

5. GAIA: NEKEA: TENTSIO UNIAXIAL BATEZ BESTEKOA + ALTERNOA

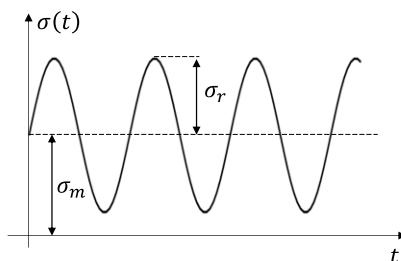
1. BATEZ BESTEKO TENTSIO EZ-NULUDUN NEKE-SAIKUNTZA

Aurreko gaian, Moore-en probeta birakariaren neke-saiakuntza aurkeztu da. Saiakuntza horretatik probetaren $\log\sigma_r$ - $\log N$ neke-kurba lortzen da, eta aurrerago, koefiziente aldatzaileen bidez piezari egokitu zaio. Azkenik, kurba hori moldatu egin da, piezaren (esfortzuen eraginarengatik) punturik kaltetuena tentsio-kontzentrazioko eremu batean dagoenean.

Nolanahi ere, aurreko gaian landutako tentsio-egoerak oso bestelakoak izan dira, hau da, batez besteko osagairik ez zuten. Hala ere, askotan, batez besteko osagai hori ez da nulua: 1. irudian horrelako egoera bat agertzen da. 1a eta 1b ekuazioetan, σ_m batez besteko tentsioaren eta σ_r tentsio alternoaren definizio matematikoak adierazten dira:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (1a)$$

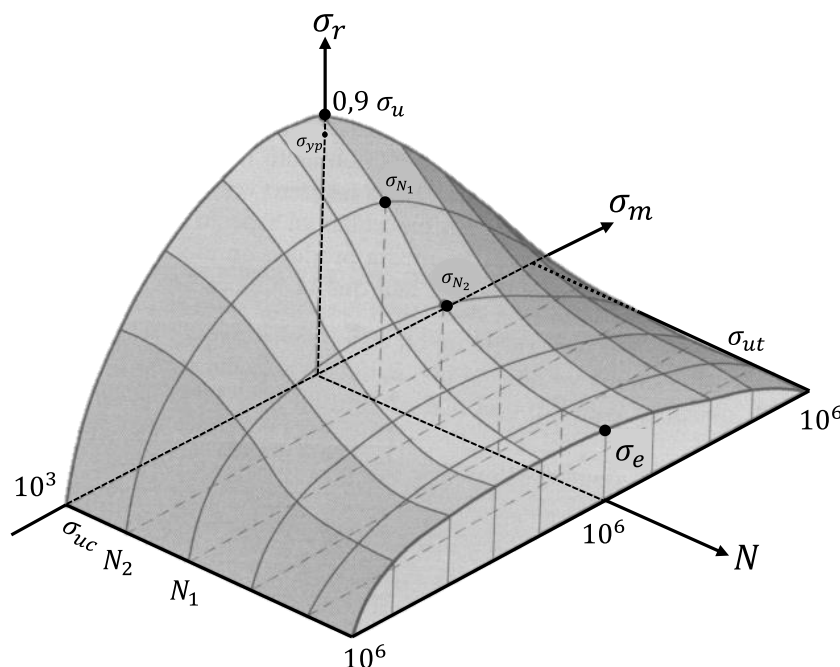
$$\sigma_r = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (1b)$$



1. irudia. Batez besteko tentsio ez-nulua duen tentsio-egoera. Egileen irudia.

Dokumentuko errekurtsio grafiko eta irudi denak egileenak dira, askeak dira edo/eta baimenduta erabili dira.

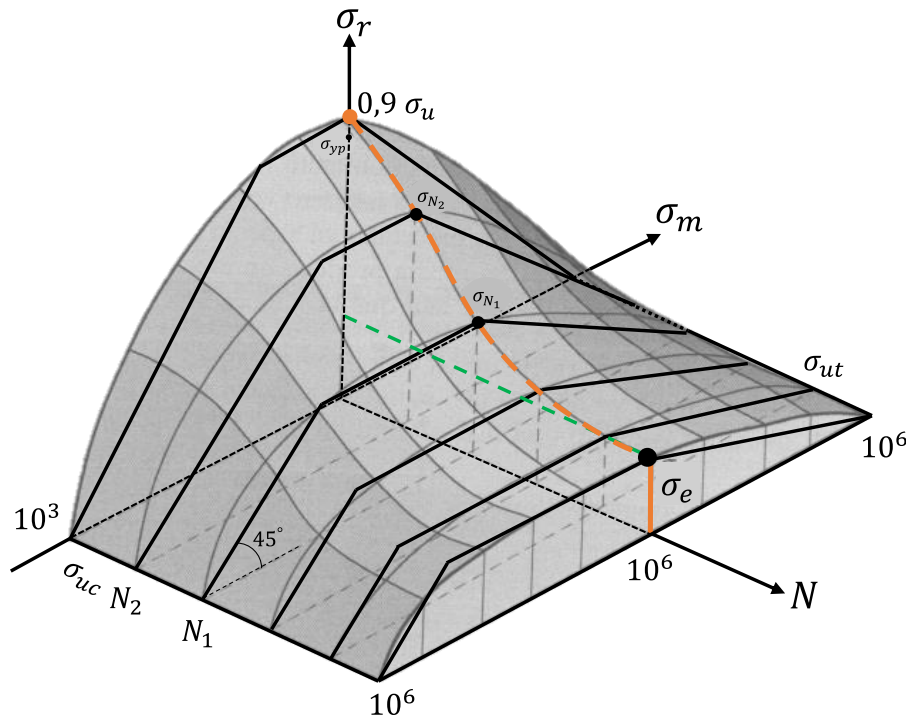
Tentsio-egoera horien neke-erantzuna karakterizatzeko, tentsio batez besteko + alternoko hainbat konbinazio entseatzan dira, eta horietako bakoitzaren N iraupena erregistratzen da, $\sigma_m-\sigma_r-N$ puntu-mordo bat sortuz. Puntu-mordo horren beheko muga Haigh-en diagrama izeneko gainazal baten bidez hurbiltzen da. 2. irudian ikusi daiteke neke-muga tentsioa σ_e dela; beraz, marraztutako gainazala piezari dagokiona da, aurreko gaian azaldutakoaren arabera. Jakina, σ_r-N planoan ($\sigma_m=0$), aurreko gaian aztertutako kurba dugu (eskala logaritmikoan, $\log\sigma_r-\log N$ eskalan lantzen zen). Azkenik, 2. irudian egiaztatzen da, konpresio-ko batez besteko osagaia duten tentsio-egoerek trakzio-egoerek baino hobeto erantzuten diotela nekeari; izan ere, batez besteko konpresio-tentsioak pitzadura “ixteko” joera du, neke-hutsegitea zaildu egiten du eta, beraz, piezaren N iraupena luzatu.



2. irudia. $\sigma_m-\sigma_r-N$ grafikoa (Haighen diagrama). Egileen irudia.

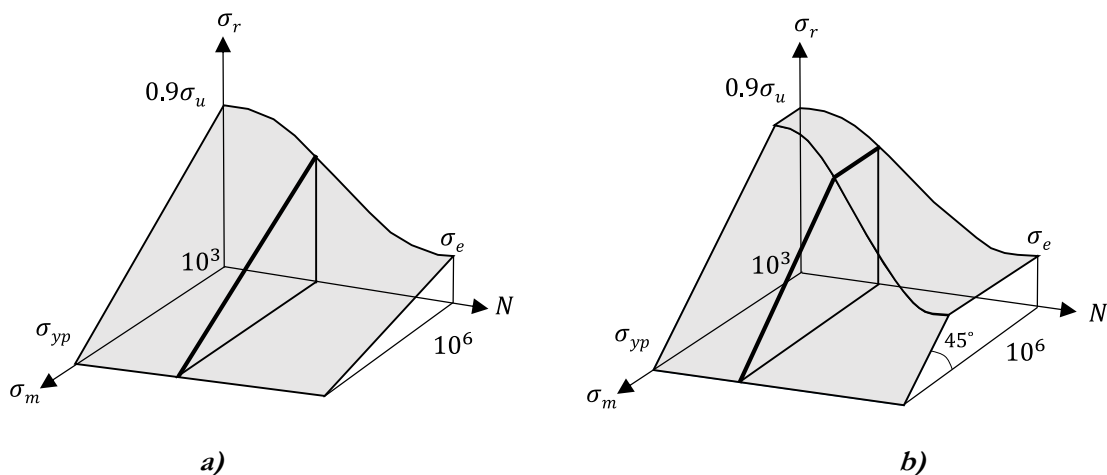
2. irudiko diagrama sinplifikatzeko, gutxi gorabeherako azalera bat planteatzen da, non N ziklo-kopuru jakin batean hutsegitea eragiten duten $\sigma_m-\sigma_r$ tentsio-konbinazio guztiak zuzenen gainean adierazten direlarik (ikusi 3. irudia). Beste hurbilketa asko daude, baina erakutsitakoak erabilienak dira, sinpleak eta kontserbadoreak direlako. Aurreko gaian $\sigma_r-\log N$ kurbarekin (Basquin-en kurba) aipatu den bezala, 3. irudiko lerro zuzenak orokorrak dira, aurre-kalkuluetarako edo erantzukizun gutxiko piezen kalkuluetarako balio dute; zehaztasun handiagoa behar duten kalkuluetarako, $\sigma_m-\sigma_r$ saiakuntzak egitea komeni da erabiliko den altzairu zehatzarekin, zeren eta kasu batzuetan emaitzak eta 3. irudiko zuzenak nahiko desberdinak izan daitezke. Berrito ere, arazoa da saiakuntza esperimental horiek oso garestiak

dirrela, eta horregatik ez da ohikoa informazio hori izatea.

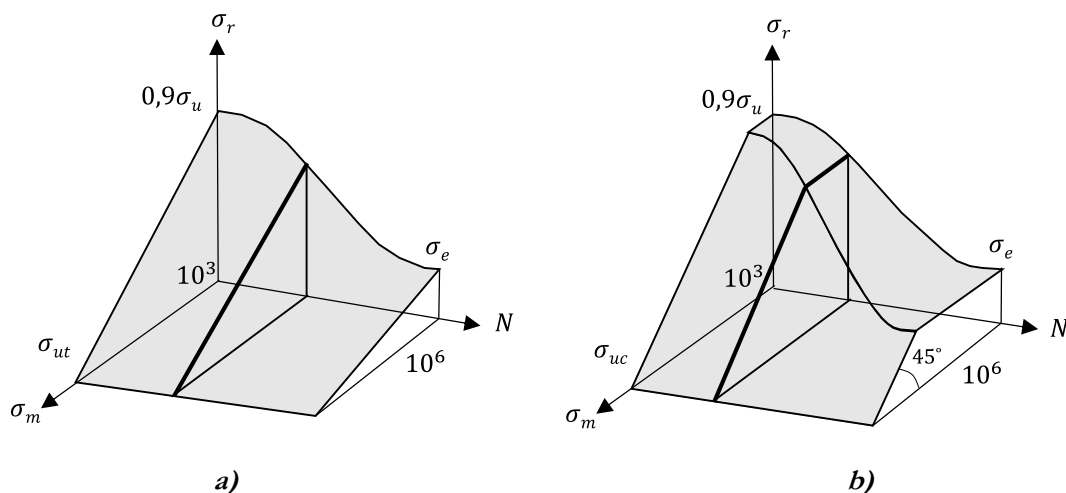


3. irudia. Haighen diagramaren hurbilketa zuzenen bidez. Egileen irudia.

Hala, bada, hemendik aurrera erabiliko den hutsegite-gainazala, gutxi gorabehera, material harikorretarako (4. irudia) eta hauskorretarako (5. irudia) erabiliko dira, hurrenez hurren. Kontuan izan behar da material harikor baten eta material hauskor baten arteko alde bakarra dela σ_m ardatza σ_{yp} -ra iristen dela material harikorrerako, eta σ_u -ra material hauskorretarako, kasu bakoitzeko hutsegite estatikoari dagokion bezala (puntu horiek $\sigma_r=0$ baita, hau da, hutsegite estatikoari).



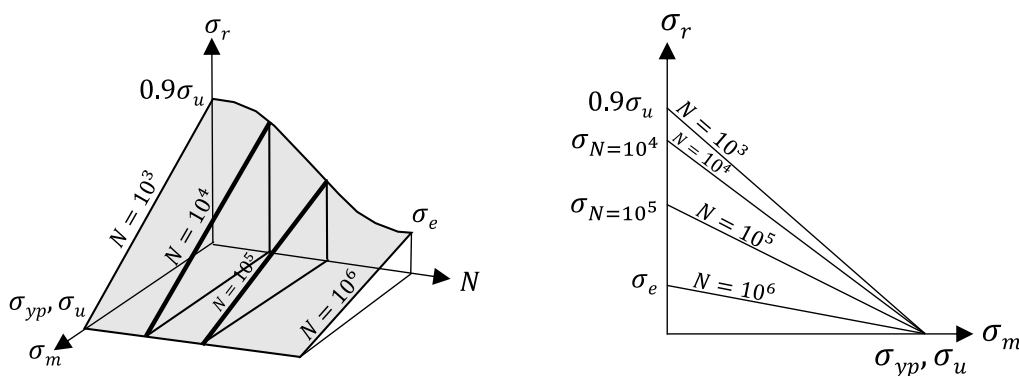
4. irudia. Material harikorretarako neke-gainazala: a) batez besteko trakzio-tentsioa b) batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.



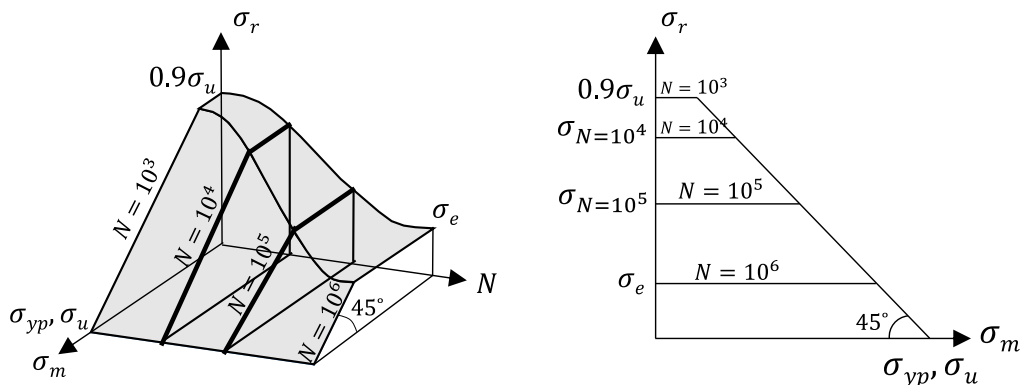
5. irudia. Material hauskorrentzako neke-gainazala: a) batez besteko trakzio-tentsioa b) batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.

2. NEKE-GAINAZALAREN INTERPRETAZIOA

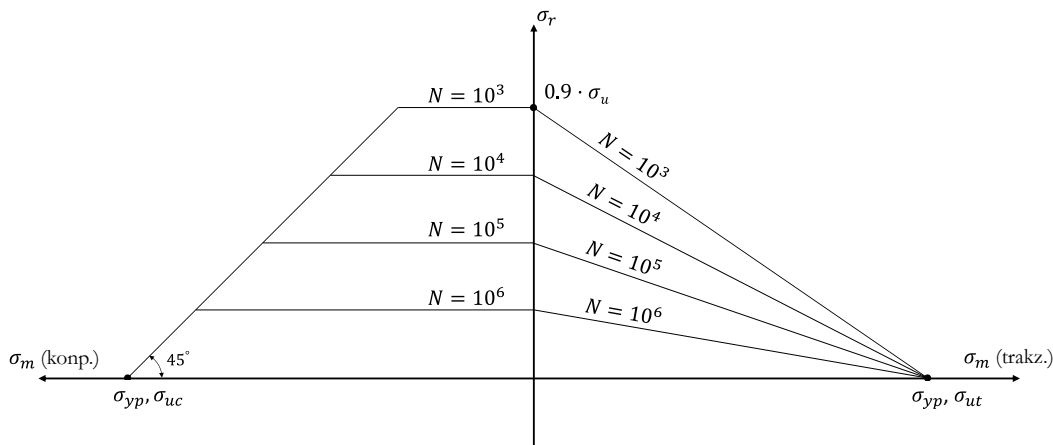
Azaldu den moduan, 4 eta 5. irudien gutxi gorabeherako neke-gainazalean, σ_m - σ_r plano ezberdinak zuzenez osatuta daude, eta horien gainean daude piezaren N iraupen bera ematen duten σ_m - σ_r tentsio-konbinazio guztiak. 6. irudian, batez besteko trakzio-tentsioei dagozkien zuzenak ageri dira eta 7. irudiak batez besteko konpresio-tentsioei dagokiena erakusten du. Aurreko atalean adierazitakoaren arabera, σ_m ardatzaren muga σ_{yp} edo σ_u da, materiala harikorra edo hauskorra denaren arabera. 8. irudian, 6 eta 7. irudietako diagramak adierazten dira aldi berean (batez besteko trakzio eta konpresio-tentsioa).



6. irudia. σ_m - σ_r konbinazioak, piezaren N iraupena eragiten dutenak (Soderberg edo Goodman-en zuzenak), batez besteko trakzio-tentsioa. Egileen irudia.



7. irudia. σ_m - σ_r konbinazioak, piezaren N iraupena eragiten duten batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.



8. irudia. Piezaren N iraupena ematen duten σ_m - σ_r konbinazioak (batez besteko tentsioa konpresioan eta trakzioan). Egileen irudia.

6. irudian, batez besteko trakzio-tentsioa, zuzenak σ_{yp} -ra (material harikorra) iristen direnean, Soderberg-en zuzenak deitzen zaie eta σ_u -ra iristen direnean (material hauskorra), Goodman-en zuzenak. 6. irudiko zuzen horien ekuazioak, triangeluen antzekotasuna aplikatuz lortzen dira:

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_N} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{yp}} = 1 \text{ (Soderberg-en zuzena, material harikorrerako)} \quad (2a)$$

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_N} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{ut}} = 1 \text{ (Goodman-en zuzena, material hauskorarentzat)} \quad (2b)$$

6. irudian irudikatzen da, σ_N tentsio alferno purua dela, aztertzen ari garen σ_m - σ_r konbinazioaren N iraupen bera duena. Hau da, nekearen ondorioetarako, guztiz baliokideak dira σ_m - σ_r tentsio-egoera eta $\sigma_r = \sigma_N$ tentsio-egoera ($\sigma_m = 0$), biek eragiten baitute piezaren hutsegitea N zikloren ondoren.

7. irudian zuzenak horizontalak dira; horrek esan nahi du σ_r tentsio alternoaren balio jakin bati N iraupen bat dagokiola, σ_m batez besteko tentsioaren balioa edozein dela ere. Beraz, zuzen horizontalaren ekuazioa:

$$\sigma_r = \sigma_N \quad (3)$$

Hau da, batez besteko konpresio-tentsioaren magnitudeak ez du eraginik piezaren neke-bizitzan; hori egia da muga bateraino, non zuzen horizontala 45° -ra inklinatutako beste zuzen batekin ebakitzen baita, σ_{yp} material harikorrerako edo σ_u material hauskorrerako (ikus 7. irudia). Zuzen inklinatu horretan daude $\sigma_m - \sigma_r$ konbinazioak $\sigma_m + \sigma_r = \sigma_{yp}$ ekuazioa betetzen duten material harikorretan eta $\sigma_m + \sigma_r = \sigma_u$ ordea material hauskorretan. Beraz, 45° -ko zuzenaren gainean kokatzen diren $\sigma_m - \sigma_r$ tentsio-egoerei hutsegite estatikoa dagokie.

6 eta 7. irudiko grafikoak erabiliz, ebatzi beharreko problema bi motatakoa izan daiteke:

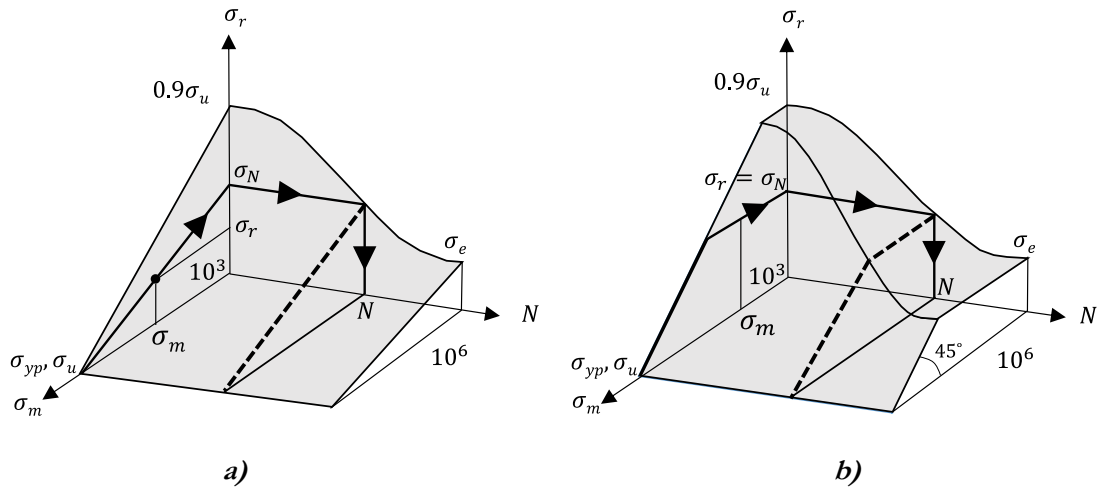
- a) Pieza baten puntu kritikoenaren $\sigma_m - \sigma_r$ tentsio-egoera kontuan hartuta, kalkula ezazu neke-bizitzaren N iraupena. Problemaren emaitza bakarra da, $\sigma_m - \sigma_r$ egoera jakin bati N iraupena baitagokio.
- b) Nekearekiko N iraupena emanda, pieza baten punturik kritikoenak izan behar duen $\sigma_m - \sigma_r$ tentsio-egoera kalkulatzeko, hutsegitea ziklo-kopuru horren ondoren gerta dadin. Kasu horretan, problemak infinitu soluzio izan ditzake, $\sigma_m - \sigma_r$ konbinazio infinitu baitaude, eta horiei N iraupen bera dagokie.

9. irudiak lehenengo problemaren ebazpen grafikoa erakusten du, bai batez besteko trakzio-tentsioaren kasuan (9a), bai konpresioaren kasuan (9b). Nekearen hiru dimentsioko gainazalean zuzenean lan egin beharrean, sinpletasunagatik, lehenengo $\sigma_m - \sigma_r$ planoan egiten da lan, eta ondoren $\sigma_r - N$ planoan. $\sigma_m - \sigma_r$ planoan σ_N tentsio alterno puru baliokidea lortzen da (2) ekuazioaren bidez. σ_N -ren balio horrekin $\sigma_r - N$ planoan sartzen da piezaren N iraupena lortzeko; zehatzagoak izateko, eta aurreko gaien azaldutakoaren arabera, σ_N -ren balioarekin $\log \sigma_r - \log N$ planoan sartzen da, piezaren N iraupena kalkulatzeko, aurreko gaiaren formulak erabiliz.

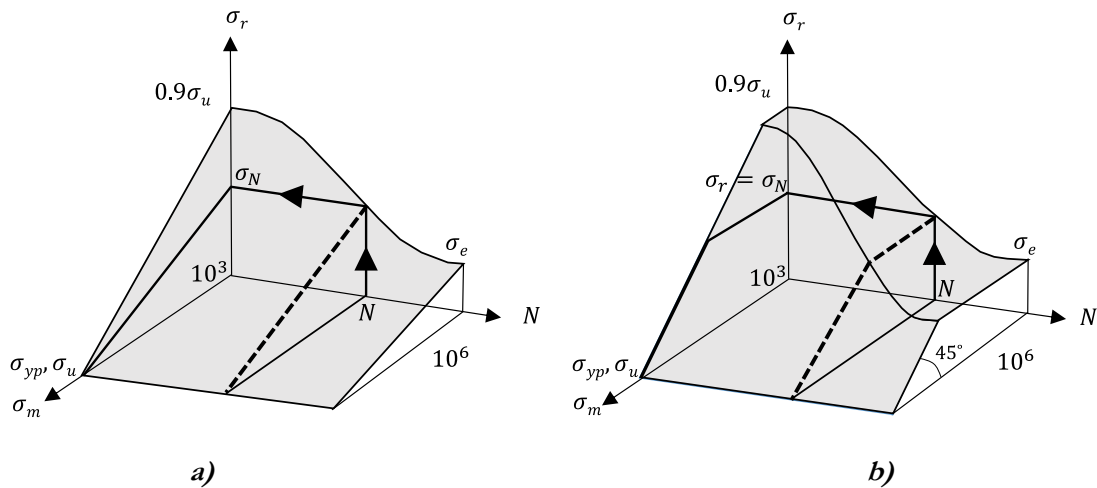
10. irudiak 2. problemaren ebazpen grafikoa erakusten du, bai batez besteko trakzio-tentsioaren kasuan (10a), bai konpresioaren kasuan (10b). Kasu honetan, alderantzizko bidea jarraitu behar da: lehenik $\sigma_r - N$ planoan (edo, hobeto esanda, $\log \sigma_r - \log N$ planoan) lan egiten da σ_N kalkulatzeko, eta, ondoren, $\sigma_m - \sigma_r$ planoan, piezaren N iraupena ematen duten $\sigma_m - \sigma_r$ konbinazioak lortzeko. Kasu horretan, $\sigma_m - \sigma_r$ soluzio infinituak daude, Soderberg-en (material

Makinen Diseinua *Mikel Abasolo, Edurne Iriondo eta Javier Corral* 6

harikorra) edo Goodman-en (material hauskorra) zuzenaren gaineko σ_m - σ_r puntu guztiek N iraupen bera baitute.



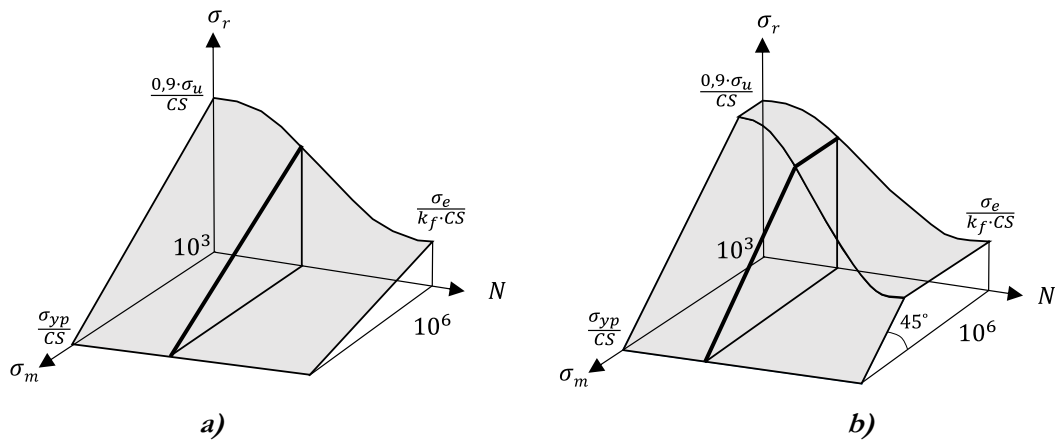
9. irudia. Piezaren N iraupenaren kalkulua σ_m - σ_r tentsio-egoera jakin baterako: a) batez besteko trakzio-tentsioa b) batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.



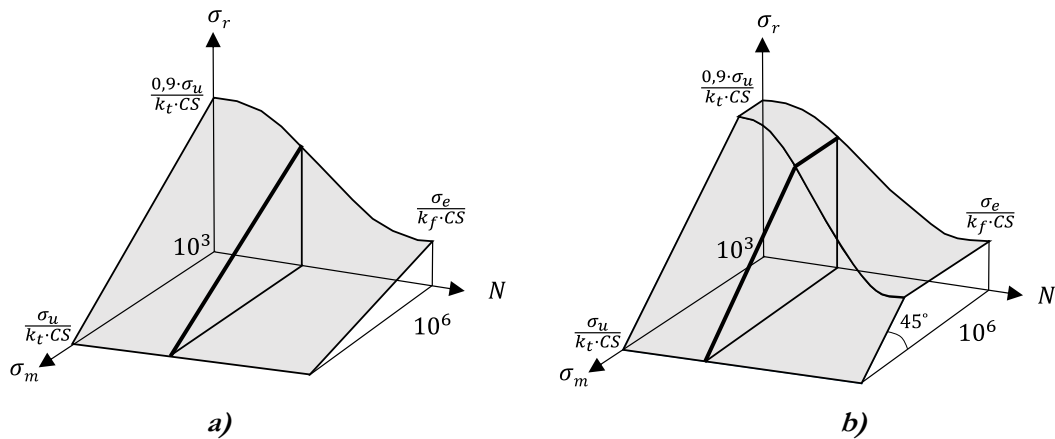
10. irudia. Piezaren N iraupen jakin baterako σ_m - σ_r tentsio-egoera kalkulua: a) batez besteko trakzio-tentsioa b) batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.

3. TENSIO-KONTZENTRAZIOAREN ETA SEGURTASUN-KOEFIZIENTEAREN ERAGINA

Aurreko gaiaren jarduteko erari jarraituz, tentsio-kontzentrazioaren eta segurtasun-koefizientearen eragina kontuan hartzen da nekearen azalera murriztuz, 11 eta 12 irudietan adierazten den moduan. Berriro ere, kurba txikiagotu denez, σ_m eta σ_r tentsio nominalarekin sartzen da beti kurba horretan.



11. irudia. Piezaren neke-gainazala, tentsio-kontzentrazioarekin eta segurtasun-koefizientearekin (material harikorra): a) batez besteko trakzio-tentsioa; b) batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.



12. irudia. Piezaren neke-gainazala, tentsio-kontzentrazioarekin eta segurtasun-koefizientearekin (material hauskorra): a) batez besteko trakzio-tentsioa; b) batez besteko konpresio-tentsioa. Egileen irudia.