es troba per sobre del marge de variació recomanat ($1,4 \text{ s} \leq RT_{mid} \leq 1,8 \text{ s}$).

D'altra banda, els valors del temps de reverberació en funció de la freqüència, en condicions de sala ocupada, es troben igualment per sobre de l'interval de variació recomanat, en pràcticament totes les bandes de freqüències d'interès.

12.1.2 Intel·ligibilitat de la paraula (RASTI)

A la següent taula es mostra el valor mig de RASTI, calculat com la mitjana dels valors obtinguts en tots els punts de càlcul del recinte, per a la sala ocupada, els valors màxim i mínim, així com la desviació típica.

Valor mig de RASTI	0,59
Valor màxim de RASTI	0,66
Valor mínim de RASTI	0,52
Desviació típica	±0,04

Taula 12.2: Valors de RASTI, sala ocupada

Com es pot observar, el valor mig de RASTI és de **0,59**. Aquest valor és superior al valor mínim recomanat, tenint en compte el criteri de mínims (RASTI = 0,50), però inferior al valor mínim recomanat, considerant el criteri òptim (RASTI = 0,65).

Per tant, la intel·ligibilitat de la paraula serà "acceptable" (veure apartat 8.4).

A la següent figura es mostra el mapa de valors de RASTI, per a la sala ocupada.

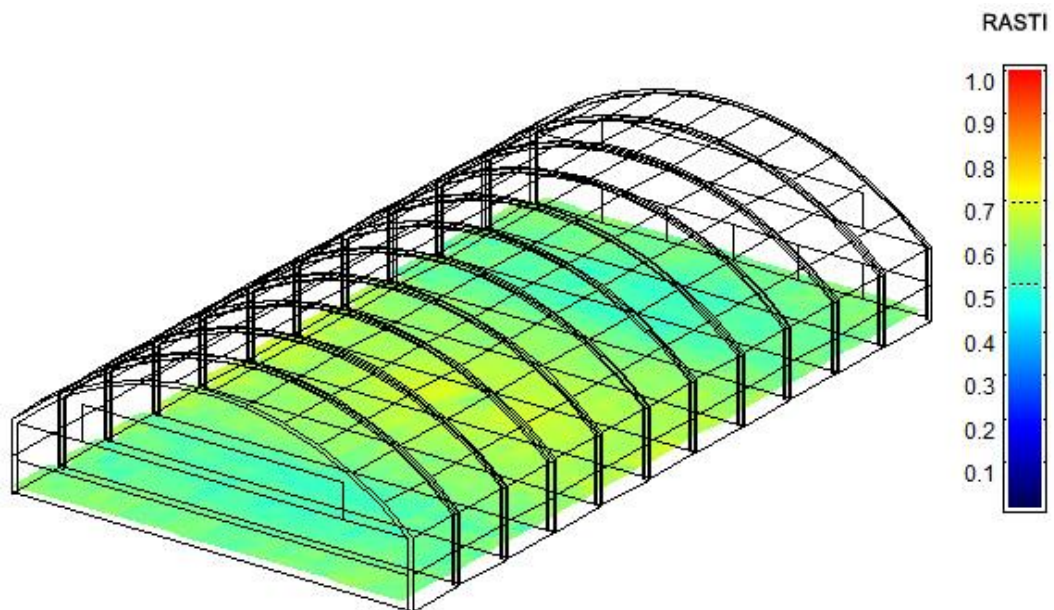


Figura 12.11: Mapa de valors de RASTI, sala ocupada

12.2 Tractament fonoabsorbent nova coberta + tractament fonoabsorbent parets

A continuació es mostren els resultats de les simulacions acústiques realitzades obtinguts amb el tractament fonoabsorbent integrant de la nova coberta i, addicionalment, amb el tractament fonoabsorbent proposat a dues parets del recinte, segons allò descrit a l'apartat 10.2.

12.2.1 Temps de reverberació (RT)

A partir dels esmentats tractaments acústics s'han obtingut, mitjançant simulació informàtica, els temps de reverberació indicats a la següent taula, tant en condicions de recinte buit com ocupat.

Freqüència (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	RT_{mid}
RT (recinte buit), en s	2,54	1,92	1,84	1,71	1,58	1,29	1,77
RT (recinte ocupat), en s	2,48	1,78	1,64	1,52	1,42	1,15	1,58

Taula 12.3: Valors de temps de reverberació a la carpa amb tractaments fonoabsorbents, en condicions de sala buida i ocupada

A la figura següent es presenten les gràfiques corresponents als resultats anteriors, juntament amb els valors d'RT de l'estat actual, en condicions de sala buida, i l'interval màxim recomanat de variacions dels valors d'RT, en condicions de sala ocupada, definit al capítol 4.

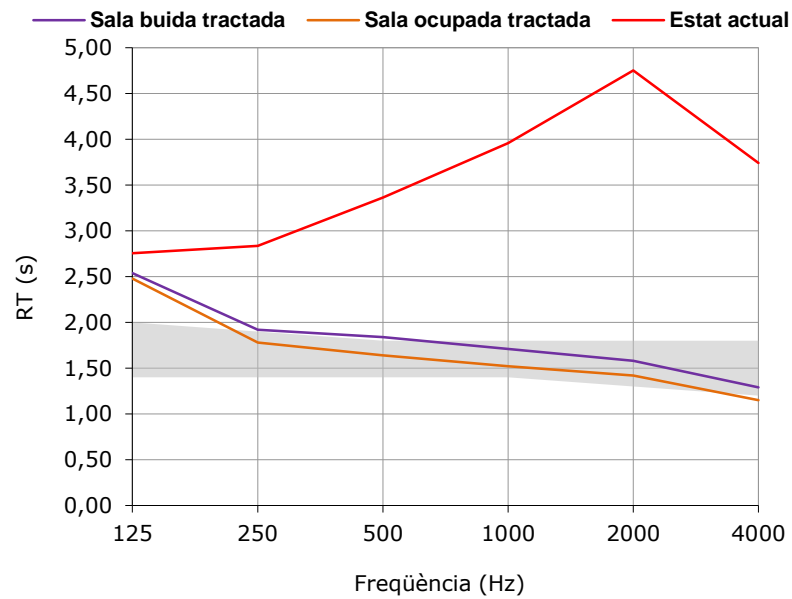


Figura 12.12: Valors del temps de reverberació de la carpa en l'estat actual (sala buida) i amb els tractaments fonoabsorbents plantejats, en condicions de sala buida i ocupada, i marge de valors recomanats per a la sala ocupada

Com es pot observar, el valor mig del temps de reverberació (RT_{mid}) per a la sala buida tractada és de **1,77 s**, mentre que per a la sala ocupada també tractada és de **1,58 s**. Aquest darrer valor es troba dins del marge de variació recomanat ($1,4 \text{ s} \leq RT_{mid} \leq 1,8 \text{ s}$).

D'altra banda, els valors del temps de reverberació en funció de la freqüència, en condicions de sala ocupada, es troben dins l'interval de variació recomanat, en pràcticament totes les bandes de freqüències d'interès.

12.2.2 Intel·ligibilitat de la paraula (RASTI)

A la següent taula es mostra el valor mig de RASTI, calculat com la mitjana dels valors obtinguts en tots els punts de càlcul del recinte, per a la sala ocupada, els valors màxim i mínim, així com la desviació típica.

Valor mig de RASTI	0,65
Valor màxim de RASTI	0,70
Valor mínim de RASTI	0,56
Desviació típica	±0,04

Taula 12.4: Valors de RASTI, sala ocupada

Com es pot observar, el valor mig de RASTI és de **0,65**. Aquest valor coincideix amb el valor mínim recomanat, considerant el criteri òptim (RASTI = 0,65).

Per tant, la intel·ligibilitat de la paraula serà "bona" (veure apartat 8.4).

A següent figura es mostra el mapa de valors de RASTI per a la sala ocupada.

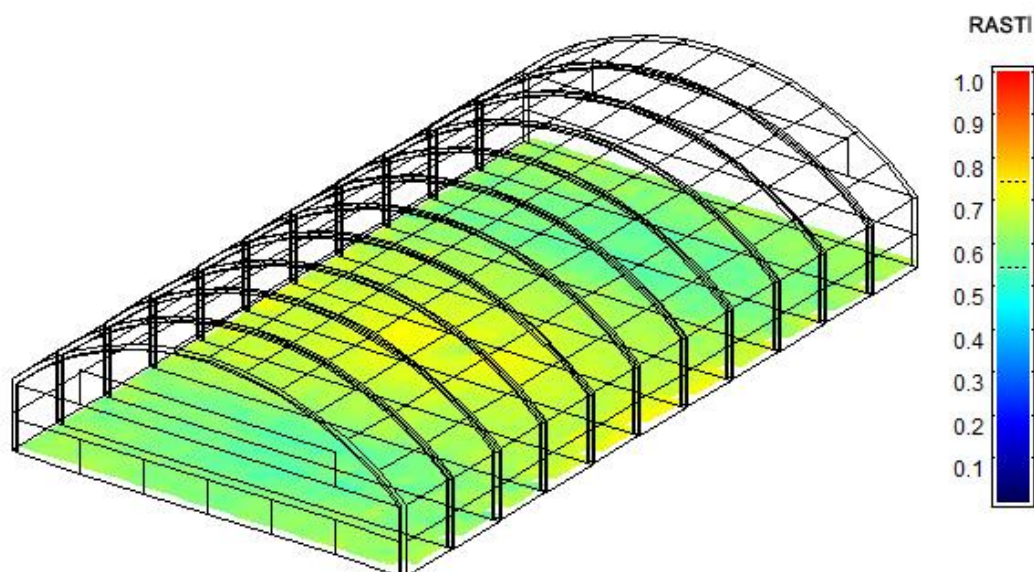


Figura 12.13: Mapa de valors de RASTI, sala ocupada