

2. GAIA

SOINU-KUTSADURA

Zarata Hots ozen artikulatu gabea eta nahasia. "Nahi ez den soinua" dela esan daiteke eta gaur egun, zarata ingurugiro-poluitzailatzat jotzen da.

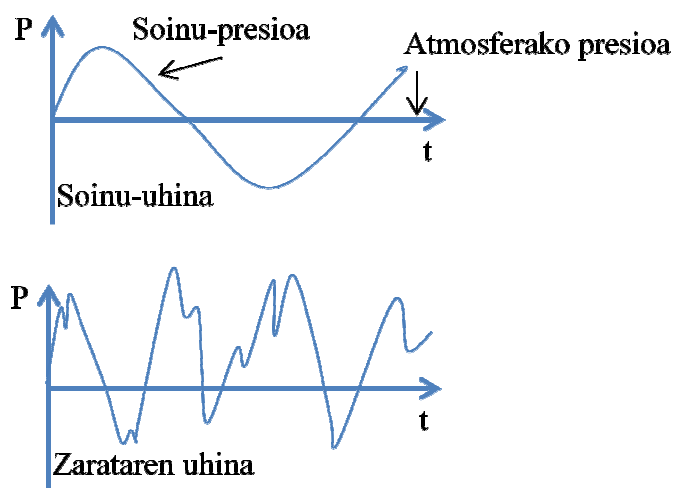
“Zarata gehiegizko soinua edo ezorduko soinua da, pertsona batengan edo pertsona talde batengan nahi ez diren ondorio fisiologikoak eta psikologikoak eragin ditzakeena” (MOPU).

Azkeneko hogeit hamar urtean, herrialde industrializatuak eragindako zarata bikoiztu egin da, hiriko biztanleriaren dentsitatea handitu egin delako, jarduerarik gehienetan mekanizazioak gora egin duelako eta gero eta motordun ibilgailu gehiago erabiltzen delako pertsonak eta merkantziak garraiatzeko.

1. SOINUAREN EZAUGARRIAK

Soinua medio elastiko batean zehar propagatzen den bibrazioa da. Soinua sortzeko gorputz bibratzaile bat beharrezkoa da, fokua deiturikoa (soka tentsu bat, hagatxo bat,..) eta medio elastiko bat bibrazio hori transmititzen duena eta propagatzean soinu-uhina osatzen duena.

Zarata, soinu ezatsegina edo sentazio ezatsegina duen soinu ez koordinatuen konbinaketa da.



Irudia 1. Soinu-uhinaren maiztasuna eta zarataren uhinaren maiztasuna.

Soinuaren ezaugarri nagusiak hurrengoak dira:

- a) Abiadura (c , m/s) soinuaren propagazio-abiadura ingurunearekin aldatzen da (dentsitatea eta elastikotasunarekin).

$$c = (E/\rho)^{1/2}$$

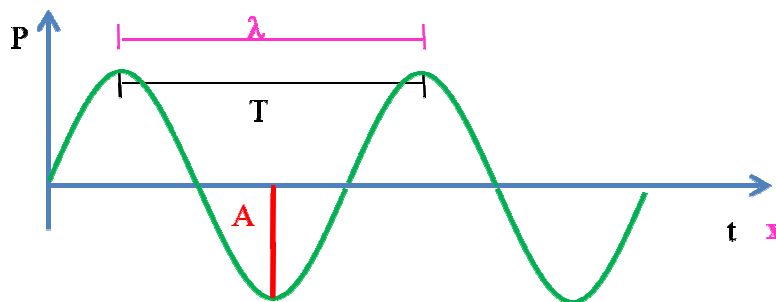
Non E ingurunearen elastikoasun modulua (N/m^2) eta ρ dentsitatea (kg/m^3) diren.

Soinuaren abiadura temperatura eta presioarekin aldatzen da. 0°C -tan 330 m/s-koa da eta 10°C -ko igoerarekin 6 m/s altuagoa egiten da. Altuerarekin presioak eragindako aldaketak nabarmenak egiten dira.

- b) Anplitudea (A): uhin-erdi baten gehienezko altuera.
- c) Uhin-luzera (λ): uhin-fronte batek egiten duen distantzia periodo oso batean (uhin oso baten distantzia) (m).
- d) Periodoa (T): uhinaren oszilazio-ziklo osoa gertatzeko behar den denbora (s).
- e) Mahiztasuna (ν) segundoko bibrazioak adierazten dituen magnitudea eta unitatea, Hz, Herzio-a da.

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda}$$

Gizakiak 20 Hz-tik 20.000 Hz-ra soilik entzuten du. Soinuaren maiztasuna 20 Hz baino txikiagoa bada, infrasoinua du izena eta 20000 Hz baino maiztasuna altuago daukaten soinuak ultrasoinuak dira.



Irudia 2. Soinu-uhinaren ezaugarri fisikoak.

- f) Presio akustikoa edo soinu-presioa (P): soinuak presio atmosferikoarekiko eragiten duen presio-aldaketa da (Pa). Foku igorlearen izaeraren eta foku igorlea eta foku hartzailearen arteko distantziaren menpe dago.

g) Soinu-Intentsitatea (I): soinu-uhinak transmititzen duen potentzia azalera unitateko da eta W/m^2 -tan neurtzen da.

h) Soinu-potentzia (W): denbora-unitateko soinu-iturri batek inguruari ematen dion energia.

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c} = \frac{W}{S}$$

S=zeharkatzen duen sekzioa denbora unitateko (m^2).

Iturri-igorlearen ezaugarrien funtzioa denez iturri ezberdinak konparatzeko erabiltzen den erizpidea da.

Gizakiak aditu dezaken presio akustikoen tartea (soinu-presio) ($20 \cdot 10^{-6}$ -tik 200 Pa-etara). Hain tarte zabala erabiltzea arazoak sortzen ditu eta hori ekiditzeko beste eskala erabiltzen da soinua neurtzeko, dezibelioa (dB).

Presio akustikoaren maila (edo soinu-maila) (L_p) horrela definitzen da:

$$L_p = 10 \log_{10} (P / P_0)^2$$

P_0 erreferentzia-presio akustikoa da ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa). Jendeak atzeman dezakeen soinu-presioaren gutxienerako balioa (entzumen-ataria).

L_p -aren unitateak dB-ak dira eta unitate honek soinu-kutsaduran garrantzi handia du.

Soinu-iturri bat baino gehiago daudenean ezin daiteke batuketa zuzena egin, eskala logaritmikoa delako.

$$L_p = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{\left(\frac{L_i}{10} \right)} \right)$$

Non L_i iturri bakoitzaren soinu-maila (dB-tan) den.

Soinu-intentsitatearen maila:

$$L_I = 10 \log_{10} (I / I_0) \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Soinu-potentziaren maila:

$$L_W = 10 \log_{10}(W / W_0) \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W}$$

2- SOINU-ITURRIAK

Inguruneko zarataren sortzaileak natura eta giza jarduera dira.

Zarata naturalaren adibideak itsasoko olatu-hotsa, sumendietako leherketak, ekaitzak eta abar dira.

Giza jarduerak eragindako zarataren (zarata antropogenikoa) iturri nagusiak honako hauek dira:

- i) **Industria:** erabiltzen den makineriak eragiten du zarata, eta makinaren potentziaren arabera handitu egiten da. Batez ere, zarata lantegiaren barnean nabaritzen da baino gauez jarduera duten industria ondoan kanpoaldean hautematen da. Adibidez, makina-erreminta batean, iturri nagusia zerak izaten dira: engranaiak, errodamenduak, egituraren bibrazioa, talkak, motore elektrikoak, hidraulikoak, ebaketa-prozesua, marruskadura, etab. Lantegietan sortzen den zarata bi motatan sailka daiteke: zarata aerodinamikoa eta zarata mekanikoa.

Zarata aerodinamikoaren iturriak	Zarata mekanikoaren iturriak
Airearen mugimenduak eragiten duen zarata: haizegailuak	Bibrazio mekanikoak sortzen dituzte: Inpaktuak Prensak Materialen mugimendua
Aire konprimatua Aire-zurrustak Aire komprimatuaren ihesak Motorren ihes-hodiak	Makina birakariak engranaiak Ponpak kojineteak Motore elektrikoak

Errekuntza	Marruskadura-indarrak: Ebakitze harramintak Frenoak
------------	---

Gainera soinua barne-soinua edo kanpo-soinua izan daiteke. Barne soinua lantegi barnean gertatzen dena da eta langileengan eragina dauka. Kanpo-soinua lantegitik ateratzen dena eta ondoko guneean eragina duena da.

Lantegiko zarata karakterizatzeko hurrengo datuak ezagutu behar dira:

- Jarduera mota.
 - Zarata sortzen duten fokuak, bere kokapena eraikinean eta funtzionamendu-ordutegia.
 - Jarduera kokatzen den gunearen ezaugarriak.
- ii) Garraiobideak: errepideak, trenak, aireportuak. Iturri nagusia errepideko ibilgailuak sortzen dutena da.

Ibilgailu batek eragiten duen zarata bi foku dauzka:

- Ibilgailuaren motorrak eragiten duen zarata
- Ibilgailuaren mugimenduak eragiten duen zarata: gurgilak errepidea ukitzerakoan egiten duten soinua (edo trenbideak trenaren kasuan) eta soinu aerodinamikoa.

Ibilgailuak sortzen duten zarata hurrengo faktoreen menpe dago: abiadura, ibilgailu-mota, zoladura-mota...

Hegazkinak batez ere, aireratzean eta lurreratzean sortzen dituzte zarata-arazo larriak eta trenak zubietatik pasatzean.

- iii) Eraikuntza eta herri-lanak: erabilitako makineria sortzen du zarata (mailu-pneumatikoa, ekipo elektrogenoak eta homigoia nahasteko makinaria).
- iv) Eraikinen barruko aldeak: garbiketak, etxeke tresna elektrikoak, irrati-telebistak, etab.
- v) Bestelako iturriak: aisialdiarekin eta denbora librearekin lotutakoak (merkataritza-guneak karga- eta deskarga-lanetan, zabor-bilketa, festak).

Foku horiek sortzen dituzten faktore desberdinen araberakoak dira:

- foku-mota
- egoera berria den ala lehendik zegoen
- inguruneko zarata-mailak
- hartzaileen zaratarekiko sentikortasuna (lurzoruaren erabilerak)
- zarataren ezaugarriak (soinu-presioaren maila, maiztasuna eta maiztasun-banda)
- eguneko zein alditan sortzen den (egunez, gauez, ...)
- laneguna edo jaieguna izatea
- esposizioa-denbora

3- ZARATA AZTERTZEKO ELEMENTUAK

Soinua karakterizatzeko orduan kontutan hartu behar da soinu-mota ezberdinak daudela:

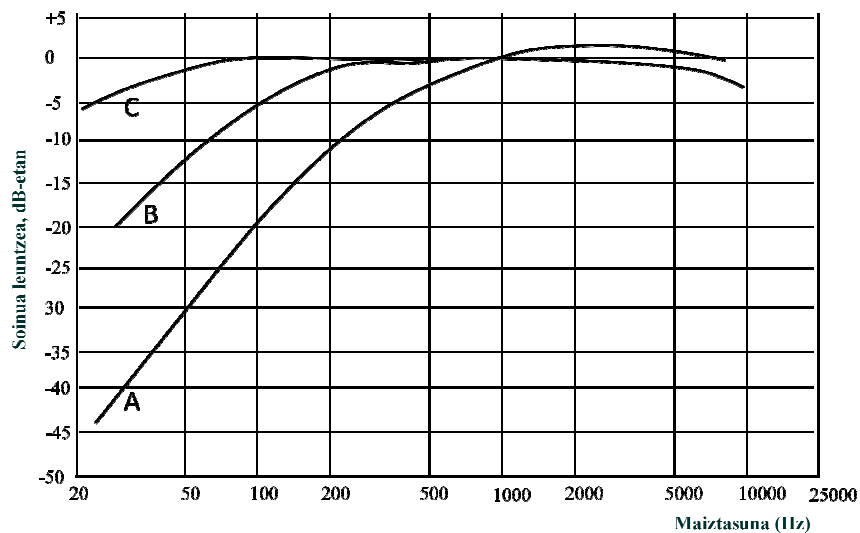
- Zarata konstantea: denboran zehar mantentzen da (haizagailua).
- Zarata aldakorra: denboran zehar maila-aldaketa nabarmenak dituen zarata da (hozkailuetako konpresorea, ibilgailuen zirkulazioa).
- Inpaktu-zarata: segundo bat baino gutxiago irauten duena eta presio akustikoaren maila denborarekin esponentzialki gutxitzen zaiona. Bi azalera solidoak talka egiten dutenean sortzen da.
- Bulkada-zarata: Presio-aldaketa bortitzak direnean gertatzen da. Bulkada bakoitzak segundo bat baino gutxiago irauten du eta bi bulkadaren artean oso tarte txikia izaten da (mailukada-hotsa).

Jarduera batek sortzen duen zarata neurtzeko soinu-presioaren maila ezagutu behar da. Baina zarata horrek hartzaileengan sortzen duen sentazioa neurtzeko bere maiztasuna eta maiztasun-banda analizatu behar dira. Gainera, esposizio-denbora kontutan hartu behar den beste faktore bat da.

3.1- Haztapen-kurba

Belarriak ez ditu berdin hautematen maiztasun guztiak, goi-maiztasunak askoz gogaikarriagoa zaio gure entzumenari. Presio akustiko berdina duten soinuak baino maiztasun ezberdinekoa sentsazio ezberdinak eragiten dituzte. Maiztasun-espektoaren arabera giza entzumenak duen jokaera kontuan hartzeko erabiltzen dira haztatze-kurbak. Iragazki gisa jokatzen dute, maiztasun bakoitzaren pisu erlatiboa aldatu egiten baitute maiztasun-espektoan. Hiru kurba erabiltzen dira, A, B eta C.

- A haztatze-kurbak 1.000 Hz-etik beherako maiztasunak moteltzen ditu, belarriak egiten duen moduan.
- B haztatze-kurbak A-ren antzekoa da, baina behe-maiztasunak ez ditu hainbeste moteltzen.
- C haztatze-kurbak, nagusiki, goi-maiztasuneko soinuak moteltzen ditu. Hiruretan erabiliena A haztatze-kurba da, giza entzumenak soinua hautematen duen moduari hobekien egokitzen zaiona baita. A haztatze-kurba erabiliz egiten den zarataren neurketa A dezibeletan [dB(A)] adierazten da (zehazten ez bada ere, zarata dB(A)-tan adierazi ohi da).



Irudia 3. Haztapan edo leuntze-kurbak.

Haztapan-kurbetatik abiatuta, iragazki bakoitzari dagozkion soinu-presioen (L_p) balioak atera daitezke (L_{pA}).

3.2- Zortzidun-banda

Soinua maiztasun-balore bat bakarrik badauka “tonu puruak” deitzen zaio. Baina normalean soinuak maiztasun ezberdinez osatuta daude eta honi “banda zabaleko

zarata” deitzen zaio. Banda zabaleko zaratak gogaikarriagoak izaten dira puruak baino. Horregatik, faktore hau ere kontutan hartu behar du zarataren eragina neurtzerakoan.

Soinu baten maiztasun-banda maiztasun desberdinez osatuta dago eta hau errezago analizatzeko maiztasun-banda 10 banda txikiagoetan banatzen da (zortzidunetan). Kasu gehienetan zortzidun-banda erabiltzen da. Zortzidun-banda maiztasun jakin baten eta haren bikoitzaren arteko banda-pasea duen iragazki baten zabalera da.

Zarataren espektro-analisia zortzidun frekuentzia-bandatan egin behar da.

3.3- Zarata-indizeak

Soinua-maila eta bere eragin kaltegarriak erlazionatzeko zarata-indizeak erabiltzen dira. Indizeak neurtzeko errazak izan behar dira eta edozein soinu-iturrira aplikatzeko egokiak. Indize bakar batek propietate hauek bete dezan zaila denez indize-ezberdinak proposatzen dira.

Zarata jarraia: Kasu honetan L_p erabiltzen da, adibidez hondo-zarata neurtzeko. A iragazkiari loturiko presioa neurtzen bada: L_{pA} .

Zarata jarraia ez denean eta denboran zehar presioa aldatu egiten bada iraupena ezberdina duten soinuak konparatzeko ez da L_p erabiltzen, soinu-presio baliokidearen maila baizik. Hau da, neurketa-aldi batean maila jarraituan atxikiz gero aztertutako maila aldakorraren soinu-energia berbera duen soinu-presioaren maila A haztapena kontuan hartuta.

Zarata-indize jarraitu baliokidea definitzen da (L_{AeqT} edo L_{pAeqT}):

$$L_{p,AeqT} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \right) \quad \text{Non T neurketa denbora den}$$

L_{pAeqT} -ren definizioa: soinu-presioaren A maila jarraitu baliokide eta A haztatua, dezibeliotan emana eta T segundoko denbora-tarte batean neurtua (behaketaldian batezbesteko maila).

Sonometro integratzaileak balore hau zuzenean neurtzen dute baino ez-integratzaileak erabiltzen badira kalkulatu egin behar da:

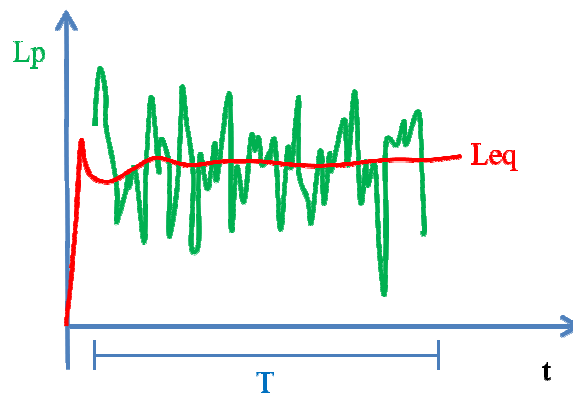
$$L_{p,AeqT} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \frac{P_i^2 \cdot T_i}{P_0^2} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{L_{pi}}{10}} \cdot T_i \right) \right)$$

L_{pi} periodo osoa osatzen duten denbora-tarte bakoitzaren L_p den.

T_i tarte bakoitzaren iraupena da.

T periodo osoaren iraupena da.

N neurketa-kopurua da.



Irudia 4. Zarata-indize jarraitu baliokidea.

T_i guztiak berdinak badira L_{pAeqT} kalkulua:

$$L_{p,AeqT} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(10^{\frac{L_{pi}}{10}} \right) \right)$$

Soinu-indizeak hiru denbora-tarterako definitzen dira:

$T = d$ bada, $L_{Aeq,d}$ da soinu-presioaren A maila jarraitu baliokide eta haztatua, eguneko aldian zehaztua. Soinu-presio honi L_d ere deritzo.

- $T = e$ bada, $L_{Aeq,e}$ da soinu-presioaren A maila jarraitu baliokide eta haztatua, arratsaldeko aldian zehaztua. Soinu-presio honi L_e ere deritzo.

- $T = n$ bada, $L_{Aeq,n}$ da soinu-presioaren A maila jarraitu baliokide eta haztatua, gaueko aldian zehaztua. Soinu-presio honi L_n ere deritzo.

$L_n =$ Gauez zaratak eragiten dituen arazoak neurtzen ditu (gaueko soinu-intentsitate baliokidea da) (23:00etatik 7:00etara).

$L_d =$ Egunez zaratak eragiten dituen arazoak neurtzen ditu (eguneko soinu-intentsitate baliokidea da)

$L_e =$ Arratsaldez zaratak eragiten dituen arazoak neurtzen ditu (arratsaldeko soinu-intentsitate baliokidea da).

Eguna-arratsaldea-gaua zarataren indizea 1513/2005 Errege Dekretuan zaratak eragiten dituen arazo globalak ebaluatzeko L_{den} indizea erabiltzen da.

$$L_{den} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_e + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_n + 10}{10}} \right) \right)$$

Indize gehiago definitzen dira, adibidez: L_{Amax} zarata-indizea da soinu-presioaren gehieneko A maila haztatua, dezibeliotan emana eta FAST integrazio-konstanteduna (behaketaldian gehieneko maila).

Gainera indize hauek emisio edo inmisio-indizeak izan daitezke:

- **Emisio-indizea:** zarata-foku batek sortutako hots-kutsadurari dagokion indize akustikoa.
- **Inmisio-indizea:** toki batean eta ebaluazio-aldi jakin batean dagoen hots-kutsadurari dagokion indize akustikoa.

4- SOINUAREN HEDAPENA

4.1 Soinuaren hedapena gune irekietan

Soinua iturri batean sortzen da baino hartzailengana iritsi aurretik fenomeno desberdinak gerta daitezke.

Soinu-uhin bat oztopo batekin topatzen denean zati bat xurgatu egiten da, beste bat isladatu eta beste bat hedatu egiten da, Zati bakoitza oztopoaren soinu-ezaugarri, tamainua eta soinuaren uhin-luzera menpe dago.

Soinuak airea zeharkatzen duenean moteldu atenuazioa jasaten du mekanismo ezberdinak gertatzen direlako. Erabateko atenuazio (A_T) hurrengo ekuazioarekin kalkulatzen da.

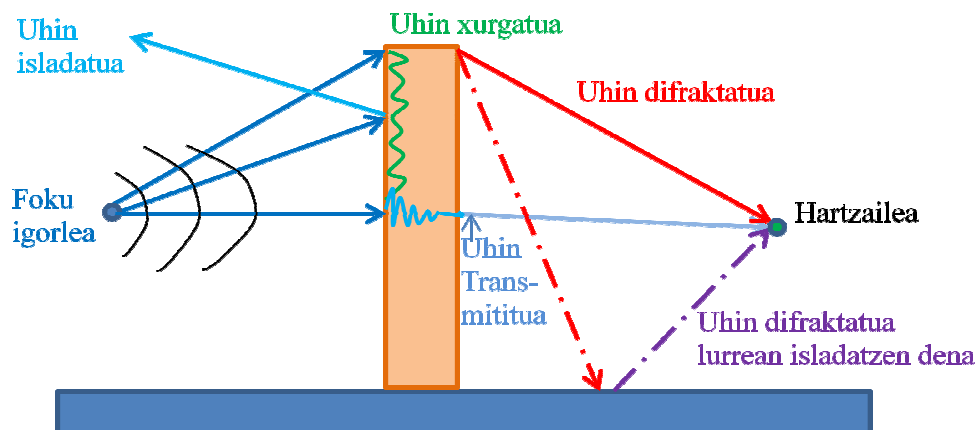
$$A_T = D + A + S + M.A$$

D: dibergentzia geometrikoarengatik gertatzen den atenuazioa

A: atmosferarengatik gertatzen den atenuazioa

S: lurzoruak ematen duen atenuazioa

MA: beste mekanismoak eragiten duten atenuazioa (paretak, zuhaitzak...).



Irudia 5. Soinu-uhinen hedapena oztopoak daudenean.

- a) Uhin dibergentzia: soinu-mailaren moteltzea iturri igoilearekiko distantzia handitzen denean.

Soinu-uhinak gune elastiko guzietan hedatzen dira. Soinuaren intentsitatea fokuko distantziarekin txikiagotu egiten da.

Zenbat txikiagotzen den kalkulatzeko fokua geometria kontutan hartu behar da:

- i) Foku puntuala: uhin esferikoa kontsideratzen da.

$$I = \frac{W}{4\pi R^2}$$

I= Intentsitatea (W/m²)

W= Potentzia (W)

R= soinu-iturriarekiko distantzia (m)

- ii) Foku lineala: uhin zilindrikoa kontsideratzen da.

$$I = \frac{W_L}{2\pi R}$$

W_L= Potencia por unidad de longitud (W/m)

b) Soinua isladatzea: soinu-uninak topo egiten du ez-elastikoa den oztopo batekin ezin du zeharkatu eta hedatzearen norabidea aldatzen denean gertatzen da (uhinak errebotatu egiten du eta ingurune elastiko beretik itzultzen da).

Soinu-uhinaren energia zati bat isladatu egiten da eta beste zatia xurgatu edo hedatu.

- i) Materiala leuna eta zurruna bada isladatzen den zatia handiagoa da.
ii) Materiala porotsua, zimurra bada isladatzen den zatia txikiagoa da.

c) Aireko xurgapena: soinu-uhinaren energia bero moduan xahutu egiten da (airearen biskositatearengatik). Aireak eragindako soinu-atenuazioaren baloreak esperimentalki lortzen dira tenperatura eta hezetasun baldintza batzuetan.

$$A=\gamma \cdot d$$

Non γ airearen atenuazio-koefiziente (dB/km) eta d distantzia (m) diren. γ tenperatura, hezetasuna eta soinu-uhinaren maiztasunarekin aldatu egiten da.

d) Lurzoruak eragiten duen atenuazio: Lurzoruak soinua isladatu egiten duenez hartzailengana bi bidetik iristen zaio: soinua: zuzena eta lurzoruak isladatzen duena. Azkeneko hau honako faktoreen menpe dago: azalera mota, marruskadura-angelua eta soinuaren maiztasuna.

Gogorrek diren lurzoruak eta porositate txikia dutenak (hormigoia, asfaltoa) atenuazioa baxua da. Belarra duten lurzoruak, berriz, atenuazioa altua da.

e) Soinuaren errefrakzioa: gainazal bat zeharkatu eta beste ingurune elastiko batean hedatzen denean norabidean aldaketa gertatuko da. Gunearen tenperatura aldaketa edo haizea dagoenean ere gertatzen da fenomeno hau. Kasu honetan eragin-angelu normalarekiko ezberdina den angeluan hedatzen da, hedatze-abiadura aldatzen baita.

f) Soinua xurgatzea: Soinu-uhin bat ingurune elastikoan mugitzen denean eta gainazal dentsoarekin kontaktua egiten duenean, uhinaren energiaren zati bat xurgatu egiten da.

Gainazal baten xurgapenen-eraginkortasuna, α , xurgatze-koefizientearen bidez neurtzen da: xurgaturiko energiaren eta energia eragilearen arteko erlazioa da.

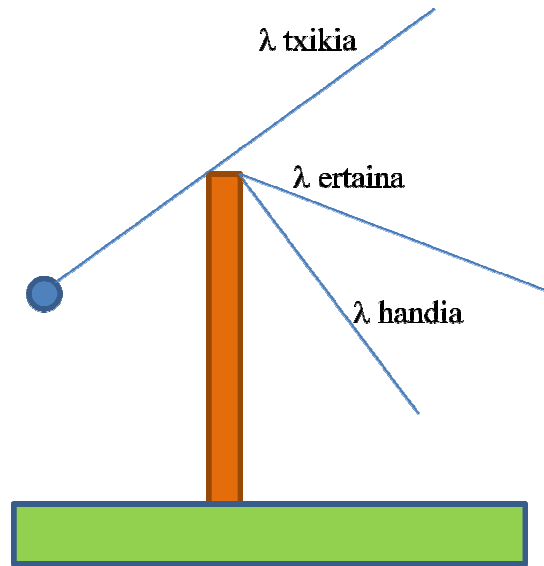
$$\alpha = \frac{E_{\text{xurgatua}}}{E_{\text{eragilea}}}$$

Koefiziente hau 0-tik 1-ra doa eta 0 zenbakiak ez-xurgapena adierazten du; 1 zenbakiak, aldiz, xurgapen osoa gertatzen dela ematen du aditzera.

g) Difrakzioa: soinu-uhinaren antzeko tamainua duen oztopo batekin topo egiten duenean gertatzen da (inguratu egiten duela esan daiteke).

Difrakzio-maila soinuaren uhin-luzeraren araberakoa da; zulo baten diametroaren edo oztopo baten altueraren (h) arabera gerta daitezkeen hiru egoera:

- $h < \lambda$ kasuetan, soinu-uhinak heltzen ez diren itzalgunerik ez da izaten.
- $h = \lambda$ kasuetan, zarata oso ahul heltzen da hainbat tokitara.
- $h > \lambda$ kasuetan, itzalguneak daude.



Irudia 6. Soinu-uhinen difrakzioz uhin-luzeraren arabera.

4.2 Soinuaren hedapena gune itxietan

Erreberberazioa: gune itxi batean soinu-iturri batek igortzen duen energia isladatu egiten da hormetan jotzen duelako. Fenomeno honi erreberberazioa deitzen zaio eta soinu-maila igotzen du.

Pareten xurgatze-koefizientea (α) zenbat eta txikiagoa izan, soinuaren iraupena orduan eta handiagoa izango da, eta erreberberazioaldiak baldintzatzen ditu.

Gune itxi batean dagoen hartzailea jasotzen duen soinua bi osagaien konbinaketa da: soinu-zuzena eta erreberberazioa dela eta isladatzen dena.

5- SOINUAREN ERAGINA

Zaratak mota desberdinetako erakinak izan ditzake. Eragina garrantzisuena entzumenerako aparatuan gertatzen da baino beste ondorio fisiologikoak eta psikologikoak eragin dezake

a) Eragin fisiologikoak

Belarrian tinpanoak soinu-uhinak mugimendu mekanikoan bihurtzen ditu. Tinpano ondoren mailua, ingudea eta estriboa daude eta hauek bibrazioaren maiztasuna aldatu egiten dute baino indarra handituz. Gero estriboak zelula nerbiosoraino propagatzen ditu bibrazioak eta horrela entzumena gertatzen da.

i) *Trauma akustikoa:*

Hau da gorputzean gertatu daiteken ondorio larriena. Belarria presio altuko soinu-uhinak iristen direnean gertatzen da. Tinpanoa apurtzen da, min handia eraginez; entzumena betirako gal daiteke.

ii) *Gorreri profesionala edo hipoakusia:*

Lanean intentsitate altuko eta maiztasun altuko zaraketan egonaldia denbora luzean jarraitzen bada, entzumena betirako galtzen da.

b) Beste eraginak gorputzean:

Nerbio-sistemaren gaineko eragina: zaratek konorte galtzea eragin dezakete burmuinaren tentsioa handitzen badute. Zaratak ondorio gehiago dauzka: bihotzaren erritmoa aldatzea, arnasako erritmoa handitzea, urdaietako azidotasuna handitzea, begieremua estutzea eta gaueko ikusmena aldatzea

c) Eragin psikologikoak:

Ondorio psikologikoak entzuleen arabera oso aldakorak dira baino orokorrean zaratak nekea eragiten du eta zehaztasun-lanak egitea eragozten du.

6- SOINUAREN KONTROLA

Kontrol-teknika egokia aukeratzeko foku-mota, bere kokapena eta sortzen duen zarataren ezaugarriak ezagutu behar dira.

Kontrol-tokiaren arabera zarata kontrolatzeko neurriak lau motatakoak izan daitezke: planeamenduan, igorpenean, barreiatzean, inmisioan. Kasu bakoitzean egokiena den irtenbidea hautatzeko garaian beste faktore-mota batzuk ere hartu behar dira kontuan, esate baterako: zarataren sorburuaren funtzionamendua, kostua, estetika, babesten den populazioa, etab.

a) Planeamenduan: zarata-iturria oraindik sortu ez denean neurriak hartzea egokiena da. Horretarako, zarata sortzen duen aktibitatea kokapen egokia eduki behar du. Hau lortzeko lehenengo etapan kutsatzaileak izan daitezken fokua identifikatu behar dira inguruko hots-emisioa ebaluatuz (industria-eremutan). Bigarren etapan inpaktu akustikoko eremuak identifikatu behar dira. Bukatzeko hauek dira erabili behar diren neurriak:

- i) Iturriaren eta etzebitzen arteko distantzia egokia ipintzea.
- ii) Industrialdeak etxebizitzetatik urruntzea

b) Igorpenean (jatorrian): hau da modurik egokiena zarataren arazoak konpontzeko. Zarata-iturriaren ezaugarri akustikoaren arabera hartu behar dira neurriak sistema berdiseinatuz, zarata gutxiagoko beste batez ordezkatzuz: material egokiak baliatuz edo forma geometrikoak aldatuz, erreberberazio-edo bibrazio arazoak saihestearren.

i) Lantegietan:

- Operazio-sistema isilagoa erabili (aire-zurrusta baten ordez beste medio mekaniko batez expulsatuz).
- Soinua sortzen duten indarrak txikitu (piezak orekatuz, indar magnetikoen aldakuntzak laburtuz edo marruskadur indarrak txikituz).
- Talka-indarren eragina samurtu batez ere gainazal metalikoen kasuan, (materiale amortigoatzaileak artekatzuz edo zimur gutxiko materialak erabiliz eta mekanismoak lubrifikatuz).
- Elementu bibratzaileetan bibrazioen kontrako elementu malguak jarri.
- Motore elektriko, ekipo hidrauliko, engranai kaxa, errodamendu eta abarren soinua txikituz.

ii) Errepideetan: ibilgailuen abiadura murriztea, horren zaratatsuak ez diren zoladurak erabiltzea (lurzoru drainatzailea), zirkulazio-bideen diseinu egokia, zirkulazioa murriztea bide alternatiboen bitartez.

iii) Aire zirkulazioa: motorren soinua kontrolatzea, aireportuen inguruan eraikitzea debekatzea, aire-zirkulazioa egunez izatea, soinurik gutxien eragiten duen lurreratze-angelua bilatzea.

c) Barreiatzean (ibilbidean): zarataren hedapena saihesteko erabiltzen diren neurriak dira.

i) Makina osoa edo atal bat isolatzea, horrela soinuaren hedatze-ibilbidea ebakiz eta bere hedapena mugatuz. Isolatzeko altzairuzko egitura eta betegarri isolatzaileekin egindako soinu-panelak erabiltzen dira. Egitura hauek soinu-energia isladatu egiten dute kanpora ateratzen den zarata txikiagotuz. Gainera materiale xurgatzaileak erabiliz barneko soinua ez da igortzen. Metodo eraginkorra eta erreza denez asko erabiltzen da industrian baino makina eskuz kontrolatu behar bada ezin da erabili. Motorrak dituzten ekipoa aireztapen egokia behar dute sortzen den beroa xahutzeko. Hau lortzeko zuloak egin behar dira soinu-paneletan bere eraginkortasuna jeitsiz.

Beste soluzio bat langileentzako kabinak egitea izan daiteke. Horrela langileak jasaten duen zarata murriztu egiten da baino ez kanpoaldea hedatzen dena.

ii) Ingurutzailerak eta hesi partzial edo osoak erabiliz: altzairuzko egiturak eta betegarri isolatzailek dituzten hesiak erabiltzen dira.

Makina osoa isolatzea posiblea ez denean foku eta langileen artean hesi akustikoak jarri daitezke. Hesiak finakoak edo mugikorak izan daitezke. Xafla metalikoak, beirazkoak izaten dira hesiak

iii) Lantegiaren barne-isolamendua jartzea.

Isolamenduak soinu-uhinak xurgatu egiten ditu eta paretetan ez da soinua isladatzen baino langileak jasaten duen soinu zuzena mantentzen da. Lantegia oso handia denean eta soinu-iturriak eta langilean zentruan badaude orduan urrutiegi egongo dira paretetatik sistema hau eraginkorra izateko.

iv) Ekipo zaratatsuen kokapenaren antolaketa egokia.

Kasu hauetan zuzentzeagatik galerak neurtu daitezke: Soinu-iturri batek eragindako soinu-presioen mailek puntu berean zuzenketa bat (hesi bat, makina bat kapsulatzea, etab.) sartu baino lehen eta sartu ondoren duten diferentzia, dB-etan.

d) Inmisioa (hartzailearengan): langilearen babes-neurriak dira eraginkortasunik txikiena dute. Har daitezkeen oinarriak honako hauek dira:

- i) Jendeari norbanako babesgailuak eskuratu: tapoiak, belarritakoak eta kaskoak. Babesgailuak erabiltzea beharrezkoa den tokia seinaleztatua egon behar du.
- ii) Langilearen soinutako egonaldia kontrolatzea, egunean egon litezkeen orduak mugatu. Zarata handia sortzen dituzten lanak egunez egin behar dira derrigorrez.
- iii) Esposizio-denbora murriztea lana era egokian kudeatuz : horretarako lanpostuak aldatu, atsedenaldirak ixilak diren guneetan egin eta lana era egokian antolatu.
- iv) Langile-makina arteko situazio erlatiboa aldatu.

Aukera hoberena soinua iturrian kontrolatzea da. Hau posiblea ez bada edo horrela lortzen den soinu-mailaren murrizketa nahikoa ez bada hedapena eragozten duten neurriak erabili behar dira. Hartzailearengan aplikatzen diren neurriak beste guztiak posibleak ez direnean bakarrik aplikatu behar dira.

6.1- Isolamendutan erabiltzen diren materialak

Isolamendua jartzen denean soinu-energia eragilearen hedapena oztopatu egiten da. Soinu-energiaren xurgatze baldintzatzen dute faktoreak honako hauek dira:

- a) Zarata osatzen duten maiztasun-espeketroaren ezaugarriak.
- b) Materialen ezaugarriak: forma, lodiera, orientazioa.

Materiale xurgatzaileak hiru motatakoak izan daitezke:

i) *Xahutzaileak:*

Material porotsuak, haritsuak edo zulodunak, barruan airea dutenak dira. Aire mugitzen denean materialarekin marruskadura sortu egiten du eta soinu-energiaren zati bat energia termiko bihurtzen da.

Material hauek eraginkorrak izateko poroen batez besteko neurriak λ -aren antzekoak izan behar dute.

Erabiltzen diren materialak: poliuretanozko apar sintetikoa, kortxoa, zuntz mineralak,...

ii) *Minzdunak:*

Xurgatzaile hauek egurrezko edo kortxozko panelak izaten dira. Aire-ganbera uzten da beraien eta paretan artean. Uhinek mintzean talka egiten dute, mintzak bibratu egiten du eta energia mekaniko eta bero-energia bihurtzen da soinu-energia; materialean barreiatzen da. Aldi berean, aire-ganberak bibrazioa leuntzen du, eta molekulek euren artean eta paretekin egiten duten marruskaduraren bitartez, xurgatu egiten du, energia bero bihurtuta.

Meyer-en ekuazioaren bitartez kalkulatu da gehieneko xurgatzen den maiztasuna:

$$v_0 = \frac{6000}{\sqrt{m \cdot d}}$$

v_0 = gehieneko xurgatzearen maiztasuna

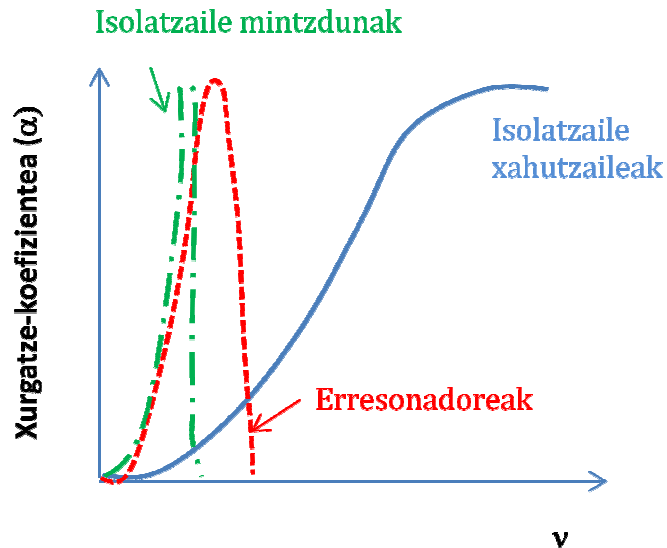
m = S unitate bakoitzeko panelaren masa (kg/m^2)

d = paretaren eta panelaren arteko tartea (m)

iii) *Erresonadoreak:*

Hauek selektiboak dira eta v jakinetako zaratak soilik xurgatzen dituzte

Inbutu-lepoaren itxurako zuloa duten erresonantzia-kutxaz osatuta daude; zulo horretatik sartzen da uhina eta barruko aireari bultza egiten dio. Uhinaren oszilazioak barruko airearen oszilazioa eragiten du; berezko f -aren pultsazioak emititu eta sarrerako uhinaren gainean gainjartzen da, erresonadorearen barrutik transmititu eta atzera lepotik ateratzen direnean.



Irudia 7. Isolatzaileen sailkapena maiztasunaren arabera.

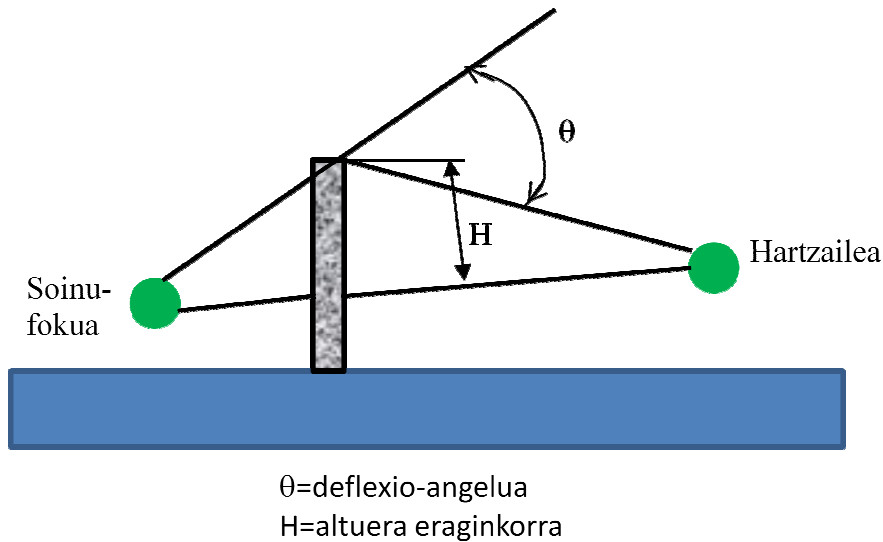
6.2- Hesi akustikoak

Hesi akustikoa igorle eta hartzailearen artean jartzen den egitura solidoa da. Iristen zaion energia gehiena isladatuz eta xurgatuz soinuaren propagazioa oztopatzen du. Soinu zuzena garrantzitsuena denean erabiltzen da eta batez ere maiztasun altuak apaldu egiten ditu.

Hesi akustikoak ematen duen apaltzea soinu-presioen mailek puntu berean hesia sartu baino lehen eta sartu ondoren duten diferentzia da, dB-etan. Hau da diseinu-parametro garrantzitsuena eta txertatxe-indizea (IL) deitzen da:

$$IL = L_{p_{\text{pantailarik gabe}}} - L_{p_{\text{pantailarik gabe}}}$$

Hau, altuera eraginkorraren metodoarekin kalkula daiteke. Altuera eraginkorra kalkulatzeko bi lerro zuzen irudikatu behar dira: bat iturria eta hartzailea elkartzen duena lerro eta beste bat aurrekoari paraleloa dena eta hesiaren puntu altuenetik pasatzen dena. Bi lerro paralelo hauen arteko distantziari distantzia eraginkorra deitzen zaio.



Irudia 8. Hesi akustikoaren altuera eraginkorra.

Soinuaren apaltzean eraginak duten faktoreak altuera eraginkorra, uhin-luzera eta deflexio-angelua dira (30 °C da gehien erabiltzen den deflexio-angelua).

Hesi akustikoak diseinatzeko orduan kontutan hartu behar diren faktoreak:

- Altuera: altuera eraginkorra da kontutan hartu beharreko faktorea. Altuera eraginkorra distantziarekin aldatu egiten da. Erreferentzi modura 3 m har daiteke fokutik 5 m-ra kokatzen bada.
 - Luzera: foku osoa hartu behar du.
 - Kokapena eta forma: ahal den hurbilena jarri behar da.
 - Materiala: xafla bat edo gehiagoaz osatuta egon daiteke. Materiala islatzaileak edo xurgatzaileak izan daitezke. Sandwich egiturak erabiltzen dira: materiala xurgatzailea (beira-zuntza, adibidez), barnealdean material erdi-islatzailea eta kanpoaldean material islatzailea osatuta dagoena.
- Errepide ondoan pantaila gardenak ez erabiltze gomendatzen da, hegaztiak ez bait dituzte ikusten.
- Hiri guneeetan eraikinak pantaila bezala jokatzeko dute.

7- SOINUAREN NEURKETA

7.1- Sonometroa

Soinua sonometroaren bidez neurtzen da. Sonometroak soinuaren presio akustikoa neurtzen du gizakiaren belarriak bezala eta soinu-mailaren neurketa objektiboak eta

errepikagarriak ematen ditu. Zehaztasunaren arabera mota desberdinetan sailkatzen dira, 0, 1, 2 eta 3 motatakoak.

0-motatakoa zehatzena da (tolerantzia baxuena, sonometro patroia). Bere zehaztasuna $\pm 1\text{dB}$ -koa da.

1-motatakoa zehaztasun handiko sonometroak dira

2-motatakoa: zehaztasun ertainekoak dira (erabilera orokorreko sonometroa)

3-motatakoa inspeksio-sonometroak dira eta zehaztasun baxuena duenak.

Gainera, sonometroak orokorrak edo integratzaileak izan daitezke:

i) Sonometro orokorrak: aldiuneko soinu-presioaren maila neurtzen dute, dezibeliotan (dB). Bi posizio daude (azkarra eta geldoa) gutxienez (zenbaitetan inpultsoa). Bat-bateko soinu-presioaren maila neurtzen du, L_{PF} azkarrean (FAST) eta L_{PS} geldoan (SLOW).

Soinua jarraia bada FAST edo SLOW posizioa erabiltzea berdina da. Bulkada-zarata kasuan FAST erabiliz lortzen den balorea zehatzagoa da bi neurketen arteko denbora txikiagoa delako. Soinu-mailak gehienezkoak neurtzeko ere FAST posizioa egokiena da.

ii) Sonometro integralak: maila jarraia baliokidea $L_{p,AeqT}$ neurtzen dute.

iii) Hondoko zarata kontutan hartu behar da. Adibidez makina batek egiten duen zarata neurtzeko lehendabizi makina martxan jarrita zarata neurtu behar da. Gero makina gelditzen da eta hondoko zarata neurtzen da. Hurrengo ekuazioa aplikatzen da:

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_s}{10}} - 10^{\frac{L_c}{10}} \right)$$

L: soinu-presioaren maila hondoko zarata ez dagoenean

Ls: makinaren soinu-presioa eta hondoko zaratak ematen duen balorea da

Lc: hondoko zarata da

Sonometroaren osagai nagusiak mikrofonoa, iragazkia eta irakurketa sistema dira:

- a) Mikrofonoa (transduktorea): soinuaren presioa neurtu eta seinale elektriko bihurtzen du. Mikrofono mota desberdinak dauden lan-baldintzen arabera. Gehien erabiltzen direnak kondentsadore mikrofonak dira. Hauek karga-elektrikodun bi xafla dauzakte. Xafla bat finkoa da eta bestea mugikorra. Presio-uhina iristen denean, xafla mugikorra mugitu egiten da kondentsadorearen kapazitatea aldatuz.
- b) Iragazkia: seinalea aldatu egiten dute entzulearen sentikortasunera moldatzeko. A, B edo C iragazkia erabiltzen den adierazi behar da (A-banda da gehienetan erabiltzen dena). Zortzidun-banda edo zortzidun 1/3-ko banda erabiltzen den ere adierazi behar da.
- c) Irakurketa sistema: analogikoa edo digitala izan daiteke.

Ekipo osagarriak

Sonometroarekin batera soinua neurtzeko beste ekipoak erabiltzen dira:

- i) Kalibratzaile akustikoa: presio akustiko maila egonkorra eta ezaguna sortzen du. Neurketa hasi aurretik kalibratzaile akustiko baten bidez sonometroa kalibratu egin behar da. Kalibratzaile akustikoak mikrofonoari akoplatzen zaizkio eta erreferentzia-seinale ezaguna emititzen dute, gailuak jasotako seinalearekin alderatzeko.
- ii) Estazio meteorologikoa: presio atmosferikoa, hezetasun erlatiboa, tenperatura eta Haizearen abiadura neurtzen ditu.

Neurketa egin aurretik sonometroa baldintza tekniko egokietan dagoela zihurtatu behar da. Neurketa egokia izateko neurgailua norberaren gorputzetik urrundu behar da eta egonkor batean egin behar da.