

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica

Títol: Estudi de propostes de millora de l'aïllament acústic en un edifici plurifamiliar

Document: Volum I

Alumne: Felip Amenós Moret

Tutor: Joan Llorens Sulivera

Departament: Arquitectura i enginyeria de la construcció

Àrea: Construccions arquitectòniques

Convocatòria (mes/any) Setembre 2015

Índex

Volum I

2. Introducció.....	2
3. Objectius.....	3
4. Teoria acústica.....	4
4.1. El so i la seva normativa.....	4
4.1.1. Com entendre l'acustica.....	4
4.1.2. Condicions de l'entorn.....	9
4.1.3. Normativa actual.....	11
4.2. Patologies acústiques.....	18
4.3. Assaig acústics.....	44
5. Cas pràctic.....	47
5.1. Introducció.....	47
5.2. Presentació edifici.....	48
5.3. Propostes.....	49
5.4. Actuacions.....	49
5.4.1. Materials.....	49
5.4.2. Càlculs previs.....	52
5.4.3. Relacions de dependència.....	56
5.4.4. Càlculs entre recintes.....	63
5.4.5. Pressupost.....	76
6. Conclusions.....	78
7. Referències bibliogràfiques.....	79
8. Annexes.....	80

Annex 1 Càlcul freqüències

Annex 2 Àrees i volums dels recintes

Volum II

Annex 3 Càlculs entre recintes

Volum III

Annex 4 Plànols

Volum IV

Annex 5 Amidaments i pressupostos

2. Introducció

L'acústica en la construcció es un tema molt important al resultat final en la construcció d'un edifici per al usuari que viurà o treballarà en aquet edifici però, es un tema que no s'ha desenvolupat gaire i es molt interessant.

El Codi Tècnic de l'Edificació en el Document Bàsic HR "protección frente al ruido" defineix dos opcions pel càlcul del aïllament acústic:

- Opció simplificada
- Opció general

L'opció simplificada es pot considerar una guia amb uns paràmetres, que et guia i et diu la solució (sobredimensionada en alguns casos), depenent dels elements que hi ha construïts si es una reforma o depenent dels materials que es vol utilitzar si es una obra nova (molt limitats).

En canvi, l'opció general es més tècnica ja que s'ha de calcular cada cas expressament i això al moment de veure el resultat es més estricte, més exacte per cada i per tant en el moment de construir-ho es més barat per l'usuari. A part, no hi ha restriccions de materials així que es pot utilitzar tots els materials existents que en l'opció simplificada no es pot fer ja que tots els materials venen tabulats.

A més a més, en aquest treball es pot trobar una part teòrica on s'explica la teoria acústica bàsica per entendre com funciona el so, amb la seva normativa actual aplicable i una relació de patologies acústiques amb algunes solucions i assaigs acústics. Aquesta part es molt important ja que es difícil entendre el so i quina millor forma d'entendre com funciona que explicant les seves característiques i com es.

3. Objectius

L'objectiu principal personal en aquest treball, es l'aprenentatge del càlcul acústic en la construcció utilitzant l'opció general definida pel Codi Tècnic de l'Edificació en el Document Bàsic HR "protección frente al ruido" ja que en el transcurs del grau en Arquitectura tècnica no s'ha estudiat i per mi aquest tema es un dels més importants en una vivenda. Vull estudiar aquesta opció ja que es un nivell més elevat del que s'ha estudiat durant el grau i per tant es més adequat i més complexa.

L'objectiu del treball està dividit en dos parts:

- Part teòrica: l'objectiu principal es explicar com funciona el so per entendre els problemes que pot ocasionar. Crec que per entendre bé un tema s'ha de començar a estudiar-lo des de la base per tant aquesta part es molt important. També està explicat la normativa actual i una relació de patologies que es poden trobar en un edifici.
- Part pràctica: es un cas pràctic, agafant un edifici plurifamiliar i reformant-lo acústicament amb l'opció general, per tan, l'objectiu d'aquesta part es posar en pràctica l'opció general i finalment donar els resultats de la millora acústica respecte l'edifici inicial i el pressupost de les opcions que proposaré.

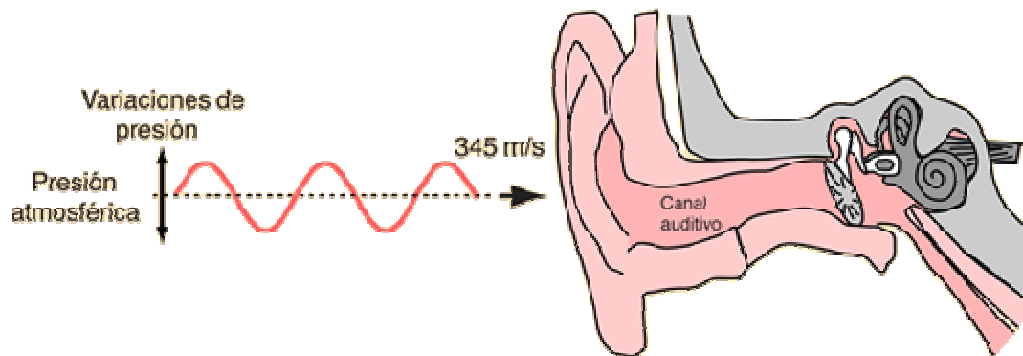
4. Teoria acústica

4.1. El so i la seva normativa

4.1.1. Com entendre l'acústica

Per entendre l'acústica, m'agradaria començar fent una petita introducció al fenomen que popularment es coneix com so i lo relacionat amb ell, ja que l'acústica es la rama de la física que estudia el so.

El so es una ona mecànica que es propaga a través de la matèria. Aquesta ona produeix un moviment ondulatori del medi creant una pertorbació sonora per la compressió i la expansió del medi i que degut a això crea rapidíssims canvis de pressió que la nostra oïda percep.



Es fonamental que hi hagi algun medi ja que les ones sonores no es propaguen al buit. Per tant, per que existeixi el so es necessari una font sonora (vibració mecànica) i un medi elàstic que tant pot ser sòlid, líquid o gasos. La propagació del so en l'aire es la més comú i la seva velocitat de propagació varia segons la temperatura ambiental però per exemple a 20°C la velocitat es de 345m/s.

A continuació podem veure com canvia la velocitat de propagació del so segons el medi on es transmet:

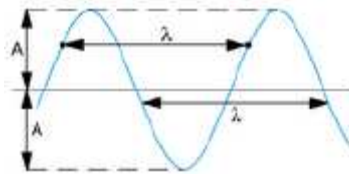
- a) Aire: 345m/s
- b) Aigua: 1600m/s
- c) Fusta: 3900m/s
- d) Acer: 6000m/s

Com podem veure com més rígid es el material més ràpid es propaga el so. Un exemple ràpid es la típica imatge al Far West quan ficaven l'orella damunt les vies del tren per escoltar si venia el tren; es la diferencia entre el medi gasos (aire) i el sòlid (acer).

Tot això te molt a veure amb l'objectiu del treball ja que aquesta es la base de com tractaré el soroll aeri i a impacte.

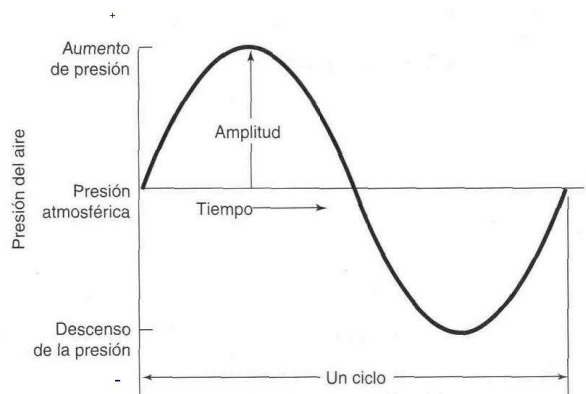
La quantitat de vibració que emet una font sonora es defineix com freqüència i aquesta es mesura en Hertz (Hz). L'oïda humana pot percebre freqüències d'entre 20 a 20000 Hz. Freqüències més baixes o més altes l'oïda humana no les pot sentir.

La longitud d'ona es una paràmetre físic que indica el mida d'una ona. Es la distancia entre dos punts on el seu estat de moviment es idèntic en un temps determinat i es denomina amb la lletra lambda (λ):



La freqüència té una relació inversa a la longitud d'ona ja que com més freqüència la longitud d'ona es menor.

L'amplitud es la distancia que la l'ona entre l'eix de les abscisses i l'eix de coordenades i això determina la quantitat d'energia o potencia acústica que conté una senyal sonora. Aquest fenomen es quantifica amb decibels (dB):



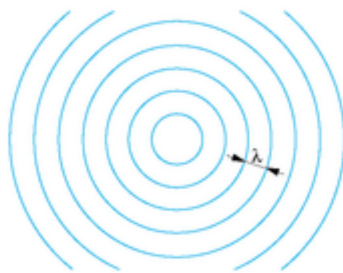
Al moment de definir l'energia que té una determinada ona, la podem subdividir en 3 parts: potencia sonora, intensitat sonora i la pressió sonora.

La potencia sonora es la quantitat d'energia emesa per una determinada font sonora i el seu valor no depèn del punt del espai en que es medeix ni en les condicions del recinte on es localitza sinó que es una característica de la font sonora i es medeix en watts (W).

L'intensitat sonora es el valor mig de l'energia acústica que flueix al llarg d'un temps a través d'una superfície situada perpendicularment a la direcció de propagació de les ones sonores. Aquesta magnitud depèn de la distància de la font i de les condicions del recinte que es trobi. S'expressa en W/m^2 .

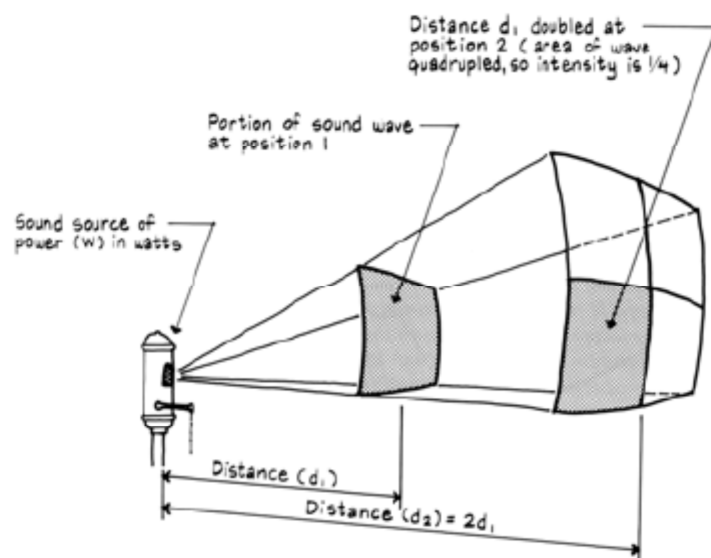
La pressió sonora representa l'increment de pressió respecte a la pressió atmosfèrica degut a la presència de l'ona acústica. Aquesta també està condicionada per la distància de la font i les condicions del entorn o recinte i es mesura en pascals (Pa) o N/m^2 .

Les ones no només es desplacen en una sola direcció ni en un sol pla sinó que són ones tridimensionals i es desplacen en esferes radials que tenen com a centre la font sonora.



Les ones a mesura que s'allunyen de la font es van debilitant però només l'amplitud d'aquestes ja que la freqüència i la longitud d'ona són característiques d'aquella ona en concret i si aquestes canviessin no serien la mateixa ona. Aquest fenomen s'anomena atenuació d'ona.

L'atenuació d'ona es quantifica amb la llei quadràtica inversa que resumint la llei disminueix l'intensitat d'ona amb el quadrat de la distància al centre de la font.



Per la relació de logaritmes, al doblar la distància de la font l'intensitat disminueix 6dB.

$$\Delta dB = 20 \cdot \log\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{2 \cdot R_1}{R_1}\right) = 6dB / dd$$

Per acabar aquest apartat m'agradaria resumir alguns fenòmens físics que afecten al so:

Absorció: Quan una ona arriba a una superfície, una part de la seva energia es reflexa, però un percentatge es absorbeix per un nou medi.

Reflexió: Una ona quan xoca amb un obstacle que no pot traspasar aquesta es reflexa al medi que prové.

Transmissió: En molts obstacles plans (per exemple parets d'un edifici) una part de l'energia es transmet a l'altre costat del obstacle. La suma de l'energia absorbeix, reflexada i transmesa es igual a l'energia sonora original o incident.

Difusió: Quan l'ona xoca a una superfície rugosa, l'ona no només es reflexa a una direcció sinó que es descomposa amb múltiples ones.

Refracció: Es la desviació que sofreixen les ones en la direcció de la seva propagació, quan el so passa de un medi a un altre diferent. Es degut que quan canvia de medi també canvia la velocitat de propagació del so.

Difracció: Fenomen que passa quan una ona acústica es troba un obstacle de dimensions menors a la seva longitud d'ona aquesta es capaç de rodejar-lo travessant-lo. Una altra forma de difracció es la capacitat de les ones de passar per orificis canviant la seva divergència a esfèrica amb el focus en el centre d'aquestes.

Reverberació: Fenomen lligat a la reflexió del so. Consisteix a una lleugera propagació del so quan la font sonora ha parat d'emetre el so degut a les ones reflexades. Aquestes ones sofriran un retard no superior a 1/10 part de segon o a 34 metres, que es el valor de la persistència acústica. Quan aquest retard es superior parlem de eco. En un espai petit la reverberació gairebé es inapreciable però en recintes més grans (una església, per exemple) l'oïda percep millor aquest retard. Aquest retard es medeix amb el temps de reverberació (també anomenat TR60) que consisteix en mesurar el temps que tarda el so a disminuir 60dB al parar la font sonora. Wallace Clement Sabine va desenvolupar una formula per determinar aquest temps i s'utilitza de forma orientativa.

$$T_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \bar{\alpha}}$$

V: volum de la sala

S: superfície dels paraments on el so esta confinat

α : coeficient d'absorció mig de tots els materials que conformen els parament de la sala

Existeixen formules més exactes que la de Sabine com la de Eyring y Norris, Millington y Sette, Fitzroy entre d'altres. En l'actualitat la fórmula més precisa es la del físic català Higiní Arau:

$$T60 = \left[\frac{0.162V}{-S \ln(1-\alpha_x)} \right]^{S_x/S} \times \left[\frac{0.162V}{-S \ln(1-\alpha_y)} \right]^{S_y/S} \times \left[\frac{0.162V}{-S \ln(1-\alpha_z)} \right]^{S_z/S}$$

V: volum

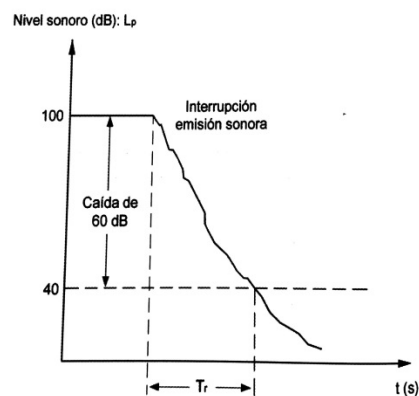
S: àrea total de la superfície de la sala

α : coeficient d'absorció de cada paret mig per la fracció de l'àrea

S_x : àrea terra + àrea sostre

S_y : àrea paret esquerra + àrea paret dreta

S_z : àrea paret frontal + àrea paret fondo



4.1.1.1. Corbes de ponderació

La geometria de l'oïda humana ha anat evolucionant durant el pas del temps, això no vol dir que no sentim igual que abans però sí que presta més atenció a un rang de freqüències. Un exemple es quan estem a un bloc de pisos i a un altre pis un nen petit plora, ràpidament sentim els plors d'aquell nen i això es degut a l'instint humà/animal a atendre un fill o un nadó quan ens necessita.

Degut a això s'han creat unes corbes de ponderació que adequen el so a l'oïda humana i es segueix la següent taula:

Ponderación A en bandas de frecuencia de tercios de octava			
Frecuencia central (Hz)	Pond. A	Frecuencia central (Hz)	Pond. A
6	-56,7	630	-1,9
20	-50,5	800	-0,8
25	-44,7	1000	0
31,5	-39,4	1250	+0,6
40	-34,6	1600	+1
50	-30,2	2000	+1,2
63	-26,2	2500	+1,3
80	-22,5	3150	+1,2
100	-19,1	4000	+1
125	-16,1	5000	+0,5
160	-13,4	6300	-0,1
200	-10,9	8000	-1,1
250	-8,6	10000	-2,5
315	-6,6	12500	-4,3
400	-4,8	16000	-6,6
500	-3,2	20000	-9,3

Per ponderar les freqüències només cal sumar o restar els valors que dona la taula al resultat que tenim. També dir que els aparells de mesura acústica ja fan automàticament aquesta conversió i ens dona el resultat directe a dBA.

Existeixen altres taules de ponderació, la B i la C però només serveixen per comparar amb la ponderació A.

4.1.2. Condicions del entorn

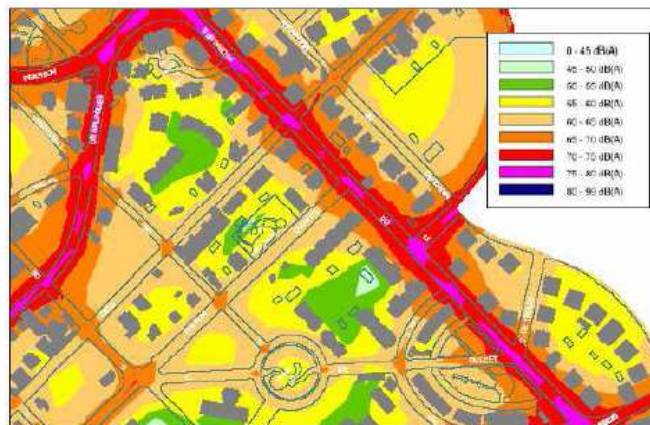
Quan parlem de condicions del entorn en acústica arquitectònica es tot allò exterior al edifici que condiciona l'estat de benestar acústic dins d'un habitatge. Es molt fàcil que davant o als voltants d'un edifici passi per exemple un carrer molt transitat, unes vies de tren, etc. Es així o també ens podem trobar diferents situacions en un mateix edifici com per exemple un carrer molt transitat a la façana principal del edifici i al darrera un pati d'illa molt més silencios (en principi). Per tant, es té que estudiar molt minuciosament aquest aspecte ja que pot ser un estalvi important de diners o un major benestar dins l'habitatge.

Al moment de fer aquest estudi s'ha de tenir en compte diferents fonts de soroll que poden vindre del exterior:

- e) Trànsit

- f) Vies de tren
- g) Aeronaus
- h) Industria
- i) Instal·lacions
- j) Zona del municipi
- k) ...

Fer un estudi de tots aquest paràmetres podria ser difícil i inexacte, ja que en un moment del dia pot ser no hi ha la mateixa quantitat de transit o l'aparell que s'utilitza no es prou precís, aleshores ens podem aprofitar de l'acústica mediambiental ja que fan estudis de les poblacions amb les diferents intensitat sonores mitges que hi ha en aquell municipi per fer el control acústic i regular-lo. Els resultats d'aquests estudis s'anomenen mapes de soroll.



L'imatge es part d'una mapa de soroll. Es fàcil d'interpretar ja que a la part superior hi ha una llegenda amb els colors que s'utilitzen i cada color té el valor i al mapa es veu reflexa't aquest segons el nivell observat. Per fer-lo es tracta d'anar al lloc on es vol fer l'estudi amb un sonòmetre en tres moments del dia diferents (de 8:00 a 21:00 de 21:00 a 24:00 i de 24:00 a 8:00), que es pot fer un estudi en les diferents franges horàries o fer la mitjana i tenir-ne un. Aquest procediment es fàcil però molt costos ja que es necessita personal amb els seus instruments de mesura i també molt temps. Aquest seria el mètode experimental però hi ha un altre mètode que s'utilitza un programa informàtic que fa l'estudi. Per fer servir aquest programa es necessita saber algunes variables com per exemple l'estat de la calçada, el flux de vehicles, percentatge de vehicles pesats, etc. Un cop introduïdes aquestes variables al programa, aquest fa una estimació de com seria un estudi experimental i el resultat es el mateix tipus de mapa.

L'estudi experimental es molt costós i l'estudi informàtic es una estimació així que pot ser precís o no, per tant molts municipis tenen un estudi informàtic o no tenen aquest estudi (sobretot en municipis petits). Si no tenim aquest estudi, el CTE ens diu que en sectors d'us residencial l'índex

de soroll serà $L_d=60\text{dBA}$ i la resta es tindrà que buscar a la llei 37/2003. Un cop aquí, es tindrà que anar al DB HR a la taula 2.1 i sabrem els valors d'aïllament exterior del edifici.

En aquest estudi es veurà reflexat si hi ha una via de tren o un complex esportiu o industrial però no si hi ha transit d'aeronaus. Si ens trobem en aquest cas el CTE ens diu que al resultat que ens doni la taula 2.1 del DB HR es sumarà 4dBA. Si aquest edifici té un pati interior que no passin aeronaus, el valor que ens donarà el mapa de soroll es pot reduir 10dBA ja que allí no influirà el pas de transit rodat que es gairebé el més important i molest.

En una rehabilitació que tinguem una via de tren pròxima tenim dos opcions: acondicionar la façana o ficar pantalles acústiques. Amb això vull dir que no sempre hi ha una sola solució per un problema i que per això es molt important analitzar i veure personalment l'entorn que tindrem en aquella obra.

4.1.3. Normativa actual

La normativa més important en aquest moment es el CTE DB HR. Aquest document bàsic es d'obligat compliment des de el dia 24 d'Abril de 2009. L'objectiu i contingut del DB HR es "limitar dintre dels edificis, i en condicions normals d'utilització, el risc de molèsties o malalties que el soroll pot produir als usuaris, com a conseqüència de les característiques del projecte, construcció, us i manteniment" (art. 14 part 1 del CTE).

El contingut del DB HR especifica paràmetres objectius i sistemes de verificació que assegurin les exigències bàsiques i superació dels nivells mínims de qualitat. M'agradaria remarcar això de "superació dels nivells mínims de qualitat" ja que està bé que hi hagi una normativa regulada que marca els mínims però crec jo i segons lo que m'han dit coneguts arquitectes i arquitectes tècnics que normalment es compleixen aquestes mínims i ja esta. Bé, està bé aquesta opció ja que ja es compleix la normativa però crec que aquest mínims son poc estrictes i que es podria millorar. A més a més els fabricants no sempre son del tot "sincers" ja que quan fan els assaigs i veuen que el materials no arriba als mínims fan la "trampa" de ficar els resultats en dB en comptes de dBA. Per exemple tenim una restricció de 50dBA i anuncien que aquell material o sistema aïlla 51dB però realment aïlla 48dBA que es lo que realment conta. Ells no menteixen però fan aquesta "trampa". També el que passa a vegades en un material o sistema al moment de fer l'assaig en un laboratori aquell dona, es a dir, aquell material es pot aplicar a obra ja que es superior als mínims establerts però al moment d'aplicar-ho a obra, o per que les condicions no son les idònies o no estan ben aplicats, aquells materials no donen.

Per comprar els mínims que dicta el CTE i el que dictava l'NBE amb resta d'Europa, adjunto la següent taula que crec que ja parla per si sola:

Comparativa con Europa del ruido aéreo:

País	D_{nT}
Holanda	56
Finlandia	56
Austria	54
Alemania	54
Bélgica	54
Francia	53
Polonia	52
Reino Unido	51
Italia	51
Portugal	51
Grecia	50
España CTE	50
España NBE	45

Comparativa con Europa del ruido de impacto:

País	L_n
Austria	50
Alemania	53
Finlandia	53
Polonia	58
Portugal	60
Francia	60
Bélgica	60
Holanda	61
Reino Unido	62
Italia	63
Grecia	64
España CTE	65
España NBE	80

S'ha millorat respecte a l'antiga normativa però no crec que sigui suficient.

L'àmbit d'aplicació d'aquest document bàsic son tots els edificis de nova construcció, rehabilitacions integrals o canvis d'ús sense obres. No s'aplicarà a recintes sorollosos de mes de 80dBA, auditoris, teatres i sales de més de 350m³.

El DB HR no només suposarà una disminució dels nivells sonors màxim permesos, sinó que plantejarà un canvi en la manera d'avaluar el comportament del soroll en l'edifici. Es passarà de l'avaluació del aïllament del elements constructius al laboratori, a la avaluació del comportament acústic del edifici acabat.

El document bàsic HR deroga la llei NBE-CA-88 que ja parlava sobre les condicions que han de tenir acústicament els edificis. Aquestes son les modificacions que aporta:

- l) Canvia la terminologia i els diferents índex d'aïllament acústic.
- m) Canvia el tipus de mesurament a realitzar ja que les noves magnituds tenen en compte les transmissions indirectes.
- n) Augmenta les exigències d'aïllament acústic tant a soroll aeri com a soroll d'impacte entre recintes confrontants horitzontals i verticalment.
- o) Els elements divisoris entre habitatges hauran de ser parets dessolidaritzada (bandes elàstiques perimetrals) tant per envans secs com humits.

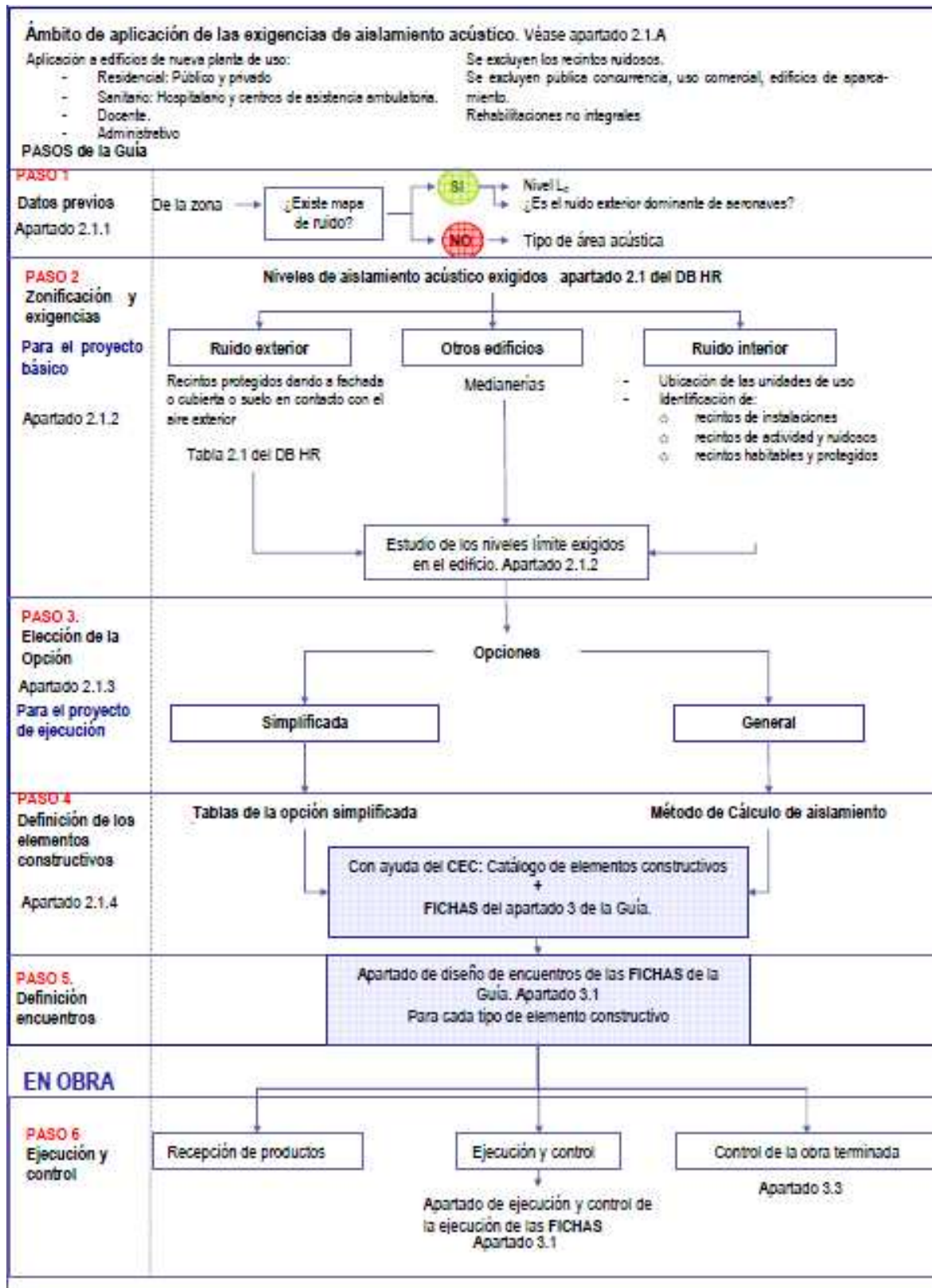
- p) Aïllament de façanes en funció de la font del soroll dominant (soroll d'automòbils, ferroviari o d'aeronaus).
- q) Major exigència de control de la reverberació (aules i sales de conferència, restaurants i menjadors).
- r) Inclou solucions acceptades per al seu compliment (taules de l'opció simplificada).
- s) Inclou requisits per reduir la transmissió de sorolls de les instal·lacions pròpies del edifici (canonades, baixants, equips, etc).
- t) No exigeix mesures in situ sistemàticament, encara que si les admet com a comprovació quan sigui exigint per la normativa local vigent, està previst al projecte o sigui sol·licitat per algun dels agents (la tolerància del aïllament a soroll aeri entre el mesurament in situ a valors límit es de 3dBA)

El nivells d'exigència que té el DB HR es resumeixen a la taula 2.1.4.1:

	Recinte receptor	Recinte emissor	Requisits
Soroll aeri	Recinte protegit	Recinte a la mateixa unitat d'ús en edificis d'ús residencial privat	$R_A \geq 33$ dBA
		Recinte que no pertany a la mateixa unitat d'ús	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA
		Recinte que no pertany a la mateixa unitat d'ús amb porta	$R_{A\text{ Mur}} \geq 50$ dBA $R_{A\text{ Porta}} \geq 30$ dBA
		Recinte d'instal·lacions o d'activitat	$D_{nT,A} \geq 55$ dBA
		Exterior	$D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ a 51 dBA en funció del soroll predominant, el L_d , tipus d'edifici i % de forats a la façana.
	Recinte habitable	Recinte a la mateixa unitat d'ús en edificis d'ús residencial privat	$R_A \geq 33$ dBA
		Recinte que no pertany a la mateixa unitat d'ús	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA
		Recinte que no pertany a la mateixa unitat d'ús amb porta	$R_{A\text{ Mur}} \geq 50$ dBA $R_{A\text{ Porta}} \geq 20$ dBA
		Recinte d'instal·lacions o d'activitat	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA

	Parets mitjaneres entre edificis		$D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dBA en cada tancament o $D_{2m,nT,Atr} \geq 50$ dBA els dos tancaments junts
Soroll impacte	Recinte protegit	Altra unitat d'ús, zona comú o recinte habitable	$L'_{nT,W} \leq 65$ dB
		Recinte d'instal·lacions o d'activitat	$L'_{nT,W} \leq 60$ dB

La taula següent es la taula 2.1.1 "Esquema organitzatiu de la Guia con respeto a aislamiento acústico" que explica de forma resumida els passos a seguir per calcular l'aïllament acústic d'una unitat.



Com es pot veure a l'esquema, els dos primers passos son d'identificació i ubicació del edifici i identificació de les unitats d'ús i dels recintes i les exigències que aquests tenen. Hi ha diferents tipus de recintes:

- u) Recinte habitable: recintes d'ús permanent que no son de descans (cuines, banys, passadissos...).
- v) Recinte protegit: recintes d'ús permanent destinats al descans de les persones (dormitoris, sales d'estar...).
- w) Recinte no habitable: recintes no destinats a un ús permanent (pàrquings, trasters...).
- x) Zona comú
- y) Recinte d'instal·lacions: recinte que allotja les instal·lacions (ascensors, grups de pressió...).
- z) Recinte d'activitat: recinte que es produeixen activitats amb un soroll entre 70dBA i 80dBA.
- aa) Recinte sorollós: recinte que es produeix una activitat amb un soroll de més de 80dBA.

El pas 3 ja es més important ja que es tria quina opció volem fer o tenim que fer, per exemple si tenim forjats amb cairats de fusta ja no podrem fer servir la opció simplificada. Per fer servir aquesta opció l'estructura del edifici ha de ser de formigó armat o amb pilars metàl·lics i els forjats han de ser lloses, forjats unidireccionals, forjats bidireccionals o forjats col·laborants.

Bé, l'opció simplificada es tracta d'agafar el DB HR i a partir de les taules que ens dona aquest document bàsic, escollim per cada tipus de paret (ja sigui element de separació vertical, envans o mitjaneres) i pels elements de separació horitzontal els sistemes que s'adeqüen més a la nostra situació. Els passos a seguir son:

- 1- Elecció sistema constructiu. Hi ha tres opcions que son fàbrica amb extradossats, fàbrica o entramats autoportants de cartró guix. Es pot combinar els diferents materials, es a dir, un extradossat de una façana pot ser d'obra i els envans de cartró guix però es poc habitual així que normalment quan s'escull una opció, tot l'edifici es resol amb aquell tipus de material.
- 2- Elecció envans. Contempla 3 opcions: envans de fàbrica recolzada directament, envans de fàbrica recolzada a bandes elàstiques i envans d'entramat autoportant.
- 3- Elecció dels ESV. També contempla 3 tipus i amb les taules que tenen cada tipus també es comprova les condicions mínimes que han de tenir els forjats i a partir d'allí et diu els materials que es poden utilitzar. Son taules molt intuïtives.
- 4- Elecció dels ESH. S'escull el tipus de terra que tindrà l'unitat i el fals sostre a partir de la massa que té el forjat
- 5- Quantificació de forats en façana i elecció de fusteria, vidres i caixes de persiana. Es quantifica amb la taula 3.4 del DB HR "parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintes protegidas" i amb la ajuda del Catàleg

d'elements constructius i catàlegs comercials s'escull la fusteria, vidres i caixes de persiana.

Tots aquests passos es segueixen molt bé al DB HR amb explicacions de cada apartat. També dir que si es segueixen els detalls que ens proporciona el document i els apliquem a obra i estan ben executats, teòricament no tindrem problemes de si compleix o no aquells paràmetres que hem calculat. Aquesta opció té algun inconvenient respecte a l'opció general ja que aquesta opció ens limita molt a l'hora d'escollir materials ja que tots els que es poden fer servir estan a les taules i si es canvia algun d'ells ja es té que justificar amb l'opció general i també per curar-se amb salut les taules ja estan sobredimensionades per no cometre errors.

En l'opció general aparentment la cosa es complica. Està basat amb la norma UNE EN 12354 apartats 1, 2 i 3. Dic que aparentment la cosa es complica ja que aquesta opció són càlculs logarítmics complicats però existeixen eines informàtiques que ens faciliten molt la feina. El CTE ja ens dona l'eina gratuïta a la seva pàgina web i es molt més simple que si tinguéssim que fer els càlculs a mà. No només el CTE té la seva eina, CYPE també ens pot proporcionar un programa informàtic, CYPECAD MEP que funciona més o menys igual que el del CTE però aquest no es gratuït.

L'opció general busca optimitzar les diferents solucions acústiques que podem trobar en un edifici. Es la diferència amb l'opció simplificada ja que en l'opció simplificada tenim unes solucions regulades per pes dels elements i els materials i ja està. L'opció general té en compte les àrees, volums, pesos, materials i els encontres, es a dir, cada estança es diferent i això ho té en compte així que es crea un càlcul diferent per cada una.

En l'eina del CTE primerament s'ha d'escollir el cas depenent del número d'arestes que tenen en comú els dos recintes i si són adjacents o superposats. Un cop escollit el cas obra el document de treball que es tindrà que omplir amb les dades dels dos recintes en qüestió:

- Àrea del ESV
- Si té obertures
- Volum primer recinte
- Volum segon recinte
- Àrea i aresta dels forjats i els materials que els componen
- Àrea i aresta de les parets contigües i els materials que els componen
- Encontres

Un cop tenim això omplert, escollim el tipus de ESV que es vol fer i amb un extradossat, dos, cap, el que es vulgui i el programa fa una simulació del comportament dels recintes i llavors dona el

resultat de si aquell ESV compleix o no compleix. Quan compleix el mateix programa dona una fitxa justificativa de totes les dades, els càlculs i els resultats.

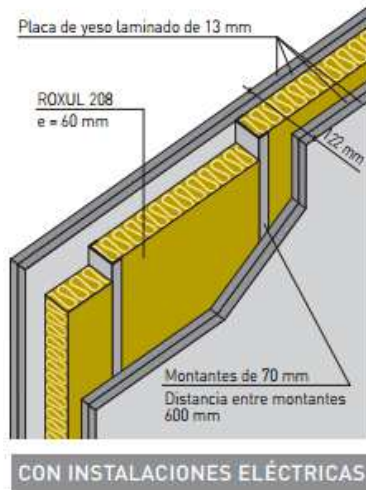
I finalment en el pas 5 s'ha de dissenyar tenint en compte els encontres que diu la guia o els tipus que s'ha definit en el programa.

4.2. Patologies acústiques

Les patologies acústiques en un edifici poden arribar a ser molt importants i molt difícil de localitzar-les i solucionar-les per això es molt important controlar bé l'obra tant en fase de projecte com en fase de construcció o execució i rehabilitació. Per tant l'opció més clara i entenedora es dividir les patologies en aquestes dos fases.

- a) Patologies en fase de projecte
 - o Càlcul.

Es difícil cometre errors en aquesta fase ja que, com he explicat en l'apartat de com es calcula l'aïllament acústic, en l'opció simplificada es segueixen uns passos amb unes taules que amb pràctica i entenen aquestes taules no hi té que haver problema i en l'opció general tant si s'utilitza programa per calcular o no quan es justifica i es comprova amb un programa informàtic aquest dona error o no compleix, per tant es difícil cometre un error de càlcul. Encara que hi hagués un error d'aquest tipus, al moment de visar el projecte no es donaria el vistiplau i no es podria acceptar fins solucionar l'error. Però una cosa que podria ser molt freqüent, i més si no es té experiència, es que al moment d'escollir materials o sistemes constructius, un es pot refiar dels fabricants que a vegades no diuen del tot la veritat. A continuació, una pàgina d'un catàleg d'un fabricant, concretament Rockwool, que ens ven un sistema constructiu amb el seu aïllament:



2x13+(70)+2x13 con ROXUL 208

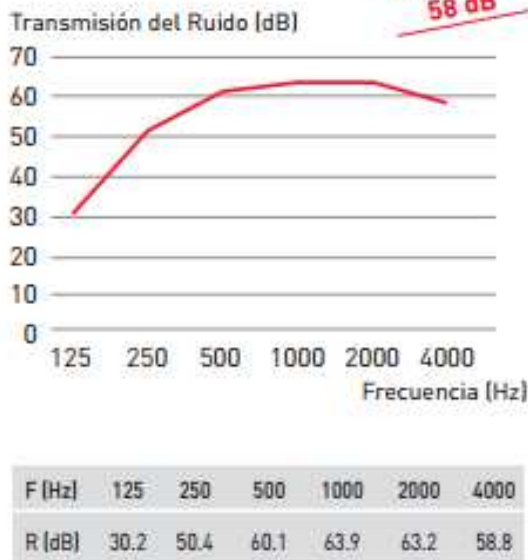
Descripción:

Solución para tabique de yeso laminado con doble placa de yeso (13 mm y 13 mm) con montantes de 70 mm cada 600 mm, con panel de lana de roca Roxul 208 en 60 mm de espesor.

Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo:

$$R_w = 58 \text{ dB} ; R_A = 55.3 \text{ dBA}$$

(según informe del Instituto de Acústica Leonardo Torres Quevedo, AC3-D9-03-XXXI)



Certificado

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AEREO
Según norma UNE - EN ISO 140 - 3

Substrato: ROCKWOOL.
Material: Troncos revestidos de yeso laminado (13+13+70+13+13) Lx de 60 mm, con montantes cada 600 mm e instalación eléctrica compuesta por tres instalaciones. Montaje del aislamiento análogo: Cx Insonoriza.

Observaciones: El montaje se dispuso en el laboratorio de las cámaras de transmisión, insonorizado para evitar en todo el perímetro. La densidad nominal de la lana de roca, tipo ROCKWOL 208 de 60 mm, es de 32 kg/m³.

Resumen:

f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	30.2	50.4	60.1	63.9	63.2	58.8

Parámetros:

- Densidad superficial = 37.7 kg/m²
- Superficie de ensayo = 13.8 m²
- Tiempo de secado = 1 día

CÁMARA DE ENSAYO

Tipo: Semirreversible Estado: Vacía

Cámara	Volumen	Temperatura	Humedad
1	155.5 m ³	23.5 °C	55 %
2	92.1 m ³	23.5 °C	55 %

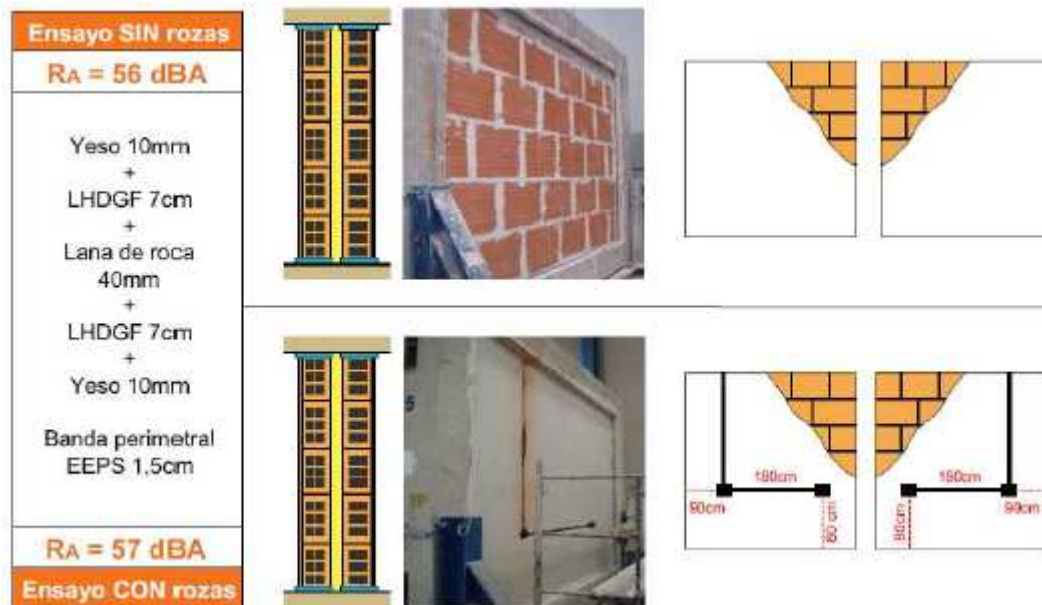
BAREMOS GLOBALES (ISO 140-3)

$R_w (C, C_2) = 58 (-3, -10) \text{ dB}$
 $R_w = 55.3 \text{ dBA} ; R_{A,2} = 45.1 \text{ dBA}$

Instituto de Acústica Leonardo Torres Quevedo
 Madrid, 18 de Julio de 2009

Realment no ens estan “enganyant” ja que posen el certificat amb tots els resultats que ha donat l’assaig però es la manera que remarquen en resultat que a ells els hi interessa. Qualsevol persona lo primer que veuria es que “insonoritza 58dB” i pensaria que ja està bé però no ja que per prendre la decisió de quin material agafar s’ha de mirar que estigui ponderat a A, per tant aquest sistema aïlla 55,3dBA i no el que remarquen de 58dB.

Un altre exemple de com els fabricants poden manipular la decisió dels tècnics per a que utilitzin els seus productes es la següent. Un fabricant fa un assaig de una paret primer sense regates i després amb regates:



No especifica amb quin material es fixen els tubs a la paret, però bé, si seguim la llei de masses quan fem un forat a una paret, col·loquem una canonada i després tapem, s'està debilitant aquella paret i en el punt on passa la canonada tindrà menys secció per tant es impossible que els resultats donin més aïllament quan hi ha regates que quan no n'hi ha.

En aquest punt volia donar a conèixer les trampes que poden fer els fabricants i que amb bona fe un tècnic es pot refiar i estaria en un mal camí.

Una part importat també al moment del càlcul son les obertures. Es un gran problema ja que normalment les obertures ocupen molt espai en una façana i no es que sigui gaire bo per l'aïllament acústic d'un habitatge. En aquest aspecte si que ens tindrem que refiar dels fabricants ja que el Catàleg d'elements constructius s'han curat amb salut i els valors que donen d'aïllament son molt baixos i no es del tot cert. Cases com Technal tenen un gran ventall de productes i sempre amb molta transparència en vers els resultats que dona els seus productes amb els seus assajos, vull di que no fan la "trampa" abans comentada.

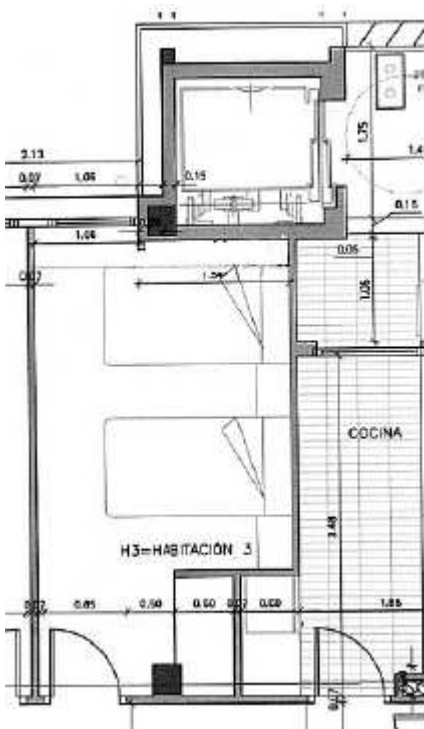
- o Disseny

Al moment de dissenyar un habitatge, edifici, hospital, etc. s'han de tenir clar alguns aspectes i sobretot pensar amb lògica, bàsicament es resumeix a això, pensar amb lògica. S'ha de buscar solucions quan ens trobem un recinte protegit i un recinte d'instal·lacions per exemple, en aquest cas hi han dos solucions, o evitar aquest contacte o reforçar la paret que els separa. Per evitar el contacte em refereixo a evitar la transmissió del so per flancs. La transmissió per flancs son aquelles transmissions que passen a l'altre recinte i que no passen per la via directa (travessant la paret). Per evitar o disminuir aquest problema, s'ha d'estudiar pausadament tots els encontres per

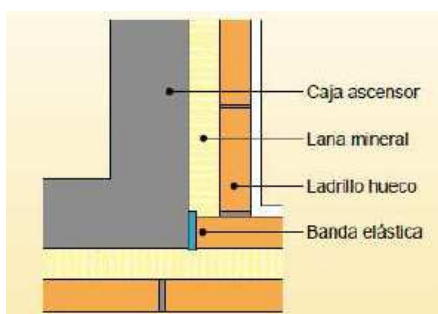
evitar aquesta transmissió que això es fa col·locant bandes acústiques als perímetres dels extradossats i així es talla el pas del so. En una rehabilitació o en una reforma es difícil fer aquesta actuació ja que si es col·loca bandes acústiques en un element ja construït, el que es fa es repicar els laterals de l'element i col·locar les bandes. Es perillós ja que es devilita l'element amb el perill de caure.

A continuació una sèrie de situacions que ens podem trobar i que es podrien evitar:

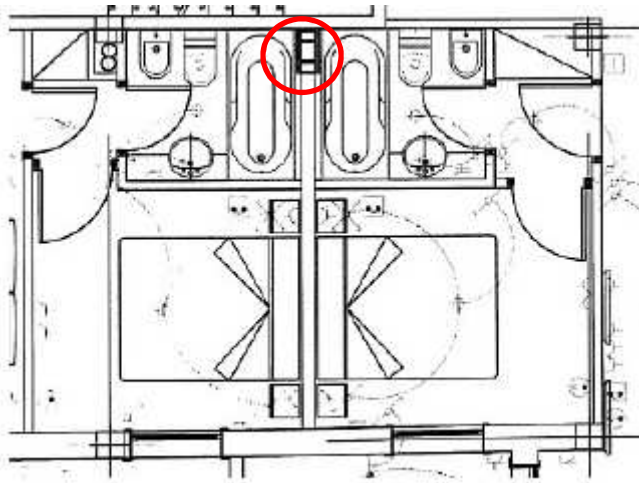
- Paret d'un dormitori i un ascensor



En aquest plànol en trobem amb la situació de un recinte protegit i un recinte d'instal·lacions. Es la mateixa situació que la descrita anteriorment al exemple. Si no hi ha una altra opció que aquesta distribució, la única forma de garantir un bon aïllament es reforçar aquesta paret. Encara que el CTE ens digui que aquesta paret a de tenir $D_{nT,A} \geq 55$ dBA, no estaria malament reforçar aquesta paret i fer aquest paràmetre més restrictiu ja que, com explicaré més endavant, al moment de construir aquesta paret ens podem trobar amb alguns problemes. A més a més les vibracions produïdes per l'ascensor generarien un efecte amplificat al dormitori. Doncs així, a part de reforçar l'aïllament d'aquesta paret també es coherent fer una desolidarització per evitar que les vibracions es transmetin al recinte.



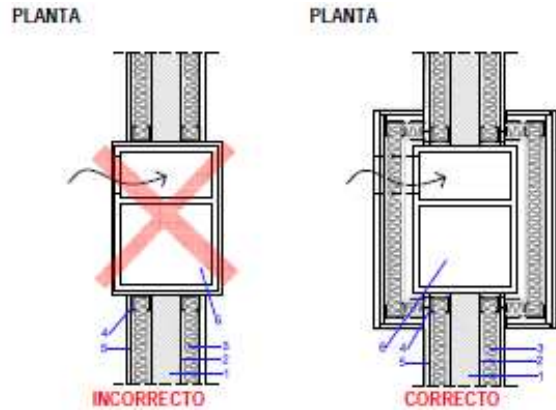
- Pas d'instal·lacions entre veïns



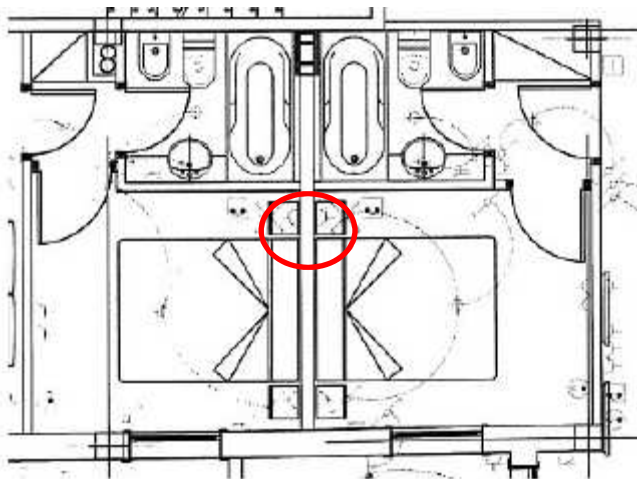
Es un exemple de com perdem massa i secció entre dos recintes que no son de la mateixa unitat d'ús i que es un pas constant de soroll entre els dos recintes. El CTE ja ens dona una solució a aquest problema i es el de fer passar

un extradossat o un envà per davant:

Aquest es un exemple per el tipus 1 de ESV però cada tipus té el seu exemple.

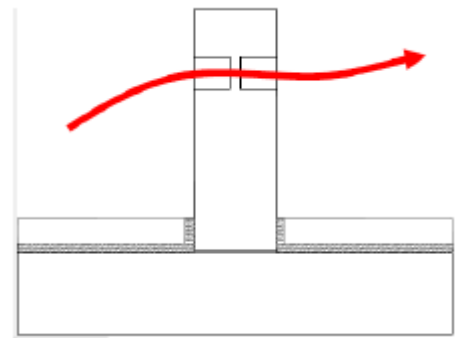


- Habitatges simètrics



El problema en aquesta situació es la posició dels endols, caixes i cables ja que normalment es col·loquen a la mateixa posició als dos recintes. El que fa això es que es redueix molt

considerablement la secció de paret i per tant l'aïllament acústic.



El DB HR ens diu que en paret lleugera s'han de separar 60cm i en paret ceràmica s'han de separar 20cm per evitar el pas directe de soroll de un recinte a l'altre.

- Acumulació d'equips de clima prop d'un recinte protegit

Es una situació que es pot evitar ja que més o menys en fase de projecte es pot escollir la situació d'aquests.



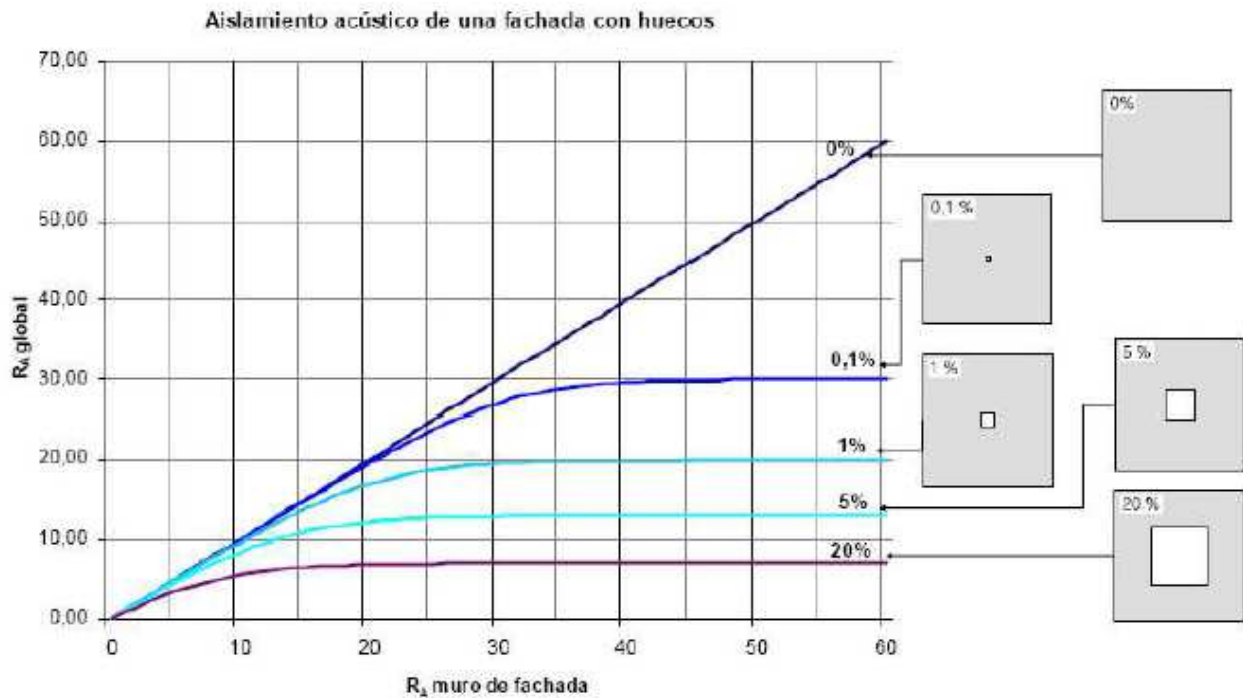
- Confondre materials

No s'han de confondre mai els materials ja que moltes vegades es pensa que els materials aïllants son aïllants tèrmics i acústics, i això no es cert. Tots els materials amb cel·la tancada no son aïllants acústics aeris com poden ser el suro, poliuretans, poliestirens, etc. En canvi si que alguns son aïllants acústics a impacte.

- b) Patologies en fase de construcció i/o execució o rehabilitació

En aquesta fase vull remarcar els procediments de bona construcció ja que com explicaré més endavant, les patologies donades a aquest apartat son fruit de la mala execució o a la poca ètica al moment de construir el que està projectat. També en aquest apartat afegeixo la rehabilitació d'espais o d'edificis ja que normalment, tant si es rehabilitació integral com si no, la distribució d'espais no es toca o es molt difícil fer-ho encara que si que es pot fer. En aquest cas es seguirien els passos anteriors per evitar patologies.

Abans de definir les patologies m'agradaria deixar clar lo important que es tenir tots els paraments ja siguin verticals, horitzontals o inclinats ben construïts i ben estancs.



Bé, com es pot veure a aquesta taula, agafant com a exemple un parament que aïlla 60 dBA, veiem com baixa l'aïllament acústic depenent de la quantitat de forats que tenim. El so, com a ona que es, s'adaptarà al medi i quan xoca contra un parament si troba un forat s'adaptarà i entrarà. Com es pot veure a la taula un simple forat que ocupi un 0,1% de tot el parament fa baixar l'aïllament global del parament a la meitat i això es molt.

A continuació, una relació de les patologies acústiques que poden existir en un edifici dividides per classe de parament, instal·lacions o estructura.

- ESH

Les patologies en els elements de separació horitzontal els podem dividir en problemes en la massa del forjat i problemes en el terra i fals sostre. La solució a aquests problemes es la mateixa ja que el forjat es gairebé impossible de canviar encara que si que es pot augmentar la seva massa afegint una nova capa de compressió però es poc habitual. Lo que normalment es fa, i seguint la taula 3.3 del DB HR , es aplicar algun tipus de terra flotant millor o afegir un fals sostre dels diferents que s'indica a aquella taula.

Tot i així hi poden haver problemes a l'execució, com poden ser:

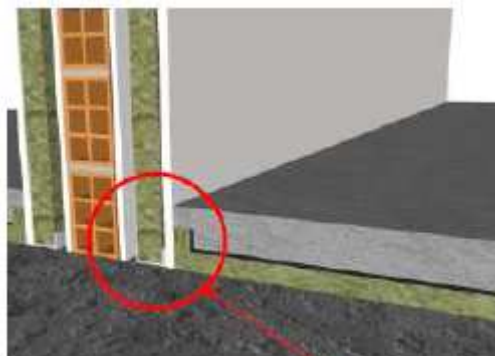
- Problemes amb el material absorbent anti impacte.

Es un punt crític ja que una mala col·locació de la làmina absorbent (o material absorbent escollit però quan es parla de terra es més entenedor parlar de làmina) anti impacte seria molt complicat d'arreglar fins al punt que s'ha d'aixecar el paviment o la part del paviment i refer-ho. Es molt important assegurar-nos que la làmina no ha quedat mal ficada ni s'ha malmès durant la col·locació i sempre ha d'estar col·locada sobre una superfície plana i sense residus.



En el dibuix anterior es veu un exemple de un problema a la làmina que ja sigui per una mala col·locació o per un incident posterior, la làmina està malmesa i en aquest punt es fàcil arreglar el problema ja que es retalla un tros de làmina i s'enganxa amb la cola que s'utilitza per enganxar els diferents trams de làmina, però si no es controla i es continua amb el paviment, el so a impacte en aquest punt tindria via lliure a l'estança inferior i sempre portaria problemes i com he dit abans rectificar això seria molt costos per la feina que seria.

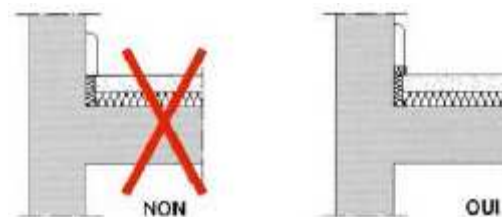
Un altre problema que podem tenir amb aquesta làmina es als encontres amb els ESV.



Aquest punt encara es més important que si ens trobem un tros de làmina malmès al mig del terra ja que el contacte directe del paviment amb un ESV, la transmissió de les vibracions fa que la paret vibri i ampliant el so a la mateixa sala i a les adjacents.



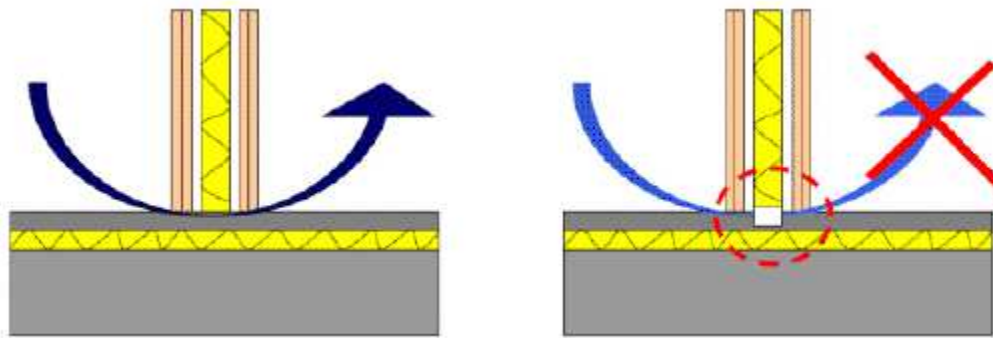
En les fotografies anteriors de casos reals es pot veure com un tècnic pot estar segur que fa bé aquesta operació. A la primera fotografia no es veu la lamina que sobresurt per damunt de la capa de morter i es veu que toca directament a la paret. En la segona fotografia s'observa clarament com la paret i la capa de morter estan separats per la làmina i així sí que està ben executat (si aquesta es l'acabat del terra ja que si tenim per exemple un acabat amb terratzo, la làmina també a de cobrir el cantell del terratzo). Encara per estar més segurs de la feina ben feta i segurament a la segona fotografia ho van fer així es deixar la làmina que sobresurti uns centímetres més per sobre la cota del acabat i després tallar amb una eina manual de tall la part sobrant de la làmina. És tant important aquest punt que fins i tot el sòcol no pot tocar l'acabat final ja que es produiria també l'efecte abans comentat i per solucionar aquest punt es col·loca una línia de silicona per acabar de dessolidaritzar.



- Tall paviment entre unitats d'ús i entre recintes i zona comú

Quan parlem d'aïllament anti impacte s'ha de tenir una idea molt clara: dessolidaritzar recintes. Es podria pensar que amb el pas anterior de col·locar la làmina anti impacte o el material absorbent que escollim i col·locar-lo bé el tema ja està solucionat però no s'acaba aquí. En una obra d'habitatges plurifamiliars, per avançar més ràpid potser es tria l'opció de fer tots els paviments

abans de fer separacions entre recintes o unitats d'ús (independentment si es una bona estratègia o no).

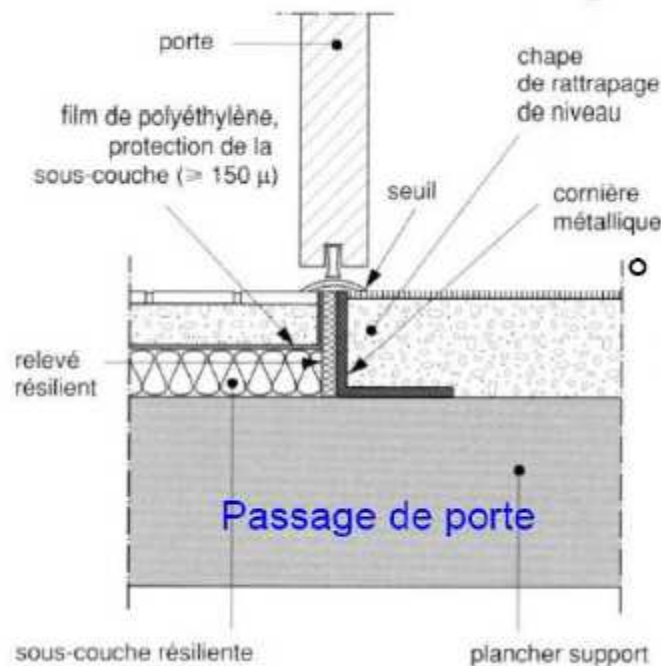


Un exemple molt clar es la imatge anterior. El pas del so tant a impacte com aeri passaran molt fàcilment per l'acabat del paviment, es una transmissió directa del so. Si es talla l'acabat del paviment, aquesta continuïtat es talla per tant el problema ja no existeix i l'aïllament es millor.

Aquest problema potser no seria tan clar ja que quan es fa la planificació de l'obra normalment es fa abans les separacions entre habitatges i després el terra de cada unitat d'ús però un punt que sembla insignificant i que no es així es la separació entre habitatges i zona comú. Dic insignificant perquè ens trobem amb la mateixa situació ja que normalment es faria les parets que delimiten entre aquests espais i després el terra de cada part però existeix una zona que no té aquesta paret i es la porta d'entrada al habitatge. En aquest petit espai es molt fàcil deixar-se la dessolidarització de terres, encara que l'acabat sigui diferent no es deixa una junta amb el material elàstic que utilitzem com a aïllant anti impacte.



En aquesta fotografia es veu clarament que tot el morter es el mateix per les dos zones, per tant tot el transit de gent que hi haurà a la zona comú s'escoltarà perfectament dins l'habitatge. En canvi el tractament de dessolidarització de l'unitat d'ús es com ha de ser ja que es deixa la làmina un centímetres per sobre l'acabat que després es tallarà. Si que sembla insignificant aquest error ja que l'espai que quedarà entre la porta i l'acabat del terra serà un flux constant de pas de so però hi ha sistemes de portes que tallen aquesta entrada de so.



Aquest detall ensenya molt bé com ha de ser l'entrada d'un habitatge amb el tractament acústic adient. Talla completament els dos tipus de terres col·locant al cantó de la zona comú una xapa metàl·lica en "L" i al habitatge l'aïllament acústic escollit i per tapar aquesta junta es col·loca un tapajunts. També es pot veure el tractament que aplica a la porta tallant el flux directe de so amb una escombreta o amb una làmina d'un material elàstic.

- Fals sostre

El CTE DB HR a la taula 3.3 ens diu si es necessita fals sostre o no i també ens diu el tipus de fals sostre que es necessita en aquella estança depenent del forjat, del terra flotant i els envans interiors. Si es compleix aquesta taula, aquell fals sostre teòricament ja compliria però al moment d'executar-lo es quan poden aparèixer problemes.

A continuació, la taula 2.1.4.14 de la Guia d'aplicació del DB HR:

Tabla 2.1.4.14. Tipos de techos suspendidos

Código	Esquema	Comentarios
T00		Falso techo con placas de yeso laminado sin material absorbente en la cámara Aislamiento acústico a ruido aéreo pobre Cámara de espesor mayor que 100 mm Espesor mínimo de las placas: 15mm o 2x12,5 mm Véase ficha T-01.
T01		Falso techo con placas de yeso laminado y lana mineral en la cámara: Buen aislamiento acústico a ruido aéreo. Cámara de espesor mayor que 150 mm Espesor mínimo de las placas: 15mm o 2x12,5 mm Espesor mínimo del material absorbente acústico, lana mineral: 50 mm Véase ficha T-01.
T02		Falso techo con placas escayola y lana mineral en la cámara: Buen aislamiento acústico a ruido aéreo. Cámara de espesor mayor que 120 mm Espesor mínimo del material absorbente acústico, lana mineral: 80 mm
T03		Falso techo anclado al forjado sin cámara: Aislamiento acústico a ruido aéreo pobre Espesor mínimo de las placas: 15mm o 2x12,5 mm
Leyenda	SR: Soporte resistente: Forjado o losa C: Cámara LM: Material absorbente acústico, como lana mineral. YL: Placa de yeso laminado, espesor de al menos 15 mm o 2x12,5 mm, suspendida de tirantes metálicos PES: Placa de escayola suspendida mediante tirantes de estopa	
Las prestaciones acústicas (ΔL_w y ΔR_w), así como los espesores del material aislante a ruido de impactos puede consultarse en el CEC.		

Aquestes son les 4 opcions contemplades al DB i si s'examinen es pot veure les complicacions que podem tenir al executar-les en una obra.

L'opció T00 ja ens diu que serveix per estances amb soroll pobre però es un fals sostre que es pot trobar molt fàcilment en una rehabilitació. Es un fals sostre que acústicament es nul, es a dir, les qualitats acústiques no existeixen fins i tot pot augmentar la transmissió de so als recintes adjacents. El perquè es que es transforma en una caixa de ressonància i això fa augmentar la transmissió del soroll. Així que si es troba aquest tipus de fals sostre en una rehabilitació segurament no es podrà aprofitar ja que no compliria amb la taula 3.3 del DB HR. En obra nova, si el càlcul ens permet utilitzar aquest fals sostre, es recomanable ficar-li llana mineral per evitar problemes futurs com per exemple un canvi d'ús de l'estança que passi d'habitable a protegit per exemple.

L'opció T01 i T02 son molt semblants, l'únic que canvia es el tipus de placa que s'utilitza. En aquestes opcions es poden trobar problemes de fixació d'aquestes plaques ja que els sistemes que s'utilitzen, acústicament contradiuen el principi bàsic de l'aïllament acústic ja que no es dessolidaritzen de la resta del edifici, però clar es impossible no trencar aquesta regla ja que s'ha

d'aguantar d'alguna forma al forjat superior. Bé, els dos tenen transmissió directa al forjat superior, sobretot l'opció T02 ja que s'utilitzen manats d'espart amb guix i això crea una unió molt rígida.



L'opció T01 es millor ja que els cables amorteixen una mica les vibracions però no es del tot perfecte. Per aplicar bé aquestes opcions de fals sostre, es col·loquen uns sistemes antivibratoris que ajuden a eliminar la transmissió de vibracions tan a un costat com a l'altre.



L'opció T03 com l'opció T00 es acústicament inútil. També en aquesta opció ens diu que es per recintes amb soroll pobre però amb les mateixes raons que l'opció T00 si es canvia l'ús de l'habitació es poden tenir problemes. La manera de subjectar el fals sostre pot ser molt còmoda i fàcil però es un pont acústic importantíssim.

Una patologia que ens podem trobar en tots els casos son espais buits, es a dir, sense material aïllant. Es molt important cobrir la totalitat de la superfície del fals sostre ja que si es deixa una part sense cobrir, la resta de material no servirà de res ja que allí hi haurà una pont acústic i la transmissió del soroll serà constant.

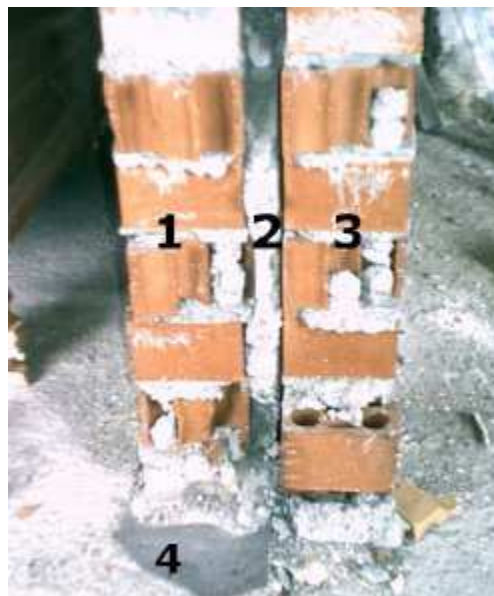
- ESV i envans

Els elements de separació vertical i els envans es podrien classificar en dos grups: fàbrica o entramat. Si que es cert que el CTE DB HR deixa utilitzar altres opcions com el formigó, elements prefabricats pesats, blocs de formigó, etc. però al moment de parlar de patologies tots aquests es poden unificar amb un sol grup amb la fàbrica ja que tenen les mateixes patologies.

Un cop aclarit aquest tema veurem les patologies que tenen.

- Netedat al construir.

Sobretot en obres amb fàbrica ja que la construcció amb cartró guix això no passarà perquè es obra seca.



Com es pot observar a la fotografia anterior el material aïllant ha quedat reduït a res ja que està ple de morter. Quan passa això, aquesta paret no complirà de cap de les maneres amb el CTE, si que aïllarà ja que la massa també conta però no arribarà mai als mínims que proposa el CTE. La raó de no arribar als mínims es l'eliminació de les propietats del material aïllant ja que el rigiditza i no té les propietats exigibles i també que a la part inferior de la paret es va acumulant el morter sobrant i crea un pont acústic entre les dos parets molt important i per tant a les dos sales.

- Forats

Com he explicat al principi del apartat de patologies, es molt important no deixar forats a cap parament ja que pot eliminar completament les característiques acústiques d'aquell element.

No es deixarà un forat fet expressament en una paret però si que hi poden existir problemes d'execució. A continuació una relació dels forats que es pot trobar un una paret i que no es solucionen o es solucionen malament.

- Paret d'ascensor



Com que aquesta paret es una paret no vista per l'usuari, a vegades no es té en compte les característiques acústiques que ha de complir aquesta paret i es fa de pressa i corrent i està molt mal fet ja que tots els forats que es poden observar es convertiran en petits altaveus a l'estança que separa, i encara es més important si separa un recinte protegit. Això en una obra no es pot permetre. La solució en que al moment de construir es faci bé o si el mal està fet, reomplir tots els forats que hi puguin haver amb morter.

- Entrega superior d'una paret



Les peces tenen una mida estàndard però les parets no per tant es molt normal trobar aquesta situació. El que passa es que a vegades no es soluciona com es té que solucionar ja que si aquí es posa una peça de poliestirè expandit com es pot veure a la imatge, es com si no es fes res ja que els materials de cel·la tancada no son aïllants acústics. Per solucionar bé aquest problema, la

millor opció es ficar en aquest espai llana mineral sinó altres opcions es ficar-hi segelladors especials o guix.

- Falta de material

El control de l'execució es molt important ja que la moment d'estalviar, s'estalviarà amb els materials que no es veuen. En la següent fotografia es veu com s'ha estalviat amb el material aïllant i amb els encoratges d'aquest, fent forats en la fàbrica. Encara que tinguem l'aïllant que toca, aquests forats fets a la fàbrica son molt perjudicials ja que es perd massa per tant l'aïllament acústic baixarà.



- Falta de bandes elàstiques

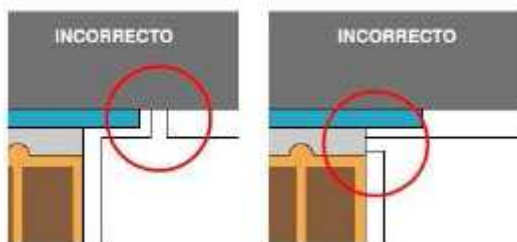
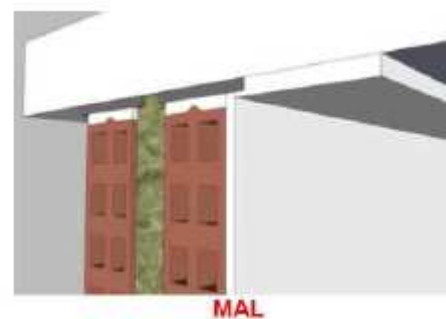
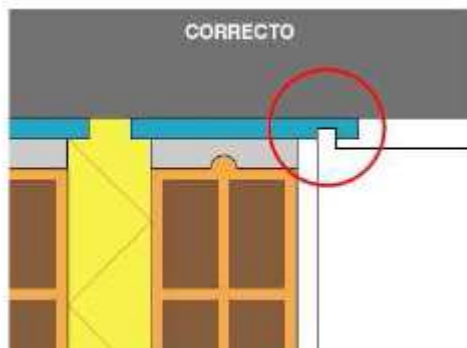
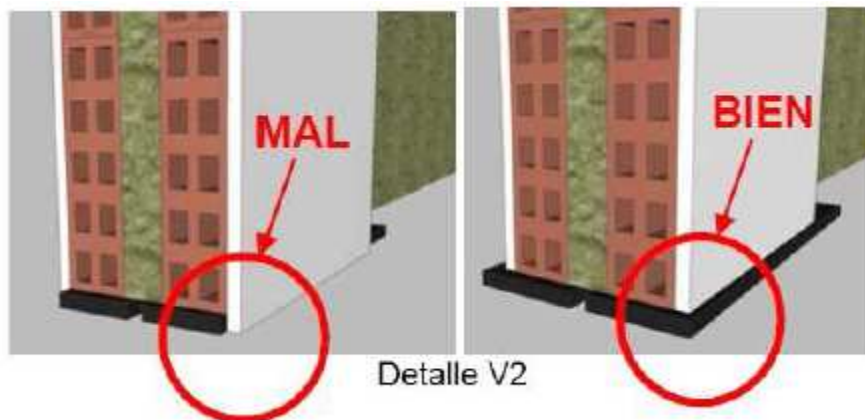
El CTE DB HR obliga a col·locar bandes elàstiques als perímetres de les parets per evitar la transmissió de les vibracions a una altra estança. No obliga a posar en totes les parets, només a les parets de fàbrica amb una massa inferior a 150kg/m^2 i a totes les parets d'entramat autoportant.



Aquestes bandes elàstiques son de EEPS i creen una dessolidarització amb els altres paraments. La col·locació d'aquestes bandes no compromet l'estabilitat de la paret ja que s'han fet assajos i no suposen una pèrdua d'estabilitat.

Encara es més important col·locar les bandes d'EEPS en els sistemes d'entramat autoportant ja que el contacte directe entre les guies metàl·liques amb els altres parament suposaria un pont acústic molt important.

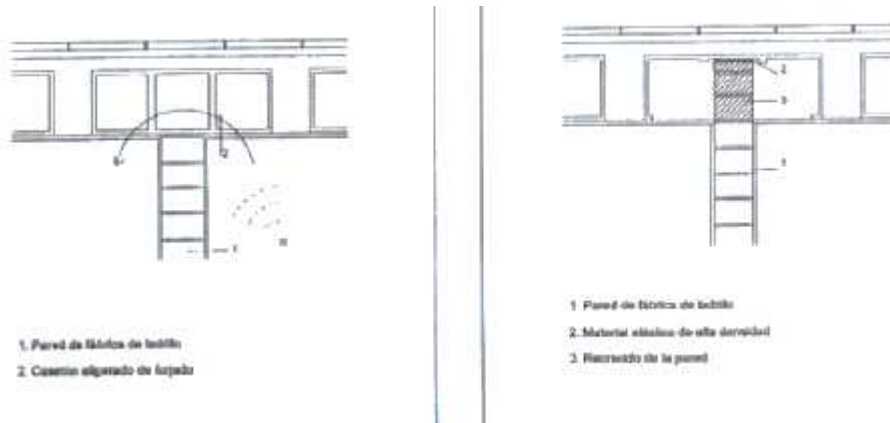
A part, el CTE DB HR diu com han de ser aquestes bandes i com crear la dessolidarització de guixos:



Si no es compleix les indicacions del DB HR es tindrà problemes ja que al fer les proves acústiques aquestes parets potser no donaran els mínims establerts.

- Paret entre veïns sense fals sostre

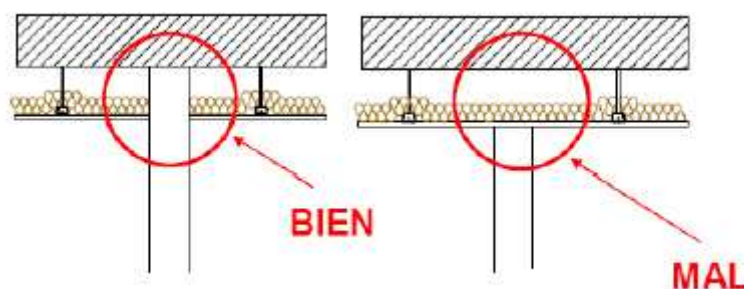
Aquest cas es un problema molt gran ja que es molt difícil eliminar la transmissió de soroll en flancs.



En les parts on tenim biguetes o nervis in situ no hi ha problema ja que la massa es elevada però als llocs on hi ha els revoltosns o els cassetons, com que es un espai gairebé buit, el pas del soroll es elevat. La idea es fer un recreixut de la paret fins arribar a la part “massissa” del forjat superior i col·locar llana mineral a la part superior. Es una solució molt bona per evitar el pas del soroll però crec que pocs tècnics opten per aquesta opció.

- Paret entre veïns amb fals sostre

El CTE DB HR ja diu com s’ha de construir en aquest cas però m’agradaria remarcar que igual que el terra flotant mai pot ser el mateix entre dos unitats d’ús diferent ja que el pas del so seria constant per dos raons: pas del soroll per la part superior del aïllament ja que no es troba amb cap obstacle i pas del soroll per la placa de cartró guix o d’escaiola.



- Caiguda del material aïllant

Es un problema que pot arribar a ser molt important. Per efecte de la gravetat i com que els materials acústics no son rígids amb el pas del temps aquests van baixant fins que s’acomoden en una posició. Pot arribar a ser molt important perquè crearien un buit sense aïllament i seria un pas

lliure de soroll en la paret. A part d'això també seria molt difícil d'identificar ja que es una part cega.



En aquesta fotografia es veu (una mica exagerat ja que no esta complerta la paret i això es l'efecte d'un dia a l'altre en una obra sense acabar de formar la paret el dia que es col·loca l'aïllament però durant el temps això es el que passa dins la paret amb l'aïllament) com baixa l'aïllament amb el pas del temps. Això es soluciona fixant els panells d'aïllament i s'evita que amb el pas del temps aquests baixin.

- Envoltent

La façana i la coberta son les parts que ens aïllen del exterior i per contra tenim que en aquesta part tenim obertures molt grans que ens debiliten l'aïllament acústic per tant es molt important seguir l'execució d'aquesta part per veure que tot es fa correcte.

- Confondre materials

Es molt important no pensar que un aïllament acústic i aïllament tèrmic es el mateix i fa la mateixa funció i no es així. Com he anat repetint els materials de cel·la tancada no serveixen com aïllament acústic aeri, es més pot ser el contrari com es pot veure a la següent taula:

Paret de 15cm de formigó amb extradossat		
	Rendiment	Guanyys o perdues
Sense res	56dB	
Poliuretà rígid	50 a 53 dB	-3 a -6 dB
Poliestirè extrusionat	50 a 53 dB	-3 a -6 dB
Poliestirè	52 a 57 dB	-4 a +1 dB
Poliestirè elastificat	57 a 63 dB	+1 a +7 dB
Llana mineral	57 a 63 dB	+1 a +7 dB

- Finestres

En el moment de calcula acústicament ja es va escollir la tipologia de vidres i de marcs que es necessita però a l'hora de construir s'han de vigilar molt aprop ja que el mínim forat que es deixi ja es un problema molt gran.



S'ha de control l'encaix entre paret i obertura ja que ha de ser estanc completament ja que la finestra ens penalitza si no fos estanc completament seria desastrós per l'aïllament acústic.

Aquí hi ha un conflicte entre la ventilació i l'aïllament acústic ja que normalment els airejadors estan a les finestres o molt aprop d'aquestes. El CTE ens obliga a ventilar l'habitatge però el problema es com fer-ho sense comprometre l'aïllament acústic. Existeixen solucions d'airejadors que es poden obrir o tancar manualment en els moments del dia que es vulgui però també seria més fàcil i més barat obrir la finestra de tant en tant. Altres tècnics decideixen fer una ventilació

permanent, o sigui un forat a la paret i que es un desastre acústicament parlant com es pot veure a la següent imatge.



- Caixa persiana

Les caixes de persiana son un enemic per la condició acústica d'un habitatge ja que no hi ha una solució prou bona per evitar aquest problema.

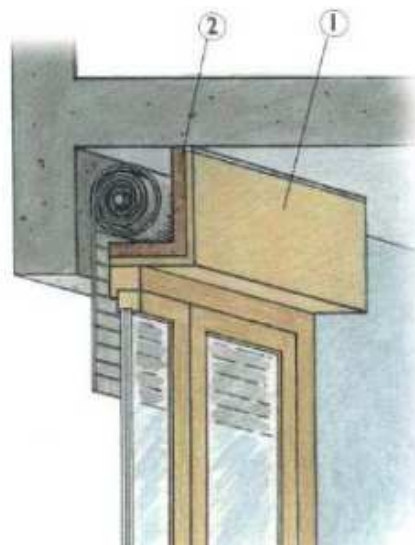


En la primera imatge tenim una caixa de persiana amb tractament tèrmic però no acústic i en la segona una caixa de persiana sense aïllament. A més a més les dos son de fàbrica que no son tan recomanables que les caixes de persiana prefabricades tipus monoblock que donen una mica més d'aïllament acústic.



Quan s'ha de rehabilitar un habitatge amb caixes de persiana o en obra nova si es vol una mica més d'aïllament acústic es el que s'ha de fer es recobrir tot l'envolvent amb llana mineral i si cal millorar la solució incorporant una làmina de plom o una làmina pesant.

La posició d'aquesta també es important ja que com més a dins de l'habitatge millor ja que tindrem menys superfície exposada.



- Instal·lacions

L'apartat de patologies en instal·lacions és una mica difícil de tocar ja que es poden convertir en un gran problema però a la vegada han d'existir aquelles instal·lacions per al funcionament del edifici i el benestar de les persones que l'habiten o l'utilitzen. Un gran problema ja que normalment les canonades estan buides o parcialment buides i aquestes ocupen un espai. Aquest espai, depenent d'on estigui ubicat, restarà massa al element de separació o restarà aïllament si passa per exemple per una façana i la canonada passa per la càmera d'aire entre d'altres. També aquestes canonades generaran un soroll que s'ha d'intentar "amagar". Per tant, s'ha de preveure

molt bé en projecte i executar-les correctament en l'obra i sempre tenint en compte els criteris de bona construcció.

- Canonades

En una instal·lació de canonades ens trobem molts problemes ja que generen molt soroll com per exemple en un canvi de direcció de la canonada on tenim un colze. Quan baixa l'aigua en aquest colze hi haurà un cop que generarà un plus de soroll més del que té el pas de l'aigua.



S'ha d'intentar dissenyar una xarxa de canonades lo més recte possible i si no es possible, especialment en els colzes, s'ha de tenir en compte que allí es generarà més soroll i posar més aïllament en aquesta part.

Un altre cas és el de forats o regates als elements. És un cas en el que es perd massa del element, per tant es penalitza l'aïllament del element.



És cert que aquestes canonades han de travessar els elements però aquesta no es la forma de fer-ho. S'ha de fer el forat d'una mida raonable i el tub ha d'estar completament folrat d'aïllament. Si s'ha de reomplir el forat sempre s'ha de fer amb un material amb massa com per exemple morter ja que si es fa amb guix, el guix no té massa (poca massa) i seria com si no hi hagués res

per tant seguiria sent un pont acústic. També dir que s'ha de vigilar en fer aquesta operació de reomplert del forat ja que si ajuntem les fulles que tingui el parament amb el material de reomplert es mantindria el pont acústic que es pensava que ja estava solucionant.

Una altra patologia que es pot trobar en aquest apartat son les unions rígides.



El pas de l'aigua per les canonades provoca una vibració d'aquestes i si les unions son rígides, aquestes vibracions passaran al parament que estan connectades. S'ha d'evitar aquest tipus d'unions i una manera molt fàcil és col·locant elements antivibratoris en aquestes unions.



Mai és pot pensar que aïllant correctament la canonada folrant-la amb aïllament és pot substituir l'aïllament propi de la paret ja que mai tindrà el gruix que es necessita en aquell parament.



La millor solució per evitar tots aquest problemes es folrant totes les canonades amb llana mineral i lamine viscoelàstiques.



Les làmines viscoelàstiques eviten la vibració de la canonada i per tant la transmissió de vibracions a impacte i la llana mineral evita la propagació de les ones generades per el pas de l'aigua. Tot això es tancarà amb un fals sostre o amb calaix de pas d'instal·lacions i no es tindria que tenir problemes en l'instal·lació de canonades del edifici.

- Maquinària

La maquinària d'un edifici pot ser molt molesta fins al punt d'afectar a altres edificis com per exemple les màquines d'aire condicionat col·locades a un pati d'illa i com més n'hi hagi més problemes poden portar. No només hi ha màquines d'aire condicionat en un edifici sinó que també si pot trobar maquinària d'ascensor, bombes d'aigua, ventilació forçada d'un habitatge o cuina, etc. Ja que he citat primerament el problema de les màquines d'aire condicionat començaré per aquí. Com també he explicat a l'apartat de patologies en fase de projecte es important evitar un cúmulo de màquines en un mateix lloc ja que com més màquines més fàcil es que tinguem problemes

dins l'habitatge. Un sistema molt comú per evitar que la vibració entri dins l'habitatge es col·locar uns peus de cautxú.



En principi ja solucionem el problema ja que no es una unió rígida i evita el pas de la vibració però com es pot observar a la segona fotografia al cap del temps es fa malbé i es xafa fent que aquesta solució al cap del temps es tingui que substituir. La millor solució que hi ha per aquest problema i que no porta manteniment fins passat molt temps es els sistemes antivibratoris amb molla.



Quan el soroll de les màquines afecta a edificis propers la solució ja es més costosa ja que o s'ha de canviar de situació les màquines o col·locar una pantalla acústica. La primera solució es gairebé inviable ja que canviar les canonades ja es més difícil però les pantalles acústiques son una molt bona solució ja que a part d'eliminar el problema donen una millora visual que no pas veure les màquines.

4.3. Assaigs acústics

Els assaigs acústics, tant els de laboratori com els in situ, el seu procediment i normativa son els mateixos la diferencia es que en el laboratori, la prova es en un recinte sense soroll ambiental i els resultats son més exactes. En canvi, el assaig in situ, poden tenir alguna desviació respecte als fets al laboratori ja que a més a més del soroll ambiental que podem trobar en una estança, ja sigui per soroll del carrer o soroll de veïns, etc. també influiria la qualitat de construcció d'aquell element a comprovar.

Els assaig actuals acústics son els següents:

- Mesurament de l'aïllament a soroll aeri:

Assaig de mesurament in situ entre locals adjacents, del nivell de soroll generat per l'equip homologat (font de soroll), amb la finalitat d'avaluar l'aïllament acústic existent (amb un sonòmetre).

El procediment de mesurament es regeix per la Norma UNE-EN ISO 140-4:1999 Mesurament de l'aïllament acústic en els edificis i dels elements de construcció. Part 4: Mesurament "in situ" de l'aïllament al soroll aeri entre locals (ISO 140-4:1998). Es tenen en compte les directrius exposades en la Norma UNE-EN-ISO 140-14 per a situacions especials "in situ".

El mètode d'expressió de l'avaluació de l'aïllament acústic a soroll aeri es basa en la Norma UNE-EN ISO 717-1 (1996): Avaluació de l'aïllament acústic en els edificis i dels elements de construcció. Part 1: Aïllament a soroll aeri.

- Mesurament i avaluació del soroll ambiental

Mesurament dels nivells d'immissió en ambient exterior/interior generats per les diferents fonts de soroll.

El procediment de mesurament es regeix per l'Annex IV del Real Decreto 1367/2007 sota el qual s'emparen les diferents ordenances municipals de recent aparició.

- Mesurament de l'aïllament de façanes

Assaig de mesurament in situ de l'aïllament acústic a soroll aeri de façanes i elements de façana, amb la finalitat d'avaluar el compliment dels requisits establerts en la normativa aplicable.

El procediment de mesurament es regeix per la Norma UNE-EN ISO 140-5:1999 Mesurament de l'aïllament acústic en els edificis i dels elements de construcció. Part 5: Mesurament "in situ" de l'aïllament acústic a soroll aeri d'elements de façana i façanes (ISO 140-4:1998).

- Mesurament de l'aïllament a soroll d'impactes

Assaig de mesurament in situ entre locals adjacents, dels nivells de soroll rebuts, a causa de la transmissió de vibracions per via estructural, amb la finalitat d'avaluar el compliment de l'element en qüestió segons els requisits establerts en la normativa aplicable.

El procediment de mesurament es regeix per la Norma UNE-EN ISO 140-7:1999 Mesurament de l'aïllament acústic en els edificis i dels elements de construcció. Part 7: Mesurament "in situ" de l'aïllament acústic de sòls al soroll d'impactes (ISO 140-7:1998). Es tenen en compte les directrius exposades en la Norma UNE-EN-ISO 140-14 per a situacions especials "in situ".

El mètode d'expressió de l'avaluació de l'aïllament acústic a soroll aeri es basa en la Norma UNE-EN ISO 717-2 (1996): Avaluació de l'aïllament acústic en els edificis i dels elements de construcció. Part 2: Aïllament a soroll d'impacte.

- Mesurament del temps de reverberació

Assaig de mesurament in situ del temps de reverberació d'una sala.

El procediment de mesurament es regeix per la Norma UNE-EN ISO 3382:2001 Acústica. Mesurament del temps de reverberació de recintes amb referència a altres paràmetres acústics. (ISO 3382: 1997).

- Mesurament i avaluació de vibracions

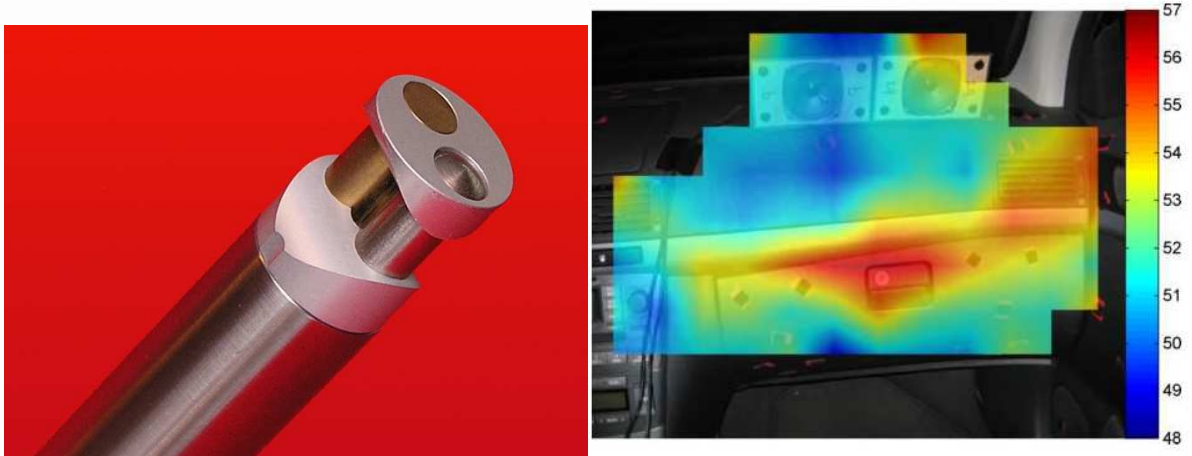
Assaig de mesurament in situ del nivell de vibració existent generat per activitat.

El procediment de mesurament es regeix per la Norma ISO 2631-1/2:1997..Mesurament i avaluació de l'exposició humana a les vibracions al cos sencer.

- Detecció de ponts acústics

Aquesta activitat no està regulada aquí a Espanya ja que la seva tecnologia és molt nova i normalment això es fa servir en la indústria automobilística i en la aeroespacial però ara s'ha creat un aparell, que explicaré a continuació, per la construcció.

Tots els assaigs anteriors, els seus resultats ens indiquen si compleixen o no segons els requisits del DB HR, però com he explicat anteriorment, un forat d'un 0,1% de tot el parament fa baixar l'aïllament global un 50%. En un pont acústic no seria tan exagerat la diferencia de resultat però s'hauria de trobar l'element dèbil abans de planejar una actuació. L'empresa Microflown Technologies amb seu a Alemanya a creat un aparell (sensor acústic) que es passa per l'element a assajar i el resultat es un mapa acústic (detecta els ponts acústics i fa un mapa igual com una càmera tèrmica).



La imatge de l'esquerra es el sensor acústic i a la dreta un exemple del resultat d'aquesta prova en un automòbil però en un edifici el resultat seria semblant a aquest, marcant amb colors els ponts acústics.

5. Cas pràctic

5.1. Introducció

El cas pràctic que em proposo fer en aquest treball serà agafar un edifici més antic que el CTE i rehabilitar-lo/reformar-lo parcialment. Aquest cas pràctic no serà un projecte com a treball final de grau, sinó un estudi de com es pot millorar acústicament un edifici i el seu pressupost. Per aquesta actuació, el CTE diu:

“En les reformes parcials, que van més enllà del simple manteniment dels edificis, l'objectiu es millorar en la mesura de lo tècnic o econòmicament viable les condicions dels edificis.

El DB HR s'aplica a aquells elements constructius que es modifiquin, substitueixin o incorporin, sempre que la intervenció aconseguixi el major grau d'adequació a les exigències, es a dir, si es aconseguix una millora efectiva de les condicions de protecció davant el soroll, que poden arribar o no als nivells exigits.

A continuació es dona una orientació sobre alguns elements constructius que la seva modificació i substitució suposen fàcilment el compliment de les exigències d'aïllament acústic en aquest DB:

- Les finestres i lluernaris: La substitució de finestres i lluernaris es a vegades suficient per el compliment de les exigències de façanes, cobertes i terres en contacte amb l'aire exterior, a menys que la part opaca sigui molt lleugera i que l'edifici estigui situat a una zona amb uns nivells de soroll de dia molt elevats;
- Portes d'accés a unitats d'ús;
- Envans interiors;
- Mitjaneres.

El cas d'ESV i ESH es més complex, ja que el aïllament acústic aconseguït en els edificis depèn no només de la seva composició, sinó als diferents elements constructius (forjats, cobertes, façanes, etc.) que formen el recinte i les seves unions, de tal forma, que una intervenció parcial pot o no arribar als nivells d'aïllament acústics exigits al DB HR. Es per ell, sempre que això sigui compatible amb la intervenció, es perseguirà la millora dels mateixos (major nivell d'adequació de les exigències), encara que puguin o no satisfer-se les exigències d'aïllament acústic establertes al DB HR.

En aquelles intervencions en la que s'introdueixi, substitueixi o s'ampliï una instal·lació o equip susceptible de generar sorolls i vibracions es tenen que seguir les especificacions del DB HR del apartat 2.3 per protegir als usuaris de possibles sorolls i vibracions.”

Amb el meu tutor i jo vam decidir acotar aquest projecte a fer una reforma parcial només dels ESV així que els requeriments que seguiré per fer aquest cas seran els subratllats anteriorment i fins arribar a una limitació màxima de 3dBA per sota el requeriment del CTE en l'últim cas estudiat (menys en el cas que els recintes comparteixin porta).

5.2. Presentació del edifici.

L'edifici en qüestió es un projecte utilitzat durant els estudis i que no tinc dades de la seva situació, que es irrellevant. Aquest edifici es entre mitgeres i de cantonada. Es un edifici compost de PS + PB + 2PP. La planta baixa té dos zones d'entrada. La primera situada cara sud, dona pas a 5 habitatges i al costat de l'entrada hi ha la sala del transformador i la segona situada a cara oest, dona pas a 4 habitatges. En les plantes pis les zones comuns son més petites i es divideixen en 3. La primera dona pas a 4 habitatges, la segona a 3 habitatges i la tercera a 4 habitatges. Aquest edifici té un total de 31 habitatges.

La façana es de doble fulla, de gero vist + enfoscat a la cara interior + càmera d'aire no ventilada amb aïllament tèrmic de llana de roca de 4cm + maó foradat de 7cm + enguixat d'1,5cm. La coberta es una coberta plana invertida no transitable, acabada amb grava. Estructuralment, l'edifici es de formigó armat, fonamentació amb sabates aïllades i corregudes amb riostres i bigues centradores, pilars de formigó armat i forjats bidireccionals amb cassetons d'EPS. L'altura lliure entre forjats es de 2,6m. Els murs del ascensor també son de formigó armat amb un gruix de 20cm.

Al interior ens trobem amb ESV de maó perforat de 14cm de gruix enguixades les dos cares amb 1,5cm de guix. Els envans són també de construcció ceràmica amb maons buits de 7cm amb enguixat a les dos cares d'1,5cm. En els terres hi ha una tarima de fusta amb una capa base de llana mineral de 12cm (amb aquest espessor, l'acabat d'aquest terra no té propietats acústiques) i té fals sostres en banys i cuines de plaques de guix amb estructura metàl·lica sense aïllament.

La fusteria interior tant les portes d'entrada als habitatges (de propietats acústiques amb un aïllament de 34dBA) com les portes de pas dins els habitatges son de fusta vernissada i la fusteria exterior tant portes d'entrada al edifici com finestres i balconeres son d'alumini lacat amb trencament de pont tèrmic, vidres càmera 4+6 i caixes de persina in situ amb aïllament de llana mineral.

5.3. Propostes

En aquest estudi he decidit fer tres nivells de propostes:

- 1a opció: millorar l'ESV dels recintes protegits
- 2a opció: millorar l'ESV de tots els recintes
- 3a opció: tots les ESV compleixen els requeriments del DB HR amb un marge de 3dBA

En cada una de les opcions hi ha els càlculs corresponents de cada un dels recintes afectats, els plànols de cada actuació i un pressupost de les actuacions per saber si es econòmicament viable.

5.4. Actuacions

Per explicar les actuacions que utilitzaré, primer que tot s'ha de decidir quins son els materials més adequats per fer les intervencions, després el procés de càlcul per saber les propietats acústiques que es guanya amb aquestes actuacions i finalment les relacions de dependència per entendre com van executades aquestes actuacions.

5.4.1. Materials

Després de l'estudi dels materials que hi ha al mercat i veure quins eren els millors per fer aquesta reforma he decidit utilitzar els següents:

- Sonoflex: de la casa comercial Asfaltex, compostat de un sandvitx de una lamina bituminosa modificada amb elastòmers entre dos lamines d'absorbent porós. Aquest material no només augmenta la massa del element base (densitat de $6,5\text{kg/m}^2$) sinó que amb el material porós augmenta l'aïllament. Com veurem més endavant, amb el sistema de càlcul que he utilitzat no té en compte aquest increment d'aïllament acústic ja que només té en compte l'augment de massa quan s'aplica al element base ja que calcularé l'increment d'aïllament per freqüències però quan s'utilitza aquest material i es fan les proves acústiques in situ, aquestes donarien un increment acústic superior al calculat.



- Jetfal 10: de la casa comercial Asfaltex, compostat d'una capa pesada electromèrica a base de cautxú EPDM amb una banda autoadhesiva i una densitat de 10kg/m^2 . Gràcies a la seva densitat, amb una capa d'aquesta lamina que només té 5mm d'espessor podem augmentar força la massa del element base i estalviar espai. Com ja he dit en el cas anterior, com que calcularé l'increment d'aïllament acústic a partir de les freqüències fa que aquest material sigui idoni per aquestes actuacions.



- Planxa de plom: es el millor material per augmentar la massa del element base gràcies a la seva alta densitat ja que amb una planxa de 2mm la seva densitat es de 24kg/m^2 . Aquest material no només s'utilitza per insonoritzar sinó que també per barreres per els raig X en les sales on s'utilitza aquest aparells. Com veurem més endavant al final no he utilitzat

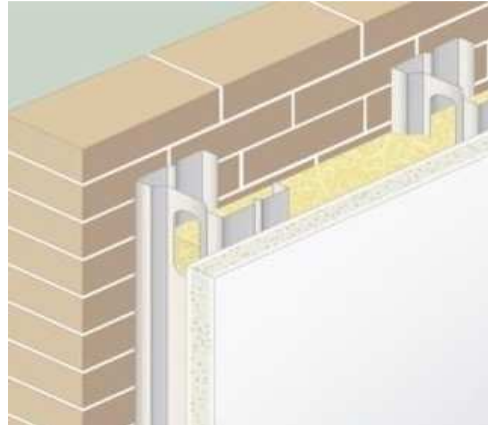
aquest material ja que els altres dos posteriors ja han complert amb els requeriments establerts però els resultats els deixaré ja que es interessant veure com quan fiques més pes al element base més incrementa l'aïllament.



- Llana mineral: la llana mineral es un dels millors absorbents acústics que hi ha al mercat, tant per les seves prestacions com per el baix cost; per tant he escollit aquest material com a capa motlle. De la casa comercial Isover del grup Saint Gobain.



- Entramat autoportant: de la casa comercial Placo del grup Saint Gobain. Com que he intentat optimitzar tot l'espai possible l'extradossat que he escollit es: perfileria de 48mm + placa cartró guix de 15mm. Es molt important que amb aquest sistema es col·loquin les bandes estanques de la pròpia estructura ja que sense aquests elements, acústicament seria un pas enrere. A més a més quan ens trobem amb un bany la placa serà de ciment ja que en aquesta estança la humitat serà molt alta i una placa de cartró guix no serviria ja que no es hidròfuga.



- Enfoscats: en algunes actuacions, per augmentar la massa de l'element base substituiré la capa d'enguixat per una d'enfoscats.

5.4.2. Càlculs previs

Com he dit anteriorment utilitzaré la freqüència de ressonància de les diferents capes per trobar la millora del índex de reducció acústica del recobriment segons la norma UNE-EN 12354-1 Annex D però abans s'ha de trobar l'índex ponderat de reducció acústica del element base amb les diferents capes que es col·loquen per incrementar el valor de la seva massa i això es calcula per llei de masses que en aquest cas totes son majors de 150kg/m^2 per tant la formula es:

$$R_A = 36,5 \times \lg m - 38,5 = (\text{dBA})$$

Per tant per cada actuació tindrem un increment diferent:

- Actuació 1: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enguixat 15mm

$$d_{\text{enguixat}} = 1000\text{kg/m}^3 \times 0,015 = 15\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}} = 900\text{kg/m}^3 \times 0,14 = 126\text{kg/m}^2$$

$$15 + 126 + 15 = \mathbf{156\text{kg/m}^2}$$

$$R_A = 36,5 \times \lg 156 - 38,5 = \mathbf{41,55\text{dBA}}$$

- Actuació 2: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enfoscats 15mm

$$d_{\text{enguixat}} = 1000\text{kg/m}^3 \times 0,015 = 15\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}} = 900\text{kg/m}^3 \times 0,14 = 126\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{enfoscats}} = 1900\text{kg/m}^3 \times 0,015 = 28,5\text{kg/m}^2$$



$$15+126+28,5= \mathbf{169,5kg/m^2}$$

$$R_A= 36,5 \times \lg 169,5 - 38,5= \mathbf{42,86dBA}$$

- Actuació 3: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enguixat 15mm + Sonoflex

$$d_{\text{enguixat}}= 1000\text{kg/m}^3 \times 0,015= 15\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}}= 900\text{kg/m}^3 \times 0,14= 126\text{kg/m}^2$$

$$\text{massa Sonoflex}= 6,5\text{kg/m}^2$$

$$15+126+15+6,5= \mathbf{162,5kg/m^2}$$

$$R_A= 36,5 \times \lg 162,5 - 38,5= \mathbf{41,53dBA}$$

- Actuació 4: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enfoscat 15mm + Sonoflex

$$d_{\text{enguixat}}= 1000\text{kg/m}^3 \times 0,015= 15\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}}= 900\text{kg/m}^3 \times 0,14= 126\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{enfoscat}}= 1900\text{kg/m}^3 \times 0,015= 28,5\text{kg/m}^2$$

$$\text{massa Sonoflex}= 6,5\text{kg/m}^2$$

$$15+126+28,5+6,5= \mathbf{176kg/m^2}$$

$$R_A= 36,5 \times \lg 176 - 38,5= \mathbf{43,46dBA}$$

- Actuació 5: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enguixat 15mm + Jetfal10

$$d_{\text{enguixat}}= 1000\text{kg/m}^3 \times 0,015= 15\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}}= 900\text{kg/m}^3 \times 0,14= 126\text{kg/m}^2$$

$$\text{massa Sonoflex}= 10\text{kg/m}^2$$

$$15+126+15+10= \mathbf{166kg/m^2}$$

$$R_A= 36,5 \times \lg 162,5 - 38,5= \mathbf{42,53dBA}$$

- Actuació 6: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enfoscat 15mm + Jetfal10

$$d_{\text{enguixat}}= 1000\text{kg/m}^3 \times 0,015= 15\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}}= 900\text{kg/m}^3 \times 0,14= 126\text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{enfoscats}} = 1900 \text{kg/m}^3 \times 0,015 = 28,5 \text{kg/m}^2$$

$$\text{massa Sonoflex} = 10 \text{kg/m}^2$$

$$15 + 126 + 28,5 + 10 = \mathbf{179,5 \text{kg/m}^2}$$

$$R_A = 36,5 \times \lg 179,5 - 38,5 = \mathbf{43,77 \text{dBA}}$$

- Actuació 7: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enguixat 15mm + lamina plom 2mm

$$d_{\text{enguixat}} = 1000 \text{kg/m}^3 \times 0,015 = 15 \text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}} = 900 \text{kg/m}^3 \times 0,14 = 126 \text{kg/m}^2$$

$$\text{massa lamina plom 2mm} = 24 \text{kg/m}^2$$

$$15 + 126 + 15 + 24 = \mathbf{180 \text{kg/m}^2}$$

$$R_A = 36,5 \times \lg 180 - 38,5 = \mathbf{43,82 \text{dBA}}$$

- Actuació 8: enguixat 15mm + maó perforat de 140mm + enfoscats 15mm + lamina plom 2mm

$$d_{\text{enguixat}} = 1000 \text{kg/m}^3 \times 0,015 = 15 \text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{maó perforat}} = 900 \text{kg/m}^3 \times 0,14 = 126 \text{kg/m}^2$$

$$d_{\text{enfoscats}} = 1900 \text{kg/m}^3 \times 0,015 = 28,5 \text{kg/m}^2$$

$$\text{massa lamina plom 2mm} = 24 \text{kg/m}^2$$

$$15 + 126 + 28,5 + 24 = \mathbf{193,5 \text{kg/m}^2}$$

$$R_A = 36,5 \times \lg 193,5 - 38,5 = \mathbf{44,96 \text{dBA}}$$

Un cop sabem lo que aïlla els elements base podem calcular a partir de la norma UNE-EN 12354-1 Annex D l'increment de reducció acústica del revestiment (extradossat) amb la formula següent:

$$f_o = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

On:

d = guix càmera en m

$m'1$ = densitat del element base en kg/m^2

$m'2$ = densitat recobrint en kg/m^2

Després d'aplicar la formula de la freqüència de ressonància tindrem un valor en Hertz (Hz) i aquest valor ens indicarà quina formula s'ha d'utilitzar per trobar el increment de reducció acústica del revestiment. Aquestes formules son les que tenim a continuació:

f0	Fórmula
≤ 80 Hz	$35-R_w/2$
≤ 100 Hz	$32-R_w/2$
≤ 125 Hz	$30-R_w/2$
≤ 160 Hz	$28-R_w/2$

Es aquí on aplicarem l'índex de reducció acústica del element base (quan calculem per llei de masses la reducció acústica del element base ens dona en R_A i aquí ens demana el R_W , en tot cas sempre el R_A té més restricció que el R_W per tant el resultat final es més conservador i quan construïm amb els materials calculats amb aquest valor i es facin les proves in situ d'aïllament acústic aquests resultats seran millors que els calculats) i obtindrem l'índex de reducció acústica del recobrint. Els càlculs amb els resultats estan al Annex 1 d'aquest treball. A continuació un resum dels índex de reducció acústica dels diferents recobriments segons actuacions:

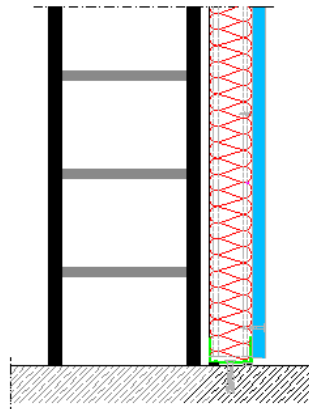
	ΔR_w
Actuació 1	14,225
Actuació 2	13,57
Actuació 3	13,9
Actuació 4	13,27
Actuació 5	13,725
Actuació 6	13,115
Actuació 7	13,09
Actuació 8	12,52

Si es compara els resultats de l'índex de reducció acústica dels recobriments es veu que cada vegada que augmenta el pes del element base, aquest índex del recobriment cada vegada es menor encara que el recobriment es el mateix en cada cas ja que només s'augmenta el pes del element base. Aquí es pot veure com n'és de difícil augmentar l'aïllament acústic ja que el so no segueix una llei lineal sinó logarítmica.

5.4.3. Relacions de dependència

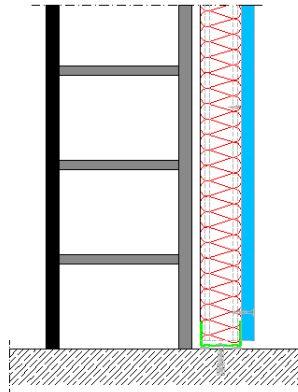
A continuació explicaré quines són les relacions de dependència de les actuacions sobre ESV. En aquesta obra n'hi haurà més ja que es tenen que desplaçar elements que estan dins l'habitatge com per exemple mobles de cuina, armaris, elements del bany, etc. Com que aquets són casos especials i puntuals també descriure les seves relacions de dependència però per cada cas

- Actuació 1:



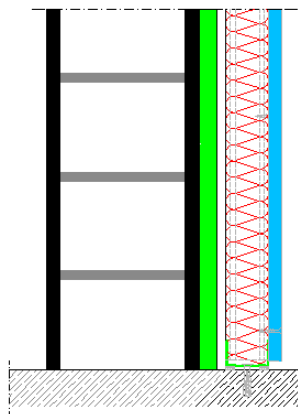
1. Extreure sòcols existents
2. Extreure interruptors
3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfil·laria i l'element base)
4. Retallar tarima existent
5. Col·locació bandes estanques de la perfil·laria
6. Col·locació perfil·laria
7. Col·locació llana mineral
8. Col·locació plaques cartró guix
9. Pintat
10. Col·locació sòcol
11. Col·locació interruptors

- Actuació 2



1. Extreure sòcols existents
2. Extreure interruptors
3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
4. Retallar tarima existent
5. Repicat enguixat
6. Enfoscar tot el parament
7. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
8. Col·locació perfilaria
9. Col·locació llana mineral
10. Col·locació plaques cartró guix
11. Pintat
12. Col·locació sòcol
13. Col·locació interruptors

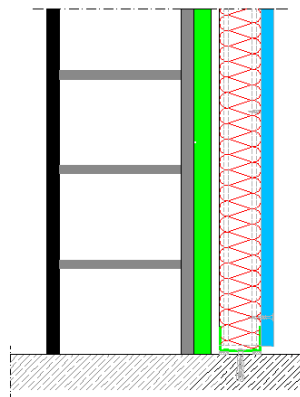
- Actuació 3



1. Extreure sòcols existents

2. Extreure interruptors
3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
4. Retallar tarima existent
5. Raspar enguixat amb espàtula
6. Aplicar cola Carlflex segons fabricant
7. Col·locar lamina Sonoflex
8. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
9. Col·locació perfilaria
10. Col·locació llana mineral
11. Col·locació plaques cartró guix
12. Pintat
13. Col·locació sòcol
14. Col·locació interruptors

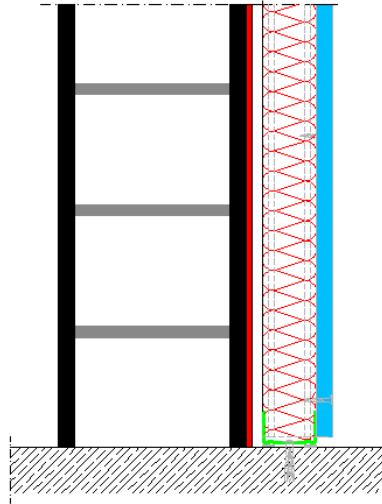
- Actuació 4



1. Extreure sòcols existents
2. Extreure interruptors
3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
4. Retallar tarima existent
5. Repicat enguixat
6. Enfoscar tot el parament
7. Aplicar cola Carlflex segons fabricant
8. Col·locar lamina Sonoflex
9. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
10. Col·locació perfilaria
11. Col·locació llana mineral
12. Col·locació plaques cartró guix

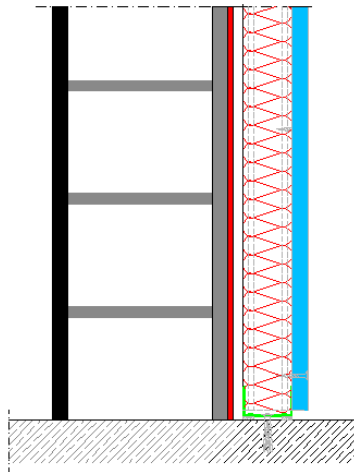
- 13. Pintat
- 14. Col·locació sòcol
- 15. Col·locació interruptors

- Actuació 5



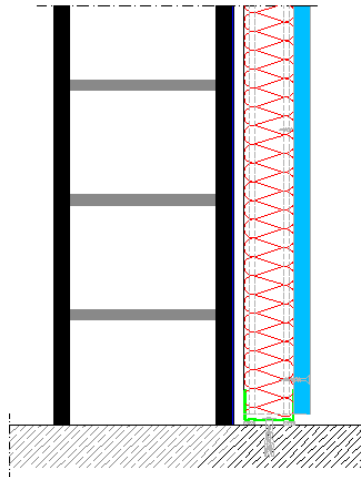
- 1. Extreure sòcols existents
- 2. Extreure interruptors
- 3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
- 4. Retallar tarima existent
- 5. Raspar enguixat amb espàtula
- 6. Col·locar lamina Jetfal10 autoadhesiva
- 7. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
- 8. Col·locació perfilaria
- 9. Col·locació llana mineral
- 10. Col·locació plaques cartró guix
- 11. Pintat
- 12. Col·locació sòcol
- 13. Col·locació interruptors

- Actuació 6



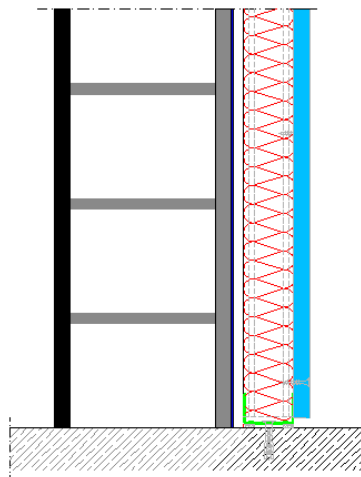
1. Extreure sòcols existents
2. Extreure interruptors
3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
4. Retallar tarima existent
5. Repicat enguixat
6. Enfoscar tot el parament
7. Col·locar lamina Jetfal10 autoadhesiva
8. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
9. Col·locació perfilaria
10. Col·locació llana mineral
11. Col·locació plaques cartró guix
12. Pintat
13. Col·locació sòcol
14. Col·locació interruptors

- Actuació 7



1. Extreure sòcols existents
2. Extreure interruptors
3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
4. Retallar tarima existent
5. Col·locar lamina plom 2mm amb cargols
6. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
7. Col·locació perfilaria
8. Col·locació llana mineral
9. Col·locació plaques cartró guix
10. Pintat
11. Col·locació sòcol
12. Col·locació interruptors

- Actuació 8



1. Extreure sòcols existents
 2. Extreure interruptors
 3. Replantejar l'extradossat (deixar 1cm de separació entre la perfilaria i l'element base)
 4. Retallar tarima existent
 5. Repicat enguixat
 6. Enfoscar tot el parament
 7. Col·locar lamina plom 2mm amb cargols
 8. Col·locació bandes estanques de la perfilaria
 9. Col·locació perfilaria
 10. Col·locació llana mineral
 11. Col·locació plaques cartró guix
 12. Pintat
 13. Col·locació sòcol
 14. Col·locació interruptors
- Cuina
1. Desconnexió dels serveis de la cuina
 2. Desmuntatge mobles, taulell i electrodomèstics
 3. Actuació
 4. Repàs dels mobles i taulell
 5. Muntatge mobles i electrodomèstics
 6. Connexió serveis de la cuina
- Bany
1. Desmuntatge i desconnexió dels elements del bany (els que estiguin afectats)
 2. Actuació (en aquest cas les plaques de cartró guix es substitueixen per plaques de ciment)
 3. Desmuntatge fals sostre de la plata inferior (si es mou el plat de dutxa, banyera o lavabo)
 4. Reconnexió xarxa sanejament
 5. Muntatge elements del bany afectats
 6. Reconnexió serveis (elèctric i aigua)
 7. Col·locació fals sostre inferior

- Armari de habitacions
 1. Desmuntatge armari
 2. Actuació
 3. Reacondicionament i repàs del armari
 4. Col·locació armari

- Armari de serveis
 1. Desmuntatge porta armari
 2. Desviació dels serveis afectats
 3. Actuació
 4. Col·locació serveis afectats
 5. Muntatge porta armari

- Porta entrada
 1. Desmuntatge porta entrada (bastiments inclosos)
 2. Actuació
 3. Muntatge bastiments nous
 4. Col·locació porta

5.4.4. Càlculs entre recintes

A partir d'aquí i saben tot els materials que utilitzaré i les seves propietats acústiques, amb l'opció general del càlcul, calcularé la millora que s'aconsegueix amb les diferents actuacions proposades a cada un dels recintes del edifici.

Primerament i seguint els requeriments que dicta el CTE DB HR , faré un llistat de tots els recintes i els requeriments que han de complir teòricament:

- 1a opció: només recintes protegits.

Codi	Descripció	Requeriment	
		DNTA↑	DNTA↓
Planta baixa			
B1SE-ST	Hab PB 1 sala estar a sala transformador	-	55
B1H-ZE1	Hab PB 1 habitació a zona escala 1	45	50
B2SE-ZC1	Hab PB 2 sala estar a zona comú 1	45	50

B2H-ASC	Hab PB 2 habitació a ascensor	-	50
B2H-B3B	Hab PB 2 habitació a hab PB 3 bany	45	50
B2H-B3H	hab PB 2 habitació a hab PB 3 habitació	50	50
B3H-B5B	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 bany	45	50
B3H-B5H	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 habitació	50	50
B4SE-ZC1	Hab PB 4 sala estar a zona comú 1	45	50
B4SE-P1	Hab PB 4 sala estar a passadís 1	45	50
B7SE-B6SE	Hab PB 7 sala estar a hab PB 6 sala estar	50	50
B7H-ZC2	Hab PB 7 habitació a zona comú 2	45	50
B6H-ZE3	Hab PB 6 habitació a zona escala 3	45	50
B8H-P2	Hab PB 8 habitació a passadís 2	45	50
B9H-ZC2	Hab PB 9 habitació a zona comú 2	45	50
B9SE-B8SE	Hab PB 9 sala estar a hab PB 8 sala estar	50	50
Planta primera			
P1SE-P5SE	Hab PP 1 sala estar a hab PP 5 sala estar	50	50
P1SE-P5B	Hab PP 1 sala estar a hab PP 5 bany	45	50
P1H-P2H	Hab PP 1 habitació a hab PP 2 a habitació	50	50
P2SE-P6SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 6 sala estar	50	50
P2SE-P3SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 3 sala estar	50	50
P3B-P6SE	Hab PP 3 bany a hab PP 6 sala estar	50	45
P3H-P6SE	Hab PP 3 habitació a hab PP 6 sala estar	50	50
P3H-P4H	Hab PP 3 habitació a hab PP 4 habitació	50	50
P3E-ZC4	Hab PP 3 entrada a zona comú 4	-	50
P4H-P7B	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 bany	45	50
P4H-P7H	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 habitació	50	50
P6H-P5H	Hab PP 6 habitació a hab PP 5 habitació	50	50
P9SE-P8SE	Hab PP 9 sala estar a hab PP 8 sala estar	50	50
P9H-P11H	Hab PP 9 habitació a hab PP 11 habitació	50	50
P8H-P10H	Hab PP 8 habitació a hab PP 10 habitació	50	50
P11SE-P10SE	Hab PP 11 sala estar a hab PP 10 sala estar	50	50
Planta segona			
S1SE-S5SE	Hab PS 1 sala estar a hab PS 5 sala estar	50	50
S1SE-S5B	Hab PS 1 sala estar a hab PS 5 bany	45	50

S1H-S2H	Hab PS 1 habitació a hab PS 2 a habitació	50	50
S2SE-S6SE	Hab PS 2 sala estar a hab PS 6 sala estar	50	50
S2SE-S3SE	Hab PS 2 sala estar a hab PS 3 sala estar	50	50
S3B-S6SE	Hab PS 3 bany a hab PS 6 sala estar	50	45
S3H-S6SE	Hab PS 3 habitació a hab PS 6 sala estar	50	50
S3H-S4H	Hab PS 3 habitació a hab PS 4 habitació	50	50
S3E-ZC4	Hab PS 3 entrada a zona comú 4	-	50
S4H-S7B	Hab PS 4 habitació a hab PS 7 bany	45	50
S4H-S7H	Hab PS 4 habitació a hab PS 7 habitació	50	50
S6H-S5H	Hab PS 6 habitació a hab PS 5 habitació	50	50
S9SE-S8SE	Hab PS 9 sala estar a hab PS 8 sala estar	50	50
S9H-S11H	Hab PS 9 habitació a hab PS 11 habitació	50	50
S8H-S10H	Hab PS 8 habitació a hab PS 10 habitació	50	50
S11SE-S10SE	Hab PS 11 sala estar a hab PS10 sala estar	50	50

- 2a opció i 3a opció (ja que en aquestes dos els requeriments seran els mateixos)

Codi	Descripció	Requeriment	
		DNTA↑	DNTA↓
Planta baixa			
B1SE-ST	Hab PB 1 sala estar a sala transformador	-	55
B1B-ST	Hab PB 1 bany a sala transformador	-	45
B1B-ZC1	Hab PB 1 bany a zona comú 1	45	45
B1E-ZC1	Hab PB 1 entrada a zona comú 1	-	45
B1H-ZE1	Hab PB 1 habitació a zona escala 1	-	50
B2SE-ZC1	Hab PB 2 sala estar a zona comú 1	-	50
B2B-ZC1	Hab PB 2 bany a zona comú 1	-	45
B2H-ASC	Hab PB 2 habitació a ascensor	-	50
B2H-B3B	Hab PB 2 habitació a hab PB 3 bany	45	50
B2H-B3H	Hab PB 2 habitació a hab PB 3 habitació	50	50
B3B-ZC1	Hab PB 3 bany a zona comú 1	45	45
B3E-ZC1	Hab PB 3 entrada a zona comú 1	45	45
B3E-B5E	Hab PB 3 entrada a hab PB 5 entrada	45	45

B3B-B5E	Hab PB 3 bany a hab PB 5 entrada	45	45
B3H-B5B	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 bany	45	50
B3H-B5H	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 habitació	50	50
B4B-ZE2	Hab PB 4 bany a zona escala 2	-	45
B4B-ZC1	Hab PB 4 bany a zona comú 1	45	45
B4SE-ZC1	Hab PB 4 sala estar a zona comú 1	45	50
B4SE-P1	Hab PB 4 sala estar a passadís 1	45	50
B7SE-B6SE	Hab PB 7 sala estar a hab PB 6 sala estar	50	50
B7B-B6B	Hab PB 7 bany a hab PB 6 bany	45	45
B7B-B6B	Hab PB 7 bany a hab PB 6 bany	45	45
B7E-B6E	Hab PB 7 entrada a hab PB 6 entrada	45	45
B7E-ZC2	Hab PB 7 entrada a zona comú 2	-	45
B7H-ZC2	Hab PB 7 habitació a zona comú 2	45	50
B6E-ZC2	Hab PB 6 entrada a zona comú 2	-	45
B6E-ZE3	Hab PB 6 entrada a zona escala 3	45	45
B6H-ZE3	Hab PB 6 habitació a zona escala 3	-	50
B8E-ZC2	Hab PB 8 entrada a zona comú 2	-	45
B8E-P2	Hab PB 8 entrada a passadís 2	-	45
B8H-P2	Hab PB 8 habitació a passadís 2	-	50
B9E-ZC2	Hab PB 9 entrada a zona comú 2	-	45
B9H-ZC2	Hab PB 9 habitació a zona comú 2	-	50
B9B-B8B	Hab PB 9 bany a hab PB 8 bany	45	45
B9SE-B8SE	Hab PB 9 sala estar a hab PB 8 sala estar	50	50
Planta primera			
P1SE-P5SE	Hab PP 1 sala estar a hab PP 5 sala estar	50	50
P1SE-P5B	Hab PP1 sala estar a hab PP 5 bany	45	50
P1B-P5B	Hab PP 1 Bany a hab PP 5 bany	45	45
P1E-P5E	Hab PP 1 entrada a hab PP 5 entrada	45	45
P1E-ZC3	Hab PP 1 entrada a zona comú 3	-	45
P1H-P2H	Hab PP 1 habitació a hab PP 2 a habitació	50	50
P2E-ZC3	Hab PP 2 entrada a zona comú 3	-	45
P2E-P6E	Hab PP 2 entrada a hab PP 6 entrada	45	45
P2B-P6B	Hab PP 2 Bany a hab PP 6 bany	45	45

P2SE-P6SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 6 sala estar	50	50
P2SE-P3SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 3 sala estar	50	50
P3B-P6SE	Hab PP 3 bany a hab PP 6 sala estar	50	45
P3H-P6SE	Hab PP 3 habitació a hab PP 6 sala estar	50	50
P3H-P4H	Hab PP 3 habitació a hab PP 4 habitació	50	50
P3E-ZC4	Hab PP 3 entrada a zona comú 4	-	50
P4B-ZC4	Hab PP 4 bany a zona comú 4	-	45
P4E-ZC4	Hab PP 4 entrada a zona comú 4	-	45
P4E-P7E	Hab PP 4 entrada a hab PP 7 entrada	45	45
P4B-P7E	Hab PP 4 bany a hab PP 7 entrada	45	45
P4H-P7B	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 bany	45	50
P4H-P7H	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 habitació	50	50
P7E-ZC4	Hab PP 7 entrada a zona comú 4	-	45
P6E-ZC3	Hab PP 6 entrada a zona comú 3	-	45
P6H-P5H	Hab PP 6 habitació a hab PP 5 habitació	50	50
P5E-ZC3	Hab PP 5 entrada a zona comú 3	-	45
P9SE-P8SE	Hab PP 9 sala estar a hab PP 8 sala estar	50	50
P9B-P8B	Hab PP 9 bany a hab PP 8 bany	45	45
P9B-P8B	Hab PP 9 bany a hab PP8 bany	45	45
P9E-P8E	Hab PP 9 entrada a hab PP 8 entrada	45	45
P9E-ZC5	Hab PP 9 entrada a zona comú 5	-	45
P9H-P11H	Hab PP 9 habitació a hab PP 11 habitació	50	50
P8E-ZC5	Hab PP 8 entrada a zona comú 5	-	45
P8H-P10H	Hab PP 8 habitació a hab PP 10 habitació	50	50
P10E-ZC5	Hab PP 10 entrada a zona comú 5	-	45
P11E-ZC5	Hab PP 11 entrada a zona comú 5	-	45
P11E-P10E	Hab PP 11 entrada a hab PP 10 entrada	45	45
P11B-P10B	Hab PP 11 bany a hab PP 10 bany	45	45
P11B-P10B	Hab PP 11 bany a hab PP 10 bany	45	45
P11SE-P10SE	Hab PP 11 sala estar a hab PP 10 sala estar	50	50
Planta segona			
S1SE-S5SE	Hab PS 1 sala estar a hab PS 5 sala estar	50	50
S1SE-S5B	Hab PS 1 sala estar a hab PS 5 bany	45	50

S1B-S5B	Hab PS 1 Bany a hab PS 5 bany	45	45
S1E-S5E	Hab PS 1 entrada a hab PS 5 entrada	45	45
S1E-ZC3	Hab PS 1 entrada a zona comú 3	-	45
S1H-S2H	Hab PS 1 habitació a hab PS 2 a habitació	50	50
S2E-ZC3	Hab PS 2 entrada a zona comú 3	-	45
S2E-S6E	Hab PS 2 entrada a hab PS 6 entrada	45	45
S2B-S6B	Hab PS 2 Bany a hab PS 6 bany	45	45
S2SE-S6SE	Hab PS 2 sala estar a hab PS 6 sala estar	50	50
S2SE-S3SE	Hab PS 2 sala estar a hab PS 3 sala estar	50	50
S3B-S6SE	Hab PS 3 bany a hab PS 6 sala estar	50	45
S3H-S6SE	Hab PS 3 habitació a hab PS 6 sala estar	50	50
S3H-S4H	Hab PS 3 habitació a hab PS 4 habitació	50	50
S3E-ZC4	Hab PS 3 entrada a zona comú 4	-	50
S4B-ZC4	Hab PS 4 bany a zona comú 4	-	45
S4E-ZC4	Hab PS 4 entrada a zona comú 4	-	45
S4E-S7E	Hab PS 4 entrada a hab PS 7 entrada	45	45
S4B-S7E	Hab PS 4 bany a hab PS 7 entrada	45	45
S4H-S7B	Hab PS 4 habitació a hab PS 7 bany	45	50
S4H-S7H	Hab PS 4 habitació a hab PS 7 habitació	50	50
S7E-ZC4	Hab PS 7 entrada a zona comú 4	-	45
S6E-ZC3	Hab PS 6 entrada a zona comú 3	-	45
S6H-S5H	Hab PS 6 habitació a hab PS 5 habitació	50	50
S5E-ZC3	Hab PS 5 entrada a zona comú 3	-	45
S9SE-S8SE	Hab PS 9 sala estar a hab PS 8 sala estar	50	50
S9B-S8B	Hab PS 9 bany a hab PS 8 bany	45	45
S9B-S8B	Hab PS 9 bany a hab PS 8 bany	45	45
S9E-S8E	Hab PS 9 entrada a hab PS 8 entrada	45	45
S9E-ZC5	Hab PS 9 entrada a zona comú 5	-	45
S9H-S11H	Hab PS 9 habitació a hab PS 11 habitació	50	50
S8E-ZC5	Hab PS 8 entrada a zona comú 5	-	45
S8H-S10H	Hab PS 8 habitació a hab PS 10 habitació	50	50
S10E-ZC5	Hab PS 10 entrada a zona comú 5	-	45
S11E-ZC5	Hab PS 11 entrada a zona comú 5	-	45

S11E-S10E	Hab PS 11 entrada a hab PS 10 entrada	45	45
S11B-S10B	Hab PS 11 bany a hab PS 10 bany	45	45
S11B-S10B	Hab PS 11 bany a hab PS 10 bany	45	45
S11SE-S10SE	Hab PS 11 sala estar a hab PS 10 sala estar	50	50

Una vegada tots els recintes estan identificats amb el seu codi i el requeriment del DB HR ja es pot començar a calcular amb l'eina oficial de càlcul del DB HR del CTE. En el meu cas he utilitzat la versió V.2 d'aquesta eina ja que la versió V.3 vaig tenir problemes per crear nous casos amb materials propis així que vaig decidir utilitzar la versió antiga que l'únic que canvia es que la versió V.2 son fulles d'excel i la versió V.3 es un programa.

Primerament i per cada un dels casos a estudiar s'ha d'escollir el tipus de cas que es. En aquest cas he fet servir els següents:

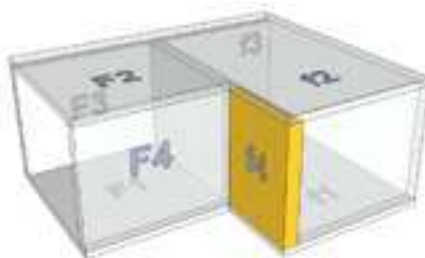
- 2 arestes en comú en ESV cas a



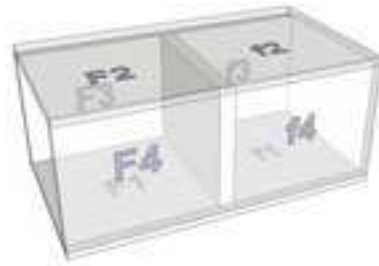
- 2 arestes en comú en ESV cas b



- 3 arestes en comú en ESV



- 4 arestes en comú en ESV



Depenent de la geometria dels recintes s'escollirà un d'aquest quatre tipus.

Un cop tenim el cas creat segons la geometria dels recintes, el procés continua entrant les dades a la fulla Excel, tant materials i sistemes constructius com dades geomètriques dels dos recintes que s'estan estudiant en aquell moment. Al moment de escollir les unions o encontres, en un edifici existent per rehabilitar o reformar es difícil escollir una altra opció que no siguin unions rígides per dos raons, la primera els edificis que ara mateix es poden trobar en aquesta situació i en aquest cas totes les unions seran d'aquest tipus ja que anys enrere no es tenia en compte la transmissió de soroll per flancs i la construcció era lògica que els encontres no tinguessin capes dessolidaritzadores i la segona que en el cas que aquesta part es volgués reformar, tallant envans i creant la dessolidarització d'aquest paraments la unió quedaria fluixa i per tant podria fer que l'envà es tornes inestable. En fulles on la massa es superior a 150kg/m^2 no seria necessari aquesta actuació ja que el propi pes de la fulla ja seria suficient, per això comento lo dels envans, que la seva massa es inferior a 150kg/m^2 i aquí si que la massa no es suficient i per tant la transmissió del so seria més fàcil però per aquesta raó, de no crear un element inestable, he decidit no canviar les unions o encontres.

A continuació una taula amb tots els resultats segons actuació i opció (per no ampliar més de lo necessari el quadre, les plantes primera i segona, com que son iguals, només tindran una fila de resultats). Totes les fulles justificatives les podem trobar al Annex 3 :

Codi	Requeriment		Inicial		Actuació 1		Actuació 2		Actuació 3		Actuació 4		Actuació 5		Actuació 6		Actuació 7		Actuació 8	
	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓
B1SE-ST	-	55	45	47	49	51	49	51	49	51	50	52	49	51	50	52	50	52	50	53
B1H-ZE1	45	50	38	39	45	45	45	46	45	46	45	46	45	46	46	46	46	46	46	47
B2SE-ZC1	45	50	41	37	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43
B2H-ASC	-	50		43		53		53		53		54		53		54		54		54
B2H-B3B	45	50	41	44			44	48			45	48			45	48			45	49
B2H-B3H	50	50	40	40	45	45	46	46	45	46	46	46	46	46	46	47	46	47	47	47
B3H-B5B	45	50	37	42	49	54	49	54			49	54			49	54			50	55
B3H-B5H	50	50	40	39	47	46	47	47	47	46	47	47	47	46	48	47	48	47	48	48
B4SE-ZC1	45	50	43	41	54	52	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	56	53
B4SE-P1	45	50	36	42	42	47	43	48	42	47	43	48	42	47	43	48	43	48	44	49
B7SE-B6SE	50	50	43	43	48	49	49	50	49	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	51
B7H-ZC2	45	50	43	38	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	57	51
B6H-ZE3	45	50	37	37	43	43	43	43	43	43	44	44	43	43	44	44	44	44	45	45
B8H-P2	45	50	36	39	41	44	42	44	41	44	42	45	42	44	42	45	42	45	43	46
B9H-ZC2	45	50	43	38	50	44	50	45	50	45	51	46	50	45	51	46	51	46	52	46
B9SE-B8SE	50	50	43	43	49	49	50	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	51	51
P1SE-P5SE	50	50	44	44	49	50	50	51	50	50	50	51	50	50	51	51	51	51	51	52
P1SE-P5B	45	50	37	46			43	52			43	52			43	52		44	53	
P1H-P2H	50	50	39	39	43	43	44	44	44	43	44	44	44	43	45	44	45	44	45	45
P2SE-P6SE	50	50	44	44	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	50	50	50	50	51	51
P2SE-P3SE	50	50	41	40	47	47	48	47	48	47	48	48	48	47	48	48	48	48	49	48
P3B-P6SE	50	45	45	38			55	48			55	48			55	48		56	56	49
P3H-P6SE	50	50	42	40	49	46	49	47	49	47	49	47	49	47	50	47	50	47	50	48
P3H-P4H	50	50	40	38	44	42	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	46	44	46	44
P3E-ZC4	-	50	40	42	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45
P4H-P7B	45	50	37	42	49	54	49	54			49	54			49	54			50	55
P4H-P7H	50	50	40	39	47	46	47	47	47	46	47	47	47	46	48	47	48	47	48	48
P6H-P5H	50	50	40	40	44	44	45	45	45	44	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46
P9SE-P8SE	50	50	43	43	48	49	49	50	49	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	51
P9H-P11H	50	50	40	41	46	46	46	47	46	47	47	47	46	47	47	47	47	47	48	48
P8H-P10H	50	50	40	40	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46	46
P11SE-P10SE	50	50	43	43	49	49	50	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	51	51

Codi	Requeriment		Inicial		Actuació 1		Actuació 2		Actuació 3		Actuació 4		Actuació 5		Actuació 6		Actuació 7		Actuació 8	
	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓
B1SE-ST	-	55	45	47	54	56	54	56	54	56	54	56	54	56	54	57	54	57	55	57
B1B-ST	-	45	45	37			55	48			55	48			55	48			56	48
B1B-ZC1	45	45	48	38			56	46			57	47			57	47			58	48
B1E-ZC1	-	45	33	23	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37
B1H-ZE1	45	50	38	39	45	45	45	46	45	46	45	46	45	46	46	46	46	46	46	47
B2SE-ZC1	45	50	41	37	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43
B2B-ZC1	45	45	47	36			57	47			57	47			57	47			57	47
B2B-ASC	-	45																		
B2H-ASC	-	50		43		53		53		53		54		53		54		54		54
B2H-B3B	45	50	41	44			44	48			45	48			45	48			45	49
B2H-B3H	50	50	40	40	45	45	46	46	45	46	46	46	46	46	46	47	46	47	47	47
B3B-ZC1	45	45	48	38			58	48			58	48			58	48			58	49
B3E-ZC1	45	45	43	38	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39
B3E-B5E	45	45	41	41	51	51	52	52	51	52	52	52	52	52	52	52	52	52	53	53
B3B-B5E	45	45	39	35	46	42	46	42	46	42	47	43	46	42	47	43	47	43	47	43
B3H-B5B	45	50	37	42	49	54	49	54			49	54			49	54			50	55
B3H-B5H	50	50	40	39	47	46	47	47	47	46	47	47	47	46	48	47	48	47	48	48
B5E-ZC1	45	45	43	38	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39
B4B-ZC1	45	45	50	40			59	49			60	50			60	50			60	50
B4SE-ZC1	45	50	43	41	54	52	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	56	53
B4SE-P1	45	50	36	42	42	47	43	48	42	47	43	48	42	47	43	48	43	48	44	49
B7SE-B6SE	50	50	43	43	48	49	49	50	49	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	51
B7B-B6B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
B7B-B6B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
B7E-B6E	45	45	42	41	46	44	46	45	46	45	47	45	46	45	47	46	47	46	48	46
B7E-ZC2	45	45	41	37	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40
B7H-ZC2	45	50	43	38	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	57	51
B6E-ZC2	45	45	42	37	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39
B6E-ZE3	45	45	40	39	52	50	52	51	52	51	52	51	52	51	52	51	53	51	53	52
B6H-ZE3	45	50	37	37	43	43	43	43	43	43	44	44	43	43	44	44	44	44	45	45
B8E-ZC2	45	45	42	38	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39
B8E-P2	45	45	41	42	51	52	51	52	51	52	51	53	51	52	52	53	52	53	52	53
B8H-P2	45	50	36	39	41	44	42	44	41	44	42	45	42	44	42	45	42	45	43	46
B9E-ZC2	45	45	41	36	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39
B9H-ZC2	45	50	43	38	50	44	50	45	50	45	51	46	50	45	51	46	51	46	52	46
B9B-B8B	45	45	39	39			44	44			44	44			44	44			45	45
B9SE-B8SE	50	50	43	43	49	49	50	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	51	51
P1SE-P5SE	50	50	44	44	49	50	50	51	50	50	50	51	50	50	51	51	51	51	51	52
P1SE-P5B	45	50	37	46			43	52			43	52			43	52			44	53
P1B-P5B	45	45	39	39			43	43			43	43			43	43			44	44
P1E-P5E	45	45	41	39	45	43	46	44	46	44	46	44	46	44	47	44	47	45	47	45

P1E-ZC3	-	45	39	34	41	36	41	36	41	36	41	36	41	36	41	37	41	37	41	37
P1H-P2H	50	50	39	39	43	43	44	44	44	43	44	44	44	43	45	44	45	44	45	45
P2E-ZC3	-	45	39	33	41	35	41	35	41	35	41	35	41	35	41	36	41	36	41	36
P2E-P6E	45	45	42	38	45	42	46	43	46	42	46	43	46	43	46	43	46	43	47	44
P2B-P6B	45	45	39	39			43	43			43	43			43	43			44	44
P2SE-P6SE	50	50	44	44	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	50	50	50	50	51	51
P2SE-P3SE	50	50	41	40	47	47	48	47	48	47	48	48	48	47	48	48	48	48	49	48
P3B-P6SE	50	45	45	38			55	48			55	48			55	48			56	49
P3H-P6SE	50	50	42	40	49	46	49	47	49	47	49	47	49	47	50	47	50	47	50	48
P3H-P4H	50	50	40	38	44	42	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	46	44	46	44
P3E-ZC4	-	50	40	42	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45
P4B-ZC4	-	45	43	38			52	47			52	47			52	47			53	47
P4E-ZC4	-	45	39	38	41	39	41	39	41	39	41	39	41	39	41	40	41	40	41	40
P4E-P7E	45	45	41	41	51	51	52	52	51	52	52	52	52	52	52	52	52	52	53	53
P4B-P7E	45	45	39	35			46	42			47	43			47	43			47	43
P4H-P7B	45	50	37	42	49	54	49	54			49	54			49	54			50	55
P4H-P7H	50	50	40	39	47	46	47	47	47	46	47	47	47	46	48	47	48	47	48	48
P7E-ZC4	-	45	39	38	41	39	41	39	41	39	41	39	41	39	41	40	41	40	41	40
P6E-ZC3	-	45	39	33	41	36	41	36	41	36	41	36	41	36	42	36	42	36	42	36
P6H-P5H	50	50	40	40	44	44	45	45	45	44	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46
P5E-ZC3	-	45	39	38	41	39	41	39	41	39	41	39	41	39	42	39	42	39	42	39
P9SE-P8SE	50	50	43	43	48	49	49	50	49	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	51
P9B-P8B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
P9B-P8B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
P9E-P8E	45	45	42	41	46	44	46	45	46	45	47	45	46	45	47	46	47	46	48	46
P9E-ZC5	-	45	40	38	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41
P9H-P11H	50	50	40	41	46	46	46	47	46	47	47	47	46	47	47	47	47	47	48	48
P8E-ZC5	-	45	40	36	43	39	43	39	43	39	43	39	43	39	43	40	43	40	43	40
P8H-P10H	50	50	40	40	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46	46
P10E-ZC5	-	45	40	37	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40
P11E-ZC5	-	45	41	39	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41
P11E-P10E	45	45	42	42	46	46	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	48	48
P11B-P10B	45	45	39	39			44	44			44	44			44	44			45	45
P11B-P10B	45	45	39	39			44	44			44	44			44	44			45	45
P11SE-P10SE	50	50	43	43	49	49	50	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	51	51

- 3a opció:

Codi	Requeriment		Inicial		Actuació 1		Actuació 2		Actuació 3		Actuació 4		Actuació 5		Actuació 6		Actuació 7		Actuació 8	
	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓	DNTA↑	DNTA↓
B1SE-ST	-	55	45	47	54	56	54	56	54	56	54	56	54	56	54	57	54	57	55	57
B1B-ST	-	45	45	37			55	48			55	48			55	48			56	48
B1B-ZC1	45	45	48	38			56	46			57	47			57	47			58	48
B1E-ZC1	-	45	33	23	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37	46	37
B1H-ZE1	-	50	38	39	48	49	48	49	48	49	49	49	48	49	49	50	49	50	49	50
B2SE-ZC1	-	50	41	37	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43	46	43
B2B-ZC1	-	45	47	36			57	47			57	47			57	47			57	47
B2H-ASC	-	50		43		53		53		53		54		53		54		54		54
B2H-B3B	45	50	41	44			44	48			45	48			45	48			45	49
B2H-B3H	50	50	40	40	49	49	50	50	49	50	50	50	49	50	50	50	50	50	50	51
B3B-ZC1	45	45	48	38			58	48			58	48			58	48			58	49
B3E-ZC1	45	45	43	38	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39
B3E-B5E	45	45	41	41	51	51	52	52	51	52	52	52	52	52	52	52	52	52	53	53
B3B-B5E	45	45	39	35	46	42	46	42	46	42	47	43	46	42	47	43	47	43	47	43
B3H-B5B	45	50	37	42	49	54	49	54			49	54			49	54			50	55
B3H-B5H	50	50	40	39	47	46	47	47	47	46	47	47	47	46	48	47	48	47	48	48
B5E-ZC1	-	45	43	38	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39	45	39
B4B-ZC1	45	45	50	40			59	49			60	50			60	50			60	50
B4SE-ZC1	45	50	43	41	54	52	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	55	53	56	53
B4SE-P1	45	50	36	42	42	47	43	48	42	47	43	48	42	47	43	48	43	48	44	49
B7SE-B6SE	50	50	43	43	48	49	49	50	49	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	51
B7B-B6B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
B7B-B6B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
B7E-B6E	45	45	42	41	46	44	46	45	46	45	47	45	46	45	47	46	47	46	48	46
B7E-ZC2	-	45	41	37	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40
B7H-ZC2	45	50	43	38	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	56	50	57	51
B6E-ZC2	-	45	42	37	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39
B6E-ZE3	45	45	40	39	52	50	52	51	52	51	52	51	52	51	52	51	53	51	53	52
B6H-ZE3	-	50	37	37	49	49	49	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	50	50
B8E-ZC2	-	45	42	38	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39
B8E-P2	-	45	41	42	51	52	51	52	51	52	51	53	51	52	52	53	52	53	52	53
B8H-P2	-	50	36	39	47	49	47	50	47	49	47	50	47	50	47	50	47	50	48	51
B9E-ZC2	-	45	41	36	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39	44	39
B9H-ZC2	-	50	43	38	59	54	59	54	59	54	59	54	59	54	59	54	59	54	59	54
B9B-B8B	45	45	39	39			44	44			44	44			44	44			45	45
B9SE-B8SE	50	50	43	43	49	49	50	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	51	51
P1SE-P5SE	50	50	44	44	49	50	50	51	50	50	50	51	50	50	51	51	51	51	51	52
P1SE-P5B	45	50	37	46			43	52			43	52			43	52			44	53
P1B-P5B	45	45	39	39			43	43			43	43			43	43			44	44
P1E-P5E	45	45	41	39	45	43	46	44	46	44	46	44	46	44	47	44	47	45	47	45
P1E-ZC3	-	45	39	34	41	36	41	36	41	36	41	36	41	36	41	37	41	37	41	37
P1H-P2H	50	50	39	39	47	46	47	47	47	47	48	47	47	47	48	47	48	47	48	48
P2E-ZC3	-	45	39	33	41	35	41	35	41	35	41	35	41	35	41	36	41	36	41	36

P2E-P6E	45	45	42	38	45	42	46	43	46	42	46	43	46	43	46	43	46	43	47	44
P2B-P6B	45	45	39	39			43	43			43	43			43	43			44	44
P2SE-P6SE	50	50	44	44	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	50	50	50	50	51	51
P2SE-P3SE	50	50	41	40	47	47	48	47	48	47	48	48	48	47	48	48	48	48	49	48
P3B-P6SE	50	45	45	38			55	48			55	48			55	48			56	56
P3H-P6SE	50	50	42	40	49	46	49	47	49	47	49	47	49	47	50	47	50	47	50	48
P3H-P4H	50	50	40	38	48	46	48	46	48	46	49	47	48	46	49	47	49	47	49	47
P3E-ZC4	-	50	40	42	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45	43	45
P4B-ZC4	-	45	43	38			52	47			52	47			52	47			53	47
P4E-ZC4	-	45	39	38	41	39	41	39	41	39	41	39	41	39	41	40	41	40	41	40
P4E-P7E	45	45	41	41	51	51	52	52	51	52	52	52	52	52	52	52	52	52	53	53
P4B-P7E	45	45	39	35			46	42			47	43			47	43			47	43
P4H-P7B	45	50	37	42	49	54	49	54			49	54			49	54			50	55
P4H-P7H	50	50	40	39	47	46	47	47	47	46	47	47	47	46	48	47	48	47	48	48
P7E-ZC4	-	45	39	38	41	39	41	39	41	39	41	39	41	39	41	40	41	40	41	40
P6E-ZC3	-	45	39	33	41	36	41	36	41	36	41	36	41	36	42	36	42	36	42	36
P6H-P5H	50	50	40	40	48	47	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	49	49
P5E-ZC3	-	45	39	38	41	39	41	39	41	39	41	39	41	39	42	39	42	39	42	39
P9SE-P8SE	50	50	43	43	48	49	49	50	49	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	51
P9B-P8B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
P9B-P8B	45	45	39	38			43	42			43	43			44	43			44	44
P9E-P8E	45	45	42	41	46	44	46	45	46	45	47	45	46	45	47	46	47	46	48	46
P9E-ZC5	-	45	40	38	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41
P9H-P11H	50	50	40	41	46	46	46	47	46	47	47	47	46	47	47	47	47	47	48	48
P8E-ZC5	-	45	40	36	43	39	43	39	43	39	43	39	43	39	43	40	43	40	43	40
P8H-P10H	50	50	40	40	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49	49	49	49
P10E-ZC5	-	45	40	37	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40	43	40
P11E-ZC5	-	45	41	39	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41	43	41
P11E-P10E	45	45	42	42	46	46	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	48	48
P11B-P10B	45	45	39	39			44	44			44	44			44	44			45	45
P11B-P10B	45	45	39	39			44	44			44	44			44	44			45	45
P11SE-P10SE	50	50	43	43	49	49	50	49	49	49	50	50	49	49	50	50	50	50	51	51

Després d'estudiar tots els resultats, he escollit la solució que més adient era per aquell recinte acústicament i son les que estan marcades en verd.

A continuació uns comentaris respecte als resultats:

- Es pot veure la gran millora respecte al estat inicial del edifici a mesura que es va aplicant una actuació cada cop millor.
- Es pot veure lo difícil que es augmentar l'aïllament acústic entre les actuacions ja que entre les actuacions 1 fins les actuacions 8 l'increment d'aïllament com a màxim puja 3 dBA i l'increment de la massa del parament es força important.
- En l'opció 3 per arribar a fer complir totes les estances (menys les que comparteixen porta) en alguns casos que no arribava al màxim de 3dBA per sota els requeriments del CTE la solució que he agafat a set extradossar als dos costats del ESV.
- Com ja he comentat en apartats anteriors, els recintes que comparteixen porta es molt difícil arribar als requeriments del CTE i el que diu el CTE que en aquets recintes la porta que comparteixen si es un recinte protegit ha de tenir 30dBA d'aïllament i en recintes habitables ha de tenir 20dBA d'aïllament. Com que les portes d'entrada als habitatges d'aquest edifici tenen un índex d'aïllament de 34dBA, ja compleixen amb el que diu el CTE (aquest valor l'he escollit ja que es una porta normal sense tractament acústic i en les cases comercials que he trobat era el màxim que podia aïllar una porta sense tractament acústic).

5.4.5. Pressupost

Per realitzar el pressupost d'aquestes diferent opcions que he proposat, he tingut en compte totes les accions que es farien per realitzar aquesta obra i segons he descrit anteriorment en les relacions de dependència de les diferents actuacions.

El pressupost, com que l'obra afecta a tots els habitatges del edifici i també a les zones comuns, l'he dividit segons la divisió horitzontal, així es pot saber quina part li toca pagar a cada propietari. En l'elaboració del pressupost, però, ho he fet per habitatge ja que en el cas hipotètic que només algun propietari vulgues fer l'obra a la seva vivenda es podria saber quan ha de pagar sense modificar el pressupost.

A continuació un resum del pressupost per saber la diferencia de preu entre les diferents opcions i el que ha de pagar cada propietari per dur a terme la reforma (al Annex 5 podem trobar els amidaments i el pressupost detallat):

Habitatge	Superfície (m2)	% sobre total	Pressupost per habitatge		
			1a opció (€)	2a opció (€)	3a opció (€)
B1	60,89	2,70	1.546,50	2.559,69	3.059,77
B2	49,13	2,18	1.247,82	2.065,32	2.468,82
B3	96,40	4,28	2.448,39	4.052,46	4.844,17
B4	56,66	2,52	1.439,06	2.381,87	2.847,21
B5	83,46	3,71	2.119,74	3.508,49	4.193,93
B6	66,51	2,95	1.689,24	2.795,94	3.342,18
B7	86,03	3,82	2.185,01	3.616,52	4.323,07
B8	76,82	3,41	1.951,09	3.229,35	3.860,26
B9	72,01	3,20	1.828,93	3.027,15	3.618,56
P1	63,61	2,82	1.615,58	2.674,03	3.196,45
P2	44,69	1,98	1.135,05	1.878,68	2.245,71
P3	57,32	2,54	1.455,83	2.409,61	2.880,37
P4	96,40	4,28	2.448,39	4.052,46	4.844,17
P5	77,47	3,44	1.967,60	3.256,68	3.892,93
P6	44,50	1,98	1.130,22	1.870,69	2.236,16
P7	83,46	3,71	2.119,74	3.508,49	4.193,93
P8	68,15	3,03	1.730,89	2.864,89	3.424,59
P9	90,87	4,03	2.307,94	3.819,99	4.566,29
P10	91,18	4,05	2.315,81	3.833,02	4.581,86
P11	84,69	3,76	2.150,98	3.560,19	4.255,74
S1	63,61	2,82	1.615,58	2.674,03	3.196,45
S2	44,69	1,98	1.135,05	1.878,68	2.245,71
S3	57,32	2,54	1.455,83	2.409,61	2.880,37
S4	96,40	4,28	2.448,39	4.052,46	4.844,17
S5	77,47	3,44	1.967,60	3.256,68	3.892,93
S6	44,50	1,98	1.130,22	1.870,69	2.236,16
S7	83,46	3,71	2.119,74	3.508,49	4.193,93
S8	68,15	3,03	1.730,89	2.864,89	3.424,59
S9	90,87	4,03	2.307,94	3.819,99	4.566,29
S10	91,18	4,05	2.315,81	3.833,02	4.581,86
S11	84,69	3,76	2.150,98	3.560,19	4.255,74
Total	2.252,59	100,00	57.211,84	94.694,25	113.194,33

Un comentari respecte al pressupost i es lo econòmic que surt fer una actuació tant important com aquesta, ja que el nivell d'aïllament respecte l'existent al edifici es molt superior i cada propietari, per un preu molt competitiu, rebria una qualitat de vida molt superior a la que té actualment.

6. Conclusions

L'objectiu proposat en aquest treball final de grau era l'estudi de diferents propostes/actuacions acústiques per millorar l'aïllament acústic en un edifici plurifamiliar concret. Primerament una exposició de la teoria acústica per saber a que ens enfrontem i després el cas pràctic per aplicar els nous coneixements sobre l'opció general, descrita per el CTE DB HR. En la proposta del treball final de grau vaig proposar de fer una reforma total, es a dir, elements de separació vertical, elements de separació horitzontal i envolvent, però amb el meu tutor vam decidir acotar el treball a només tenir en compte per el cas pràctic els elements de separació verticals entre veïns ja que vam creure que tot lo que donava per fer aquest apartat ja era suficient per realitzar un treball de final de grau i així ha set.

La realització d'aquest estudi ha sigut difícil, primerament per entendre com funciona el so que es un fenomen complex i es difícil d'entendre i després la realització del cas pràctic, amb el programa subministrat pel CTE que es difícil fer-ho tot bé a la primera ja que cada element s'ha d'avaluar i estudiar pausadament i amb criteri i això fa que per algú inexpert sigui una feina lenta però es així com s'estudia i se'n aprèn.

La conclusió final sobre els resultats ja ha quedat justificat la gran millora d'aïllament acústic, intentant millorar l'element base existent i extradossant a una cara (el DB HR en l'opció simplificada, quan s'extradossa amb sistemes autoportant de cartró guix demana que s'extradossi als dos costats del parament, descrit per l'opció tipus 1) i així ha sigut, en les opcions proposades, la primera que només era en recintes protegits i la segona per tots els recintes la millora ha sigut molt gran i en aquestes dos opcions només s'ha extradossat en una cara. La tercera opció era per tots els recintes, que complissin amb els requisits del CTE (màxim 3dB de marge) i en poques estances s'ha tingut que extradossar en les dos cares respecte a la totalitat d'elements estudiats. Així que es pot fer una comparació entre l'opció simplificada i l'opció general, que en la simplificada s'ha d'extradossar en les dos cares i en aquest cas en gairebé totes les estances, per l'opció 3, s'ha extradossat en una cara i això es un clar estalvi en el pressupost final.

7. Referències bibliogràfiques

Pàgines web

- Saint Gobain. (2015). *Placo*. Recuperat de <https://www.placo.es/es-es/>
- Saint Gobain. (2000). *Isover*. Recuperat de <http://www.isover.es/>
- Rockwool Peninsular S.A.U. (2012). *Rockwool*. Recuperat de <http://www.rockwool.es/>
- Sapa Building Systems España SLU. (2010). *Technal*. Recuperat de <http://www.technal.es/>
- Asfaltex SA. (2015). *Asfaltex*. Recuperat de <http://www.asfaltex.com/>
- Acústica Integral. (2013). *Acústica Integral*. <http://www.acusticaintegral.com/>

Apunts

- Llorens Sulivera, J. (2015). *Construcció 6* [Apunts acadèmics]. UdGMoodle
- Casadevall, D. (2014). *Acústica en l'habitatge* [Apunts acústica]. CECAM

Llibres

- Rodríguez Rodríguez, F J., de la Puente Crespo, J., Díaz Sanchidrián, C. (2008). *Guía acústica de la construcción* (2a edició). Madrid: Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000, S.L.
- Carrascal García, M T., Romero Fernández, A., Casla Herguedas, M B. (2014). *Guía de aplicaciones del DB HR: Protección frente al ruido*. Madrid: Gobierno de España, Ministerio de fomento

Normativa

- Espanya. UNE-EN 12354-1, 20 de Desembre del 2000, de Acústica de la edificació. (AENOR)

8. Annex

Annex 1

Càlculs per freqüències

Actuació 1

Millora del índex de reducció acústica del recobriment (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriment en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	156
m'2	19,7
Rw	41,55

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enguixat
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,92	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonancia, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	14,225
≤100Hz	32-Rw/2	11,225
≤125Hz	30-Rw/2	9,225
≤160Hz	28-Rw/2	7,225

Actuació 2

Millora del índex de reducció acústica del recobriments (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriments en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	169,5
m'2	19,7
Rw	42,86

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enfoscat

Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior

Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,69	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonància, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	13,57
≤100Hz	32-Rw/2	10,57
≤125Hz	30-Rw/2	8,57
≤160Hz	28-Rw/2	6,57

Actuació 3

Millora del índex de reducció acústica del recobriment (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriment en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	162,5
m'2	19,7
Rw	42,2

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enguixat + Sonoflex
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,81	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonancia, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	13,9
≤100Hz	32-Rw/2	10,9
≤125Hz	30-Rw/2	8,9
≤160Hz	28-Rw/2	6,9

Actuació 4

Millora del índex de reducció acústica del recobriment (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriment en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	176
m'2	19,7
Rw	43,46

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enfoscat + Sonoflex
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,59	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonancia, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	13,27
≤100Hz	32-Rw/2	10,27
≤125Hz	30-Rw/2	8,27
≤160Hz	28-Rw/2	6,27

Actuació 5

Millora del índex de reducció acústica del recobriment (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriment en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	166
m'2	19,7
Rw	42,53

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enguixat + Jetfal
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,75	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonancia, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	13,735
≤100Hz	32-Rw/2	10,735
≤125Hz	30-Rw/2	8,735
≤160Hz	28-Rw/2	6,735

Actuació 6

Millora del índex de reducció acústica del recobriment (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriment en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	179,5
m'2	19,7
Rw	43,77

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enfoscat + Jetfal
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,53	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonancia, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	13,115
≤100Hz	32-Rw/2	10,115
≤125Hz	30-Rw/2	8,115
≤160Hz	28-Rw/2	6,115

Actuació 7

Millora del índex de reducció acústica del recobriment (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriment en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	180
m'2	19,7
Rw	43,82

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enguixat + Plom 2mm
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,53	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonancia, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	13,09
≤100Hz	32-Rw/2	10,09
≤125Hz	30-Rw/2	8,09
≤160Hz	28-Rw/2	6,09

Actuació 8

Millora del índex de reducció acústica del recobriments (Element base + Càmera + Trasdossat)

Segons norma UNE-EN 12354-1 Annex D

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'1} + \frac{1}{m'2} \right)}$$

d= guix càmera en m

m'1= densitat del element base en Kg/m²

m'2= densitat recobriments en Kg/m²

Rw= índex ponderat de reducció acústica del element base en dB

Dades

d	0,058
m'1	193,5
m'2	19,7
Rw	44,96

Descripció

Element base: enguixat+ maó perforat (29+14+10) + enfoscat + Plom 2mm
Trasdossat: entramat autoportant de 48 amb placa PYL de 15 i llana mineral al interior
Separació d'1cm entre l'element base i el trasdossat.

Càlculs

f ₀	52,35	Hz
----------------	-------	----

Resultats

En funció de la freqüència de resonància, s'escollirà una de les següents equacions

f ₀	Fórmula	ΔRw
≤80 Hz	35-Rw/2	12,52
≤100Hz	32-Rw/2	9,52
≤125Hz	30-Rw/2	7,52
≤160Hz	28-Rw/2	5,52

Annex 2

Àrees i volums de les estàncies

Opció 1

Codi	Descripció	Area 1r (m2)	Area 2n (m2)	Volum 1r (m3)	Volum 2n (m3)	Aresta (m)
B1SE-ST	Hab PB 1 sala estar a sala transformador	34,3	20,75	89,18	53,95	1,3
B1H-ZE1	Hab PB 1 habitació a zona escala 1	14,65	11,93	38,09	31,02	7,15
B2SE-ZC1	Hab PB 2 sala estar a zona comú 1	21,25	43,47	55,25	113,02	9,72
B2H-ASC	Hab PB 2 habitació a ascensor	10,95	-	28,47	-	3,15
B2H-B3B	Hab PB 2 habitació a hab PB 3 bany	10,95	5	28,47	13,00	0,89
B2H-B3H	hab PB 2 habitació a Hab PB 3 habitació	10,95	11,58	28,47	30,11	2,69
B3H-B5B	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 bany	12,98	3,9	33,75	10,14	1,79
B3H-B5H	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 habitació	12,98	14,76	33,75	38,38	3,27
B4SE-ZC1	Hab PB 4 sala estar a zona comú 1	29,95	43,47	77,87	113,02	5,15
B4SE-P1	Hab PB 4 sala estar a passadís 1	29,95	9,18	77,87	23,87	6,31
B7SE-B6SE	Hab PB 7 sala estar a hab PB 6 sala estar	32,1	27,33	83,46	71,06	4,19
B7H-ZC2	Hab PB 7 habitació a zona comú 2	8,3	26,44	21,58	68,74	1,92
B6H-ZE3	Hab PB 6 habitació a zona escala 3	9,95	9,99	25,87	25,97	5,17
B8H-P2	Hab PB 8 habitació a passadís 2	12,46	6,78	32,40	17,63	3,61
B9H-ZC2	Hab PB 9 habitació a zona comú 2	7,83	26,44	20,36	68,74	2,31
B9SE-B8SE	Hab PB 9 sala estar a hab PB 8 sala estar	38,07	38,31	98,98	99,61	6,63
P1SE-P5SE	Hab PP 1 sala estar a hab PP 5 sala estar	31,18	27,56	81,07	71,66	3
P1SE-P5B	Hab PP1 sala estar a Hab PP 5 bany	31,18	3,91	81,07	10,17	1,5
P1H-P2H	Hab PP 1 habitació a hab PP 2 a habitació	9,77	10,9	25,40	28,34	2,79
P2SE-P6SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 6 sala estar	23,07	22,72	59,98	59,07	2,51
P2SE-P3SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 3 sala estar	23,07	26,35	59,98	68,51	7,57
P3B-P6SE	Hab PP 3 bany a hab PP 6 sala estar	5,26	22,72	13,68	59,07	2,41
P3H-P6SE	Hab PP 3 habitació a hab PP 6 sala estar	13,35	22,72	34,71	59,07	3,27
P3H-P4H	Hab PP 3 habitació a hab PP 4 habitació	7,3	11,58	18,98	30,11	2,76
P3E-ZC4	Hab PP 3 entrada a zona comú 4	26,35	17,27	68,51	44,90	2,81
P4H-P7B	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 bany	12,98	3,9	33,75	10,14	1,79
P4H-P7H	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 habitació	12,98	14,76	33,75	38,38	3,27
P6H-P5H	Hab PP 6 habitació a hab PP 5 habitació	11,02	11,14	28,65	28,96	2,86
P9SE-P8SE	Hab PP 9 sala estar a hab PP 8 sala estar	32,1	27,33	83,46	71,06	4,19
P9H-P11H	Hab PP 9 habitació a hab PP 11 habitació	13,52	11,9	35,15	30,94	3,11
P8H-P10H	Hab PP 8 habitació a hab PP 10 habitació	11,61	11,33	30,19	29,46	2,86
P11SE-P10SE	Hab PP 11 sala estar a hab PP 10 sala estar	38,07	38,31	98,98	99,61	6,63

Opció 2

Codi	Descripció	Area 1r (m2)	Area 2n (m2)	Volum 1r (m3)	Volum 2n (m3)	Aresta (m)
B1SE-ST	Hab PB 1 sala estar a sala transformador	34,3	20,75	89,18	53,95	1,3
B1B-ST	Hab PB 1 bany a sala transformador	4,42	20,75	11,49	53,95	2,6
B1B-ZC1	Hab PB 1 bany a zona comú 1	4,42	43,47	11,49	113,02	1,7
B1E-ZC1	Hab PB 1 entrada a zona comú 1	4,72	43,47	12,27	113,02	2,62
B1H-ZE1	Hab PB 1 habitació a zona escala 1	14,65	11,93	38,09	31,02	7,15
B2SE-EXT	Hab PB 2 sala estar a exterior	21,25	-	55,25	-	0,9
B2SE-ZC1	Hab PB 2 sala estar a zona comú 1	21,25	43,47	55,25	113,02	9,72
B2B-ZC1	Hab PB 2 bany a zona comú 1	4,66	43,47	12,12	113,02	3,52
B2B-ASC	Hab PB 2 bany a ascensor	4,66	-	12,12	-	1,24
B2H-ASC	Hab PB 2 habitació a ascensor	10,95	-	28,47	-	3,15
B2H-B3B	Hab PB 2 habitació a hab PB 3 bany	10,95	5	28,47	13,00	0,89
B2H-B3H	hab PB 2 habitació a Hab PB 3 habitació	10,95	11,58	28,47	30,11	2,69
B3B-ASC	Hab PB 3 bany a ascensor	5	-	13,00	-	1,9
B3B-ZC1	Hab PB 3 bany a zona comú 1	5	43,47	13,00	113,02	2,32
B3E-ZC1	Hab PB 3 entrada a zona comú 1	11,89	43,47	30,91	113,02	1,85
B3E-B5E	Hab PB 3 entrada a hab PB 5 entrada	11,89	11,19	30,91	29,09	2,93
B3B-B5E	Hab PB 3 bany a hab PB 5 entrada	4,39	11,19	11,41	29,09	2,99
B3H-B5B	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 bany	12,98	3,9	33,75	10,14	1,79
B3H-B5H	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 habitació	12,98	14,76	33,75	38,38	3,27
B4B-ZE2	Hab PB 4 bany a zona escala 2	4,2	-	10,92	-	2,47
B4B-ZC1	Hab PB 4 bany a zona comú 1	4,2	43,47	10,92	113,02	1,7
B4SE-ZC1	Hab PB 4 sala estar a zona comú 1	29,95	43,47	77,87	113,02	5,15
B4SE-P1	Hab PB 4 sala estar a passadís 1	29,95	9,18	77,87	23,87	6,31
B7SE-B6SE	Hab PB 7 sala estar a hab PB 6 sala estar	32,1	27,33	83,46	71,06	4,19
B7B-B6B	Hab PB 7 bany a hab PB 6 bany	3,98	4,66	10,35	12,12	1,6
B7B-B6B	Hab PB 7 bany a hab PB 6 bany	4,4	3,61	11,44	9,39	1,7
B7E-B6E	Hab PB 7 entrada a hab PB 6 entrada	11,43	9,03	29,72	23,48	1,6
B7E-ZC2	Hab PB 7 entrada a zona comú 2	11,43	26,44	29,72	68,74	3,61
B7E-ASC	Hab PB 7 entrada a ascensor	11,43	-	29,72	-	1,1
B7H-ASC	Hab PB 7 habitació a ascensor	8,3	-	21,58	-	0,86
B7H-ZC2	Hab PB 7 habitació a zona comú 2	8,3	26,44	21,58	68,74	1,92
B7H-EXT	Hab PB 7 habitació a exterior	8,3	-	21,58	-	1,34

B6E-ZC2	Hab PB 6 entrada a zona comú 2	9,03	26,44	23,48	68,74	1,36
B6E-ZE3	Hab PB 6 entrada a zona escala 3	9,03	-	23,48	-	2,44
B6H-ZE3	Hab PB 6 habitació a zona escala 3	9,95	-	25,87	-	5,17
B8E-ZC2	Hab PB 8 entrada a zona comú 2	8,78	26,44	22,83	68,74	2,34
B8E-P2	Hab PB 8 entrada a passadís 2	8,78	6,78	22,83	17,63	1,59
B8H-P2	Hab PB 8 habitació a passadís 2	12,46	6,78	32,40	17,63	3,61
B9E-B8E	Hab PB 9 entrada a Hab PB 8 entrada	8,18	8,78	21,27	22,83	0,75
B9E-ZC2	Hab PB 9 entrada a zona comú 2	8,18	26,44	21,27	68,74	4,14
B9H-ZC2	Hab PB 9 habitació a zona comú 2	7,83	26,44	20,36	68,74	2,31
B9B-B8B	Hab PB 9 bany a hab PB 8 bany	4,69	4,69	12,19	12,19	1,8
B9SE-B8SE	Hab PB 9 sala estar a hab PB 8 sala estar	38,07	38,31	98,98	99,61	6,63
P1SE-P5SE	Hab PP 1 sala estar a hab PP 5 sala estar	31,18	27,56	81,07	71,66	3
P1SE-P5B	Hab PP1 sala estar a Hab PP 5 bany	31,18	3,91	81,07	10,17	1,5
P1B-P5B	Hab PP 1 Bany a hab PP 5 bany	4,17	4,17	10,84	10,84	1,2
P1E-P5E	Hab PP 1 entrada a hab PP 5 entrada	6,07	9,86	15,78	25,64	1,58
P1E-ZC3	Hab PP 1 entrada a zona comú 3	6,07	17,71	15,78	46,05	2,68
P1H-P2H	Hab PP 1 habitació a hab PP 2 a habitació	9,77	10,9	25,40	28,34	2,79
P2E-ZC3	Hab PP 2 entrada a zona comú 3	4,75	17,71	12,35	46,05	2,68
P2E-P6E	Hab PP 2 entrada a hab PP 6 entrada	4,75	4,83	12,35	12,56	1,26
P2B-P6B	Hab PP 2 Bany a hab PP 6 bany	4,17	4,17	10,84	10,84	1,2
P2SE-P6SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 6 sala estar	23,07	22,72	59,98	59,07	2,51
P2SE-P3SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 3 sala estar	23,07	26,35	59,98	68,51	7,57
P3B-P6SE	Hab PP 3 bany a hab PP 6 sala estar	5,26	22,72	13,68	59,07	2,41
P3H-P6SE	Hab PP 3 habitació a hab PP 6 sala estar	13,35	22,72	34,71	59,07	3,27
P3H-P4H	Hab PP 3 habitació a hab PP 4 habitació	7,3	11,58	18,98	30,11	2,76
P3E-ZC4	Hab PP 3 entrada a zona comú 4	26,35	17,27	68,51	44,90	2,81
P4B-ZC4	Hab PP 4 bany a zona comú 4	5	17,27	13,00	44,90	2,32
P4E-ZC4	Hab PP 4 entrada a zona comú 4	11,89	17,27	30,91	44,90	1,85
P4E-P7E	Hab PP 4 entrada a hab PP 7 entrada	11,89	11,19	30,91	29,09	2,93
P4B-P7E	Hab PP 4 bany a hab PP 7 entrada	4,39	11,19	11,41	29,09	2,99
P4H-P7B	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 bany	12,98	3,9	33,75	10,14	1,79
P4H-P7H	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 habitació	12,98	14,76	33,75	38,38	3,27

P7E-ZC4	Hab PP 7 entrada a zona comú 4	11,89	17,27	30,91	44,90	1,36
P6E-ZC3	Hab PP 6 entrada a zona comú 3	4,75	17,71	12,35	46,05	3,81
P6H-P5H	Hab PP 6 habitació a hab PP 5 habitació	11,02	11,14	28,65	28,96	2,86
P5E-ZC3	Hab PP 5 entrada a zona comú 3	9,85	17,71	25,61	46,05	3,81
P9SE-P8SE	Hab PP 9 sala estar a hab PP 8 sala estar	32,1	27,33	83,46	71,06	4,19
P9B-P8B	Hab PP 9 bany a hab PP 8 bany	3,98	4,66	10,35	12,12	1,6
P9B-P8B	Hab PP 9 bany a hab PP8 bany	4,4	3,61	11,44	9,39	1,7
P9E-P8E	Hab PP 9 entrada a hab PP 8 entrada	11,43	9,03	29,72	23,48	1,6
P9E-ZC5	Hab PP 9 entrada a zona comú 5	11,09	18,82	28,83	48,93	3,61
P9H-P11H	Hab PP 9 habitació a hab PP 11 habitació	13,52	11,9	35,15	30,94	3,11
P8E-ZC5	Hab PP 8 entrada a zona comú 5	8,79	18,82	22,85	48,93	3,8
P8H-P10H	Hab PP 8 habitació a hab PP 10 habitació	11,61	11,33	30,19	29,46	2,86
P10E-ZC5	Hab PP 10 entrada a zona comú 5	10,75	18,82	27,95	48,93	3,8
P11E-ZC5	Hab PP 11 entrada a zona comú 5	10,75	18,82	27,95	48,93	2,62
P11E-P10E	Hab PP 11 entrada a hab PP 10 entrada	10,75	10,75	27,95	27,95	1,34
P11B-P10B	Hab PP 11 bany a hab PP 10 bany	4,69	4,69	12,19	12,19	1,8
P11B-P10B	Hab PP 11 bany a hab PP 10 bany	4,69	4,69	12,19	12,19	1,8
P11SE-P10SE	Hab PP 11 sala estar a hab PP 10 sala estar	38,07	38,31	98,98	99,61	6,63

Opció 3

Codi	Descripció	Area 1r (m2)	Area 2n (m2)	Volum 1r (m3)	Volum 2n (m3)	Aresta (m)
B1SE-ST	Hab PB 1 sala estar a sala transformador	34,3	20,75	89,18	53,95	1,3
B1B-ST	Hab PB 1 bany a sala transformador	4,42	20,75	11,49	53,95	2,6
B1B-ZC1	Hab PB 1 bany a zona comú 1	4,42	43,47	11,49	113,02	1,7
B1E-ZC1	Hab PB 1 entrada a zona comú 1	4,72	43,47	12,27	113,02	2,62
B1H-ZE1	Hab PB 1 habitació a zona escala 1	14,65	11,93	38,09	31,02	7,15
B2SE-EXT	Hab PB 2 sala estar a exterior	21,25	-	55,25	-	0,9
B2SE-ZC1	Hab PB 2 sala estar a zona comú 1	21,25	43,47	55,25	113,02	9,72
B2B-ZC1	Hab PB 2 bany a zona comú 1	4,66	43,47	12,12	113,02	3,52
B2B-ASC	Hab PB 2 bany a ascensor	4,66	-	12,12	-	1,24
B2H-ASC	Hab PB 2 habitació a ascensor	10,95	-	28,47	-	3,15
B2H-B3B	Hab PB 2 habitació a hab PB 3 bany	10,95	5	28,47	13,00	0,89
B2H-B3H	hab PB 2 habitació a Hab PB 3 habitació	10,95	11,58	28,47	30,11	2,69
B3B-ASC	Hab PB 3 bany a ascensor	5	-	13,00	-	1,9
B3B-ZC1	Hab PB 3 bany a zona comú 1	5	43,47	13,00	113,02	2,32
B3E-ZC1	Hab PB 3 entrada a zona comú 1	11,89	43,47	30,91	113,02	1,85
B3E-B5E	Hab PB 3 entrada a hab PB 5 entrada	11,89	11,19	30,91	29,09	2,93
B3B-B5E	Hab PB 3 bany a hab PB 5 entrada	4,39	11,19	11,41	29,09	2,99
B3H-B5B	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 bany	12,98	3,9	33,75	10,14	1,79
B3H-B5H	Hab PB 3 habitació a hab PB 5 habitació	12,98	14,76	33,75	38,38	3,27
B4B-ZE2	Hab PB 4 bany a zona escala 2	4,2	-	10,92	-	2,47
B4B-ZC1	Hab PB 4 bany a zona comú 1	4,2	43,47	10,92	113,02	1,7
B4SE-ZC1	Hab PB 4 sala estar a zona comú 1	29,95	43,47	77,87	113,02	5,15
B4SE-P1	Hab PB 4 sala estar a passadís 1	29,95	9,18	77,87	23,87	6,31
B7SE-B6SE	Hab PB 7 sala estar a hab PB 6 sala estar	32,1	27,33	83,46	71,06	4,19
B7B-B6B	Hab PB 7 bany a hab PB 6 bany	3,98	4,66	10,35	12,12	1,6
B7B-B6B	Hab PB 7 bany a hab PB 6 bany	4,4	3,61	11,44	9,39	1,7
B7E-B6E	Hab PB 7 entrada a hab PB 6 entrada	11,43	9,03	29,72	23,48	1,6
B7E-ZC2	Hab PB 7 entrada a zona comú 2	11,43	26,44	29,72	68,74	3,61
B7E-ASC	Hab PB 7 entrada a ascensor	11,43	-	29,72	-	1,1
B7H-ASC	Hab PB 7 habitació a ascensor	8,3	-	21,58	-	0,86
B7H-ZC2	Hab PB 7 habitació a zona comú 2	8,3	26,44	21,58	68,74	1,92
B7H-EXT	Hab PB 7 habitació a exterior	8,3	-	21,58	-	1,34

B6E-ZC2	Hab PB 6 entrada a zona comú 2	9,03	26,44	23,48	68,74	1,36
B6E-ZE3	Hab PB 6 entrada a zona escala 3	9,03	-	23,48	-	2,44
B6H-ZE3	Hab PB 6 habitació a zona escala 3	9,95	-	25,87	-	5,17
B8E-ZC2	Hab PB 8 entrada a zona comú 2	8,78	26,44	22,83	68,74	2,34
B8E-P2	Hab PB 8 entrada a passadís 2	8,78	6,78	22,83	17,63	1,59
B8H-P2	Hab PB 8 habitació a passadís 2	12,46	6,78	32,40	17,63	3,61
B9E-B8E	Hab PB 9 entrada a Hab PB 8 entrada	8,18	8,78	21,27	22,83	0,75
B9E-ZC2	Hab PB 9 entrada a zona comú 2	8,18	26,44	21,27	68,74	4,14
B9H-ZC2	Hab PB 9 habitació a zona comú 2	7,83	26,44	20,36	68,74	2,31
B9B-B8B	Hab PB 9 bany a hab PB 8 bany	4,69	4,69	12,19	12,19	1,8
B9SE-B8SE	Hab PB 9 sala estar a hab PB 8 sala estar	38,07	38,31	98,98	99,61	6,63
P1SE-P5SE	Hab PP 1 sala estar a hab PP 5 sala estar	31,18	27,56	81,07	71,66	3
P1SE-P5B	Hab PP1 sala estar a Hab PP 5 bany	31,18	3,91	81,07	10,17	1,5
P1B-P5B	Hab PP 1 Bany a hab PP 5 bany	4,17	4,17	10,84	10,84	1,2
P1E-P5E	Hab PP 1 entrada a hab PP 5 entrada	6,07	9,86	15,78	25,64	1,58
P1E-ZC3	Hab PP 1 entrada a zona comú 3	6,07	17,71	15,78	46,05	2,68
P1H-P2H	Hab PP 1 habitació a hab PP 2 a habitació	9,77	10,9	25,40	28,34	2,79
P2E-ZC3	Hab PP 2 entrada a zona comú 3	4,75	17,71	12,35	46,05	2,68
P2E-P6E	Hab PP 2 entrada a hab PP 6 entrada	4,75	4,83	12,35	12,56	1,26
P2B-P6B	Hab PP 2 Bany a hab PP 6 bany	4,17	4,17	10,84	10,84	1,2
P2SE-P6SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 6 sala estar	23,07	22,72	59,98	59,07	2,51
P2SE-P3SE	Hab PP 2 sala estar a hab PP 3 sala estar	23,07	26,35	59,98	68,51	7,57
P3B-P6SE	Hab PP 3 bany a hab PP 6 sala estar	5,26	22,72	13,68	59,07	2,41
P3H-P6SE	Hab PP 3 habitació a hab PP 6 sala estar	13,35	22,72	34,71	59,07	3,27
P3H-P4H	Hab PP 3 habitació a hab PP 4 habitació	7,3	11,58	18,98	30,11	2,76
P3E-ZC4	Hab PP 3 entrada a zona comú 4	26,35	17,27	68,51	44,90	2,81
P4B-ZC4	Hab PP 4 bany a zona comú 4	5	17,27	13,00	44,90	2,32
P4E-ZC4	Hab PP 4 entrada a zona comú 4	11,89	17,27	30,91	44,90	1,85
P4E-P7E	Hab PP 4 entrada a hab PP 7 entrada	11,89	11,19	30,91	29,09	2,93
P4B-P7E	Hab PP 4 bany a hab PP 7 entrada	4,39	11,19	11,41	29,09	2,99
P4H-P7B	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 bany	12,98	3,9	33,75	10,14	1,79
P4H-P7H	Hab PP 4 habitació a hab PP 7 habitació	12,98	14,76	33,75	38,38	3,27

P7E-ZC4	Hab PP 7 entrada a zona comú 4	11,89	17,27	30,91	44,90	1,36
P6E-ZC3	Hab PP 6 entrada a zona comú 3	4,75	17,71	12,35	46,05	3,81
P6H-P5H	Hab PP 6 habitació a hab PP 5 habitació	11,02	11,14	28,65	28,96	2,86
P5E-ZC3	Hab PP 5 entrada a zona comú 3	9,85	17,71	25,61	46,05	3,81
P9SE-P8SE	Hab PP 9 sala estar a hab PP 8 sala estar	32,1	27,33	83,46	71,06	4,19
P9B-P8B	Hab PP 9 bany a hab PP 8 bany	3,98	4,66	10,35	12,12	1,6
P9B-P8B	Hab PP 9 bany a hab PP8 bany	4,4	3,61	11,44	9,39	1,7
P9E-P8E	Hab PP 9 entrada a hab PP 8 entrada	11,43	9,03	29,72	23,48	1,6
P9E-ZC5	Hab PP 9 entrada a zona comú 5	11,09	18,82	28,83	48,93	3,61
P9H-P11H	Hab PP 9 habitació a hab PP 11 habitació	13,52	11,9	35,15	30,94	3,11
P8E-ZC5	Hab PP 8 entrada a zona comú 5	8,79	18,82	22,85	48,93	3,8
P8H-P10H	Hab PP 8 habitació a hab PP 10 habitació	11,61	11,33	30,19	29,46	2,86
P10E-ZC5	Hab PP 10 entrada a zona comú 5	10,75	18,82	27,95	48,93	3,8
P11E-ZC5	Hab PP 11 entrada a zona comú 5	10,75	18,82	27,95	48,93	2,62
P11E-P10E	Hab PP 11 entrada a hab PP 10 entrada	10,75	10,75	27,95	27,95	1,34
P11B-P10B	Hab PP 11 bany a hab PP 10 bany	4,69	4,69	12,19	12,19	1,8
P11B-P10B	Hab PP 11 bany a hab PP 10 bany	4,69	4,69	12,19	12,19	1,8
P11SE-P10SE	Hab PP 11 sala estar a hab PP 10 sala estar	38,07	38,31	98,98	99,61	6,63