

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

# Egituren Teoria irakasgaiko laborategiko gidak

M<sup>a</sup> Helena Fernandes Rodrigues  
Iker Garitaonandia Areitio

**EUSKARAREN ETA ETENGABEKO  
PRESTAKUNTAREN ARLOKO  
ERREKTOREORDETZAREN SARE ARGITALPENA**

Argitalpen honek UPV/EHUko Euskararen eta Etengabeko Prestakuntzaren arloko  
Errektoreordetzaren laguntza izan du

# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## TENTSIONEN BANAKETA.

### FOTOELASTIZITATEA

#### 1. HELBURUAK

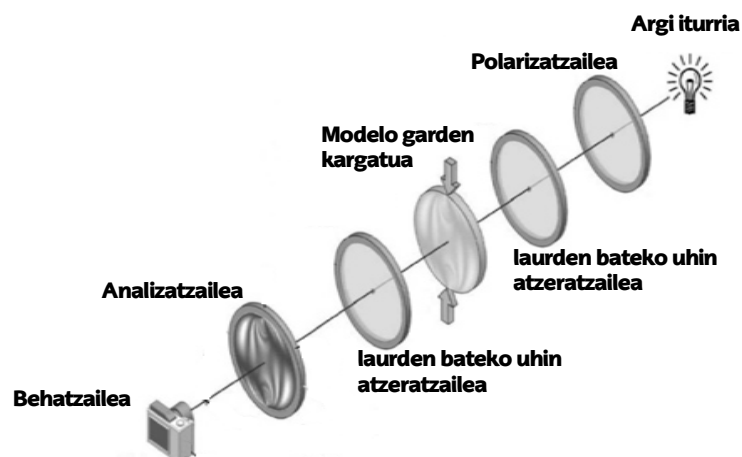
- Proposatutako karga-egoera desberdinetarako, tentsioen banaketa aztertzea material fotoelastikoz eginiko habe batean.
- Proposatutako kasuak Egituren Teoria irakasgaiaren ikasitako kontzeptuekin erlazionatzea. Bereziki, honako kontzeptu hauek landuko dira: momentu makurtzaileen diagramak, tentsioen azterketa makurdura huts eta sinplean, tentsioen azterketa esfortzu axial huts eta eszentrikoan, eta Saint Venant-en printzipioa.

Praktika honi buruzko azken txostena era egokian gauzatu ahal izateko, gida hau bere osotasunean irakurri behar da praktika burutu aurretik.

#### 2. GINARRI TEORIKOAK

Fotoelastizitatea tentsioen analisirako metodo esperimental bat da. Funtsean, elementu estruktural bateko modelo garden bat polarizatutako argi-eremu batean bistaratzeko oinarritzen da, eta modelo optiko erresultanteak interpretatzen tentsioak lortzeko. Material garden askok birrefringentziaren propietatea dute. Horrek esan nahi du, material hauek polariskopio baten bitartez behatzen direnean, koloretako marrak ikusten direla tentsioak jasaten dituztenean. Koloretako marrak tentsioaren magnitudearekin linealki erlaziona daitezkeenez, material fotoelastikoa duen pieza baten puntu bateko tentsioak neur daitezke ekipamendu egokia erabiliz.

1. irudian, polarizatutako transmisio baten eskema ikus daiteke, modelo garden eta fotoelastiko batekin erabiltzeko.



1. irudia. (iturria: <http://www.scielo.br>, Creative Commons lizentzia)

Polariskopioaren elementu optikoak irudian dauden bezala kokatzen direnean, uniformeki argizatuta egongo da tentsiorik jasaten ez duen modelo garden bat. Modelolari kargak aplikatzen bazaizkio, marra eredu bat agertuko da. Kargaren balioa handitzen den heinean,

# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## TENTSIONEN BANAKETA.

### FOTOELASTIZITATEA

marra berriak sortuko dira tentsio handieneko puntuetan, hasierako marrak modeloaren barrurantz desplazatuz. Marra kopurua proportzionalki handituko da kargarekiko.

Marra bakoitzean, konstantea da tentsio nagusien diferentziaren balioa. Beraz, norabide nagusiak "p" eta "q" moduan izendatzen baditugu, marra bakoitza  $\sigma_p - \sigma_q$  konstantea den gunea da. Puntu bakoitzean tentsio nagusien diferentzia tentsio ebakitzaille maximoaren balioaren bikoitza denez, marra bakoitzak tentsio ebakitzaille maximoko gunea adierazten du. ( $\sigma_p - \sigma_q$ ) edo  $2\tau_{\max}$ -ren hazkuntza konstantea da marra batetik hurrengora.

Aurreko propietatea fotoelastizitatearen oinarritzko formulatan isladatzen da:

$$\sigma_p - \sigma_q = 2\tau_{\max} = \frac{f}{t}N \quad (1)$$

non:

f= material fotoelastikoaren tentsio-koefiziente optikoa

t= modeloaren lodiera

N= marra ordenaren zenbakia

Erlazio horrek aukera ematen du fotoelastizitatea erabiliz tentsioen neurketa kuantitatibo bat egiteko, tentsio-koefiziente optikoa ezagutzen bada. Datu hori, normalean, fabrikatzaileak ematen du.

Fotoelastizitatearen formulak ez ditu modeloaren puntu bakoitzeko  $\sigma_p$  eta  $\sigma_q$  tentsio individualak kalkulatzeko, tentsio horien arteko diferentzia baizik.

Kanpo-karga puntual bat jasaten duen modelo fotoelastiko bat oinarritzat harturik, modeloaren gainazal askeak ezin du tentsiorik jasan gainazal horren norabide elkarzutean. Izatez, gainazalarekiko norabide normala ardatz nagusi bat da, eta beste ardatz nagusia gainazalarekiko paraleloa da. Horren salbuespena kanpo-karga aplikatua izan den gune lokalean daukagu.

Beraz, tentsio nagusi bat zero da karga aplikatua izan den gune lokal horretatik kanpo dagoen gainazaleko edozein puntutan. Beste tentsio nagusia puntu horretatik pasatzen den kolorezko marrari dagokio. Hau da, (1) ekuazioan  $\sigma_q=0$  ordezkatuz (gainazal askearen norabide elkarzuteko tentsioa), honako hau daukagu:

$$\sigma_p = \frac{f}{t}N \quad (2)$$

Horren arabera, modeloaren gainazaleko puntu bateko tentsio nagusia kalkulatzeko bertatik pasatzen den marra identifikatu behar da, eta dagokion marra-zenbakia, N, (2) ekuazioan ordezkatu. Modeloaren koefizientea, f, eta lodiera, t, jakinik, puntu horretako tentsio nagusia lortzen da.

# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## TENTSIONEN BANAKETA.

### FOTOELASTIZITATEA

Praktika hau gauzatzean, kargak aplikatzerakoan, tentsio handieneko gainazaleko puntuetan agertuko dira marrak lehendabizi. Kargak handitzerakoan marra gehiago sortuko dira puntu horietan, hasierako marrak modeloaren barrurantz desplazatuz. Era berean, marrak agertzen hasiko dira tentsio gutxiago jasaten duten gainazaleko beste puntu batzuetan; eta, guztira, handitu egingo da ikusgai egongo diren marra kopurua.

### 3. PRAKTIKAREN EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA

Praktika hau Stress-Opticon deritzon aparatuan gauzatzen da. Bertan, laurden bateko uhin-atzeratzea sortzen duten plaka polarizatzaile lauak ezarri dira, polarizatzaile zirkular eta integrala osatuz.

Stress-Opticon aparatuekin batera hornitutako habe modeloak 6,35 mm-ko lodiera du, eta PSM-1 izendapena duen plastiko fotoelastikoz gauzatu da, 7 MPa/marra/mm balioko tentsio-koefiziente optikoarekin.

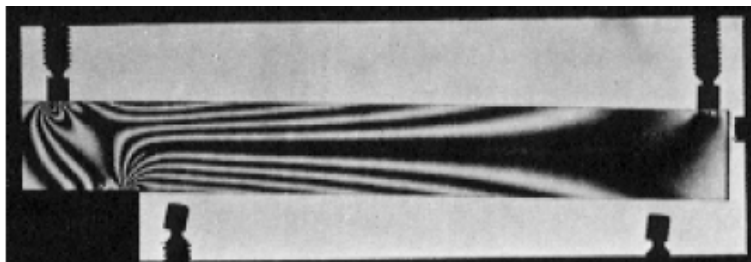
Argi naturala (edo argi zuria) erabiliz praktika honetan proposatutako kasuak aztertzerakoan, lortuko den marra bakoitzak kolore bat izango du. Hori dela eta, lerro horiei lerro isokromatiko deritze (tentsio nagusien arteko diferentziak balio konstante bat hartzen dueneko modeloaren puntuen toki geometrikoa).

### 4. PRAKTIKAREN GARAPENA

Praktika honetan, jarraian deskribatzen diren kasuak gauzatuko dira:

#### 1. kasua. Makurduran dagoen hegal-habea

Kasu honetarako, modelo ezker-muturrean eusten da, euste-markoaren karga-torloju bat erabiliz, eta eskuin-muturreko torlojuarekin habearen mutur askean karga bat aplikatzeko erabiltzen da, 2. irudian ikusten den moduan (beste torlojuak ezin dira kontaktuan egon modeloarekin).



2. irudia.

Jarraitu beharreko pausoak:

- 1.- Habearen muntaia egin 2. irudiaren arabera, eta plaka polarizatzaileak era zuzenean kokatu (puntu zuriak markoaren barrurantz).
- 2.- Karga bat aplikatu markoaren goialdeko eskuin-muturreko torlojuarekin, azpiko gainazala moztzen duten kolorezko 5 marra bistaratu arte.

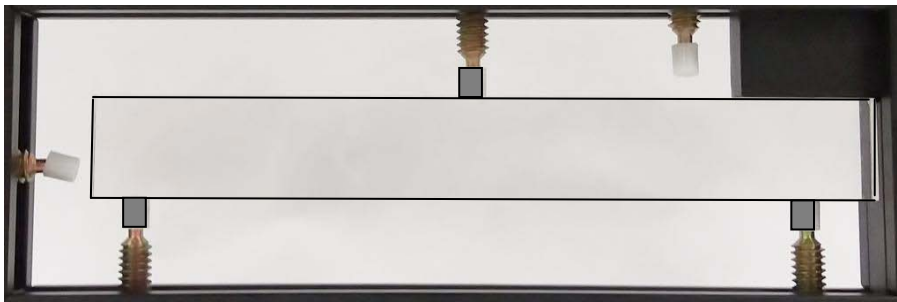
# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## TENTSIOEN BANAKETA.

### FOTOELASTIZITATEA

- 3.- Marren banaketa aztertu euskarrietan.
- 4.- Marren banaketa aztertu karga-torlojuaren kontaktu gunean.
- 5.- Goiko zein azpiko gainazalak moztzen dituzten marren arteko tartekak aztertu.
- 6.- Marren banaketaren irudi bat (argazkia) lortu.

#### **2. kasua. Era sinplean bermatutako habea**



3. irudia.

Jarraitu beharreko pausoak:

- 1.- Habearen muntaia egin 3. irudiaren arabera, eta plaka polarizatzaileak era zuzenean kokatu (puntu zuriak markoaren barrurantz).
- 2.- Karga bat aplikatu, markoaren goialdeko erdiko torlojuarekin azpiko gainazala moztzen duten kolorezko 9 edo 10 marra bistaratu arte.
- 3.- Marren banaketa aztertu euskarrietan.
- 4.- Marren banaketa aztertu karga-torlojuaren kontaktu gunean.
- 5.- Goiko zein azpiko gainazalak moztzen dituzten marren arteko tartekak aztertu.
- 6.- Marren banaketaren irudi bat (argazkia) lortu.

#### **3. kasua. Momentu konstantea duen habea**



4. irudia.

- 1.- Habearen muntaia egin 4. irudiaren arabera, eta plaka polarizatzaileak era zuzenean kokatu (puntu zuriak markoaren barrurantz).

# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

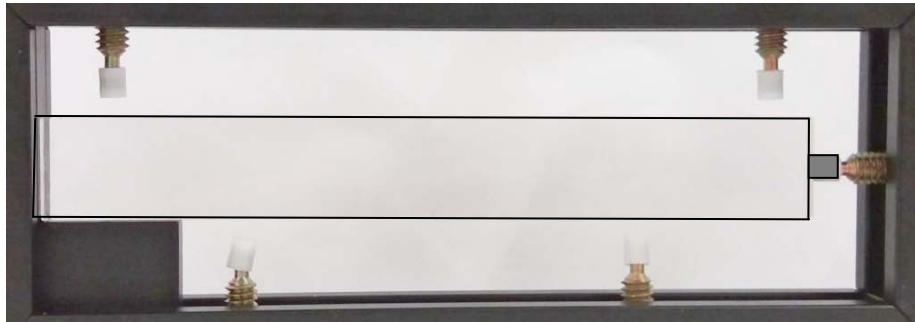
## TENTSIOEN BANAKETA.

### FOTOELASTIZITATEA

2.- Kargak aplikatu markoaren goialdeko bi torlojuen bitartez. Bi kasuetan, berdina izan behar da torloju bakoitzetik hurbileneko euskarrira dagoen distantzia. Bi karga horiek doitu, sortutako marrak goiko eta azpiko gainazalekiko paraleloak izan daitezzen.

3.- Marren banaketaren irudi bat (argazkia) lortu.

#### **4. kasua. Karga axiala**



5. irudia.

1.- Habearen muntaia egin 5. irudiaren arabera, eta plaka polarizatsaileak era zuzenean kokatu (puntu zuriak markoaren barrurantz).

2.- Karga aplikatu markoaren eskuineko torlojuaren bitartez. Karga hori habearen zeharkako sekzioan zentratuta egongo da.

3.- Marren banaketa aztertu.

4.- Marren banaketaren irudi bat (argazkia) lortu.

#### **5. kasua. Eszentrikoki kargatutako barra.**



6. irudia.

1.- Habearen muntaia egin 6. irudiaren arabera, eta plaka polarizatsaileak era zuzenean kokatu (puntu zuriak markoaren barrurantz).

2.- Karga aplikatu markoaren eskuineko torlojuaren bitartez. Kasu honetan, karga hori habearen zeharkako sekzioaren azpialdean aplikatuko da.

3.- Marren banaketa aztertu.

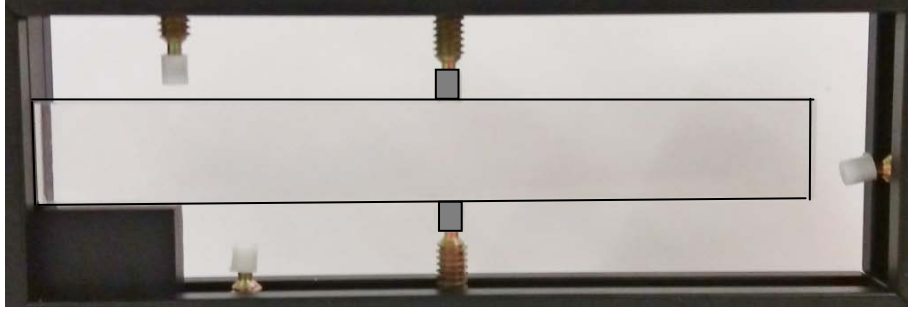
4.- Marren banaketaren irudi bat (argazkia) lortu.

# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## TENTSIONEN BANAKETA.

### FOTOELASTIZITATEA

#### 6. kasua. Kontrako karga kontzentratuak



7. irudia.

- 1.- Habearen muntaia egin 7. irudiaren arabera, eta plaka polarizatzaileak era zuzenean kokatu (puntu zuriak markoaren barrurantz). Markoaren goialdeko eta azpialdeko erdiko torlojuak (piezak kargatzen eta eusten dituztenak) lerrotatuta egongo dira.
- 2.- Marren banaketa aztertu.
- 3.- Marren banaketaren irudi bat (argazkia) lortu.

#### 5. TXOSTENA GAUZATZEKO ETA AZTERTZEKO ILDOAK

##### 1. kasua:

Momentu makurtzaileen gutxi gora-beherako diagrama irudikatu, marren eta modeloaren gainazalen arteko mozketen arabera, eta marren arteko tartek kontuan hartuz. Aurreko ezagutzen arabera, kasu honetarako, momentu makurtzaileen diagrama zuzen bat da. Nola lor daiteke momentuen linealtasun ondorio hori, lortutako irudia (argazkia) oinarritzat harturik?

Arrazoitu marren banaketaren zergatia habearen luzeran zehar. Baita ere, arrazoitu banaketa hori bai landapenean bai karga aplikatua izan den gunean.

##### 2. kasua:

Momentu makurtzaileen gutxi gora-beherako diagrama irudikatu, marren eta modeloaren gainazalen arteko mozketen arabera, eta marren arteko tartek kontuan hartuz.

Arrazoitu marren banaketaren zergatia, habearen luzeran zehar eta euskarrietako guneetan.

##### 3. kasua:

Momentu makurtzaileen gutxi gora-beherako diagrama irudikatu, marren eta modeloaren gainazalen arteko mozketen arabera, eta marren arteko tartek kontuan hartuz.

Arrazoitu marren banaketaren zergatia, kargen artean eta euskarrietako guneetan.

##### 4. kasua:

Arrazoitu lortutako irudiaren zergatia.

# 1. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## TENTSIOPEN BANAKETA. FOTOELASTIZITATEA

Lortutako argazkitik abiatuz, Saint Venanten printzipioa betetzen dela frogatu.

### 5. kasua:

Non gertatzen dira tentsio normal handienak?

Arrazoitu lortutako marren banaketaren zergatia.

### 6. kasua:

Tentsioen banaketa azaldu habearen ardatzean zehar, eta Saint Venanten printzipioa betetzen dela frogatu.

## **6. PRAKTIKA GAUZATU AURRETIK LANDU BEHARREKO ALDERDI INTERESGARRIAK**

- *Birrefringentzia* kontzeptua.
- Barne-esfortzuen eta beren konbinaketen ondorioz sortutako tentsio-egoeren azterketa.
- Saint Venanten printzipioa.



## 2. LABORATEGIKO PRAKTIKA

# DEFORMAZIOAK. ESTENTSOMETRIA ELEKTRIKOA

### 1. HELBURUAK

- Tentsio normalaren eta luzetarako deformazioaren arteko erlazioa lortzea.
- Material baten Poisson-en koefizientea lortzea.

Praktika honi buruzko azken txostena era egokian gauzatu ahal izateko, gida hau bere osotasunean irakurri behar da praktika gauzatu aurretik.

### 2. OINARRI TEORIKOAK

Estentsometria elektrikoa da deformazioak eta tentsioak lortzeko teknika esperimental erabiliena. Teknika hau efektu piezoerresistiboan oinarritzen da (eroale baten erresistentziaren aldaketa, luzera-aldaketa bat ezartzen zaionean).

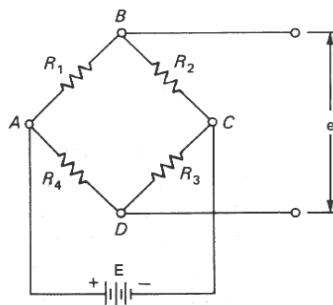
Estentsometria elektrikoan galga estentsometrikoak erabiltzen dira eroale moduan. Galga horiek deformazioak kalkulatu nahi diren piezaren gainazaletan itsasten dira. Pieza hori deformatzen denean, galgak luzatu edo laburtu egiten dira, eta beren erresistentzia aldatu.

Galgen erresistentziaren aldaketa neurtzeko erabiliko den seinale egokitzaila wheatstone zubia izango da, adar bakoitzean erresistentzia bat egonik, 1. irudian ikusten den moduan. Hiru konfigurazio izan daitezke:

Zubiaren  $\frac{1}{4}$ -a: adar "aktibo" bat du, adar horren erresistentzia deformazioak neurtzeko erabiltzen den galgarena izanik.

Zubiaren  $\frac{1}{2}$ -a: bi adar "aktibo" ditu (bi galga piezan edo egituran kokatuak).

Zubi osoa: lau adar "aktibo" ditu.



1. irudia. Wheatstone zubia.

Estentsometriako ekipamendua prestatuta dago zuzenean deformazioak ( $\mu\epsilon$ ) neurtzeko.

Honako hauek dira emaitzen analisirako beharrezkoak diren Egituren Teoriako irakasgaien emandako oinarri teorikoak:

Materialen propietate elastikoak.

## 2. LABORATEGIKO PRAKTIKA

# DEFORMAZIOAK. ESTENTSOMETRIA ELEKTRIKOA

Material elastiko eta linealentzat portaera-legeak (Hooken legea).

Makurduraren ondorioz sortzen diren tentsio normalak. Bereziki, landatua/askea dagoen habe baten makurdura aztertuko da praktika honetan, karga muturrean aplikatzen denean.

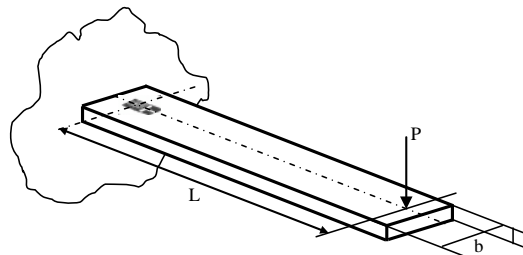
### 3. PRAKTIKAREN EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA

- Aluminiozko habe eusten duen makurdura-markoa.
- Aluminiozko habe (3 x 25 x 320 mm), luzetarako norabidean galga estentsometriko bat itsatsia duena.
- Aluminiozko habe (6 x 25 x 320 mm), bi galga estentsometriko itsatsita dituena, bat luzetarako norabidean eta bestea zeharkako norabidean (Poisson-en konfigurazioa).
- Laborategiko pisuak.
- P-3500, deformazioen neurketarako egokitzailea (zubi bat).

### 4. PRAKTIKAREN GARAPENA

Praktika honetan, jarraian deskribatzen diren kasuak landuko dira:

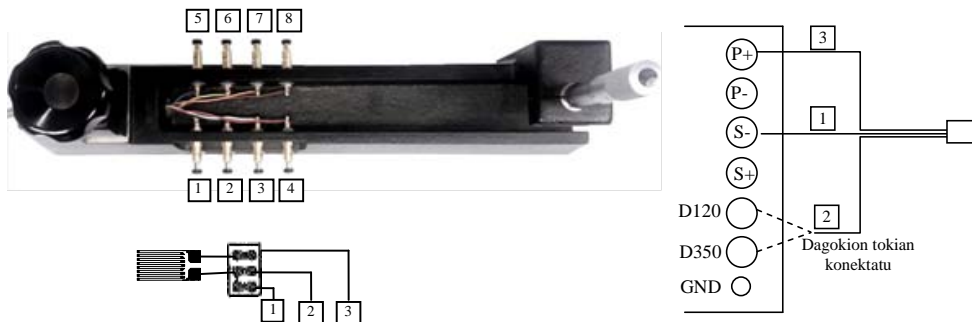
#### 1. kasua. Tentsioaren eta deformazioaren arteko erlazioa zehaztea



2. irudia.

Kasu hau gauzatzeko, honako pauso hauek jarraituko dira:

- Konexioak egin 3. irudian agertzen diren bezala.



3. irudia. Konexioak.

2. LABORATEGIKO PRAKTIKA

DEFORMAZIOAK.  
ESTENTSOMETRIA ELEKTRIKOA

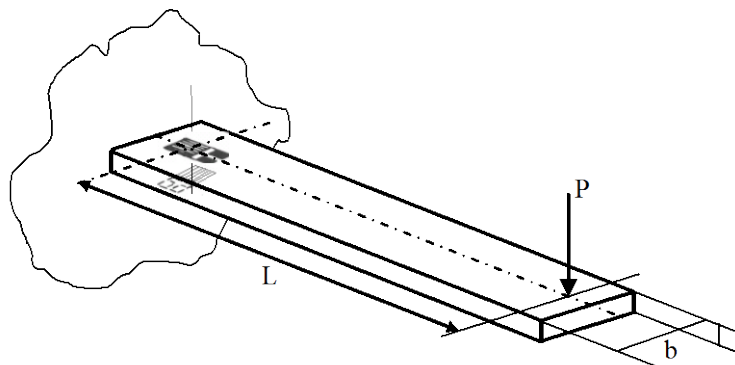
- P3500 egokitzailean, habea deskargatuta, "Balance"-aren bitartez irteera egokitu, bere balioa 0 izan arte (4. irudia).



4. irudia.

- Mutur askea sekuentzialki kargatu, emandako pisuen bitartez. Karga bakoitzarentzat, lortutako deformazio-balioa erregistratu behar da, bai karga bai deskarga-prozesuetan (A ereduaren arabera).
- Karga maximoko egoerarako, neurtu gertatzen den gezia torloju mikrometrikoren bitartez (mikrometroa).

**2. kasua. Poisson koefizientearen kalkulua**



5. irudia.

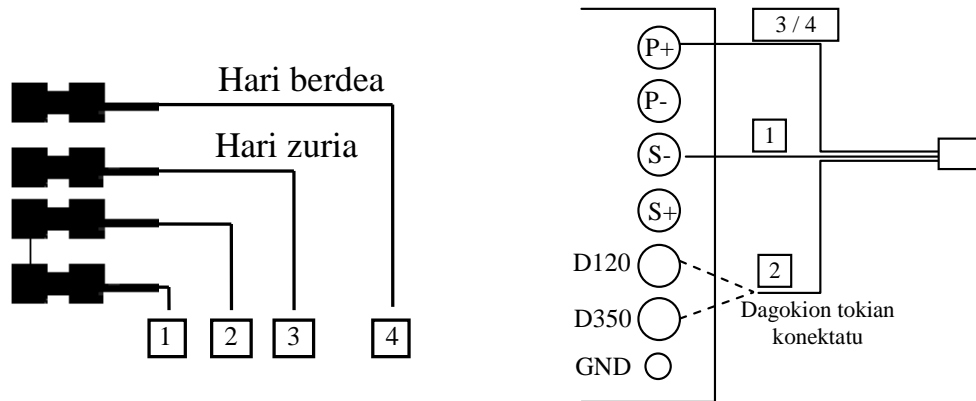
Kasu hau gauzatzeko, honako pauso hauek jarraituko dira:

- Konexioak gauzatu 6. irudian ikusten den moduan. Egokitzaile bakarra dagoenez, luzetarako galgaren konexioa egin behar da, eta dagokion neurketaren balioa jaso (3 kablea P+ konektorean). Ondoren, 3 terminala 4 terminalagatik ordezkatu da P+ konektorean, eta deformazioa neurtuko da zeharkako galgarentzat.

## 2. LABORATEGIKO PRAKTIKA

# DEFORMAZIOAK. ESTENTSOMETRIA ELEKTRIKOA

- Mutur askeari desplazamendu bat aplikatu mikrometroaren bitartez, eta deformazioa neurtu galga bakoitzean. Aplikatutako desplazamenduaren balioak eta lortutako deformazioak (B eredu) idatzi.
- Desplazamendua aldatuz, bost neurketa gehigarri egin.



6. irudia. Poisson koefizientea lortzeko konexioa.

## 5. TXOSTENA GAUZATZEKO ETA AZTERTZEKO ILDOAK

### 1. kasua:

Neurtutako datuekin, galga kokatuta dagoen puntuko tentsio normalaren balioa kalkulatu aplikatutako karga bakoitzarentzat.

Tentsio-deformazio grafikoa marraztu.

Malda lortu. Zer adierazten du maldaren balioak?

Emaitzak aztertu.

### 2. kasua:

Aplikatutako desplazamendu bakoitzarentzat zeharkako eta luzetarako deformazioen arteko erlazioa lortu.

Emaitzak aztertu.

**OHARRA: LORTUTAKO EMAITZEN KOPIA BAT EMANGO ZAIO PRAKTIKAREN IRAKASLE ARDURADUNARI.**

## 6. PRAKTIKA GAUZATU AURRETIK LANDU BEHARREKO ALDERDI INTERESGARRIAK

- Egituren Teoria ikasgaiko 2, 3, 7 eta 8 gaietako kontzeptuak errepasatu.

**DEFORMAZIOAK.**  
**ESTENTSOMETRIA ELEKTRIKOA**

**A EREDUA**

**DATA:**

**ABIZENAK, IZENA:**

**ABIZENAK, IZENA:**

**ABIZENAK, IZENA:**

**KARGA MAXIMO POSIBLEA KALKULATU:** ALUMINIOAREN TENSIO ONARGARRIA: 1080 kgf/cm<sup>2</sup>

<u>PAUSOA</u>	<u>KARGA [N]</u>	<u>DEFORMAZIOA</u>	<u>TENSIOA</u>	<u>DEFORMAZIOA</u>	<u>TENSIOA</u>
		<u>KARGA GORAKORRA</u>	<u>KARGA GORAKORRA</u>	<u>KARGA BEHERAKORRA</u>	<u>KARGA BEHERAKORRA</u>
<u>1</u>					
<u>2</u>					
<u>3</u>					
<u>4</u>					
<u>5</u>					
<u>6</u>					

**DEFORMAZIOAK.**  
**ESTENTSOMETRIA ELEKTRIKOA**

**B EREDUA**

**DATA:**

**ABIZENAK, IZENA:**

**ABIZENAK, IZENA:**

**ABIZENAK, IZENA:**

**KARGA MAXIMO POSIBLEA KALKULATU:** ALUMINIOAREN TENSIO ONARGARRIA: 1080 kgf/cm<sup>2</sup>

<u>PAUSOA</u>	<u>INPOSATUTAKO GEZIA</u> [mm]	<u>DEFORMAZIOA</u> <u>LUZETARAKO GALGA</u>	<u>DEFORMAZIOA</u> <u>ZEHARKAKO GALGA</u>	<u>ν</u>
<u>1</u>				
<u>2</u>				
<u>3</u>				
<u>4</u>				
<u>5</u>				
<u>6</u>				

### 1. HELBURUAK

- Portikoetan deformazioen neurtzea esperimentalak egitea, lortutako emaitzak Egituren Teoria irakasgaiaren ikasitako prozeduren bidez lortutako emaitza teorikoekin konparatuz.

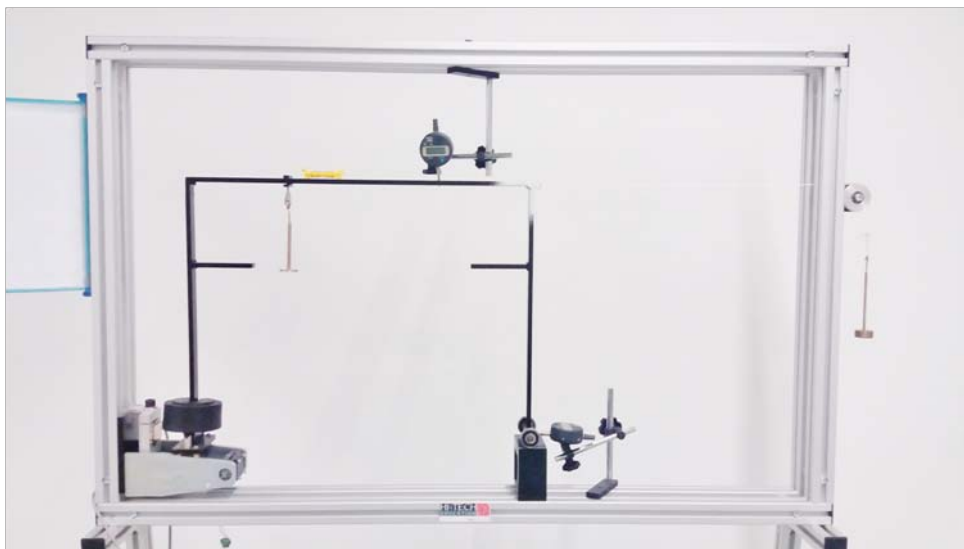
Praktika honi buruzko azken txostena era egokian gauzatu ahal izateko, gida hau bere osotasunean irakurri behar da praktika egin aurretik.

### 2. OINARRI TEORIKOAK

Egituren analisisan, portikoen kalkulua egitea zati garrantzitsua da, mota honetako egiturak erabiliz egiten direlako eraikin industrial asko. Beren diseinua bi fasetan gauzatzen da. Lehenengo fasean, momentu makurtzaileek eta esfortzu ebakitzzaileek sortzen dituzten tentsioak hartzen dira kontuan; bigarren fasean, karga ezberdinen ondorioz portikoen deformazioak hartzen dira kontuan. Askotan, portiko baten diseinua portiko horrek jasan dezakeen gezi onargarriak mugatzen du. Hori dela eta, garrantzitsua da gezi horiek kalkulatzeko dauden metodoak ezagutzea. Metodo horiek Egituren Teoria irakasgai 8., 10. eta 12. gaietan ikasi dira.

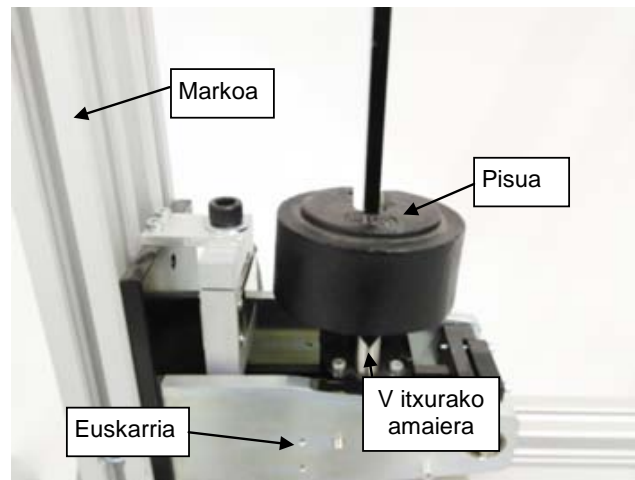
### 3. PRAKTIKAREN EKIPAMENDUAREN DESKRIKAPENA

Praktika hau 1. irudian ikus daitekeen markoaren gain garatzen da. Portikoa altzairuzkoa da ( $E = 205 \text{ GPa}$ ),  $25 \times 8 \text{ mm}$  (oinarria  $\times$  altuera) zeharkako sekziozkoa.



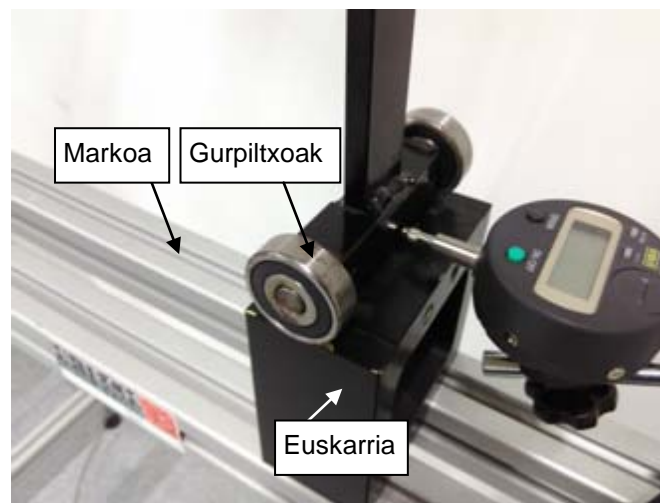
1. irudia.

Portikoaren ezkerreko muturrak V itxurako amaiera dauka (2. irudia), eta euskarri artikulatu finkotzat har daiteke. Euskarri horretan biraketa baimenduta dago. Mutur hori gorantz ez desplazatzeko, garrantzitsua da bere gain 20 N-eko pisu bat kokatzea.



2. irudia.

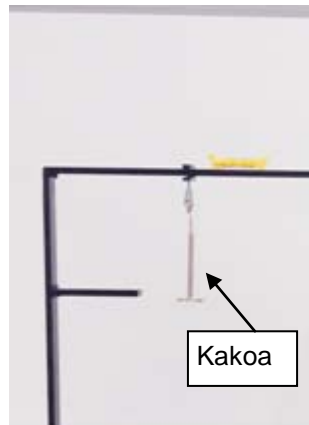
Eskuineko muturrak gurpiltxoak ditu (3. irudia), eta euskarri artikulatu mugikortzat har daiteke. Euskarri honetan, desplazamendu horizontala eta biraketa daude baimenduta.



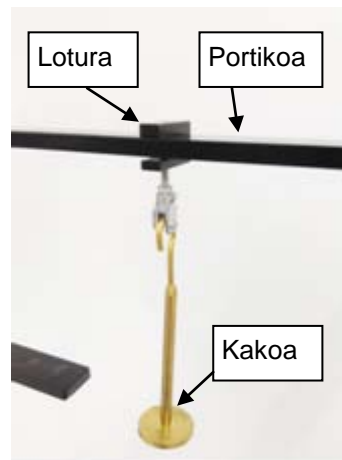
3. irudia.

Portikoaren gain, karga bertikalak pisu batzuen bidez aplikatzen dira. Pisu horiek, kako batzuen bidez, portikora konektatzen dira lotura batzuen bidez (4. eta 5. irudiak). Loturak portiko guztian zehar desplaza daitezke.





4. irudia.



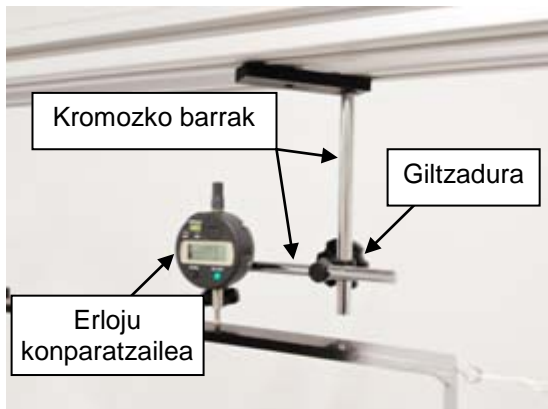
5. irudia.

Karga horizontalak ere pisu batzuen bitartez aplikatzen dira. Pisu horiek, kako batzuen bidez, portikoaren gain aplikatzen dira soka batez baliatuz, polea batetik pasaraziz (6. irudia).

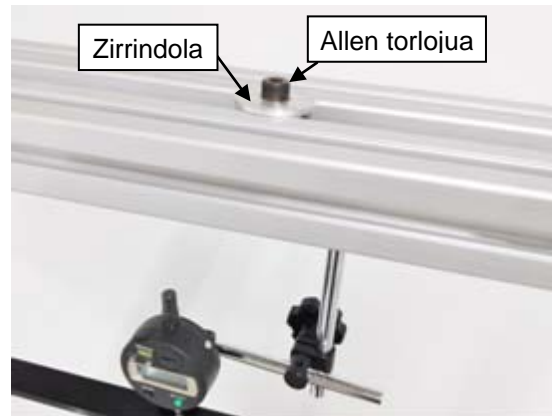


6. irudia.

Portikoaren gain sortzen diren gezien neurketa erloju konparatzaileak erabiliz egiten da. Erloju horiek markoari lotuta daude, beren artean giltzadura batez lotutako bi kromozko barren bitartez (7. irudia). Erloju konparatzaile horiek markoaren edozein posiziotan koka daitezke, eta desplazamendu bertikalak eta horizontalak neur ditzakete. Erloju konparatzaile bat desplazatzeko, bere oinarrira konektatutako Allen torlojua lasaitu behar da markoaren kanpoaldetik (8. irudia), eta berriro gogor estutu behin erlojua desplazatu denean. Erloju horien balio-tartea 12,7 mm-koa da, eta bereizmena 0,01 mm-koa.



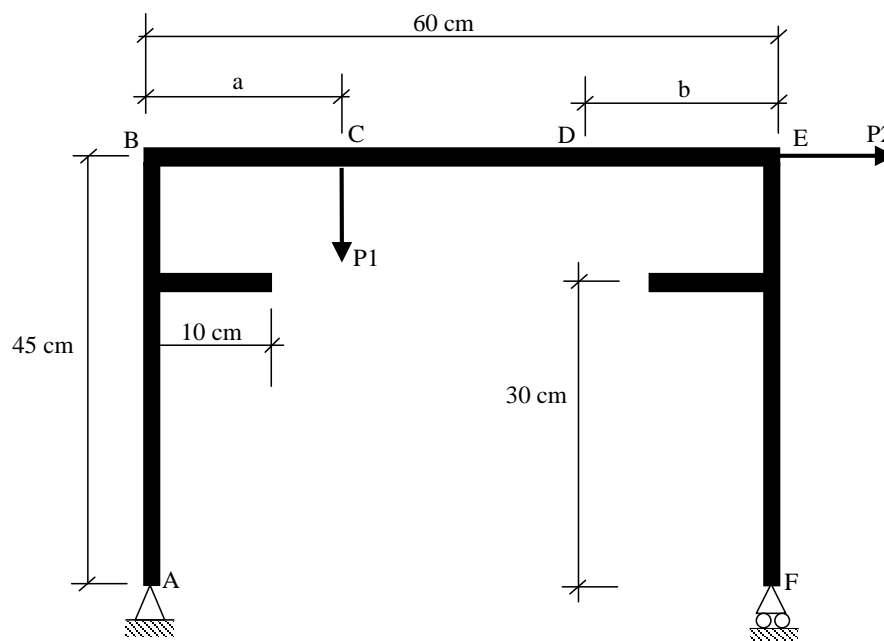
7. irudia.



8. irudia.

#### 4. PRAKTIKAREN GARAPENA

9. irudian, praktikan erabiliko den portiko simetrikoaren dimentsioak aurkezten dira.



9. irudia.

Praktikaren garapenean, 9. irudiko C eta E sekzioetan aplikatuko dira kargak. C sekzioa "a" dimentsioak definitzen du. **Praktika talde bakoitzari "a" dimentsio hori emango zaio praktikaren hasieran.** C sekzio horretan P1 karga aplikatuko da beherantz. E sekzioan P2 karga aplikatuko da eskuinerantz.

Portikoko desplazamenduak D eta F sekzioetan neurtuko dira. D sekzioa "b" neurriak definitzen du. **Praktika talde bakoitzari "b" dimentsio hori emango zaio praktikaren hasieran.** D sekzioan desplazamendu bertikala neurtuko da. F sekzioan desplazamendu horizontala neurtuko da.

**OHAR GARRANTZITSUA:**

- Behin portikoaren muntaia egin denean, kargak jartzen hasi aurretik, ziurtatu beharra dago erloju konparatzaileek neurketa nuluak ematen dituztela D eta F sekzioetako desplazamenduetarako. Hau da, sistema zerora jarri behar da. Neurri horiek zerora jartzeko, erloju konparatzaileak piztu behar dira, eta bakoitzaren "ORIGIN" botoia sakatu behar da segundo batzuetan erlojuaren neurketa 0 mm izan arte.

**1. kasua. Portikoaren karga eta deskarga.**

Kasu honetan, soilik P1 karga aplikatuko da portikoaren gain. Praktika honetan P1 karga 5 N-etik 30 N-era handituko da 5 N-eko tarteetan. Gero, portikoa deskargatuko da tarte berdinar jarraituz guztiz deskargatu arte. Karga bakoitzerako, D eta F sekzioetan kokatutako erloju konparatzaileen neurketak lortuko dira.

Jarraitu beharreko pausoak:

- Egin portikoaren muntaia 9. irudiaren arabera.
- Erloju konparatzaileen desplazamenduak zerora jarri.
- P1 = 5 N-eko indar bat aplikatu. Erloju konparatzaileek neurtutako balioak idatzi 1. taulako 1. lerroan.
- Errepikatu 3. pausoa P1 karga 5 N-etik 30 N-era handituz 5 N-eko tarteetan, eta erloju konparatzaileek neurtutako balioak idatzi 1. taulan dagozkien lerroetan.
- P1 karga deskargatu 5 N-eko tarteetan, eta erloju konparatzaileek neurtutako balioak idatzi 1. taulan dagozkien lerroetan.
- Konparatu aplikatutako karga berdinerako lortutako emaitzak karga eta deskarga prozesuan. Emaitzak interpretatu.

1. taula

	P1 karga (N)	Neurtutako desplazamenduak (mm)	
		D sekzioko desplazamendu bertikala	F sekzioko desplazamendu horizontala
Karga prozesua	5		
	10		
	15		
	20		
	25		
	30		
Deskarga prozesua	25		
	20		
	15		
	10		
	5		
	0		

### 3. LABORATEGIKO PRAKTIKA

## PORTIKOEN IKASKETA

#### 2. kasua. Hainbat kargaren aplikazioa.

Kasu honetan, bi karga aplikatuko dira portikoaren gain.

Jarraitu beharreko pausoak:

1. Desplazamenduak zerora jarri.
2. Portikoaren gain honako karga hauek aplikatu:  $P1 = 10 \text{ N}$  eta  $P2 = 5 \text{ N}$  (1. Karga-egoera). Errepikatu hiru aldiz, erloju konparatzaileek neurtutako batezbesteko balio bat lortzeko. Idatzi balio horiek 2. taulan.
3. Deskargatu portikoa, jarri desplazamenduak zerora, eta honako karga hauek aplikatu portikoaren gain:  $P1 = 20 \text{ N}$  eta  $P2 = 10 \text{ N}$  (2. Karga-egoera). Errepikatu hiru aldiz, erloju konparatzaileek neurtutako batezbesteko balio bat lortzeko. Idatzi balio horiek 2. taulan.

2. taula.

Karga egoera	P1 (N)	P2 (N)	Neurtutako desplazamenduak (mm)	
			D sekzioko desplazamendu bertikala	F sekzioko desplazamendu horizontala
1	10	5		
2	20	10		

### 5. TXOSTENA GAUZATZEKO ETA AZTERTZEKO ILDOAK

#### 1. kasua. Portikoaren karga eta deskarga.

Irudikatu grafiko bat, non ardatz horizontalean aplikatutako  $P1$  kargaren balioak adieraziko baitira, eta ardatz bertikalean erloju konparatzaileek neurtutako balioak  $D$  eta  $F$  sekzioetan. Desplazamenduaren balio ezberdinak lortzen al dira karga prozesuan eta deskarga prozesuan? Nola txikiagotu daiteke neurketetan lortutako ezberdintasuna?

#### 2. kasua. Hainbat kargaren aplikazioa.

Egituren Teoria irakasgaien ikasitako edozein metodo erabiliz, ebatzi 9. irudiko portikoa  $P1 = 20 \text{ N}$  eta  $P2 = 10 \text{ N}$  balioetarako. Konkretuki, lortu  $D$  sekzioko desplazamendu bertikala eta  $F$  sekzioko desplazamendu horizontala. Konparatu balio teoriko horiek 2. taulan neurtutako balio esperimentalekin.

**OHARRA: LORTUTAKO EMAITZEN KOPIA BAT EMANGO ZAIO PRAKTIKAREN IRAKASLE ARDURADUNARI.**

### 6. PRAKTIKA GAUZATU AURRETIK LANDU BEHARREKO ALDERDI INTERESGARRIAK

- Deformazio txikien hipotesia.
- Euskarrietako marruskadura.
- Aplikatutako indarren eta deformazioen arteko linealtasuna.

## 4. LABORATEGIKO PRAKTIKA

# MAKURDURA-MAHAIA

### 1. HELBURUAK

- Habe isostatikoen gezien neurketa esperimentalak egitea, lortutako emaitzetatik abiatuz, material desberdinen Young-en moduluak lortzeko.
- Kargaren eta geziaren arteko proportzionaltasuna egiaztatzea.
- Material desberdinen ezaugarri elastikoak konparatzea, karga-egoera berdinen aurrean.

Praktika honi buruzko azken txostena era egokian gauzatu ahal izateko, gida hau bere osotasunean irakurri behar da praktika egin aurretik.

### 2. PRAKTIKAREN EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA

Praktika hau 1. irudian ikusten den markoan gauzatuko da. Material eta dimentsio desberdineko habeak erabiliko dira. Habeen dimentsioak neurtu beharko dira, luzera eta zeharkako sekzioaren inertzia-momentua lortzeko.

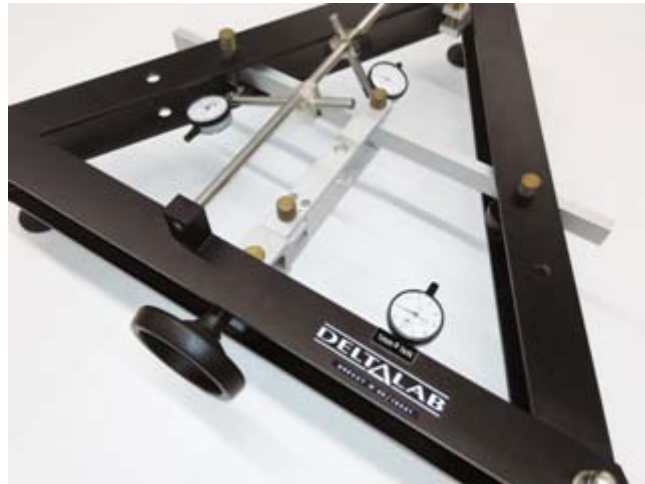


1. irudia.

Aztertu beharreko habea bere bi muturretan bermatuko da, eta karga puntual bat aplikatuko zaio habearen erdiko sekzioan bolanteari lotuta dagoen piezaren desplazamendu horizontalaren bitartez. Bolantea biratzen denean, pieza hori horizontalki desplazatuko da, eta pieza horrek indar puntual bat aplikatuko du habearen erdian.

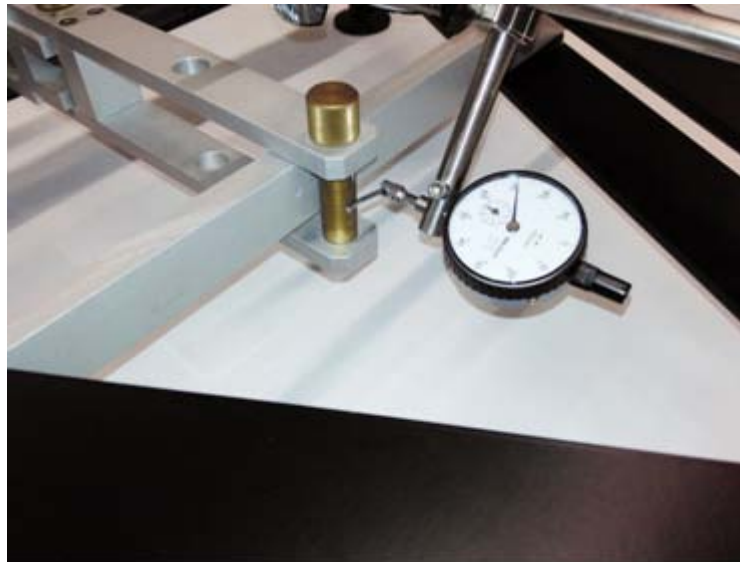
Elementu laguntzaile bezala, hiru erloju konparatzaile ditugu (ikus 2. irudia). Lehenengo erloju konparatzailea finkoa da, eta aplikatutako indarraren balioa ezagutzeko erabiliko da. Erloju horrek bolanteari lotuta dagoen habearen desplazamendua kalkulatu du, eta  $1 \text{ mm} = 1 \text{ kN}$

erlazioa aplikatuz, aplikatutako indarra lor daiteke. Praktikaren garapenean zehar, gradualki handitzen joango da aplikatutako indarraren balioa.



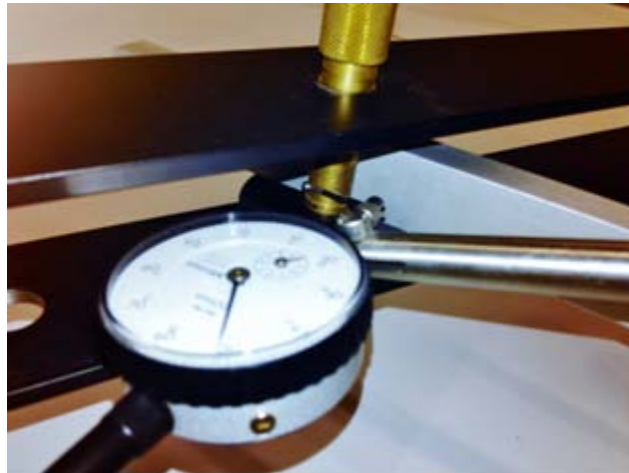
2. irudia.

Habearen gezia neurtzeko, markoari lotutako beste bi erloju konparatzaile erabiliko dira. Erloju konparatzaile horiek markoaren edozein posiziotan koka daitezke. 3. irudian ikus daitekeen bigarren erloju konparatzaileak neurtuko du habearen erdian sortuko den desplazamendua.



3. irudia.

Azkenik, hirugarren erlojuak euskarri batean gertatuko den desplazamendua neurtuko du (ikus 4. irudia).



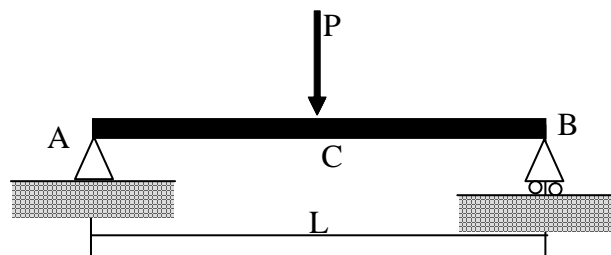
4. irudia.

Desplazamenduen neurketa egokia egiteko, kontutan hartu behar da erloju konparatzailearen esferan bi orratz daudela. Tamaina txikieneko orratzak milimetroak adierazten ditu, eta tamaina handienekoak milimetro ehunenak. Irakurketa egiteko, hasieran orratz txikia begiratu behar da, eta gero orratz handia.

Behin desplazamenduak neurtu direnean, habearen erdiko puntuaren gezi erreala lortu behar da. Gezi erreal hori izango da habearen erdian neurtutako desplazamenduaren eta euskarrian neurtutako desplazamenduaren arteko diferentzia.

### 3. PRAKTIKAREN GARAPENA

Praktika honetan, bi muturretan bermatutako habe isostatiko bat aztertuko da, erdian karga puntual bat jasaten duena. Horretarako, 2. atalean adierazitako oharrak jarraituz, 5. irudian ikusten den moduan konfiguratu behar da habe.



5. irudia.

#### Kargaren hurrenez hurreneko aplikazioa.

Praktika honetan, kargaren balioa 0 N-etik 1000 N-era handitu behar da. Karga bakoitzarentzat, bi erloju konparatzaileek neurtutako desplazamenduak idatziko dira.

Jarraitu beharreko pausoak:

1. Habearen muntaia egin 2. atalean adierazitakoaren arabera.

4. LABORATEGIKO PRAKTIKA

MAKURDURA-MAHAIA

2. Zeroan jarri indarrak zein desplazamenduak.
3. Karga-balio desberdinak aplikatu gradualki. Neurtutako balioak 1. taularen lehenengo zutabean idatzi.
4. Euskarriko desplazamendua eta habearen erdiko puntuaren desplazamendua idatzi.
5. Habearen erdiko puntuaren gezi errealak kalkulatu.
6. Taula hau bete praktikaren habe bakoitzarentzat. Habeak material ezberdinez eginak daude.

1. taula.

NEURTUTAKO INDARRA (N)	EUSKARRIAREN DESPLAZAMENDUA (mm)	HABEAREN DESPLAZAMENDUA ERDIAN (mm)	HABEAREN ERDIKO PUNTUAREN GEZI ERREALA (mm)



2. taula.

NEURTUTAKO INDARRA (N)	EUSKARRIAREN DESPLAZAMENDUA (mm)	HABEAREN DESPLAZAMENDUA ERDIAN (mm)	HABEAREN ERDIKO PUNTUAREN GEZI ERREALA (mm)

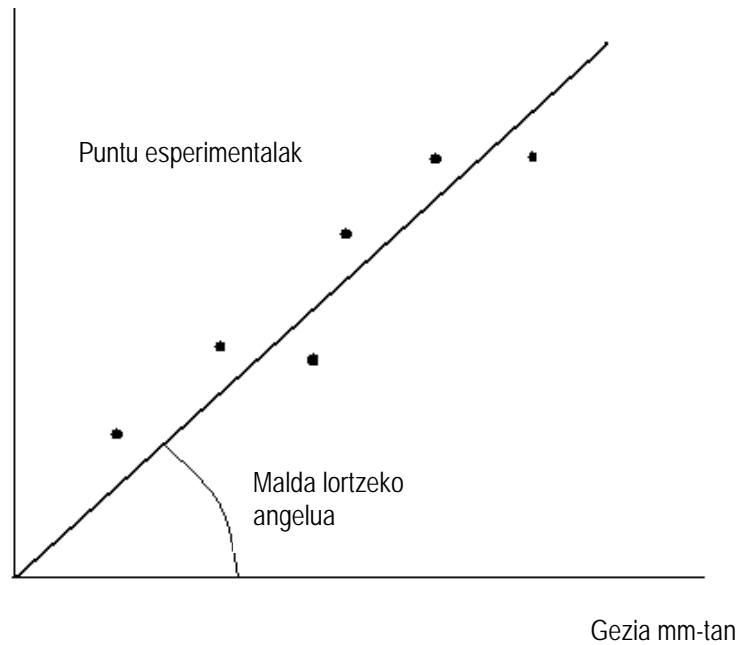
#### 4. TXOSTENA GAUZATZEKO ETA AZTERTZEKO ILDOAK

##### Kargaren hurrenez hurreneko aplikazioa.

Grafiko bat marraztu. Grafiko honetan, ardatz horizontalean, habearen erdiko puntuaren gezi errealen balioak adieraziko dira. Ardatz bertikalean, aplikatutako indar puntualen balioak adieraziko dira. Lineala al da aplikatutako kargaren eta neurtutako geziaren arteko erlazioa? Arrazoitu erantzuna.

Marraztutako zuzenetik abiatuz (ikus 6. irudia), zuzen honen ekuazioaren malda kalkula daiteke, eta malda hori habearen erdiko puntuaren geziaren adierazpen teorikoarekin erlazionatu. Modu horretan, elastikotasun-modulua edo Youngen modulua isola daiteke, eta lan egin den habearen materiala definitu.

Indarra N-etan



6. irudia.

**OHARRA: LORTUTAKO EMAITZEN KOPIA BAT EMANGO ZAIO PRAKTIKAREN IRAKASLE ARDURADUNARI.**

### **5. PRAKTIKA GAUZATU AURRETIK LANDU BEHARREKO ALDERDI INTERESGARRIAK**

- Aplikatutako indarren eta sortutako desplazamenduen arteko erlazio lineala.
- Gezien kalkulu teorikoak, irakasgaian zehar ikasitako edozein metodo jarraituz.

## 5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

# HABE JARRAITUAK

### 1. HELBURUAK

- Habe hiperestatikoetan deformazioen neurketa esperimentala egitea, lortutako emaitzak Egituren Teoria irakasgaiaren ikasitako prozeduren bidez lortutako emaitza teorikoekin konparatuz.
- Gainezarpen printzipioa aplikatzea.

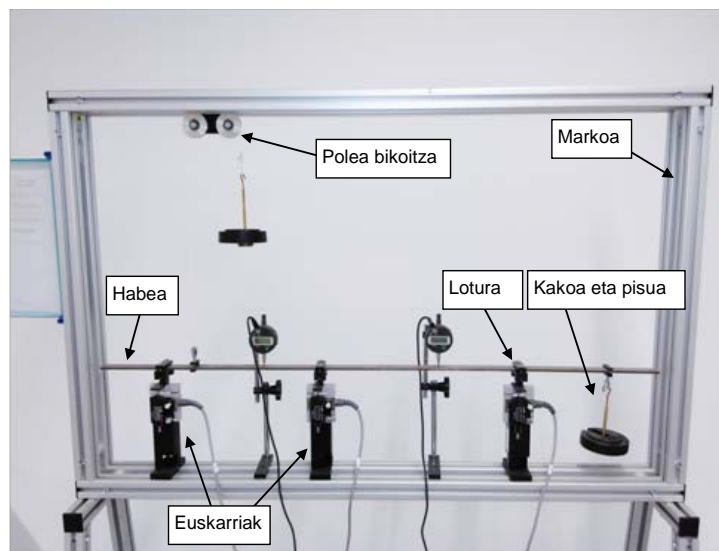
Praktika honi buruzko azken txostena era egokian gauzatu ahal izateko, gida hau bere osotasunean irakurri behar da praktika egin aurretik.

### 2. OINARRI TEORIKOAK

Habeen diseinua bi fasetan gauzatzen da. Lehenengo fasean, momentu makurtzaileek eta esfortzu ebakitzaileek sortzen dituzten tentsioak hartzen dira kontuan; bigarren fasean, karga ezberdinen ondorioz habeen deformazioak hartzen dira kontuan. Askotan, habe baten diseinua habe horrek jasan dezakeen gezi onargarriak mugatzen du. Hori dela eta, garrantzitsua da gezi horiek kalkulatzeko dauden metodoak ezagutzea. Metodo horiek Egituren Teoria irakasgaiko 8., 10. eta 12. gaietan ikasi dira.

### 3. PRAKTIKAREN EKIPAMENDUAREN DESKRIBAPENA

Praktika hau 1. irudian ikus daitekeen markoaren gain garatzen da. Habea altzairuzkoa da ( $E = 207 \text{ GPa}$ ), 1200 mm-ko luzerakoa eta  $25 \times 5 \text{ mm}$  (oinarria  $\times$  altuera) zeharkako sekzioduna.



1. irudia.

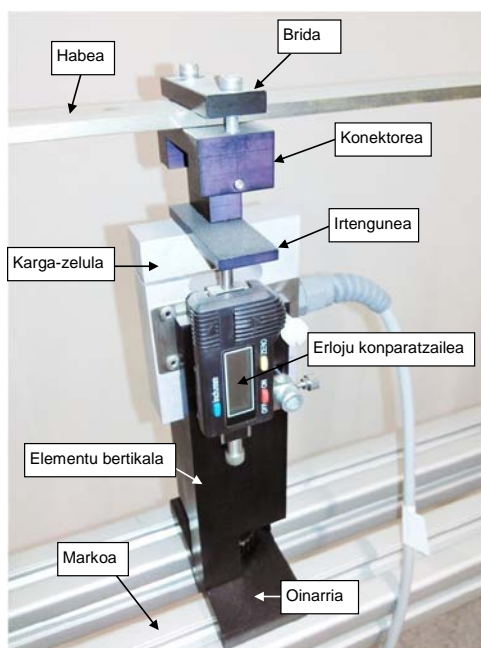
Habearen hiru euskarrietariko bakoitza (2. irudia) oinarri batez, elementu bertikal batez, konektore batez eta brida batez osatua dago. Brida horiek euskarriaren baldintza artikulatuak ematen dituzte, habearen biraketa baimenduz. Bridaren torlojuak habearen kontra gogor estutuz, artikulazio finko bat lortzen da, marruskaduraren eraginez desplazamendu horizontala eragozten delako. Bridaren torlojuak arinki askatuz, artikulazio mugikor bat lortzen da.

## 5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

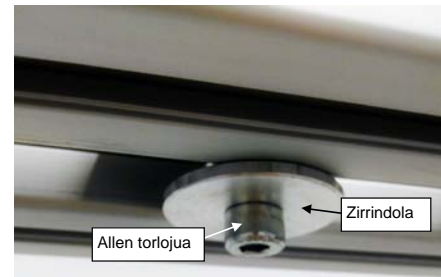
### HABE JARRAITUAK

Elementu lagungarri moduan, euskarri bakoitzak karga-zelula bat eta erloju konparatzaile bat dauzka integraturik. Karga-zelula erabiltzen da habeak euskarriaren gain sortzen duen akzioa neurtzeko (eta, akzio-erreakzio printzipioa erabiliz, euskarri horrek habearen gain sortzen duen erreakzioa kalkulatzeko). Erloju konparatzailea erabiltzen da habeak euskarrian duen gezi bertikala neurtzeko, irtengunearen bitartez.

Euskarriak markoaren edozein posiziotan koka daitezke. Euskarri bat desplazatzeko, bere oinarria konektatutako Allen torlojua lasaitu behar da markoaren azpialdetik (3. irudia), berriro gogor estutuz behin euskarria bukaerako posizioa desplazatu denean.



2. irudia.



3. irudia.

Praktikaren garapenean, habearen gain karga bertikalak aplikatuko dira, bai beherantz bai gorantz. Beheranzko kargak aplikatzeko, hainbat kako daude, habera konektatzen direnak loturen bidez (4. irudia). Kako horien gain pisu ezberdinak koka daitezke. Goranzko kargak aplikatzeko, polea bikoitz bat dago markoaren goialdean konektatuta (5. irudia). Polea bikoitz horretatik soka bat pasarazten da. Soka hori, mutur batean, habera lotuta dago lotura baten bidez. Beste muturrean, kako bat kokatzen da bertan pisuak jartzeko.

## 5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

### HABE JARRAITUAK

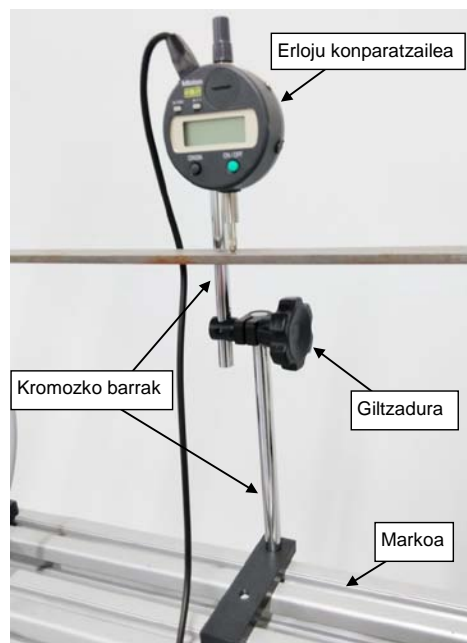


4. irudia.



5. irudia.

Habearen gain sortzen diren geziak neurketa bi erloju konparatzaile erabiliz egiten da. Erloju horiek markoari lotuta daude. beren artean giltzadura batez lotutako bi kromozko barren bitartez (6. irudia). Erloju konparatzaile horiek markoaren edozein posiziotan koka daitezke, eta berauek desplazatzeko prozedura euskarriak desplazatzeko prozeduraren antzekoa da (3. irudia). Erloju horien balio-tartea 12,7 mm-koa da, eta bereizmena 0,01 mm-koa.

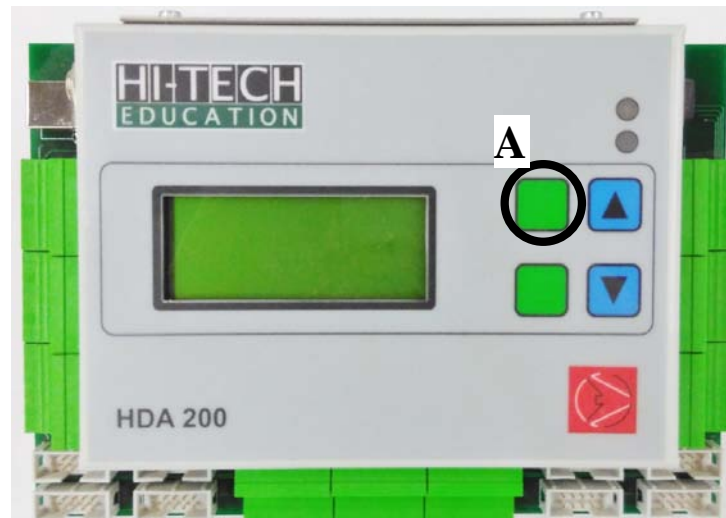


6. irudia.

Karga-zelulak (2. irudia) eta erloju konparatzaileak (6. irudia) HDA200 neurketa-interfazera daude konektatuak (7. irudia). Beraz, interfaze horren pantailan euskarrietako indarrak eta aukeratutako sekzioen geziak ikusi ahal izango dira.

## 5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

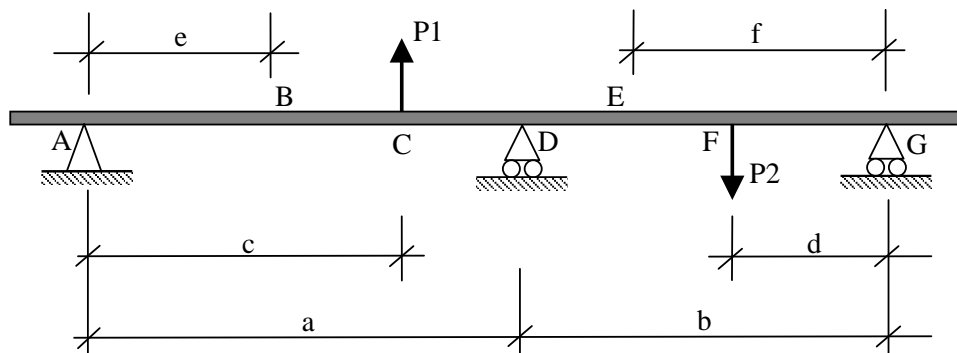
# HABE JARRAITUAK



7. irudia.

### 4. PRAKTIKAREN GARAPENA

Praktika honetan, habe hiperestatiko bat ikasiko da karga-egoera ezberdinen aurrean. Horretarako, 3. atalean emandako argibideak jarraituz, habea 8. irudian ikusten den moduan konfiguratu behar da.



8. irudia.

“a” eta “b” dimentsioek euskarrien posizioak definitzen dituzte. “c” eta “d” dimentsioek aplikatutako kargen posizioak definitzen dituzte. “e” eta “f” dimentsioek geziak neurtu behar diren sekzioak definitzen dituzte, erloju konparatzaileen bidez. **Praktika talde bakoitzari erabili beharreko “a”, “b”, “c”, “d”, “e” eta “f” balioak emango zaizkio praktikaren hasieran.**

#### OHAR GARRANTZITSUAK:

1. 7. irudian aurkeztzen den HDA200 a interfazeak 33 kanal ditu guztira. Kanal horietariko bakoitza magnitude fisiko konkretu bat neurtzeko dago diseinaturia (indarra,

## 5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

### HABE JARRAITUAK

desplazamendua, deformazioa...). Praktika honetan, kanal horietariko bost erabiliko dira. Honako hauek dira:

- a. 17. kanala: ezkerreko euskarriaren indarraren neurketa.
  - b. 18. kanala: erdiko euskarriaren indarraren neurketa.
  - c. 19. kanala: eskuineko euskarriaren indarraren neurketa.
  - d. 28. kanala: ezkerreko erloju konparatzailearen desplazamenduaren neurketa (neurketa hau erloju konparatzailean bertan ere ikus daiteke).
  - e. 29. kanala: eskuineko erloju konparatzailearen desplazamenduaren neurketa (neurketa hau erloju konparatzailean bertan ere ikus daiteke).
2. Behin habearen muntaia egin denean, kargak jartzen hasi aurretik, sistemak neurketa nuluak ematen dituela ziurtatu beharra dago, bai euskarrien indarretarako bai B eta E sekzioen geziarako. Hau da, sistema zerora jarri behar da. Neurri horiek zerora jartzeko, hasiera batean, erloju konparatzaileak piztu behar dira, eta HDA200 interfazea martxan jarri behar da. Gero, honako prozedura hau jarraitu behar da:
- a. Indarrak zerora jartzeko: HDA200 interfazearen A botoia (7. irudia) sakatu behar da segundo batzuetan. *Tare...* hitza agertuko da pantailan. Indar-neurketak zerora ezartzen ari direla esan nahi du horrek. Prozesu honen ondoren, HDA200 interfazearen pantailak indarren neurketa nuluak aurkeztuko ditu 17, 18 eta 19 kanaletan.
  - b. Geziak zerora jartzeko, erloju konparatzaile bakoitzaren "ORIGIN" botoia sakatu segundo batzuetan, erlojuaren neurketa 0 mm izan arte. Prozesu honen ondoren, HDA200 interfazearen pantailak desplazamenduen neurketa nuluak aurkeztuko ditu 28 eta 29 kanaletan.

#### **1. kasua. Kargen segidako aplikazioa.**

Kasu honetan, soilik P2 karga aplikatuko da habearen gain. Praktika honetan, P2 karga 5 N-etik 30 N-era handituko da 5 N-eko tartetean. Karga bakoitzarentzat, hiru karga-zelulek neurtutako indarrak eta bi erloju konparatzaileek neurtutako desplazamenduak idatziko dira.

Jarraitu beharreko pausoak:

1. Egin habearen muntaia 8. irudiaren arabera.
2. Indarrak eta desplazamenduak zerora jarri.
3. P2 = 5 N-eko indar bat aplikatu. 17, 18, 19, 28 eta 29 kanalek neurtutako balioak idatzi 1. taulako 1. lerroan.
4. Errepikatu 3. pausoa P2 karga 5 N-etik 30 N-era handituz 5 N-eko tartetean, eta 17, 18, 19, 28 eta 29 kanalek neurtutako balioak idatzi 1. taulan dagozkien lerroetan.

1. taula.

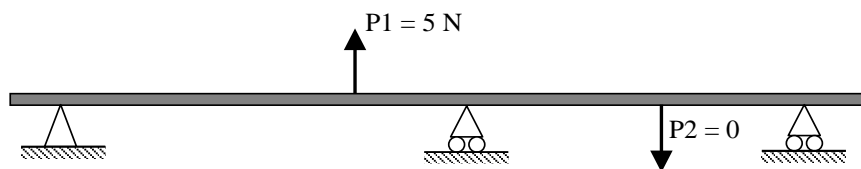
P2 (N)	Neurtutako indarrak (N)			Neurtutako desplazamenduak (mm)	
	Ezkerreko euskarria	Erdiko euskarria	Eskuineko euskarria	Ezkerreko erloju konp.	Eskuineko erloju konp.
5					
10					
15					
20					
25					
30					

**2. kasua. Gainezarpen printzipioa.**

Kasu honetan, gainezarpen printzipioa betetzen dela frogatuko da habearen gain karga-egoera ezberdinak aplikatuz.

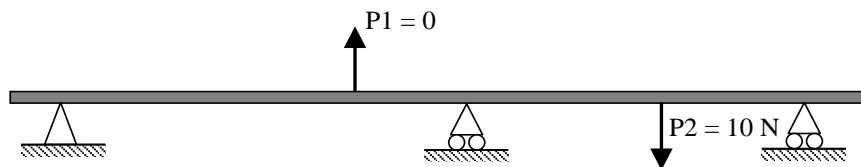
Jarraitu beharreko pausoak:

1. Indarrak eta desplazamenduak zerora jarri.
2. Aplikatu 1. karga-egoera, 9. irudian aurkezten dena, non  $P1 = 5 \text{ N}$  eta  $P2 = 0$ .



9. irudia.

3. 17, 18, 19, 28 eta 29 kanalek neurtutako balioak idatzi 2. taulan.
4. 2. pausoan aplikatutako karga kendu, eta indarrak eta desplazamenduak zerora jarri.
5. Aplikatu 2. karga-egoera, 10. irudian aurkezten dena, non  $P1 = 0 \text{ N}$  eta  $P2 = 10 \text{ N}$ .



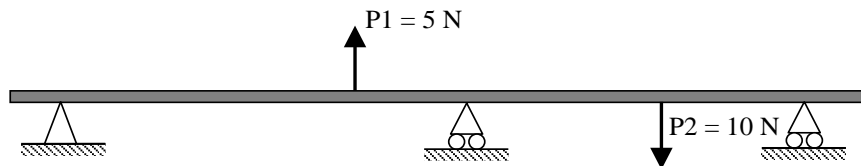
10. irudia.

6. 17, 18, 19, 28 eta 29 kanalek neurtutako balioak idatzi 2. taulan.
7. 5. pausoan aplikatutako karga kendu, eta indarrak eta desplazamenduak zerora jarri.
8. Aplikatu 3. karga-egoera, 11. irudian aurkezten dena, non  $P1 = 5 \text{ N}$  eta  $P2 = 10 \text{ N}$ .



5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

HABE JARRAITUAK



11. irudia.

- 9. 17, 18, 19, 28 eta 29 kanalek neurtutako balioak idatzi 2. taulan.
- 10. 8. pausoan aplikatutako karga kendu, eta indarrak eta desplazamenduak zerora jarri.
- 11. Errepikatu 2 – 9 pausoak, baina, kasu honetan, 4., 5. eta 6. karga-egoerentzat, jarraian deskribatzen direnak:

- 4. karga-egoera:  $P1 = 15\text{ N}$ ,  $P2 = 0$ .
- 5. karga-egoera:  $P1 = 0$ ,  $P2 = 30\text{ N}$ .
- 6. karga-egoera:  $P1 = 15\text{ N}$ ,  $P2 = 30\text{ N}$ .

2. taula.

Karga-egoera	P1 (N)	P2 (N)	Neurtutako indarrak (N)			Neurtutako desplazamenduak (mm)	
			Ezkerreko euskarria	Erdiko euskarria	Ezkerreko euskarria	Erdiko euskarria	Ezkerreko euskarria
1	5	0					
2	0	10					
3	5	10					
4	15	0					
5	0	30					
6	15	30					

5. TXOSTENA GAUZATZEKO ETA AZTERTZEKO ILDOAK

1. kasua. Kargen segidako aplikazioa.

Irudikatu grafiko bat, non ardatz horizontalean aplikatutako P2 kargaren balio ezberdinak adieraziko baitira eta ardatz bertikalean euskarri ezberdinetan neurtutako indarrak. Lineala al da P2 kargaren eta euskarrietako indarren arteko erlazioa?

Irudikatu grafiko bat, non ardatz horizontalean aplikatutako P2 kargaren balio ezberdinak adieraziko baitira eta ardatz bertikalean neurtutako geziak. Lineala al da P2 kargaren eta neurtutako geziaren arteko erlazioa? Gezi horien arabera, irudikatu habearen deformatua.

Egituren Teoria irakasgaiaren ikasitako edozein metodo erabiliz, ebatzi 8. irudiko habearen P2-ren menpe ( $P1 = 0$ ). Konkretuki, lortu euskarrietako erreakzioak, B eta E sekzioetako geziak eta

## 5. LABORATEGIKO PRAKTIKA

# HABE JARRAITUAK

habearen deformatua, momentuen diagramatik abiatuz. Bete berriro 1. taula, baina, kasu honetan, lortutako balio teorikoekin. Konparatu balio teorikoak eta esperimentalak.

### **2. kasua. Gainezarpen printzipioa.**

Frogatu ea gainezarpen printzipioa betetzen den, bai indarrentzat bai desplazamenduentzat. Hau da, frogatu ea 3. karga-egoera 1. karga-egoeraren eta 2. karga-egoeraren batura moduan deskonposa daitekeen.

Egin froga berdina 4., 5., eta 6. karga-egoerekin. Eztabaidatu lortutako emaitzen linealtasuna.

**OHARRA: LORTUTAKO EMAITZEN KOPIA BAT EMANGO ZAIO PRAKTIKAREN IRAKASLE ARDURADUNARI.**

### **6. PRAKTIKA GAUZATU AURRETIK LANDU BEHARREKO ALDERDI INTERESGARRIAK**

- Deformazio txikien hipotesia.
- Gainezarpen printzipioa.
- Hiperstatikotasun kontzeptua.
- Aplikatutako indarren eta erreakzioen arteko linealtasuna. Aplikatutako indarren eta deformazioen arteko linealtasuna.