

GRADUA: INGENIARITZA MEKANIKOA
GRADU AMAIERAKO LANA

32 TONAKO ZUBI GARABIA

3. DOKUMENTUA- KALKULUEN ERANSKINA

Ikaslea: Artabe Zamalloa, Asier

Zuzendaria: Santos Pera, Juan Antonio

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbon, 2019ko uztailaren 11

Aurkibidea

3. DOKUMENTUA: KALKULUEN ERANSKINA	1
3.1. Hasierako baldintzak.....	1
3.2. Zubi garabiaren sailkapena	1
3.2.1. Egituraren sailkapena	1
3.2.1.1. Erabilera-klasea	1
3.2.1.2. Karga-egoera	2
3.2.1.2. Egituraren talde sailkapena.....	5
3.2.2. Mekanismoen sailkapena	5
3.2.2.1. Erabilera-klasea	5
3.2.2.2. Karga-egoera	6
3.2.2.3 Mekanismoen talde sailkapena.....	7
3.2.3. Zubi garabiaren sailkapenaren laburpena.....	8
3.3. Suspentsio elementuak.....	8
3.3.1. Gantxoak	9
3.3.1.1. Gantxoaren azkoina.....	13
3.3.2. Kablea.....	15
3.3.2.1. Kablearen aukeraketa.....	15
3.3.2.2. Kablearen konposizioa.....	16
3.3.2.2.1. Kablearen neke kalkulua.....	16
3.3.2.2.1.1. Hedadura esfortzua	16
3.3.2.2.1.2. Bihurkadura esfortzua.....	17
3.3.2.2.1.3. Zapalkuntza esfortzua.....	17
3.3.3. Poleak.....	18
3.3.3.1. Polearen eztarria.....	18
3.3.3.2. Polearen diametroaren aukeraketa.....	19
3.3.3.2.1. h_1 eta h_2 koefizienteen balioak	20
3.3.4. Danborra.....	21
3.3.4.1. Eztarriaren perfila.....	21
3.3.4.2. Danborraren dimentsionamendua.....	22

3.3.4.2.1. Kablearen inklinazioa	25
3.3.4.2.1.1. Kablearen inklinazioa polean	25
3.3.4.2.1.2 Kablearen inklinazioa danborrean.....	27
3.3.4.3. Kablearen bideratua.....	29
3.3.4.4. Kablearen finkapena	29
3.3.4.5. Alboko txaparen egiaztapena.....	32
3.3.4.6. Alboko txaparen soldaduraren egiaztapena.....	32
3.4. Suspentsio elementuen ardatzak.....	33
3.4.1. Gantxoaren habea	33
3.4.1.1. Habearen tentsioen lorpena.....	33
3.4.1.2. Habearen dimentsionamendua	39
3.4.2. Polearen ardatza.....	40
3.4.2.1. Indarren banaketa.....	41
3.4.2.2. Ardatzaren dimentsionamendua	42
3.4.3. Danborraren ardatza.....	43
3.4.3.1. Ardatzean eragiten duten indarrak.....	43
3.4.3.2. Indarren konbinaketak	45
3.4.3.3. Ardatzaren indarren banaketa.....	45
3.4.3.4. Indar eta momentu diagramak	48
3.4.3.5. Ardatzaren dimentsionamendua	54
3.4.3.6. Ardatzaren errodamenduaren aukeraketa	56
3.5. Aparejuaren eragitea.....	57
3.5.1. Motorra	57
3.5.1.1. Motorraren egiaztapena.....	60
3.5.2. Erreduktorea	65
3.6.Habe nagusia.....	66
3.6.1.Indar nagusien zehaztapena.....	66
3.6.3Indarren konbinaketak	71
3.6.4.Habearen dimentsionamendua	72
3.7.Habe testeroa.....	75
3.7.1.Indarren banaketa.....	75
3.7.2.Profilaren aurredimentsionamendua	80
3.7.3.Habearen dimentsionamendua	81

3.8.Danborra eta erreduktorearen arteko akoplamendua	84
3.9.Bastidorea.....	87
3.10.Erreduktorearen eta motorearen arteko akoplamendua.....	87
3.11.Gurdiaren translazio sistema.....	88
3.11.1. Translazio mekanismoaren akzionamendua.....	90
3.12. Translazio motoerreduktorearen kalkulua	93

3. DOKUMENTUA: KALKULUEN ERANSKINA

Atal honetan, zubi garabiaren diseinurako beharrekak izango diren kalkuluak banan-banan azalduko dira, dimentsionamendua egokia, segurua, efizientea eta legedia betetzen duela ziurtatuz .

3.1. Hasierako baldintzak

Dimentsionamenduarekin hasi aurretik, zubi garabiaren baldintza geometrikoak nahiz zinetikoak zehaztuta egon behar dira. Bete beharrezko baldintzak hurrengokoak dira:

- Karga maximoa: 32.000kg
- Argia: 20m
- Jasotzen altuera: 10m
- Jasotzen abiadura: 4 m/min
- Zubi garabiaren translazio abiadura: 40 m/min
- Gurdiaren translazio abiadura: 20 m/min

3.2. Zubi garabiaren sailkapena

Zubi garabiaren sailkapena egiteko, lehendabizi egituraren eta mekanismoen sailkapena egin behar da. Ondoren, hauen arabera zubi garabiaren sailkapena egingo da.

3.2.1. Egituraren sailkapena

Egituraren erresistentzia ezaugarri geometrikoekin menpekotasun bat izateaz gain, karga nominalaren eta berezko pisuaren funtzioan, erabilera-baldintza eta karga-espektoaren menpe dago. Sailkapena, egituraren portaera zuzen aztertzeko asmoz, ezartzen da UNE 58112 araudiaren arabera.

3.2.1.1. Erabilera-klasea

Aldagai nagusi bezala, zubi garabiaren bizitza baliagarrian zehar eragiketa-ziklo kopurua hartzen duen sailkapen garrantzitsua da. Eragiketa-ziklo kopuruak, jasotze gailuak bere bizitza espezifikoa zehar egiten dituen eragiketa-ziklo guztien batura adierazten du. Eragiketa-zikloaren definizioa ondorengo izan daiteke: Karga bateko mantenuaren eta makina hurrengo jasotzeko prest dagoen unearen artean gertatzen den denbora tartea.

Zubi garabi baten eragiketa-ziklo kopurua ondorengo adierazpena erabiliz kalkulatu da:

$$Eragiketa - zikloak = B_{bat} \cdot E \cdot H \cdot Z_h \quad (1)$$

Zubi garabiaren sailkapena indarrean dagoen legediaren arabera egokia izan dadin eta baita elementu desberdinen neke kalkuluak justifikatzeko, beharrezkoa da bizitza erabilgarriaren estimazio bat egitea. Horretarako 20 urtetik abiatuko gara, urtero 125 egunetan egingo du lan eta eguneko 4 orduz. Estimazio honek kontutan du, lan egun guztiak ez direla laneko egunak garabiarentzako eta lan egun batean ordu guztiak ere ez dabilela lanean. Guzti honetatik 10.000 orduko bizitza estimatzen da.

Non,

- B_{bal} = Zubi garabiaren bizitza erabilgarria= 20 urte
- E = Egun erabilgarriak urtero= 125 egun
- H = Ordu erabilgarriak egunero= 4 ordu
- $Eragiketa$ -ziklo orduro = 12 ziklo/ordu

$$Eragiketa - zikloak = 20 \cdot 125 \cdot 4 \cdot 12 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ ziklo} \quad (2)$$

1.taula: Erabilera klasea

Erabilera-klasea	Eragiketa-ziklo kopuru maximoa	Behaketak
U_0	$1,6 \times 10^4$	Ustekabeko erabilera
U_1	$3,2 \times 10^4$	
U_2	$6,3 \times 10^4$	
U_3	$1,25 \times 10^5$	
U_4	$2,5 \times 10^5$	Ohiko erabilera zerbitzu arinean
U_5	5×10^5	Ohiko erabilera aldizkako zerbitzuan
U_6	1×10^6	Ohiko erabilera zerbitzu trinkoan
U_7	2×10^6	Erabilera trinkoa
U_8	4×10^6	
U_9	$>4 \times 10^6$	

Beraz, 1.Taula aztertzen bada, U_3 "Ustekabeko erabilera" izango duela ikusi daiteke.

3.2.1.2. Karga-egoera

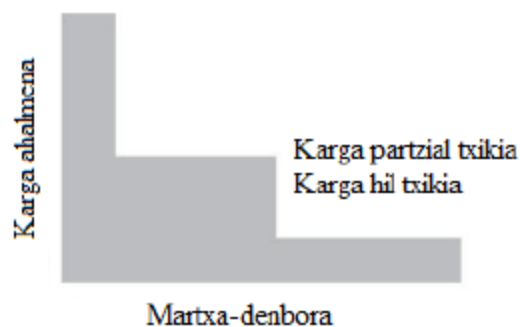
Karga-egoerak, egituraren bizitzan berebiziko garrantzia duen parametroa da. Karga-egoera desberdinak daude, zubiak jasotzen dituen kargen eta karga horien maiztasunaren arabera. 2.taulan, garbi adierazten dira eman daitezkeen egoera desberdinak:

2.taula: Karga egoera

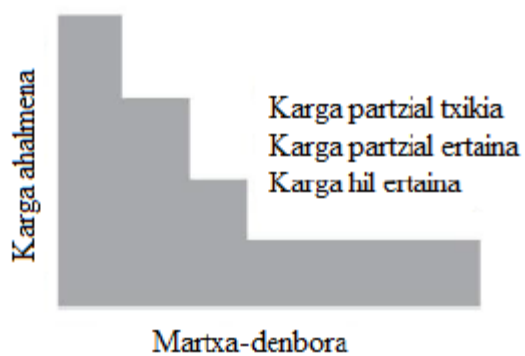
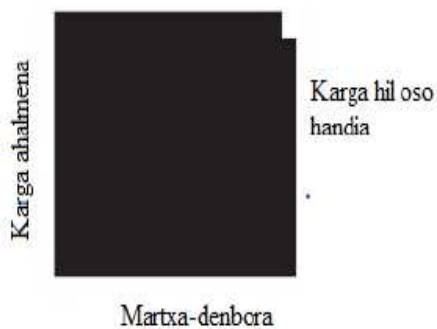
Karga-egoera	Karga-espektroaren (K_p) koefiziente nominala	Definizioa
Q_1 - Arina	0,125	Zerbitzuko karga maximoa oso gutxitan jasotzen duen gailua eta normalean karga oso txikiak jasotzen duena.
Q_2 - Ertaina	0,25	Zerbitzuko karga maximoa sarritan jasotzen duen gailua eta normalean karga txikiak jasotzen duena.
Q_3 - Astuna	0,50	Zerbitzuko karga maximoa sarritan jasotzen duen gailua eta normalean karga ertainak jasotzen duena.
Q_4 - Oso astina	1,00	Normalean zerbitzuko karga maximoa jasotzen duen gailua

Hurrengo irudietan karga-espektro desberdinak adierazten dira:

- 1) Q_1 - Arina

**1.irudia:** Arina

- 2) Q_2 -Ertaina

**2.irudia: Ertaina**3) Q_3 - Astuna**3.irudia: Astuna**4) Q_4 - Oso astuna**4.irudia: Oso astuna**

Diseinatuko den zubi garabiak izango duen karga egoera: “Zerbitzurako karga maximoa sarritan jasotzen duen gailua eta normalean karga txikiak jasotzen duena”. Beraz, Q_2 karga egoera ertaina, 0,25eko koefizientearekin izango du.

3.2.1.2. Egituraren talde sailkapena

Egituraren talde sailkapena zein den jakiteko, erabilera-klasea eta karga-egoera zein den jakin behar da aurretiaz. Behin hori jakinda, 3.taula erabiliz, egitura zein taldetan sartzen den lortuko da:

3.taula:*Egituraren talde sailkapena*

Karga-egoera	Karga-espektroaren (K_p) koefiziente nominala	Erabilera-klasea eta gailuaren eragiketa-ziklo maximoa									
		U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
Q_1 - Arina	0,125	A_1	A_1	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
Q_2 - Ertaina	0,25	A_1	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_8
Q_3 - Astuna	0,50	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_1	A_8
Q_4 - Oso astina	1,00	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_8	A_8	A_8

Egituraren talde sailkapena, karga-egoera eta erabilera-klasea kontutan edukita, A_3 da.

3.2.2. Mekanismoen sailkapena

3.2.1 atalean egituraren sailkapena egin da, zubi garabia osatzen duten mekanismoak kontutan eduki gabe. Atal honetan ordea, mekanismoen eta haien bizitza baliagarriaren buruzko sailkapena egingo da UNE 58122 araudiaren arabera.

3.2.2.1. Erabilera-klasea

Elementuen bizitza baliagarrian zehar izango duen erabilpenaren araberrako sailkapena egingo da, aurreko atalean egin den bezala berezitasun batekin. Izan ere, zerbitzu iraupen totala ordutan kalkulatu da, zerbitzu iraupena mekanismo bateko eskaeraren eta bere geldialdiaren artean, gertatzen den denbora tarte izanez.

4.taulan ageri diren datuak, mekanismoen elementuen diseinua eta kalkuluetarako oinarri bezala erabiliko dira eta ezin dira kontuan hartu berme bezala.

Mekanismoaren zerbitzu orduak kalkulatzeko, ez da nahikoa egiturak jasango duen ziklo-kopuruarekin bakarrik, mugimendu horiek nolakoak izango diren ere berezko garrantzia du. Beraz, mekanismoaren zerbitzu orduak kalkulatzeko, mekanismo bakoitzeko zikloak zati berdinetan zatitzeko hipotesia planteatzen da, hau da, mekanismo bakoitzeko denbora totalaren 525-a esleitzea.

3.2.1.1 ataleko kalkuluetatik abiatuz:

$$\text{Zerbitzu orduak} = B_{bal} \cdot E \cdot H \cdot Z_h \quad (3)$$

Non,

- B_{bal} = Zubi garabiaren bizitza erabilgarria= 20 urte
- E = Egun erabilgarriak urtero= 125 egun
- H = Ordu erabilgarriak egunero= 4 ordu

$$\text{Zerbitzu orduak} = 20 \cdot 125 \cdot 4 \cdot 0,125 = 2500 \text{ ordu} \quad (4)$$

Beraz, erabilera-klasea T_3 -takoa izango da, "ohiko erabilera aldizkako zerbitzuan" hain zuzen ere, eta zerbitzu iraupen totala 6300 ordutakoa izango du.

4.taula: Zerbitzu erabilera

T_0	200	Ustekabeko erabilera
T_1	400	
T_2	800	
T_3	1600	
T_4	3200	Ohiko erabilera zerbitzu arinean
T_5	6300	Ohiko erabilera aldizkako zerbitzuan
T_6	12000	Ohiko erabilera zerbitzu trinkoan
T_7	25000	Erabilera trinkoa
T_8	5000	
T_9	1000	

3.2.2.2. Karga-egoera

Karga-egoera, mekanismoen bizitzan berebiziko garrantzia duen parametroa da. Jasotako kargaren eta karga horien maiztasunaren arabera,

5.taula erabiliz, karga egoera eta karga.-espektroaren koefiziente nominala kalkulatu da.

5.taula: Karga egoera

Karga-egoera	Karga-espektroaren (K_p) koefiziente nominala	Definizioa
L ₁ - Arina	0,125	Zerbitzuko karga maximoa oso gutxitan jasotzen duen mekanismoa eta normalean karga oso txikiak jasotzen duena.
L ₂ - Ertaina	0,25	Zerbitzuko karga maximoa sarritan jasotzen duen mekanismoa eta normalean karga txikiak jasotzen duena.
L ₃ - Astuna	0,50	Zerbitzuko karga maximoa sarritan jasotzen duen mekanismoa eta normalean karga ertainak jasotzen duena.
L ₄ - Oso astina	1,00	Normalean zerbitzuko karga maximoa jasotzen duen mekanismoa.

Karga-egoera ertainekoa izango da, hau da, “ zerbitzuko karga maximoa sarritan jasotzen duen mekanismoa eta normalean karga txikiak jasotzen duena”, eta bere karga-espektroaren koefiziente nominala 0,25-takoa izango da.

3.2.2.3 Mekanismoen talde sailkapena

Mekanismoaren talde sailkapena egiteko aurretiaz kalkulatu da erabilera-klasea eta karga- egoera erabiliko dira:

6.taula: *Mekanismoaren sailkapena*

Karga-egoera	Karga-espektroaren (K_p) koefiziente nominala	Erabilera-klasea eta mekanismoen zerbitzu iraupen totala									
		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
L ₁ - Arina	0,125	M ₁	M ₁	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
L ₂ - Ertaina	0,25	M ₁	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₈
L ₃ - Astuna	0,50	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₁	M ₈
L ₄ - Oso astina	1,00	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₈	M ₈	M ₈

Karga egoera ertainekoa eta erabilera-klasea T₃-koa dela kontutan edukiz, mekanismoa M₃ bezala sailkatuko da.

3.2.3. Zubi garabiaren sailkapenaren laburpena

7.irudia: *Zubi garabiaren sailkapenaren laburpena*

	Egitura	Mekanismoa
Erabilera baldintza	U ₃	T ₃
	Ustekabeko erabilera	Ustekabeko erabilera
Ziklo/funtzionamendu orduak	1600	1600
Karga-egoera	Q ₂ - Ertaina	L ₂ - Ertaina
Koefizientea	0,25	0,25
Sailkapen taldea	A ₃	M ₃

3.3. Suspentsio elementuak

Suspentsio elementuak karga jasotzeko helburua duten mekanismoak izango dira. Ondorengo osagaiez osatuta egongo da:

- Gantxoak
- Kableak
- Poleak
- Danborra

Diseinatzerako orduan, orden hori jarraitzea beharrezkoa da, izan ere, gantxoaren pisuak beste mekanismoen dimentsionamenduan eragin zuzena izango du.

3.3.1. Gantxoak

Indarrean dauden DIN 15401 eta DIN 15402 araudien arabera gantxoaren diseinua guztiz definituta geratzen da. Beraz, ingeniariaren lana, era egokian beharrezkoa den gantxoak aukeratzea izango da.

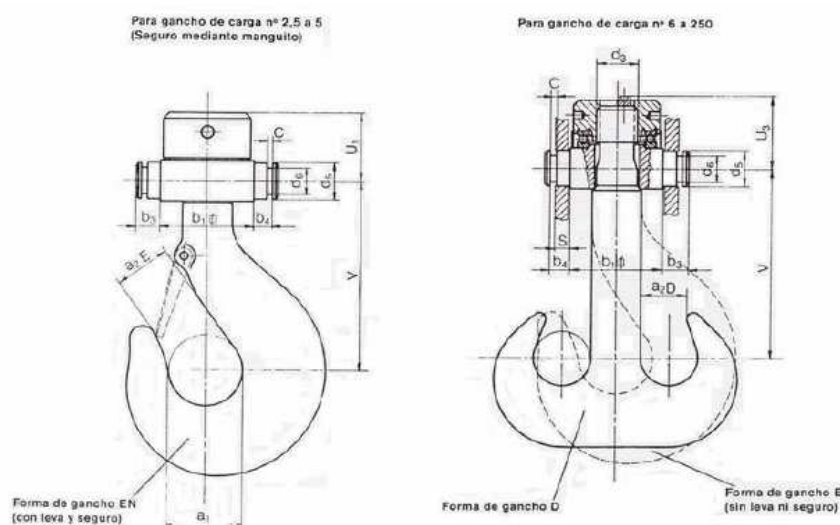
Mota desberdinetako gantxoak daude:

- Gantxo sinplea
- Gantxo bikoitza
- Hosto gantxoak
- Seguritate gantxoak

Sinplea garabien karga ahalmena ertaina edo baxua denean erabiliko da, eta zubi honetarako sinplea erabiltzea erabaki da. Karbono kantitate pobreko altzairuarekin egingo da, hain zuzen ere, DIN 15400 araudiaren arabera altzairu forjatua ASt-52 kalitatekoa erabiliko da, P klasekoa. Seguritate kisketa bat edukiko du, karga gantxotik ez ateratzeko.

FEM araudiaren arabera egindako taldearen aukeraketa, M_3 hain zuzen ere, eta jasoko duen karga maximoa, 32tn, baliatuz gantxoaren zenbakia lortuko dugu.

12 zenbakia duen gantxoak da erabili behar dena. Beraz, dimentsioak 8.taulan ageri direnak izango dira:



5.irudia:Gantxoak

8.taula: *Gantxoen dimentsioak*

Gancho Nº	a ₁	a ₂ E	a ₂ D	b ₁	b ₃	b ₄	c	d ₃	d ₅	d ₆	s	v	Rodam.	Peso	Referencia
2,5	63	50	40	80	22,5	17	8	M36	30	19	10	170	51108	9	001.2,5
4	71	56	45	90	25	19	8	M42	35	23	12	190	51110	14	001.4
5	80	63	50	100	27,5	22	8	M45	40	27	15	210	51112	20	001.5
6	90	71	56	125	30	24	10	M50	45	32	15	240	51214	29	001.6
7	100	80	63	140	35	29	10	M56	50	36	20	265	51216	40	001.8
10	112	90	71	160	35	29	10	M64	55	40	20	280	51218	57	001.10
12	125	100	80	180	42,5	34	10	M72	60	42	25	315	51220	85	001.12
16	140	112	90	190	42,5	36	12	M80	70	50	25	370	51222	110	001.16
20	160	125	100	200	47,5	41	12	M90	80	56	30	415	51224	160	001.20
52	180	140	112	220	49	41	12	M100	90	64	30	460	51226	228	001.25
32	200	160	125	160	59	51	12	M110	100	72	40	500	51232	312	001.32
40	224	180	140	285	65	58	14	M125	110	80	45	565	51236	445	001.40
50	250	200	160	335	65	58	14	M140	125	92	45	620	51244	612	001.50
63	280	224	180	380	71	63	14	M160	140	104	50	700	51248	870	001.63
80	315	250	200	420	72,5	63	14	M180	160	120	50	800	51256	1230	001.80
100	355	280	224	470	87,5	77	18	M200	180	136	60	885	51260	1750	001.100

Ondoren, neurriak jakinik egiaztapena egingo da:

Suposatu habe kurbatuaren ebakiduraren edozein puntutan tentsio normala kalkulatu behar dela, sekzio horretan ageri den M momentu flektorearen arabera. Winkler-Bach-en arabera:

$$\sigma = \frac{M}{a \cdot R} \cdot \left(1 + \frac{1}{Z} \cdot \frac{y}{R + y} \right) \quad (5)$$

σ : sekzioaren ardatz barizentrikotik "y" distantziara dagoen edozein punturen tentsio normala (kg/mm²).

M: momentu flektorea (kg·mm).

R: Sekzioaren barizentrotik deskargatutako habearen kurbatura zentrora dagoen distantzia (mm).

A: sekzioaren azalera (mm²).

Z: sekzioaren ezaugarri geometrikoen arabera magnitudea.

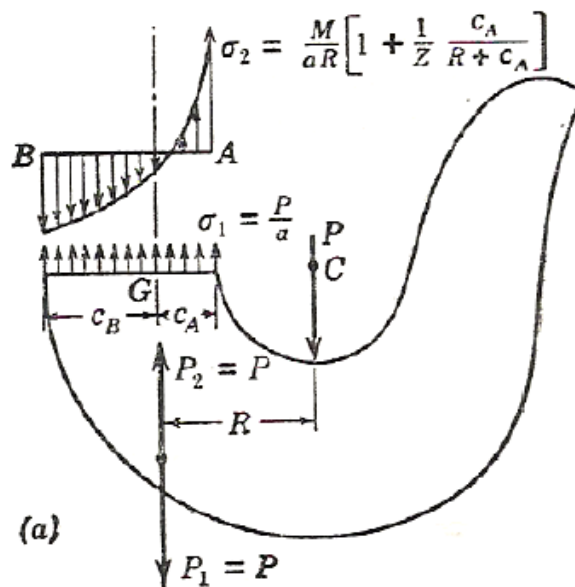
$$Z = -\frac{1}{A} \int \frac{y}{R + y} dA \quad (6)$$

M momentu flectorea positiboa dela kontsideratzen da kurbatura erradio murrizten duenean eta negatiboa handitu egiten duenean. "y" distantzia positiboa da habearen alde ganbilera neurtzen denean eta negatiboa alde konkabora neurtzen denean. Ondorioz, zeinu hauek erabiliz, σ positiboa irteten denean trakzio tentsio bat dela jakingo da.

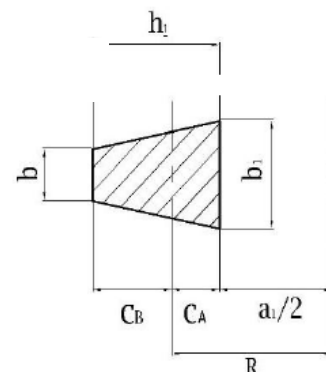
Pieza kurbatu batean, P karga normalean sekzioaren barizentroan aplikatzen bada, momentu flectorearen gain, tentsio elastiko erresultantea, σ_1 karga axialak sortua eta σ_2 momentu flectoreak sortua, bi hauen batura aljebraikoa da.

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{P}{A} + \frac{M}{A \cdot R} \left(1 + \frac{1}{Z} \cdot \frac{y}{R + y} \right) \tag{7}$$

Gantxoaren egiaztapenerako AB sekzioa aztertuko da, bertan sortzen baitira tentsio maximoak.



6.irudia: AB sekzioko indarrak



b₁=112

$$h_1=140$$

$$b=56$$

$$a_1=125$$

$$C_B = \frac{h_1}{3} \cdot \frac{b_1 + 2 \cdot b}{b_1 + b} = \frac{140}{3} + \frac{112 + 2 \cdot 56}{112 + 56} = 62.2 \text{ mm} \quad (8)$$

$$C_A = h_1 - C_B = 140 - 62.2 = 77.7 \text{ mm} \quad (9)$$

$$R = \frac{a_1}{2} + C_B = \frac{125}{2} + 62.2 = 124.7 \text{ mm} \quad (10)$$

Seely-Smith 620.orriren arabera, III eranskina, Z-ren balorea gantxoaren sekziarako:

$$Z = -1 + \frac{2R}{(b_1 + b) \cdot h_1} \left(\left[b + \frac{b_1 - b}{h_1} (R + C_B) \right] \cdot \ln \left(\frac{R + C_B}{R - C_A} \right) - (b_1 - b) \right) \quad (11)$$

$$= 0,32061$$

$$Z_A = \frac{b_1 + b}{2} \cdot h_1 = 11760 \text{ mm}^2 \quad (12)$$

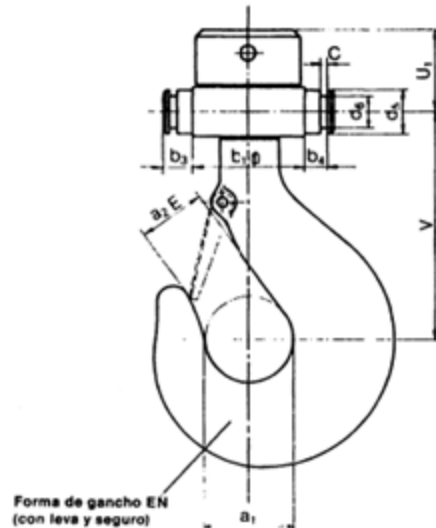
$$\sigma_A = \frac{P}{A} + \frac{-M}{A \cdot R} \left(1 + \frac{1}{Z} \cdot \frac{-C_B}{R + (-C_B)} \right) = \frac{P}{A \cdot Z} \cdot \frac{C_B}{R - C_B} = 8,457 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \quad (13)$$

$$\sigma_B = \frac{P}{A} + \frac{-M}{A \cdot R} \left(1 + \frac{1}{Z} \cdot \frac{-C_A}{R + C_A} \right) = -\frac{P}{A \cdot Z} \cdot \frac{C_A}{R - C_A} = -4,5 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \quad (14)$$

“Manual del Constructor de Máquinas H.Dubbel” 716.orrialdean dagoen 12.taularen arabera, tentsio onargarria altzairu 34 CrMo 4 batentzat, 40 kg/mm². Segurtasun koefiziente bat aplikatuko zaio, 2-koa hain zuzen ere.

$$\frac{\sigma}{C_S} = \frac{40}{2} = \frac{20 \text{ kg}}{\text{mm}_2} > \sigma_A \quad (15)$$

Egiaztatuta geratzen da sekzio horrek karga jasateko gaitasuna duela. Ondoren, gantxoaren dimentsioak adieraziko dira:



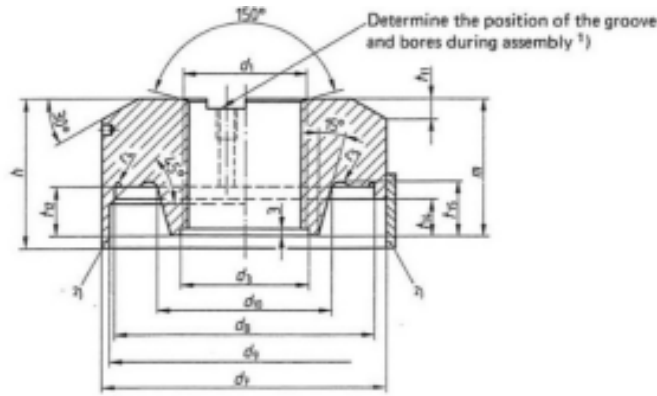
7.irudia: Gantxoia

9.irudia: Gantxoien dimentsioak

Gancho Nº	a ₁	a ₂ E	a ₂ D	b ₁	b ₃	b ₄	c	d ₃	d ₅	d ₆	s	v	Rodam.	Peso	Referencia
2,5	63	50	40	80	22,5	17	8	M36	30	19	10	170	51108	9	001.2,5
4	71	56	45	90	25	19	8	M42	35	23	12	190	51110	14	001.4
5	80	63	50	100	27,5	22	8	M45	40	27	15	210	51112	20	001.5
6	90	71	56	125	30	24	10	M50	45	32	15	240	51214	29	001.6
7	100	80	63	140	35	29	10	M56	50	36	20	265	51216	40	001.8
10	112	90	71	160	35	29	10	M64	55	40	20	280	51218	57	001.10
12	125	100	80	180	42,5	34	10	M72	60	42	25	315	51220	85	001.12
16	140	112	90	190	42,5	36	12	M80	70	50	25	370	51222	110	001.16
20	160	125	100	200	47,5	41	12	M90	80	56	30	415	51224	160	001.20
52	180	140	112	220	49	41	12	M100	90	64	30	460	51226	228	001.25
32	200	160	125	160	59	51	12	M110	100	72	40	500	51232	312	001.32
40	224	180	140	285	65	58	14	M125	110	80	45	565	51236	445	001.40
50	250	200	160	335	65	58	14	M140	125	92	45	620	51244	612	001.50
63	280	224	180	380	71	63	14	M160	140	104	50	700	51248	870	001.63
80	315	250	200	420	72,5	63	14	M180	160	120	50	800	51256	1230	001.80
100	355	280	224	470	87,5	77	18	M200	180	136	60	885	51260	1750	001.100

3.3.1.1. Gantxoaren azkoina

Gantxoaren azkoina DIN 15413 araudiaren arabera aukeratu behar da. Hurrengo adierazpenekin, azkoinak izan behar duen altuera minimoa kalkulatu da, eta beraz, gantxoak izan behar duen hari luzera baita ere.



8.irudia: Azkoina

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi \cdot d_i^2} = \frac{4 \cdot 32.000}{\pi \cdot 67.2^2} = 9,022 \frac{kg}{mm^2} < \frac{20kg}{mm^2} \quad (16)$$

d_i : Torlojuaren hariaren barne diametroa, Rd 72 $\rightarrow \varnothing 67,2mm$.

P : Karga maximoa gantxoan, $P= 32.000kg$.

σ : Trakzio tentsioa gantxoaren hariaren nukleoan, (kg/mm^2).

A : Gantxoaren hariaren nukleoaren sekzioa, (mm^2).

σ_{adm} : trakzioan tentsio onargarria 34 CrMo 4 materialarentzat.

Hariak, gainazaleko eta urradura presioa jasan behar du. Beraz, erroskaren hariak presio uniformea egiten dutela suposatzen bada azkoinaren harietan, ondoreko gainazaleko presioa sortzen da.

$$p = \frac{P}{i' \cdot Ag} \leq p_{adm} \rightarrow \frac{32.000kg}{26,532 \cdot 482,42} = 2,5 \leq p_{adm} \quad (17)$$

$$p = \frac{P}{i' \cdot Ag} \leq p_{adm} \rightarrow \frac{32.000kg}{26,532 \cdot 482,42} = 2,5 \leq p_{adm} \quad (18)$$

$$i' = \frac{P}{Ag \cdot p_{adm}} \rightarrow \frac{32.000kg}{482,42 \cdot 2,5} = 26,532 \quad (19)$$

p : Hariaren gainazaleko presioa.

i' : Hariaren hari kopurua.

Ag : Azkoinaren gainazala.

$$A_g = \frac{\pi \cdot (d_i^2 - d_e^2)}{4} \rightarrow \frac{\pi \cdot (72^2 - 67,6^2)}{4} = 482,42 \text{ mm}^2 \quad (20)$$

p_{adm} : SAE 4140 altzairuarentzako gainazal presio onargarria, p_{adm} : 2tik 3 $\text{kg/mm}^2 \rightarrow p_{adm} = 2,5 \text{ kg/mm}^2$.

Beraz, azkoinak izan behar duen altuera:

$$H = h' \cdot i = \frac{P \cdot h'}{A_g \cdot p_{adm}} \rightarrow \frac{32.000 \cdot 8}{482,42 \cdot 2,5} = 150 \text{ mm} \quad (21)$$

H : azkoinaren beharreko altuera

h' : azkoinaren pasoa, Rd72: $h' = 8 \text{ mm}$

3.3.2. Kablea

Igoera mekanismoetan kable metalikoak erabili ohi dira. Hauek alanbre desberdinez osatuta daude eta kordoi bat osatzen dute. Kordoiak beraien artean batzen dira nukleo baten inguruan.

Abantailak:

- Berezko pisu txikia
- Jasotze abiadura handiagoa
- Seguritatea

Desabantaila:

- Polea eta danbor handiagoa erabili behar izatea

3.3.2.1. Kablearen aukeraketa

Egindako entseguetan eta esperientzian oinarrituta ikusi da, DIN 655 eta DIN 656 araudiaren arabera araututa dauden kableen konposizioa egokiena dela igoera mekanismoetarako. Garrantzitsua da, kordoiaren alanbre, sostengu egokia izatea aurretik duten kableengan. Arrazoi hau dela eta, Seal-Lay kable mota, paso konstantekoa duena kapa guztietan, egokiagoa da tortsio angelua duten kable normalekin konparatuta. DIN 655 araudiak, hiru konposizio finkatzen ditu: 6x19, 6x37, 8x37. 6x37 kable mota normaltzat kontsideratzen da. 6x19 konposizioa ordea, higadura handia, matxura mekanikoak edota polearen eztarria desegokia izango dela aurreikusten denean erabiltzen da. Azkenik, kablearen diametroa handia denean, 8 kordoiko konposizioa erabiltzea aholkatzen da.

DIN 4130 araudiak, entseguetan eta esperientzia praktikoetan oinarrituta, dimentsionamendurako beharrezko kalkuluak zeintzuk diren adierazten ditu.

Lehenik eta behin, kableak trakzio indar maximoa jasan dezakeena kalkulatu da. Aurrerako etorriko diren dimentsionamenduetarako ere beharrezkoa izango da.

$$S = \frac{P + Q}{i'' \cdot \eta} \quad (22)$$

S: Kableak jasan dezakeen trakzio maximoa (kg)

P: Kableak jasoko duen karga maximoa, $P= 32.000$ kg

Q: Suspentsio mekanismoaren pisua, $Q= 315$ kg

i'': Adar kopurua, $i=4$

η: Aparejuaren errendimendua, $\eta= 0,97$

$$S = \frac{32.000 + 315}{4 \cdot 0,97} = 8328,60 \text{ kg} \quad (23)$$

Ondoren, kablearen diametro minimoa kalkulatu da:

$$d = C\sqrt{S} \quad (24)$$

C konstantearen balioa 0,125-ekoa da:

$$d = C\sqrt{S} = 21,44\text{mm} \quad (25)$$

Beraz, 21,44mm-tako diametro minimoa eduki behar duela ikusita, 22mm duen kablea jartzea erabaki da.

3.3.2.2. Kablearen konposizioa

Kablearen konposizioa 6x19(1+6+12) +1 zuntz arimazkoa izango da. 6 kordoiz eta kordoi bakoitza 19 kablez osatuta egongo da. Arima batez osatuta egongo da.

Kalkulu osagarriak egingo dira:

3.3.2.2.1. Kablearen neke kalkulua

Esfortzu desberdinak kalkulatu dira.

3.3.2.2.1.1. Hedadura esfortzua

Kargaren igogerarekin sortzen diren esfortzuak dira. Hedadura espezifiko

$$\sigma_e = \frac{P}{s} = \frac{313.920N}{121\pi \text{ mm}^2} = 825,816 \text{ MPa} \quad (26)$$

$P =$ Jasotze karga, $P=32.000 \text{ kg}$

$s =$ kablearen sekzioa, $s= 121\pi \text{ mm}^2$

Mugimendua sortzen denean esfortzu dinamiko bat sortuko da:

$$\sigma_e = \frac{y \cdot \sigma_e}{g} = \frac{0,06\text{m} \cdot 825,816 \text{ MPa}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 5,05 \text{ Mpa} \quad (27)$$

$y =$ azelerazioa kablearena, $0,06 \text{ m/s}^2$.

$g =$ grabitatearen azelerazioa, $9,81 \text{ m/s}^2$

Esan dakite kablearen esfortzu totala ondorengoa dela:

$$\sigma_t = \frac{P}{s} + \frac{y \cdot \sigma_e}{g} = 825,816 \text{ MPa} + 5,05 \text{ MPa} = 830,866 \text{ MPa} \quad (28)$$

3.3.2.2.1.2. Bihurkadura esfortzua

Kablea danbor edo polea batetik pasarazten denean sortzen den esfortzua da. Kable mota eta bere diametroaren eta danbor eta polea mota eta diametroaren arabera da.

Balore maximoa, kablearen kontaktu luzerak polearekin, kablearen kordoen pasoarekin bat egiten duenean izango da. Esfortzu hauek murrizteko, kablearen diametroak eta polearen diametroa erlazio jakin bat izatea bilatzen da.

$$\sigma_f = 0,8E \cdot \frac{d}{D} = 0,8 \cdot 210.000 \text{ MPa} \cdot \frac{22\text{mm}}{500\text{mm}} = 7392 \text{ Mpa} \quad (29)$$

$d =$ Kablearen diametroa, 22mm .

$D =$ Polearen diametroa, $D=500\text{mm}$

3.3.2.2.1.3. Zapalkuntza esfortzua

Kablea polearen eztarritik pasatzen denean, eztarriaren sakonean presio bat egiten du, luzetarako presioaren eta polearen erradioaren menpekua dena.

$$F = 2 \cdot S \cdot \text{sen} \alpha = 2 \cdot (8328,60 \cdot 9,81) \cdot \text{sen}(17,405) = 48879 \text{ N} \quad (30)$$

$F:$ Zapalkuntza indarra (N)

$S:$ Trakzio indar maximoa (kg)

a : kontaktu angeluaren erdia.

$$p = \frac{2 \cdot S \cdot \text{sena}}{l \cdot m} = \frac{48879N}{500\pi \cdot 8,8} = 3,53 \text{ MPa} \quad (31)$$

$$m = N \cdot d = 0,4 \cdot 22 = 8,8 \text{ mm} \quad (32)$$

p : Sortzen den presioa (MPa)

l : kablearen kontaktuaren luzera (mm)

m : kablearen kontaktuaren zabalera (mm)

N : 0,4

3.3.3. Poleak

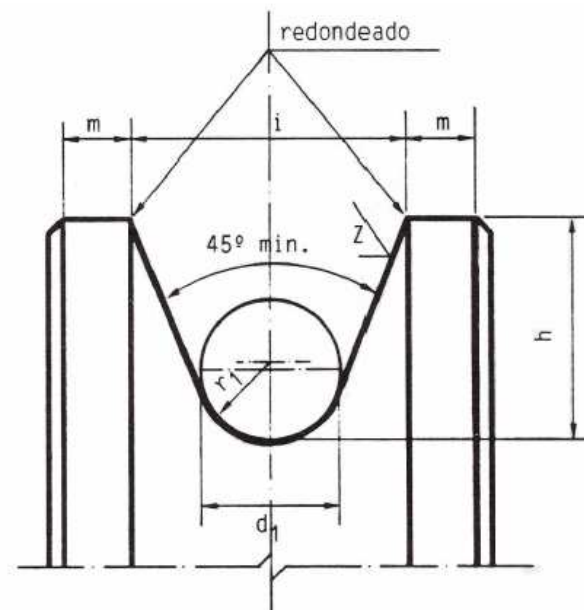
Poleek, kablearen norabidea aldatzeko edo zubiaren eta kargaren artean akoplamendu bezala jarduteko helburua dute. Bi motatako poleak daude, erradiodunak edo arima zentrala dutenak. Zubi garabi hau diseinatzerako orduan, arima zentrala dutena erabiltzea erabaki da, altzairu totxo batetik lortzen direnak hain zuzen ere.

Polea eta honen ardatzaren arteko akoplamendua, bai brontzezko zorroa erabiliz, kojinetea, edota errodamenduak erabiliz egin daiteke. Lehenengo aukera erabiliko da, hau da, brontzezko zorroa.

3.3.3.1. Polearen eztarria

Eztarria DIN 15061 araudiaren arabera dago araututa, izan ere, kablearen bizitzan oso garrantzitsua da bere dimentsionamendua egokia izatea. Kablea eztarrian, ajustatuta egoki egon beharko da, ez oso estu ezta ez oso lasai, azkenek honek zapalkuntza arazoak ekarriko lituzke.

Normalean, eztarriaren perfila 135º osatzen dituen zirkunferentzia arku batez osatzen da, diametroa kablearena baino pixka bat handiagoa izanda. Bi zuzen konbergente 45º-tara, 1,5 edo 2 aldiz kablearen diametroaren altuera-arte. 13.taulan araudiak ematen dituen datuak ageri dira eta 4.irudiak eztarriaren forma adierazten digu.



9.irudia: Polearen eztarria

10.irudia: Eztarriaren dimentsioak

Radio de garganta		h	i	m	Ø _{nominal} del cable
r ₁	Diferencia adm. para precisión				d ₁
1,6	+0,2	8	9	2	3
2,2		10	11	2	4
2,7		12,5	14	2	5
3,2		12,5	15	3	6
3,7		15	17	4	7
4,2		15	18	4	8
4,8		17,5	21	4,5	9
5,3	+0,3	17,5	22	4,5	10
6		20	25	5	11
6,5		20	25	5	12
7		22,5	28	5	13
7,5		25	31	6	14
8	+0,4	25	31	6	15
8,5		27,5	34	6	16
9		30	37	6	17
9,5		30	38	6	18
10		32,5	40	7	19

3.3.3.2. Polearen diametroaren aukeraketa

Poleek FEM 1001 araudia bete beharko dute eta diseinatzeko DIN 4130 araudia jarraitu beharko da. Polearen diametro primitiboa, kablearen diametroa eta garabiaren eta polearen erabilpenaren arabera izango da. Diametroa

zenbat eta txikiagoa izan gomendatutakoa baino, kablea bizitza txikiagoa izango da.

Polearen diametro primitiboa kalkulatzeko hurrengo adierazpena erabiliko da:

$$D \geq d \cdot h_1 \cdot h_2 \quad (33)$$

$$D \geq 22mm \cdot 16 \cdot 1 = 352mm \quad (34)$$

D: Polearen diametro primitiboa

d: Kablearen diametroa

h_1 : Mekanismoaren klasifikazio taldearen arabeko koefizientea

$h_2 = h_1$ handitzeko erabiltzen den koefizientea

Polearen diametro primitibo minimoa 352mm dira, baina 500mm-tako diametroarekin eraikitzea erabaki da.

3.3.3.2.1. h_1 eta h_2 koefizienteen balioak

Lehendabizi, mekanismoaren klasifikazio taldearen arabeko koefizientea kalkulatu da, hau da, h_1 koefizientea. Horretako, 11.taulan erabiliko da.

11.taula: h_1 koefizientea

Taldea		h_1 -ren balioak		
FEM	DIN	FEM	DIN	FEM
M3	1Bm	16	12,5	14
M4	1Am	18	14	16
M5	2m	20	14	18
M6	3m	22,4	16	20
M7	4m	25	16	22,5
M8	5m	28	18	25

Behin h_1 koefizientearen balioa jakinda, h_2 koefizientea kalkulatu behar da, polea kopuruaren eta kablearen norabide aldaketaren arabekoa izango da. Baldintza hauek kuantifikatzeko W batukaria erabiltzen da, elementu bakoitzak W balio desberdina duelarik.

- $W=1 \rightarrow$ Danbor batentzako
- $W=2 \rightarrow$ Kablea biribilkatzen den zentzuan inbertsiorik ez duen polea batentzako
- $W=4 \rightarrow$ Kablea biribilkatzen den zentzuan inbertsioa duen polea batentzako
- $W=0 \rightarrow$ Konpentsazio polea batentzako

12.taula: W_{tot}

W_{tot}	≤ 5	6-tik 9-ra	>10
h_2	1	1,12	1,25

12.taulan W desberdinaren arabera h_2 koefizientearen balioa bat edo bestea izango da. Gure kasuan, W -ren balioa 5 baino txikiagoa denez, polea honi dagokion koefizientea 1eko da.

3.3.4. Danborra

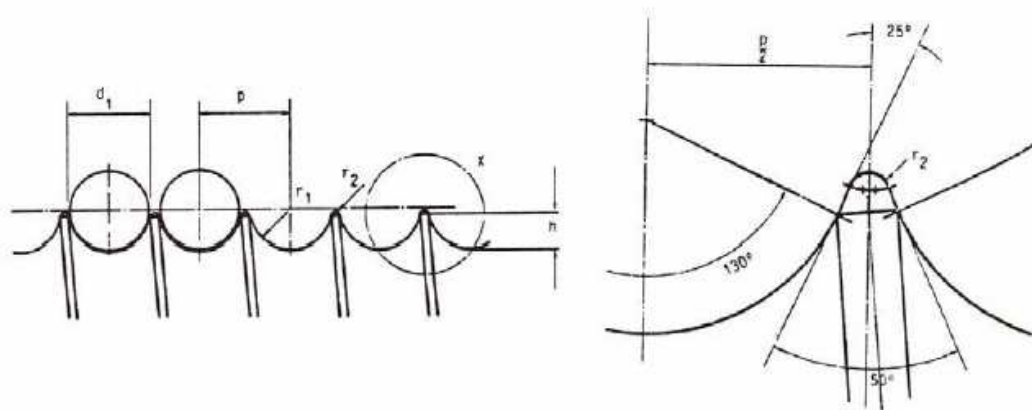
Danborraren funtzioa, karga jasotzen den heinean kablea gordetzen joatearena da. Jasotzeko danborrak bi ataletan nagusitan sailkatu daitezke:

- Kapa batekoak:Kablea kapa bakar batean pilatzen da danborraren luzera osoan.
- Kapa bat baino gehiago dutenak: Kablea kapa desberdinetan pilatzen da.

Jasotze makinatarako, danborraren luzerak, kable guztia batzeko bezain luzea izan beharko du, eta kapa bakarrekoa izango da. Fabrikatzeko burdin galdatua, altzairu galdatua edo txapa desberdinak eta soldadura bidez egin daitezke. Azken honek, bai pisu aldetik eta ekonomiaren aldetik abantaila nabarmenak ematen ditu.

3.3.4.1. Eztarriaren perfila

Ondorengo taula eta irudian, DIN 150601 araudiaren arabera, eztarriak izan behar dituen dimentsioak ageri dira.



10.irudia: Eztarria

Radio de garganta		p	h	r ₂	Diámetro nominal del cable d ₁
r ₁	dif. Adm.				
5,3	0,2	11,5	4	0,8	10
6		13	4,5	0,8	11
6,5		14	4,5	0,8	12
7		15	5	0,8	13
7,5		16	5,5	0,8	14
8		17	6	0,8	15
8,5		18	6	0,8	16
9		19	6,5	0,8	17
9,5		20	7	0,8	18
10		21	7,5	0,8	19
10,5		22	7,5	0,8	20

11.taula: Eztarriaren dimentsioak

3.3.4.2. Danborraren dimentsionamendua

Danbor baten biribiltze diametroa DIN 4130 araudiaren arabera kalkulatu da, eta kontutan eduki behar da bere diametroa poleen diametroaren berdina edo handiagoa izan behar dela.

$$D \geq d \cdot h_1 \cdot h_2 = 22 \cdot 16 \cdot 1 = 352\text{mm} \quad (35)$$

Danborraren diametroa polearen berdina edo handiagoa izan behar duenez, D=500mm izatea erabaki da.

Danborraren espira kopurua:

$$n' = \frac{4 \cdot H}{D \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 10}{0,5 \cdot \pi} = 25,46 \rightarrow 26 \text{ espira} \quad (36)$$

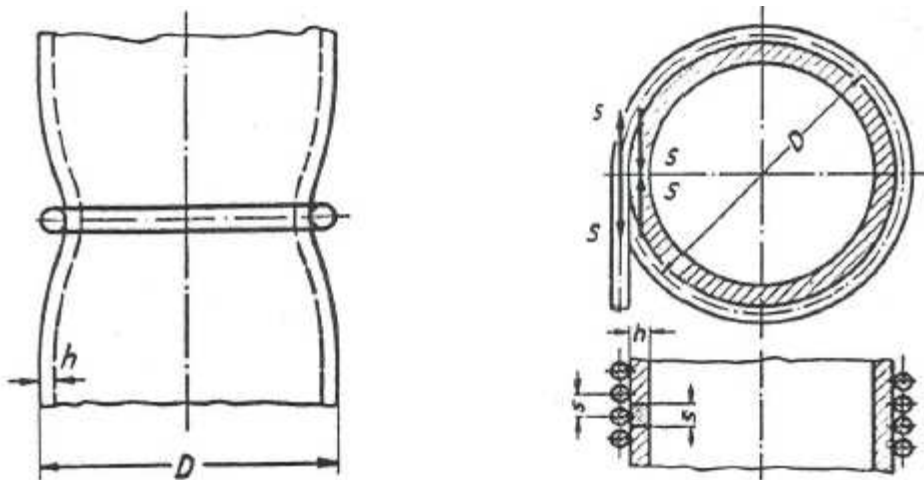
n : Espira kopurua

D : Danborraren diametroa, $D= 500\text{mm}$

H : Jasotze altuera, $H= 10\text{m}$

Beharrezkoa da 2 edo 3 espira gehitzea kablearen finkapena gogortzeko eta karga finkapenaren gainean geratzeko arriskua saihesteko. Horrez gain, 2 edo 4 espira gehitu beharko zaizkio, oraingo honetan kablea gidatuko duen azkoinak, biribilkadura osoa izan dezan. Ondorioz, danborra 33 espirez osatuta egongo da.

Danborrak tortsioa, flexioa eta baita konpresioa ere jasan behar du. Flexioa, kablearen trakzioaren ondorioz sortzen da, eta konpresioa, kableak eragiten duen estutzearen ondorioz. Tortsio esfortzuak, txikiak izaten dira eta beraz mespretxagarriak dira normalean, baita flexio esfortzuak ere, danborraren luzera normala denean. Beraz, danborraren lodiera, biribilkadura eskakizunaren arabera aukeratu beharko da.



12.irudia: Danborraren zilindroa portaera desberdinak

Biribilkadurak, bai konpresioa eta baita flexioa ere eragiten du. Kablearen trakzioaren eraginez, danborra konprimitu egiten da deformazio maximoarekin. Espiratik aldentzen garen heinean, deformazioa eta ondorioz konpresioak sortutako esfortzua murriztu egiten dira. Esfortzu maximoa, espira bakar batek eragindakoak:

- Konpresioan:

$$\sigma = 0,93 \cdot S \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{h^6 D t^2}} \quad (37)$$

- Flexioan:

$$\sigma_f = 1.61 \cdot S \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{h^6 D t^2}} \quad (38)$$

Zerbitzu normalean, danborra ez da espira bakar batez kargatua izango. Ahala ere, espira bakoitzak eragiten duen esfortzua kalkula daiteke, eta ondoren gaineraraztea erabili. Kasu honetan, flexio lokala nulua izango da, izan ere, trakzioa ez da aldatzen, beraz deformazioa trakzioaren eraginez ezta ere, eta danborraren sortzailea zuzen mantenduko da. Aldiz, konpresio esfortzuak jartzen jarraituko da, biribilkadura sekzioa kablearen trakzioaz baldintzaturik izan arte. Hipotesi hauekin, konpresio esfortzua honela kalkulatu da:

$$\sigma = 0,85 \cdot \frac{S}{h \cdot p} \quad (39)$$

σ : Konpresio esfortzua kablean (kg/mm^2)

h : danborraren lodiera, (mm)

p : biribilkadura pasoa, (mm)

S : trakzio maximoa kablean, (kg)

Baina hipotesi hau ez da modu zehatzean betetzen. Izan ere, lehenengo espira kokatzen denean, danborrak ez du deformazio totala jasaten. Danborraren deformazioa handitzen doan heinean, lehenengo espiretan kablearen trakzioa txikitu egiten da. Kablearen marruskadurak danborrarako, tentsioak mutur batetik bestera ez orekatzea dakar. Guztiz espiraz beteta dauden danbor batean, konpresio esfortzua:

$$\sigma = 0,85 \cdot \frac{S}{h \cdot p} \rightarrow h = \frac{0,85 \cdot 8328,60 \cdot 9,81 \cdot 2}{25 \cdot 355} = 15,65 \rightarrow 16mm \quad (40)$$

$$\sigma_f = 9,6 \cdot S \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{D^2 \cdot h^6}} \rightarrow 9,6 \cdot 8328,6 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{500^2 \cdot 16^6}} = 55,86MPa \leq \frac{\sigma_{onar}}{CS} \quad (41)$$

$$= 177,5MPa$$

Danborra SAE 1040 materialezko txapa soldatuz egingo da, 8 kg/mm² tentsio onargarria izango duena.

Kablea biribiltzeko danborrek, irtengune bat izan beharko dute, eta bere altuera kablearen diametroa 1,5 aldiz izango da. Irtengune hauen flexioa jasan beharko dute, kablearen inklinazioa dela eta. Bere lodieraren kalkulua:

$$\sigma_f = 1,44 \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{Dm}{D}\right) \cdot \frac{H'}{e^2} \rightarrow e = \sqrt{\frac{H}{\sigma_{adm}} \cdot 1,44 \left(1 - \frac{Dm}{D} \cdot \frac{2}{3}\right)} \quad (42)$$

$$= 9,71 \text{ mm}$$

H' : Kablearen inklinazioaren ondorioz sortzen den osagaia, $H' = 0,1 \cdot S = 0,1 \cdot 8328,6$

e : Irtengunearen lodiera, (mm)

D : Danborraren diametroa, $D = 500 \text{ mm}$

Dm : Ardatzaren diametroa, $Dm = 160 \text{ mm}$

σ_{adm} : SAE 1040 materialaren tentsio onargarria, $\sigma_{adm} = 10 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$

Irtengunearen lodiera 10 mm-takoa izatea erabaki da.

Danborraren luzera kalkulatzeko orduan, bertan bi adar desberdinetako kableak pilatu behar direla, bakoitza alde batera, kontutan eduki behar da.

$$L_{danborra} = \text{Espira kopurua} \times \text{kanal batetik bestera dagoen distantzia} + 2 \times \text{Bazterretako distantzia} + \text{Aparejuaren poleen arteko distantzia} \quad (43)$$

$$L_{danborra} = 33 \cdot 25 + 2 \cdot 60 + 330 = 1275 \text{ mm} \quad (44)$$

3.3.4.2.1. Kablearen inklinazioa

Kablearen goraranzko eta beranzko adarrak, ahal den neurrian, danborraren eta polearen eztarrien plano berean egon beharko dira, kableak saltoak egitea oztopatzeko. Askotan, eraikitze arrazoiengatik, kableari inklinazio bat eman behar zaio eztarriekiko. Inklinazio hau onargarria da, kableak ez badu jantaren ertzera salto egiteko joerarik.

3.3.4.2.1.1. Kablearen inklinazioa polean

Kablearen inklinazio onargarria polearen zentrotik 1000 mm-tara:

$$t_{max} = \frac{2000 \cdot \tan\beta}{\sqrt{1 + \frac{D}{k'}}} = \frac{2000 \cdot \tan 22,5}{\sqrt{1 + \frac{500}{35}}} = 211,89 \text{ mm} \quad (45)$$

β : eztarriaren paretaren inklinazio angelua, $\beta=22,5^\circ$

D : Polearen diametroa, $D= 500 \text{ mm}$

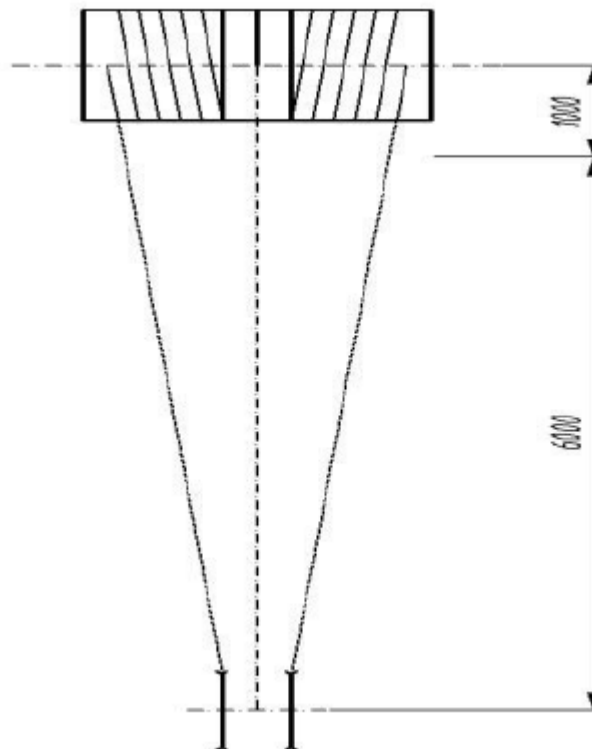
k' : Eztarriaren sakonera, $k' = 35 \text{ mm}$

Kablearen inklinazio maximoa polean gure kasuan, kablea guztiz zabaldu denean ematen da.

$$\tan\gamma = \frac{130}{2000} = 3,71^\circ < 6^\circ \quad (46)$$

Polearen ardatzetik 1000 mm-tara, "t"-ren balorea:

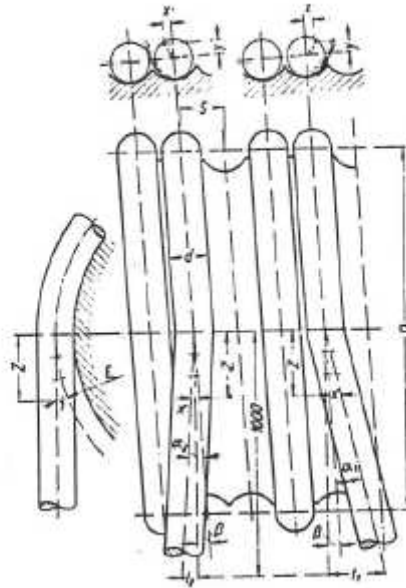
$$t = 1000 \tan\gamma = 86,6 < t_{max} \quad (47)$$



13.irudia: Kablearen inklinazioa polean

3.3.4.2.1.2 Kablearen inklinazioa danborrean

Danborraren arteka helikoidalek, $tg = S/\pi \cdot D$ inklinazioa dute:



14.irudia: Kablearen inklinazioa danborrean

$$tg\beta = \frac{s}{D \cdot \pi} = \frac{25}{500 \cdot \pi} = 0,9118^\circ \quad (48)$$

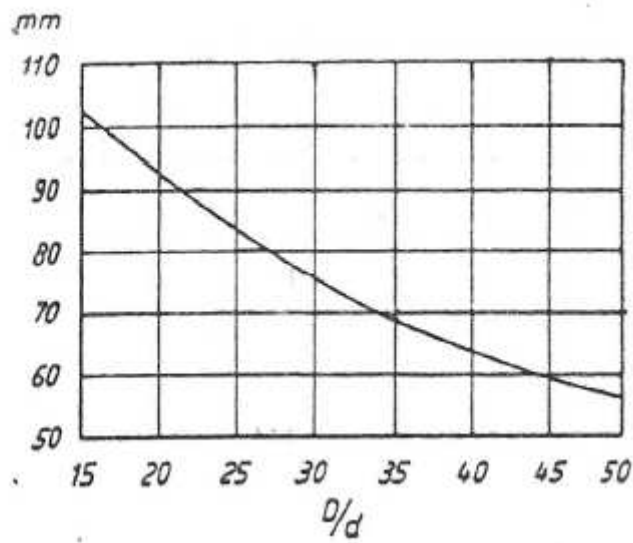
Distantzia onargarria 1000 mm-tako distantziara:

$$t_1 = 1000 \cdot \tan(\alpha_1 + \beta) \rightarrow \alpha_{1max} = \tan^{-1}\left(\frac{t_1}{1000}\right) - \beta = 3,946^\circ \quad (49)$$

$$t_2 = 1000 \cdot \tan(\alpha_2 + \beta) \rightarrow \alpha_{2max} = \tan^{-1}\left(\frac{t_2}{1000}\right) - \beta = 1,95 \quad (50)$$

t_1 : 1000 mm-tara kablearen inklinazioa, arteken inklinazioren noranzkoaren zentzu berean.

$$\frac{D_t}{d_c} = \frac{500}{22} = 22,72 \rightarrow t_1 = 85mm \quad (51)$$

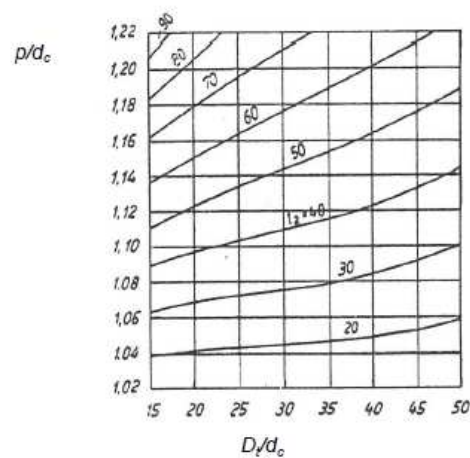


15.irudia: Kablearen inklinazio maximoa t_1 1000mm-tan

t_2 : arteken inklinazio noranzkoan kontran, kablearen inklinazio 1000 mm-tara, $t_2=50$ mm.

$$\frac{p}{d_c} = \frac{\text{arteken pausua}}{\text{Kablearen diametroa}} = 1,136 \quad (52)$$

$$\frac{D_t}{d_c} = \frac{\text{Danborraren diametroa}}{\text{Kablearen diametroa}} = 22,72 \quad (53)$$



16.irudia: Kablearen inklinazio maximoa t_2 1000 mm-tan

Gure kasuan, α_1 inklinazio maximoa kablearena, kablea guztiz luzatuta dagoenean emango da:

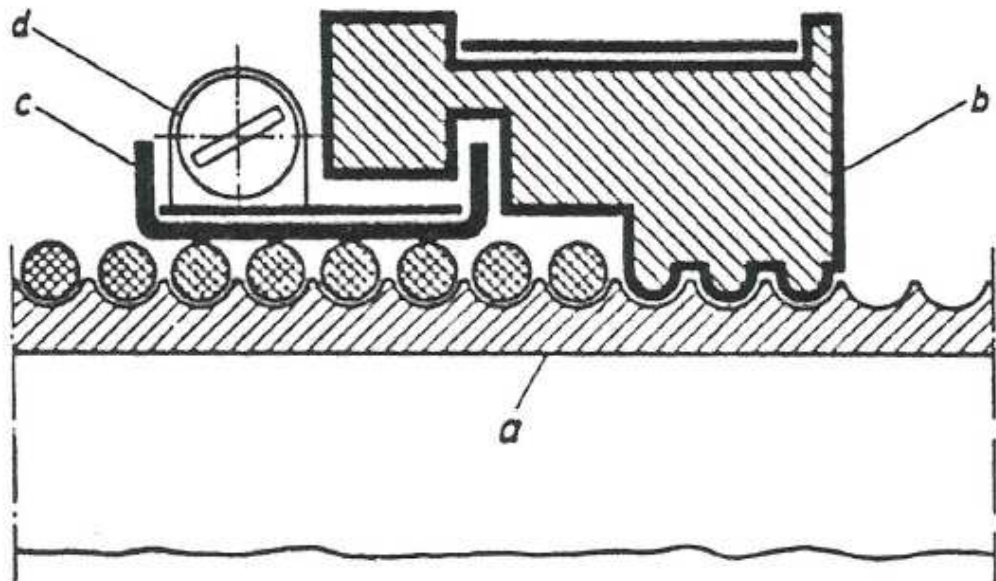
$$\alpha_1 = \tan^{-1} \cdot \frac{130}{2000} = 3,71 < 3,946^\circ \quad (54)$$

Era berean, α_2 inklinazio maximoa kablearena, guztiz batuta dagoenean emango da.

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \cdot \frac{7}{1000} = 0,8^\circ < 1,95^\circ \quad (55)$$

3.3.4.3. Kablearen bideratua

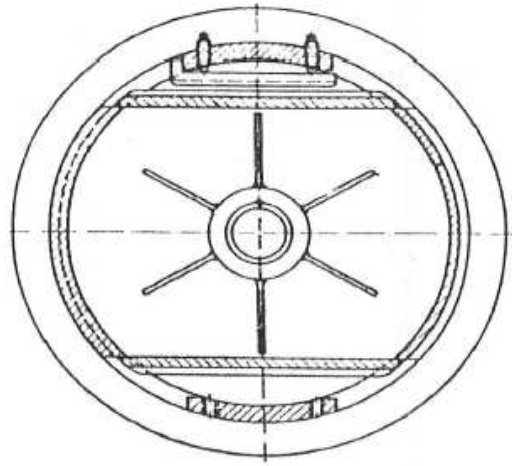
Danborrek kablearen zuzenbidea egokia izan dadin, gidatze sistema bat eduki behar dute. Sistema, arteketan ajustatzen den azkoin batez bermatzen da. Danborraren biraketarekin, azkoina ezker-eskuin mugimendu lineal batekin mugitzen da, eta horrela kablea arteketan sartzea bermatzen du.



17.irudia: Kablearen bideratua

3.3.4.4. Kablearen finkapena

Kablearen finkapena oso garrantzitsua da, kablea lotuko den puntu bakarra izango baita, eta beraz ezingo da akatsik egon, akats minimoak ondorio oso larriak eragin ditzakeelako.



18.irudia: Kablearen finkapena danborrean

Lehendabizi, trakzio indarra kalkulatu da lotura puntuan:

$$S_{fink} = \frac{S_{max}}{e^{f \cdot \alpha}} \quad (56)$$

S_{max} = Kablearen trakzio maximoa.

f = Danborraren eta kablearen arteko marruskadura indarra.

α = Espira hilek besarkatutako danbor angelua radianetan.

Espira hilek besarkatutako danbor angelua radianetan:

$$\alpha = K \cdot 2 \cdot \pi \quad (57)$$

K = Alde bakoitzean dauden espira hilen kopurua, 3.

$$\alpha = 3 \cdot 2 \cdot \pi = 6\pi \text{ rad} \quad (58)$$

UNE 58915-3:1992 araudiaren arabera, marruskadura koefizientea 0,1 balioa hartuko du.

$$S_{fink} = \frac{8328,60 \cdot 9,81}{e^{0,1 \cdot 18,85}} = 12404,97 \text{ N} \quad (59)$$

Torloju kopurua ondorengo izango da:

$$Z = \frac{N}{P_0} \quad (60)$$

P_0 = Torloju baten trakzioko esfortzu onargarria.

N = Estutze esfortzua.

Beraz, estutze esfortzua hurrengo formularekin kalkulatu da:

$$N = \frac{b \cdot k \cdot S_{fink}}{c} \quad (61)$$

k = Segurtasun koefizientea, 1,25.

c = Erresistentzia koefizientea.

b = Espira hilen eta kablearen arteko marruskadura koefizientea kontutan edukitzeko hartzen den koefizientea, 0,65.

$$N = \frac{0,65 \cdot 1,25 \cdot 12404,97}{0,35} = 28797,25 \text{ N} \quad (62)$$

Torloju baten trakzioko esfortzu onargarria

$$P_0 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \sigma_{yp}}{16} = 125,7 \cdot d^2 \quad (63)$$

Torlojuen diametroa finkatu gabe, torloju kopurua finkatuko dira. Hiru torloju jarri nahi badira, eduki beharko duten diametroa:

$$125,7 \cdot d^2 = N \rightarrow 125,7 \cdot d^2 = 28797,25 \rightarrow d = 8,73 \text{ mm} \quad (64)$$

Kalkulatuko den diametroa barne diametroa da, eta torlojuaren kanpo diametroa jakin behar da torlojuak aukeratzeko. Beraz,

$$D_M = d + 0,6945 \cdot H \quad (65)$$

H = Aurrerapena, 1,25.

$$D_M = 8,73 + 0,6945 \cdot 2 \approx 10 \text{ mm} \quad (66)$$

Segurtasunaren aldetik M10x2 torlojuak erabiltzea erabaki da. Honenestutzen pare maximoa 55 N·m-takoa da.

Torlojuaren egiaztapena:

$$M = k \cdot N \cdot D \quad (67)$$

D= Torlojuaren diametro nominala.

k= 0,18.

$$M = 0,18 \cdot 28797,25 \cdot 0,01 = 51,83 \text{ N} \cdot \text{m} \leq 55 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (68)$$

Beraz, M10x2 torlojuak onargarriak dira eta horrelako hiru jarriko dira alde bakoitzean.

3.3.4.5. Alboko txaparen egiaztapena

Danborra, funtsean zilindro batez eta alboko txapa biz osatuta egongo da. Txapa hauek zilindrora soldatu egingo dira, eta batak erreduktorearekin konektatzeko balioko du eta besteak euskarriarekin konektatzeko. Txapa hauek makurdura jasango dute eta ondorengo adierazpena bete beharko dute:

$$\sigma_f = 14,4 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{D_M}{D}\right) \cdot \frac{H}{W^2} \leq \frac{\sigma_{onarg}}{CS} \quad (69)$$

D= Danborraren diametroa.

D_M = Ardatzaren diametroa.

H= Kablearen inklinazioak eragindako indarra(trakzio indarraren %10).

W= Alboko txaparen lodiera.

Beraz,

$$\sigma_f = 14,4 \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{100}{500}\right) \cdot \frac{0,1 \cdot 8328,60}{30^2} = 11,54 \text{ Mpa} \leq \frac{\sigma_{onarg}}{CS} \quad (70)$$

$$\frac{\sigma_{onarg}}{CS} = 177,5 \text{ MPa} \quad (71)$$

3.3.4.6. Alboko txaparen soldaduraren egiaztapena

Aurreko atalean kalkulaturako alboko txapa, esan bezala soldatuta finkatuko da danborraren zilindroarekin. Soldadura, nekera dimentsionatuko da eta danborraren ardatza dimentsionatzeko erabili diren datu berdinak erabili beharko dira.

M=2063,33 Kg·m

$$T = 25314,36 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$V = 13755,38 \text{ Kg}$$

Soldadura egiaztatzeko ondorengo adierazpena erabiliko da:

$$\frac{0,5 \cdot \sigma_{yp}}{CS} \geq \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left(\frac{k_f \cdot \sigma_{yp} \cdot M \cdot R}{\sigma_e \cdot b \cdot R^3} \right)^2 + \left(\frac{T \cdot R}{b \cdot R^3} + \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot (R + b)^2 - \pi \cdot R^2} \right)^2} \quad (72)$$

$b = 12 \text{ mm}$, soldadura eztarriaren lodiera.

$$\sigma_{yp} = 355 \text{ MPa}$$

$$CS = 2$$

$$89 \text{ Mpa} \geq 83,2 \text{ MPa} \quad (73)$$

Beraz, 12 mm-tako eztarria duen soldadura nahikoa da alboko txaparen eta zilindroaren arteko lotura egiteko.

3.4. Suspentsio elementuen ardatzak

Suspentsio elementuen ardatzak edo trabesak hiru izango dira:

- Gantxoaren ardatza
- Poleen ardatza
- Danborraren ardatza

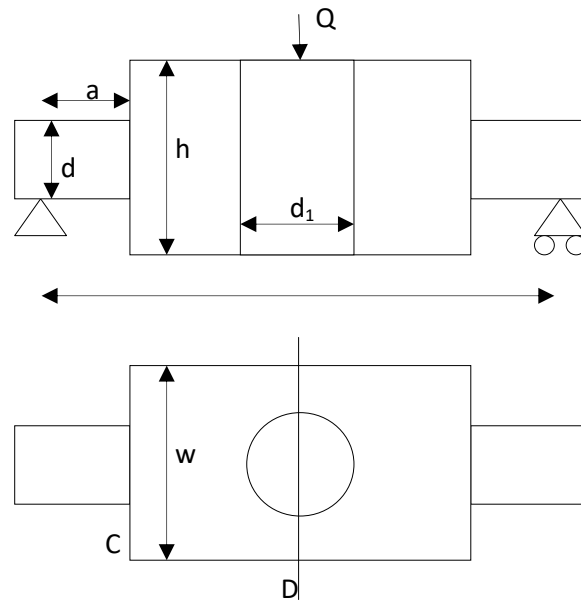
3.4.1. Gantxoaren habea

Habea SAE 4140 altzairuarekin egingo da, baina tratamendu desberdinak jasan beharko ditu bere portaera fisikoak hobetzeko asmotan. Lehendabizi, altzairuaren gogortze eta erresistentzia handitzeko, 840^o-tara tenplaketa tratamendu termikoa egingo zaio, hozketarako olio erabiliz. Ondoren, 600^o-tara iraketa egingo zaio, izan ere, altzairua tenplaketa baten ondoren gogorregi egoten da eta ondorioz hauskor. Horrela altzairuari, zailtasun hobea emango zaio eta gainera sortutako barne tentsioak txikitu egingo dira.

DIN 15412 araudiak, gantxoaren zenbakiaren arabera, habearen dimentsio desberdinak ematen ditu, baina ez guztiak. Habe honen, erdiko sekzioaren zabalaren dimentsioa ez du ematen eta beraz dimentsio minimoa kalkulatu beharko da.

3.4.1.1. Habearen tentsioen lorpena

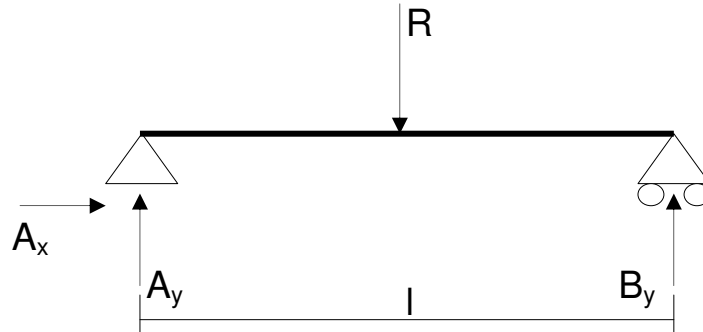
Dimentsionamendua egiteko ondorengo kalkulu eskema sinplifikatua egin da:



Kalkulu eskema honetatik, araudiak definitzen ez duen neurri bakarra b neurria da. Beraz, neurri hau kalkulatu behar da.

Irudian ageri diren euskarriak, polearen ardatza gantxoaren habearekin lotzen duen euskarri irudikatzen ditu. Euskarriak giltzatuak direnez muturretan ez dira momentuak transmitituko.

Lehendabizi euskarrietan ageri diren erreakzioak kalkulatu dira:



-Oreka estatikoaren ekuazioak planteatuz:

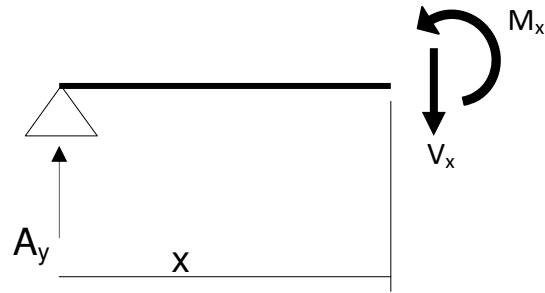
$$\sum F_x = 0 \rightarrow A_x = 0 \quad (74)$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y + B_y = R \rightarrow B_y = R/2 \quad (75)$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -R \cdot \frac{l}{2} + A_y \cdot l = 0 \rightarrow A_y = R/2 \quad (76)$$

-Barne indarrak:

Simetrikoa denez, mozketa bakarrarekin nahikoa da.

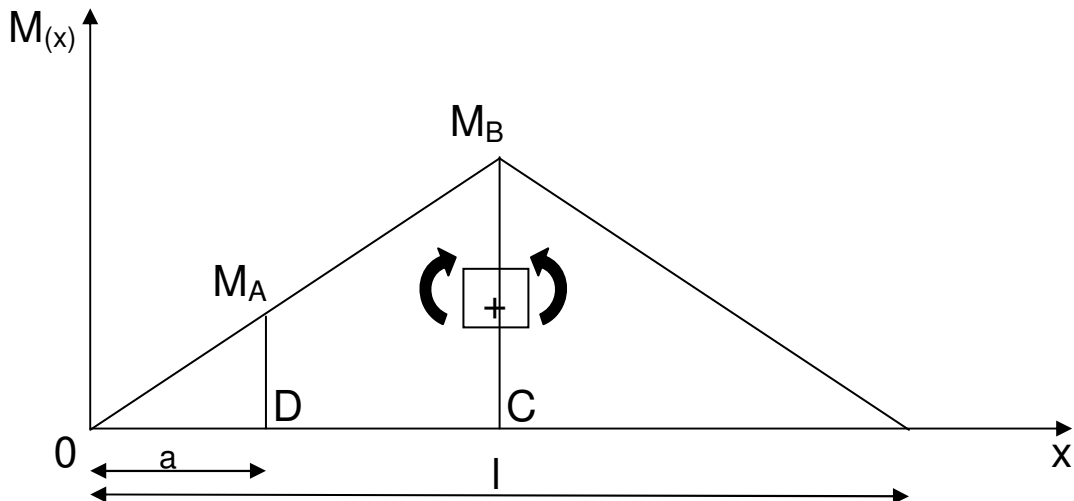


$$\sum F_y = 0 \rightarrow V_{(x)} = A_y = \frac{R}{2} \quad (77)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow M_{(x)} = A_y \cdot x = \frac{R \cdot x}{2} \quad (78)$$

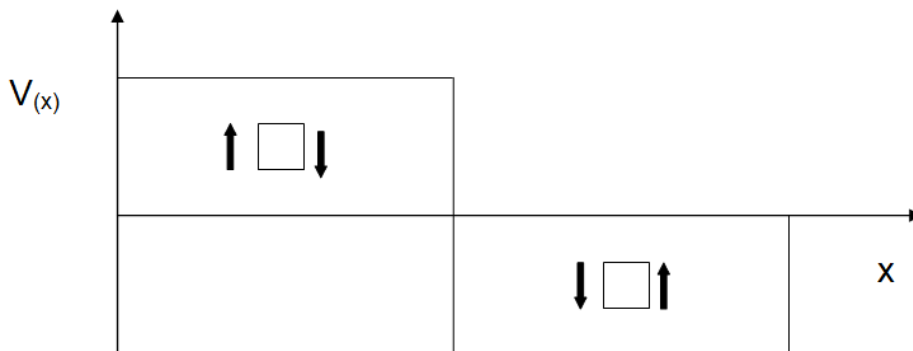
-Momentu makurtzailearen diagrama

Barne indarrak kalkulatu ondoren, momentu makurtzailearen diagrama egin behar da. Horrela, nahi den momentuaren sekzioa jakitea posible izango da.



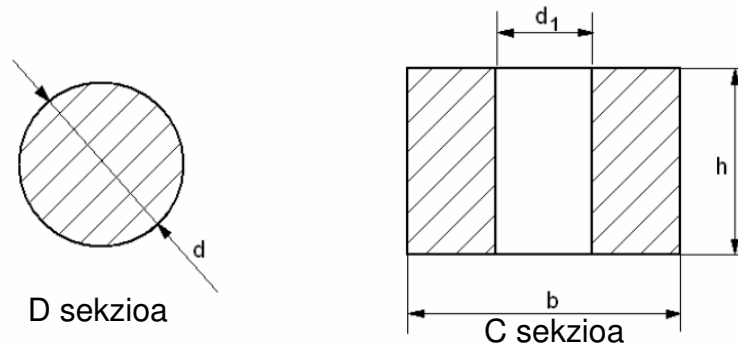
-Indar ebakitzzailearen diagrama

Indar ebakitzzailearen diagrama ondorengoa izango da:



-Tentsio normala:

Sekzio kritiko egongo dira, D sekzioa eta C sekzioa. A sekzioa kritikoa izango da, tentsio kontzentrazio bat dagoelako, habea sekzio errektangeluarra izatetik zirkularra izatera pasatzen baita. B sekzioa aldiz kritikoa izango da, bertan baitako momentu makurtzaile eta indar ebakitzzaile handiena.

D sekzioa:

$$\sigma_{N,D} = \frac{M_D}{W_D} \quad (79)$$

Lehenengo D sekzioaren modulu erresistentea kalkulatu behar da:

$$W_D = \frac{I_D}{d/2} = \frac{\frac{\pi \cdot d^4}{64}}{d/2} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (80)$$

Modulu erresistentea kalkulatu ondoren, tentsio normala kalkulatu da:

$$\sigma_{N,D} = \frac{M_D}{W_D} = \frac{\frac{R \cdot a}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{16 \cdot R \cdot a}{\pi \cdot d^3} \quad (81)$$

C sekzioa:

$$\sigma_{N,C} = \frac{M_C}{W_C} \quad (82)$$

Lehenengo C sekzioaren modulu erresistentea kalkulatu behar da:

$$W_C = \frac{I_C}{h/2} = \frac{2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot \left(\frac{b-d_1}{2} \right) \cdot h^3 \right)}{h/2} = \frac{1}{6} \cdot (b-d_1) \cdot h^2 \quad (83)$$

Modulu erresistentea kalkulatu ondoren, tentsio normala kalkulatu da:

$$\sigma_{N,C} = \frac{M_C}{W_C} = \frac{\frac{R \cdot l}{4}}{\frac{1}{6} \cdot (b - d_1) \cdot h^2} = \frac{3 \cdot R \cdot l}{2 \cdot (b - d_1) \cdot h^2} \quad (84)$$

-Tentsio ebakitzalea:

Tentsio ebakitzalea kalkulatzeko orduan, habearen zabalera ez denez oso handia, ondorengo adierazpena erabili daiteke:

$$\tau_V = \frac{V}{A} \quad (85)$$

$\tau_V =$ Tentsio ebakitzalea

$V =$ Indar ebakitzalea

$A =$ Sekzioaren azalera

D sekzioa:

$$A_D = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (86)$$

$$\tau_{V,D} = \frac{V_D}{A_D} = \frac{R/w}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2 \cdot R}{\pi \cdot d^2} \quad (87)$$

C sekzioa:

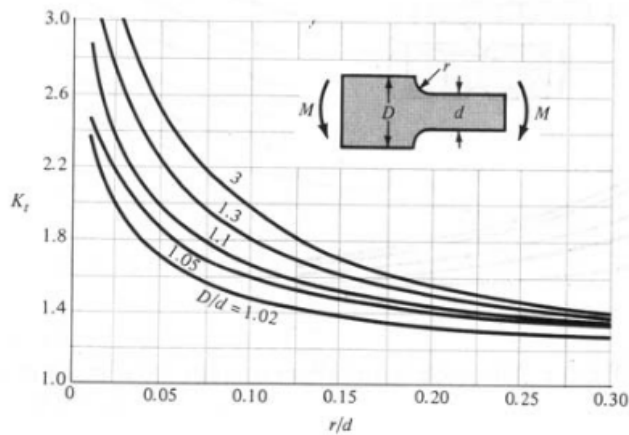
$$A_C = h \cdot (b - d_1) \quad (88)$$

$$\tau_{V,C} = \frac{V_C}{A_C} = \frac{R/2}{h \cdot (b - d_1)} = \frac{R}{2 \cdot h \cdot (b - d_1)} \quad (89)$$

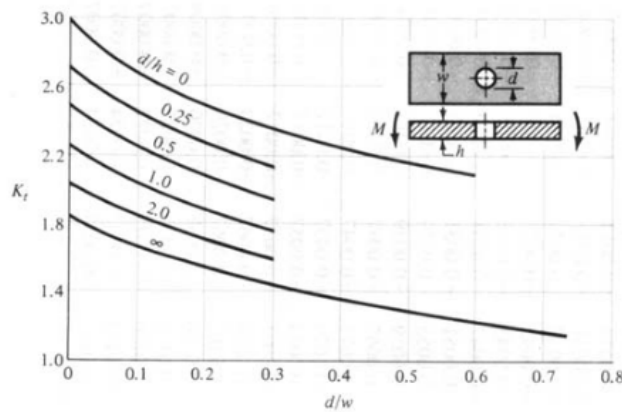
-Tentsio kontzentrazioak

Aztertutako bi sekzioetan tentsio kontzentrazioak ageri dira. Alde batetik, D sekzioan tentsio kontzentrazioa egongo da, forma aldaketa bat gertatzen delako, hau da, laukizuzena izatek zilindro izatera pasatzen da. Bestetik, C sekzioan tentsio kontzentrazioa dago zulo bat duelako alderik alde.

Tentsio kontzentrazioen Kt kalkulatzeko, grafika bereziak erabiliko dira:



19.irudia: D sekziarako tentsio kontzentrazioa



20.irudia: C sekziarako tentsio kontzentrazio taula

Makurduran:

D sekzioaren tentsio kontzentrazioa kontutan edukitzeko, tentsio normala K_t aldiz handituko da:

$$\sigma_{MN,D} = K_{tD} \cdot \sigma_{N,D} = K_{tD} \cdot \frac{16 \cdot R \cdot a}{\pi \cdot d^3} \tag{90}$$

C sekzioan ere prozedura berdina jarraituko da:

$$\sigma_{MN,C} = K_{tC} \cdot \sigma_{N,C} = K_{tC} \cdot \frac{3 \cdot R \cdot l}{2 \cdot (b - d_1) \cdot h^2} \tag{91}$$

Ebakiduran:

Ebakiduran ere tentsio ebakitzailerak K_t erabiliz handituko dira:

$$\tau_{MV,D} = K_{tD} \cdot \tau_{V,D} = K_{tD} \cdot \frac{2 \cdot R}{\pi \cdot d^2} \quad (92)$$

$$\tau_{MV,C} = K_{tC} \cdot \tau_{V,C} = K_{tC} \cdot \frac{R}{2 \cdot h \cdot (b - d_1)} \quad (93)$$

3.4.1.2. Habearen dimentsionamendua

Habearen dimentsioak DIN 15412 araudiak definitzen ditu. Hala ere, habearen C sekzioaren zabaleraren dimentsioa ez du definitzen, eta beraz diseinatzailearen esku geratzen da distantzia hori.

-D sekzioaren egiaztapena:

Egiaztapenerako beharrezkoak diren parametroak:

$a=12 \text{ mm}$, euskarriak kokatuko diren distantzia.

$D_d= 60\text{mm}$, sekzioaren diametroa.

$R= 32.000\text{kg}$, jaso dezakeen karga maximoa.

$r= 4\text{mm}$, akordio erradioa.

$K_{tD}= 1,8$, D sekzioaren tentsio kontzentrazioa

Materialari ere segurtasun koefiziente bat aplikatuko zaio:

$$\frac{\sigma_{onar}}{CS} = \frac{65 \text{ kg/mm}^2}{2,5} = 26 \text{ kg/mm}^2 \quad (94)$$

Egiaztapena egiteko Von Misses erabiliko da:

$$\sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{\sigma_{onar}}{CS} \quad (95)$$

$$\sigma_{MN,D} = K_{tD} \cdot \sigma_{N,D} = 1,8 \cdot \frac{16 \cdot 32.000 \cdot 12}{\pi \cdot 60^3} = 16,3 \text{ kg/mm}^2 \quad (96)$$

$$\tau_{MV,D} = K_{tD} \cdot \tau_{V,D} = 1,8 \cdot \frac{2 \cdot 32.000}{\pi \cdot 60^2} = 10,18 \text{ kg/mm}^2 \quad (97)$$

Beraz,

$$\sqrt{16,3^2 + 3 \cdot 10,18^2} = 24,012 \leq \frac{26 \text{ Kg}}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_{onar}}{CS} \quad (98)$$

-D sekzioaren egiaztapena:

Egiaztapenerako beharrezkoak diren parametroak:

$L=204 \text{ mm}$..

$b= 60\text{mm}$.

$R= 32.000\text{kg}$, jaso dezakeen karga maximoa.

$d_1= 74\text{ mm}$, barne zuloaren diametroa.

$h= 75\text{mm}$, C sekzioaren altuera.

$K_{td}= 1.4$, C sekzioaren tentsio kontzentrazioa.

Araudiak definitzen ez duen parametro bakarra w da, hau da, C sekzioaren zabalera. Distantzia hau 120 mm-takoa izatea erabaki da.

Egiaztapena egiteko Von Misses erabiliko da:

$$\sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{\sigma_{onar}}{CS} \quad (99)$$

$$\sigma_{MN,C} = K_{tC} \cdot \sigma_{N,C} = 1,4 \cdot \frac{3 \cdot 32.000 \cdot 204}{2 \cdot (180 - 74) \cdot 78^2} = 22,56 \text{ Kg/mm}^2 \quad (100)$$

$$\tau_{MV,C} = K_{tC} \cdot \tau_{V,C} = 1,4 \cdot \frac{32.000}{2 \cdot 78 \cdot (180 - 74)} = 2,765 \text{ Kg/mm}^2 \quad (101)$$

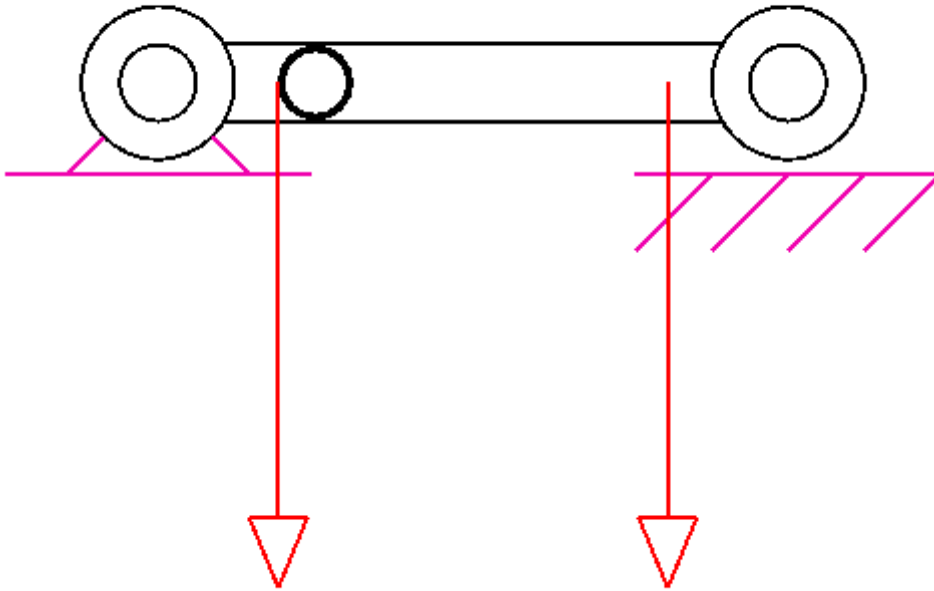
$$\sqrt{22,56^2 + 3 \cdot 2,765^2} = 23,062 \leq \frac{26\text{Kg}}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_{onar}}{CS} \quad (102)$$

3.4.2. Polearen ardatza

Polearen ardatza, gantxoaren ardatzaren bezala, SAE 4140 altzairuarekin egingo da. Gainera, tenplaketa eta iraketa tratamenduak ere egingo zaizkio portaera fisikoak hobetzeko.

Asme kodea erabiliz dimentsionatuko da. Gainera,ardatzak jasaten dituen momentuak Cespla programaren bitartez kalkulatu dira.

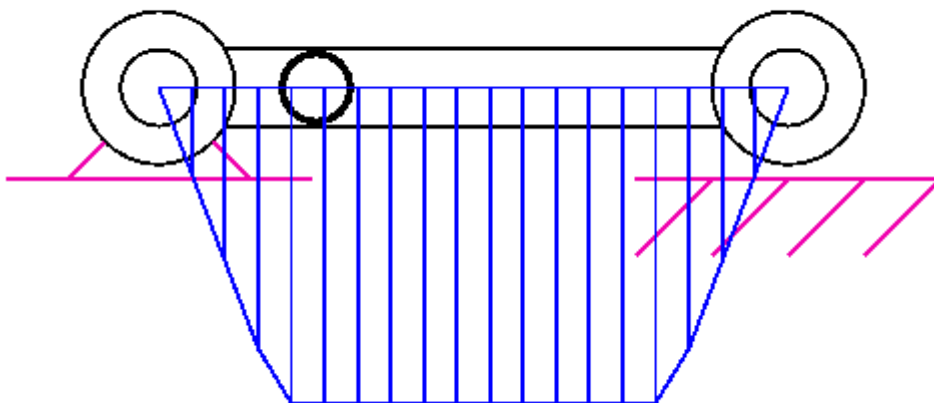
3.4.2.1. Indarren banaketa



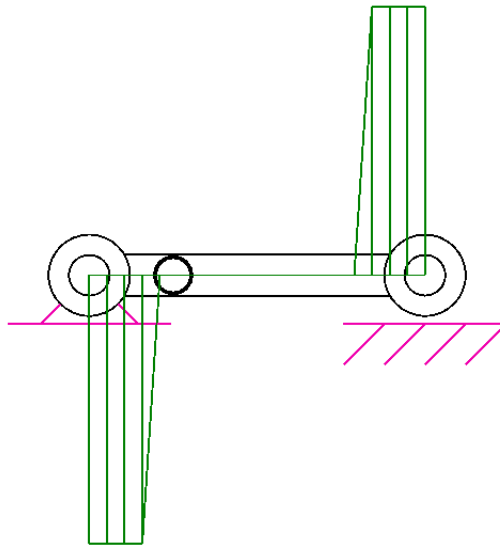
21.irudia: Polearen indarren banaketa

Polearen ardatzak, poleen erdian, jasan beharko duen indarra, simetrikoa izango dena, 156960N-etakoa izango da. Indar hau kabletik poleara transmititzen da eta era berean poleatik ardatzera.

Momentu makurtzailearen diagrama:



22.irudia: Momentu makurtzailearen diagrama

Indar ebakitzaillearen diagrama

23.irudia: Indar ebakitzaillearen diagrama

3.4.2.2. Ardatzaren dimentsionamendua

Asme kodea erabiliko da beharrekoa den erradio minimoaren balioa kalkulatzeko.

$$t_{\max} = \frac{r}{j} \cdot \sqrt{(C_m \cdot M)^2 + (C_t \cdot T)^2} < t_{yp} \quad (103)$$

$$C_m = 2,5 \quad (104)$$

$$t_{yp} = 98,1 \text{ Mpa} \quad (105)$$

$$M = 9,88 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (106)$$

Ardatz honek bihurtura momenturik ez duenez edukiko, C_t ez da behar formulan eta momentu bihurtzaileak bakarrik eragingo erradioaren aukeraketan.

Balioak formulan ordezkatzuz:

$$t_{\max} = \frac{r}{\frac{\pi \cdot r^4}{2}} \cdot \sqrt{(2,5 \cdot 9,88 \cdot 10^6)^2} < 98,1 \text{ Mpa} \quad (107)$$

$$r > 54,32 \text{ mm} \rightarrow D = 100 \text{ mm} \quad (108)$$

Beraz, ardatzaren diametroa 100 mm-takoa izango da bere luzera osoan.

3.4.3. Danborraren ardatza

Danborraren ardatza ASME kodea erabiliz dimentsionatuko da. SAE 4140 materialarekin egingo da. Ardatz honi zenbait tratamendu aplikatuko zaizkio: Lehendabizi, tenplaketa tratamendu termiko bat aplikatuko zaio 840^o-tara. Ondoren, iraoketa tratamendu bat, HB 300 gogortasuna lortuko delarik ardatzean.

3.4.3.1. Ardatzean eragiten duten indarrak

Ardatza hau danborretik euskarriaren errodamendura joango da, danborrarekin biratuko duelarik. Ardatzaren dimentsionamendua egiteko, lehendabizi ardatzak jasango dituen indarrak zehaztu behar dira, eta horretarako FEM 1001 araudiaren 2.atalean oinarrituta.

Bi motetako indarrak definituko dira. Alde batetik, S_M motakoak egongo dira. Hauek, pare motorraren ondorioz sortutako indarrak dira eta hiru azpitaldetan definitzen dira. Bestetik, S_R motako indarra dago, indar bertikala, elementu desberdinen berezko pisuaren ondorioz sortzen baita.

- S_M motako indarrak:

Aurretik aipatu bezala, indar hau hiru azpitaldetan banatzen da.

S_{ML} : Karga erabilgarriaren desplazamendu bertikalari dagokion indarra.

Motorrak ematen duen potentziatik danborrera heltzen den potentziaren artean aldea dago. Potentzian aldea badago momentuan ere aldea egongo da, eta beraz danborrera heltzen den momentua ondorengoa da.

$$M = \frac{9550 \cdot (P \cdot \eta)}{n} \quad (109)$$

P = Motorrak ematen duen potentzia, 30 Kw.

η = Transmisio etekina, 0,9.

n = Danborraren bira kopurua.

Danborraren bira kopurua:

$$n = \frac{v_{jasotzea}}{R \cdot \pi} = \frac{4 \text{ m/min}}{0.25 \cdot \pi} = 5,092 \text{ bira/min} \quad (110)$$

Beraz:

$$M = \frac{9550 \cdot (30 \cdot 0,9)}{5,092} = 50628,729 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (111)$$

Motorraren kalkuluan egin diren gain dimentsionamenduen ondorioz, kableak jasan behar duen indarra hasieran kalkulaturakoa baino handiagoa izango da. Hala ere, balio honetara ez da inoiz helduko, baina kontserbakorrakoak izango direnez kalkuluak, kalkulaturako den balioa erabiliko da.

Kable bakoitzak jasan beharko duen indarra ondorengoa izango da:

$$S_1 + S_2 = \frac{M}{r} \quad (112)$$

Danborrak simetrikoa denez kablearen artean ikuspuntutik, kable bakoitzak jasango duen indarra berdina izango da.

$$S_1 = S_2 \quad (113)$$

Ondorioz, kable bakoitzak jasango duen indarra:

$$S_{ML} = S_1 = S_2 = \frac{M/9,81}{2 \cdot r} = \frac{50628,729/9,81}{2 \cdot 0,25} = 10321,86 \text{ kg} \quad (114)$$

Esan bezala, indar hau aurretik kalkulaturako baino handiago da, baia kalkuluak kontserbakorrakoak egingo ditu aipatu bezala.

S_{MA} : Azelerazioaren ondorioz sortzen diren indarrak dira. Zubi garabi baten sisteman guztiz baztergarriak dira, oso azelerazioa txikia izango baitu.

S_R motako indarrak:

Danborraren berezko pisua kontutan edukiko da, baia ardatzarena ez, mespretxagarria da. Beraz,

$$q = \frac{F}{l} = \frac{V \cdot \rho}{l} = A \cdot \rho = \left[\left(\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \right) - \left(\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \right) \right] \cdot \rho \quad (115)$$

D = Danborraren kanpo diametroa, 500mm.

d = Danborraren barne diametroa, 460mm.

ρ = Danborraren altzairuaren dentsitatea, 0,0078 kg/m³

Ondorioz,

$$q = \left[\left(\frac{0,5^2 \cdot \pi}{4} \right) - \left(\frac{0,46^2 \cdot \pi}{4} \right) \right] \cdot 0,0078 = 235,3 \text{ kg/m} \quad (116)$$

3.4.3.2. Indarren konbinaketak

Ardatzean eragiten duten indarrak mekanismoaren taldearen araberako koefiziente batekin handituko dira. Zubi garabi hau, M_3 taldean sartzen delarik, γ_m koefizientea 1,08koa izango da.

Hiru konbinaketa mota bereizten dira. Kasu honetan, bakarra aztertuko da, haize gabeko zerbitzu arrunta ain zuzen ere. Izan ere, zerbitzua haizearekin ez da zekula emango eta ez da zerbitzu berezirik egongo.

Beraz,

1.kasua: Haize gabeko zerbitzu arrunta

S_M motako indarrak:

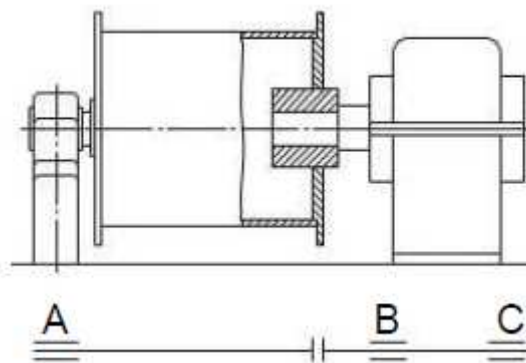
$$\begin{aligned} S_{Mmax,I} &= (S_{ML} + S_{MA}) \cdot \gamma_m = (S_{ML}) \cdot \gamma_m = 10321,86 \text{ kg} \cdot 1,08 \\ &= 11.166,54 \text{ kg} \end{aligned} \quad (117)$$

S_R motako indarrak:

$$S_{Rmax,I} = S_{RG} = 235,3 \text{ kg/m} \quad (118)$$

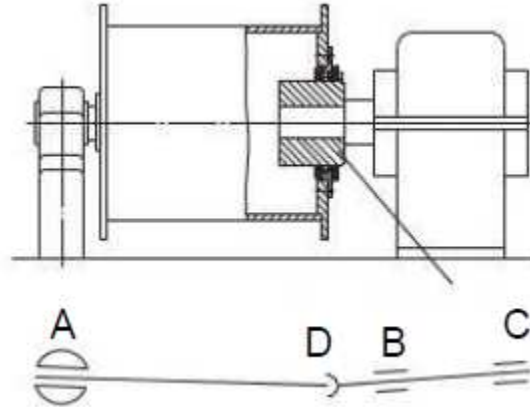
3.4.3.3. Ardatzaren indarren banaketa

Danborraren eta erreduktorearen arteko lotura zurruna denean, estatikoki indeterminatua den sistema sortzen da. Ondorioz, beharrezkoa da TCB akoplamendu bat jartzea, horrela sistema determinatua sortzen da eta gehiegizko momentua makurtzaileak sortzea galarazten da. TCB akoplamendu honek, artikulazio bezala lan egingo du.



24.irudia: Danborra akoplamendurik gabe

Akoplamendu honi esker, eta artikulazio bezala lan egingo duela jakinda, sistema bi zati independenteetan banatu daiteke.



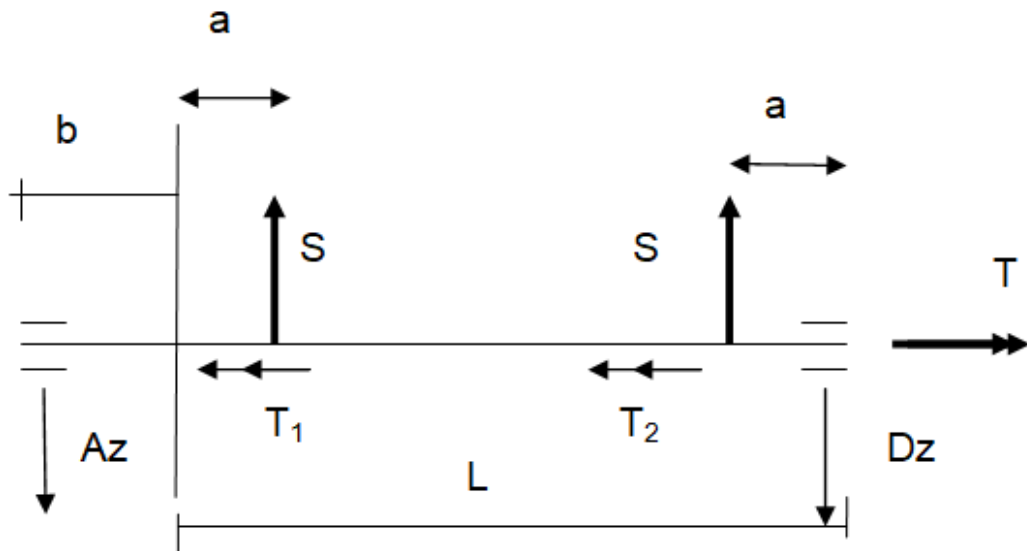
25.irudia: Danborra akoplamenduarekin

Ondorioz, aztertuko den sistema honela sinplifikatuta geratuko da:

Argi ikusten da, S_M eta S_R indarrak plano desberdinetan eragingo dutela. Beraz, gainezarpeneren teorema aplikatuko da. Gainera, S_M -ren kasuan bi kasu aztertuko dira, jasotzen hasten denekoa eta ia jasota dagoenekoa.

Oreka estatikoaren ekuazioak planteatuz:

1.kasua: xz



26.irudia: XZ 1.kasua

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_z + D_z = 2 \cdot 2_{Smax} \quad (119)$$

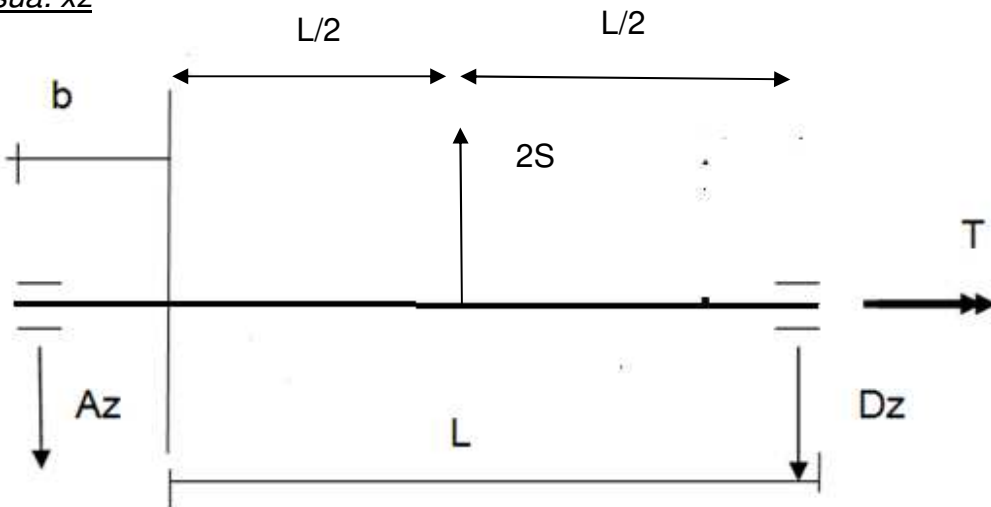
$$\sum M_A = 0 \rightarrow D_z \cdot L = S_{Mmax} \cdot (a + b) + S_{Mmax} \cdot (L - a + b) \quad (120)$$

$$D_z = \frac{S_{Mmax} \cdot (L + 2b)}{L} \quad (121)$$

$$A_z = 2S_{Mmax} - \frac{S_{Mmax} \cdot (L + 2b)}{L} \quad (122)$$

$$T_1 = T_2 = \frac{T}{2} = \frac{50628,72}{2} = 25314,36 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (123)$$

2.kasua: xz



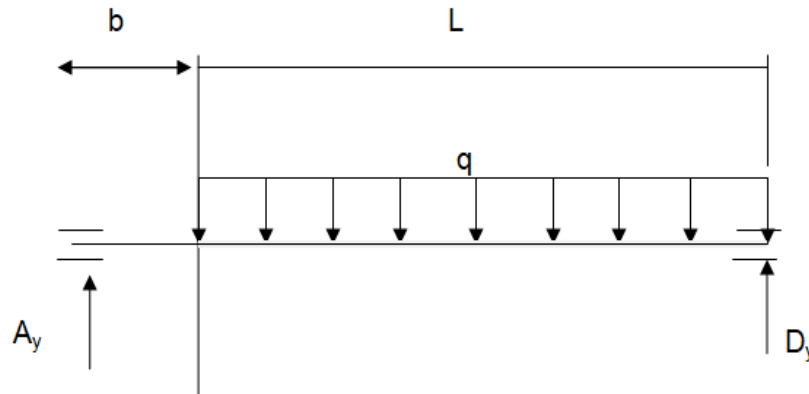
27.irudia: XZ 2.kasua

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_z + D_z = 2 \cdot 2S_{max} \quad (124)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow D_z \cdot (L + b) = 2 \cdot S_{Mmax} \cdot (L/2 + b) \quad (125)$$

$$D_z = 2S_{Mmax} - \frac{(L/2 + b)}{L + b} \quad (126)$$

$$A_z = 2S_{Mmax} - 2S_{Mmax} \cdot \frac{(L/2 + b)}{L + b} \quad (126)$$

XY:**28.irudia: XY**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y + D_y = q \quad (127)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow D_y \cdot (l + b) = q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right) \quad (128)$$

$$A_y = q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \quad (129)$$

$$D_y = \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \quad (130)$$

Irudietan ikusten den bezala ardatzak indarrak L distantzian jasango ditu soilik. L distantzia danborraren luzera da eta beraz danborra bukatzen den puntutik errodamendura ez da inongo indarrak aplikatu. Esan bezala, gainezarpenaren teorema erabiliko da eta alde batetik kableak egiten dituen indarren bi kasuak daude eta bestetik danborraren berezko pisuak sortzen duen indar banatua.

3.4.3.4. Indar eta momentu diagramak

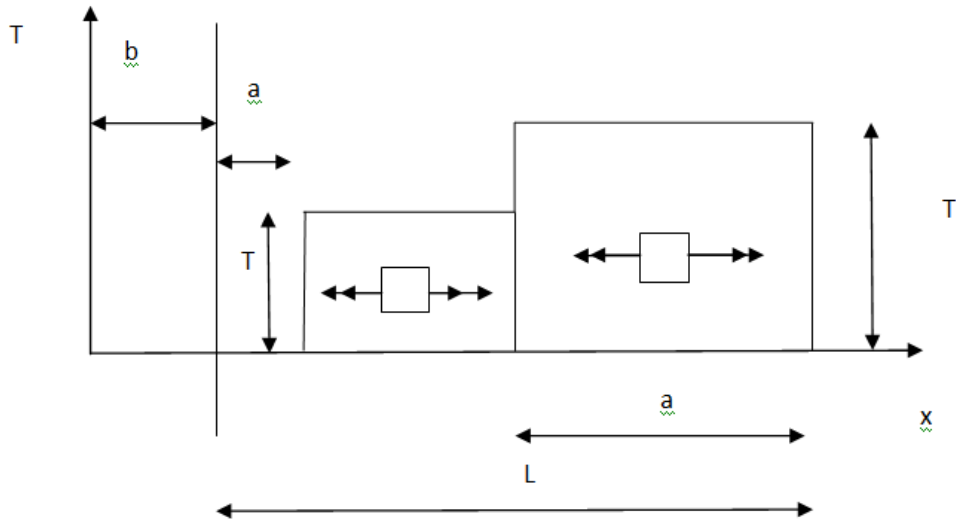
Ondorengo atalean indarren eta momentuen diagramak kalkulatu dira, bihurtura, makurdura eta ebakitzaila.

1.kasua: xz

Diagramak lortzeko elementu askearen metodoa erabiliko da.

-Bihurdura:

$$T_1=T_2=T/2$$

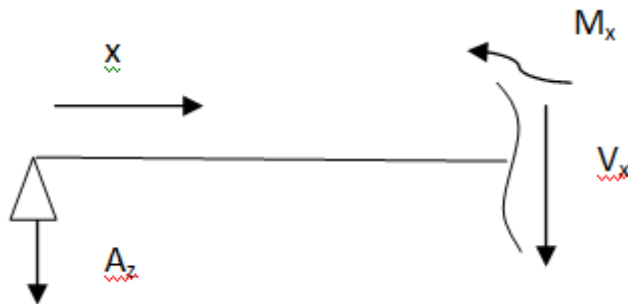


29.irudia: Bihurdura

-Makurdura eta ebakitzaillea:

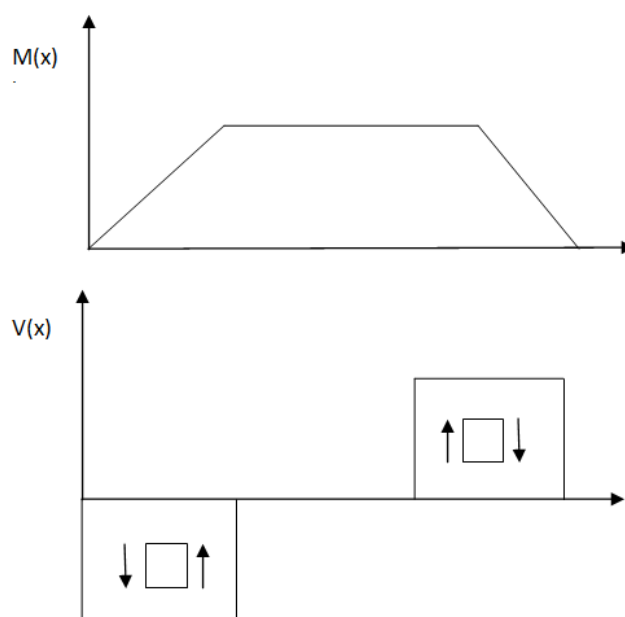
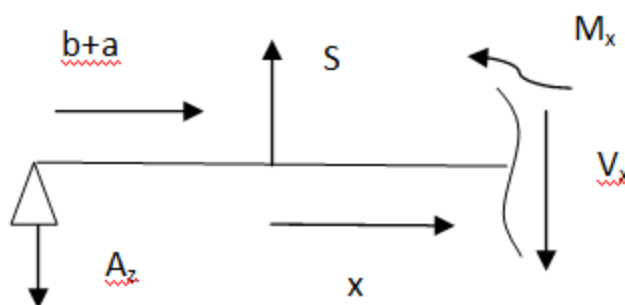
$$M_x = -A_z \cdot x \tag{131}$$

$$V_x = -A_z \tag{132}$$



$$Vx = Sm - Az = 0 \quad (133)$$

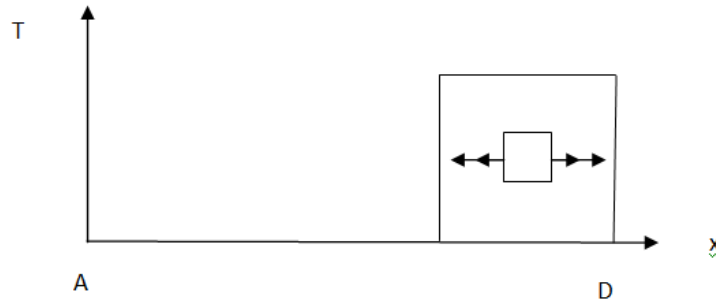
$$Mx = Sm \cdot x - Az \cdot (a + b + x) \quad (134)$$



30.irudia: *Momentu makurtzailearen eta indar ebakitzaileren diagramak*

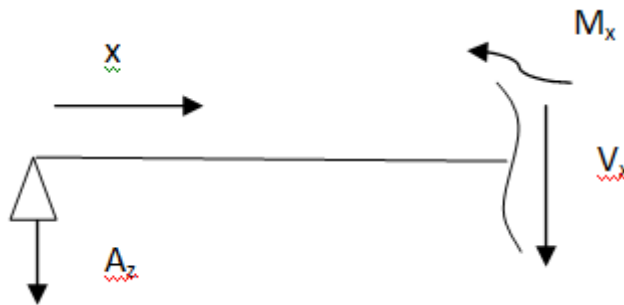
2.kasua: xz

-Bihurdura:



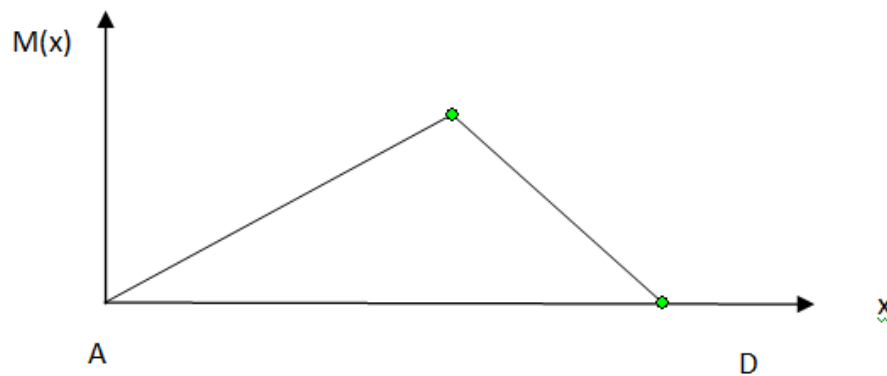
31.irudia: Bihurduraren diagrama

-Makurdura eta ebakitzailea:

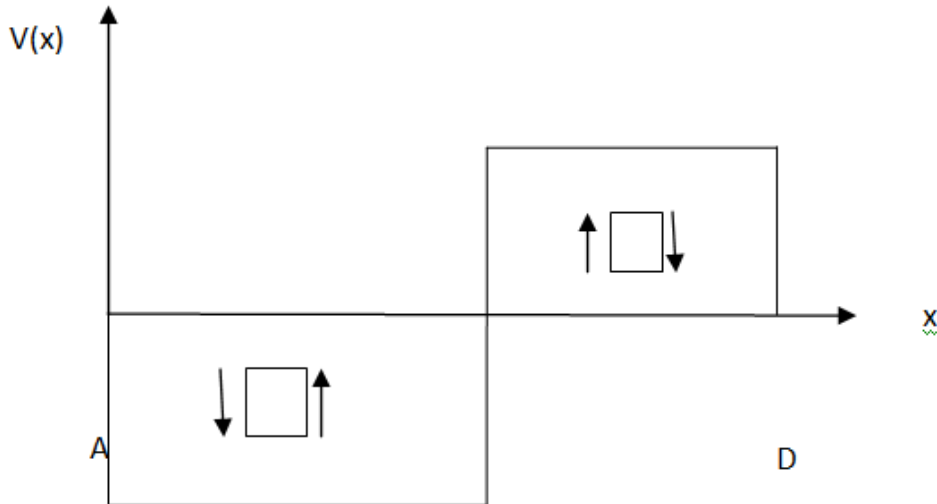


$$M_x = (2S_{Mmax} - 2S_{Mmax} \cdot \frac{(\frac{L}{2} + b)}{L + b}) \cdot x \tag{135}$$

$$V_x = -2S_{Mmax} \cdot \frac{(\frac{L}{2} + b)}{L + b} \tag{136}$$



32.irudia: Momentu makurtzailearen diagrama



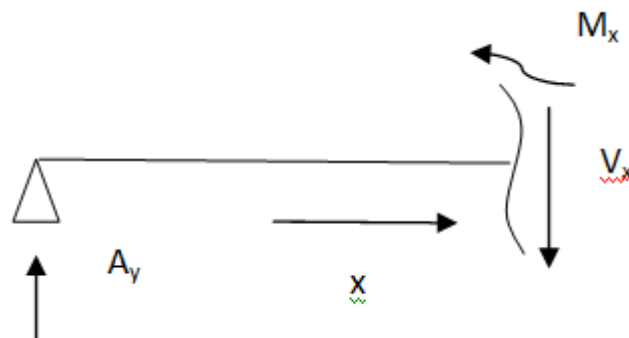
33.irudia: Indar ebakitzalearen diagrama

xy:

-Makurdura eta ebakitzalea:

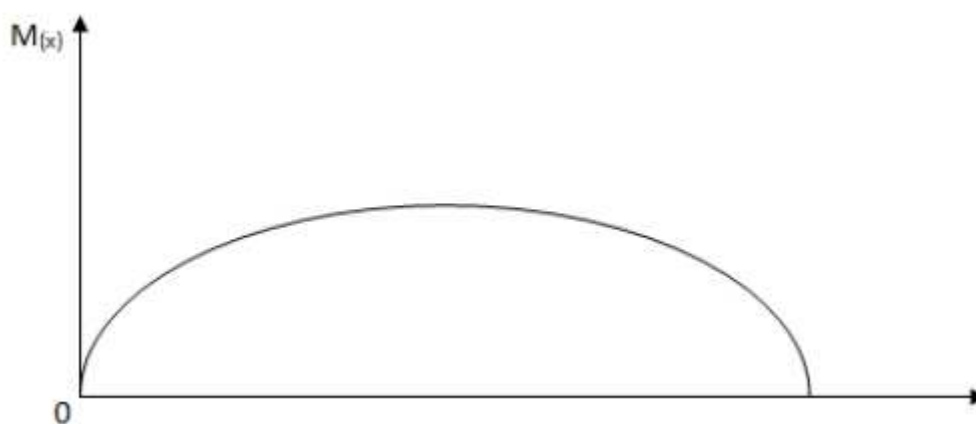
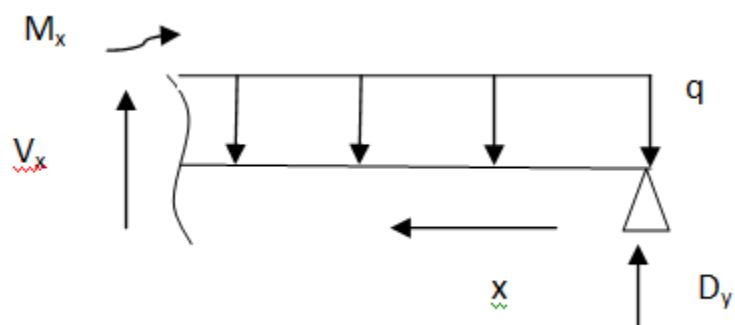
$$V_x = q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \quad (137)$$

$$M_x = \left(q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \right) \cdot x \quad (138)$$

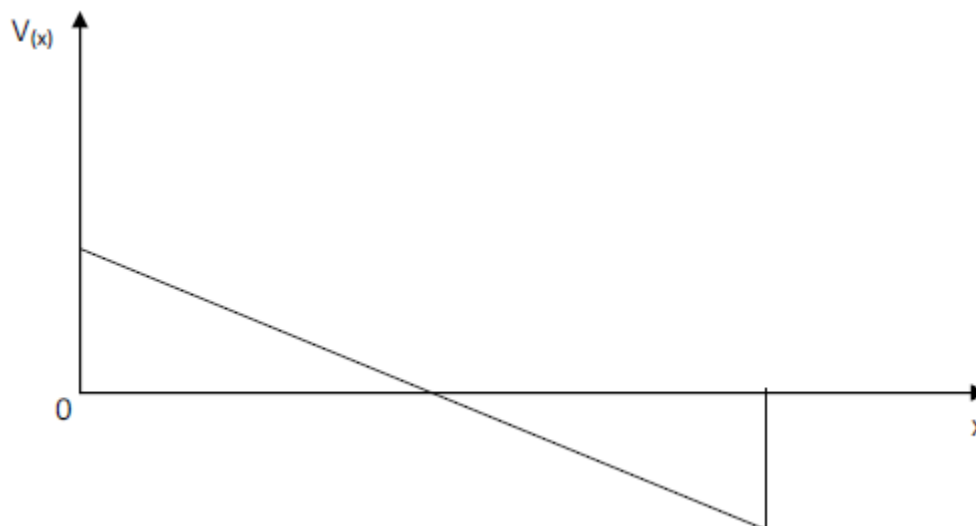


$$V_x = \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} - q \cdot x \quad (139)$$

$$M_x = \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2} \quad (140)$$



34.irudia: *Momentu makurtzailearen diagrama*



35.irudia: *Indar ebakitzzailearen diagrama*

3.4.3.5. Ardatzaren dimentsionamendua

Indarren banaketa aztertzen bada, garbi ikusi daiteke lehenengo aukera izango dela kritikoa. Ardatza aztertzen bada, bi puntu kritiko ageri dira begi bistaz. Lehenengo puntu kritikoa, errodamenduan sartzeko duen sekzio aldaketan egongo da. Bestea, danborrera akoplatzeko duen sekzio aldaketan.

Lehenengo kasua erabiliz dimentsionatuko da ardatza, kalkulu batzuk egin ondoren bigarren goaren baino kritikoa dela ondorioztatu da.

Lehenengo puntu kritikoa:

$$M_{xz} = \left(2S_{Mmax} - \frac{S_{Mmax} \cdot (L - 2b)}{L} \right) \cdot b \quad (141)$$

$$M_{xy} = \left(q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b \right)}{L + b} \right) \cdot b \quad (142)$$

$$V_{xy} = q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b \right)}{L + b} \quad (143)$$

$$V_{xz} = 2S_{Mmax} - \frac{S_{Mmax} \cdot (L - 2b)}{L} \quad (144)$$

Datuak:

$$q = 235,3 \text{ kg/m}$$

$$L = 1,291 \text{ m}$$

$$b = 0,15 \text{ m}$$

$$S_m = 11.166,54 \text{ kg}$$

$$M_{xy} = \left(q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b \right)}{L + b} \right) \cdot b = 10,14 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (145)$$

$$M_{xz} = \left(2S_{Mmax} - \frac{S_{Mmax} \cdot (L - 2b)}{L} \right) \cdot b = 2063,307 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (146)$$

$$T = 25314,36 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (147)$$

Asme kodea:

$$C_m = 3 \quad (148)$$

$$C_t = 3 \quad (149)$$

$$t_{\max} = \frac{r}{j} \cdot \sqrt{(C_m \cdot M)^2 + (C_t \cdot T)^2} < t_{adm} \quad (150)$$

$$t_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2} = 10 \text{ kg/mm}^2 \quad (151)$$

$$M = 2063,33 \text{ kg} \cdot \text{m} = 2063,33 \cdot 10^3 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \quad (152)$$

Formulan balioak ordezkatzuz erradio minimoaren balioa lortuko dugu. Erradio hau ardatzak danborraren barnean eduki behar duena izango da. Beraz, ardatzak 78,98 mm tako erradio minimoa eduki beharko du. Praktikan ardatzaren diametroa 160mm-takoa izatea erabaki da.

Bigarren puntu kritikoa:

$$M_{xy} = \left(q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \right) \cdot z \quad (153)$$

$$M_{xz} = \left(2S_{Mmax} - \frac{S_{Mmax} \cdot (L - 2b)}{L} \right) \cdot z \quad (154)$$

Datuak:

$$q = 235,3 \text{ kg/m}$$

$$L = 1,291 \text{ m}$$

$$b = 0,15 \text{ m}$$

$$z = 0,05 \text{ m}$$

$$M_{xy} = \left(q - \frac{q \cdot L \cdot \left(\frac{L}{2} + b\right)}{L + b} \right) \cdot z = 3,38 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (155)$$

$$M_{xz} = \left(2S_{Mmax} - \frac{S_{Mmax} \cdot (L - 2b)}{L} \right) \cdot z = 687,96 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (156)$$

Asme kodea

$$C_m = 3 \quad (157)$$

$$M = 687968,3 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \quad (158)$$

$$t_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2} = 10 \text{ kg/mm}^2 \quad (159)$$

$$t_{\max} = \frac{r}{j} \cdot \sqrt{(C_m \cdot M)^2} < t_{adm} \quad (160)$$

Formulan balioak ordezkatzeko baditugu, errodamenduaren barnean ardatzak izango duen erradio minimoaren balioa ateratzen da. Ardatzak 50 mm erradio minimoa izan beharko du. Beraz, ardatzaren diametroa 100 mm takoa izango da.

3.4.3.6. Ardatzaren errodamenduaren aukeraketa

Ardatzaren errodamenduak indar erradialak jasango ditu soilik, baina indar hauek oso handiak izango direnez, arraboladun errodamendu errotuladuna jartzea erabaki da.

Hauen bizi iraupena 10.000 ordutan estimatuko da eta danborraren abiadura angeluarra 4 m/min izango da. Gainera, errodamendu hau aukeratzeko orduan, kontutan eduki behar da, bertan doan ardatzaren diametro minimoa 100 mm-takoa dela.

Jasan beharreko indar erradiala:

$$A_y = 676,3N \quad (161)$$

$$A_z = 137.553,8 N \quad (162)$$

$$F_r = \sqrt{676,3^2 + 137.553,8^2} = 13.771,99N \quad (163)$$

Bizi erabilgarria:

$$L_{10} = 10000 \text{ ordu} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ ordu}} \cdot \frac{8 \text{ bira}}{\pi \text{ min}} = 1,527 \text{ ziklo} \quad (164)$$

Karga estatiko baliokidea, karga erradialaren berdina izango da, izar axialik ez baitago.

$$P_0 = F_r \quad (165)$$

$$C_0 = P \cdot L^{\frac{10}{3}} = 13.771,99N \cdot 1,527^2 = 56466,84 N = 56,46 KN \quad (166)$$

Errodamenduaren aukeraketa:

Baldintzak:

$d > 100\text{mm}$

$C_0 = 56,46 \text{ KN}$

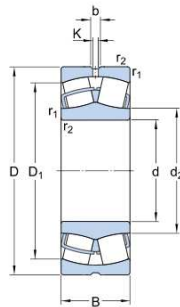
Aurreko baldintzak betetzen dituen errodamendua SKF markako 24020 CC/W33 kodeko errodamendua da. Bere dimentsioak, 100x150x50 dira. Konprobaketa:

$$C = 125 \text{ KN} > C_0 \quad (167)$$

$$L_{10} = \left(\frac{285 \text{ KN}}{56,46 \text{ KN}} \right)^{\frac{10}{3}} = 220,63 \text{ ziklo} \quad (168)$$

$$220,63 \text{ ziklo} = 1444071,142 \text{ h} > 10.000\text{h} \quad (169)$$

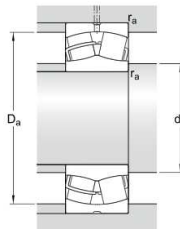
Dimensiones



d	100	mm
D	150	mm
B	50	mm
d ₂	≈ 111	mm
D ₁	≈ 132	mm
b	6	mm
K	3	mm
r _{1,2}	min. 1.5	mm

36.irudia: 24020 CC/W33

Dimensiones de los resaltes



d _a	min. 107	mm
D _a	max. 143	mm
r _a	max. 1.5	mm

37.irudia: 24020 CC/W33

3.5. Aparejuaren eragitea

3.5.1. Motorra

Motor hauek abio pare handia izan behar dute. Izan ere, karga airean dagoenean martxan jartzeko gai izan behar dira, azelerazio handiarekin. Gainera, noranzko bietan lan eta balazta pare bat eragiteko gai izan behar dira.

Motor honen aukeraketarako, erregimeneko potentzia oinarrituko gara, hau da, motorrak karga maximoa erregimeneko abiaduran jasotzeko ematen duen potentzia hain zuzen ere.

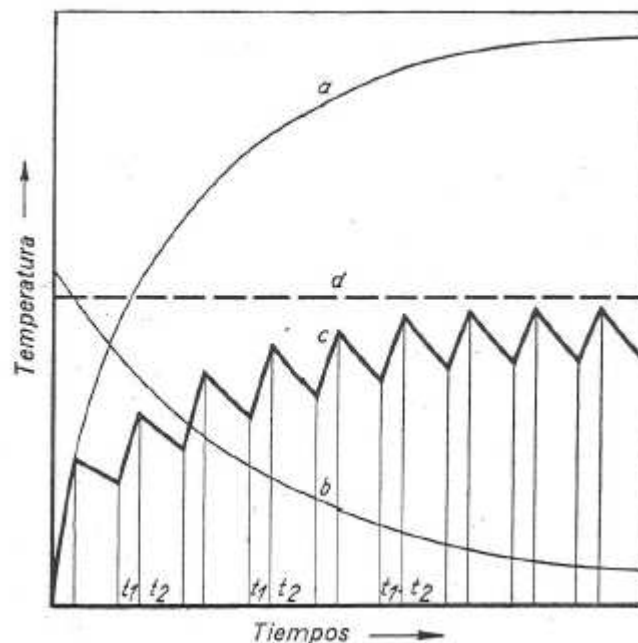
$$P_{jasotze} = \frac{G \cdot v_{jasotze}}{4500 \cdot \eta} = \frac{(32387) \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 4}{4500 \cdot 0,85} = 33,22 \text{ CV} = 24,43 \text{ Kw} \quad (171)$$

G: Jasotze indar maximoa, G=32.387 kg.

v_{jasotze}: Jasotze abiadura, 4m/min

η : Mekanismoaren etekina, 0.85

Ahala ere, ez da nahikoa erregimeneko potentzia jakitearekin bakarrik motor baten aukeraketa egiterakoan. Motor bateri eskatu ahal zaion potentzia ez dago bakarrik ematen duen parrarekin mugaturik, motorraren beroketak ere bere eragina du. Motorra ezingo da limite batetik gora berotu. Beroketan eragile bat baino gehiago dago, horien artean zerbitzu mota eta martxa alternoa edo zuzena. Aukeratuko den motorrak martxa alternoa izango du, eta horrela geldi dagoen momentuetan hoztu egiten da. Gainera, motor alterno batek zuzen batek baino potentzia handiagoa eman dezake, ziklo jakin batzuen ondoren tenperatura egonkor bat lortzen du, eta tenperatura hau, par berdina ematen, martxa zuzeneko baino baxuagoa da.



38.irudia: Motor elektriko baten beroketa, pare berdina ematen zerbitzu zuzenean eta alternoan

Motor baten aukeraketa egokia izan dadin, kontutan eduki behar da zerbitzu intermitentea, karga erlatiboa eta azelerazioa. Azken hau, azelerazioa, igoera mekanismoetan baztergarrizat jo daiteke.

- Karga erlatibodun faktorea: Faktore honek kontutan edukitzen du, ziklo oso batean, mugimendua bai kargarekin eta baita karga gabe egingo duela. Karga bariazio hauek M_r koefizientearekin hartzen dira kontutan.

$$M_r = \frac{M_R + M_0}{2 \cdot M_R} \quad (170)$$

M_R : Kargan parra.

M_0 : Hutsean parra.

Ahala ere, balore honen balioa “Ernst Tomo I Pág.226” liburutik aterako da. Karga erlatiboaren balio beraz ondorengoa izango da.

$$M_r = 0,55 \div 0,6 \quad (171)$$

Beraz, motorraren potentzia honela kalkulatzen da:

$$N_M = r \cdot N_R = 0,74 \cdot 24,43 = 18,078 \text{ Kw} \quad (172)$$

$r=f(M_r)$ balioa “Ernst liburuko 1 gaiko 68.taulatik” aterako da. Kalkulo hauetarako r -ren balioa 0,55-takoa hartu da.

13.taula: Ernst liburuko 1.gaiko 68.taula

Carga relativa M_r	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$r = \frac{\text{potencia de catalogo}}{\text{potencia de régimen}}$	0,74	0,74	0,76	0,83	0,91	1,00

- Martxa faktorea:

$$ED\% = \frac{\sum \text{Martxan dagoen denbora}}{\sum \text{Martxan dagoen denbora} + \sum \text{Geldi dagoen denbora}} \cdot 100 \quad (173)$$

$$ED\% = \frac{300}{525 + 300} \cdot 100 = \%36 \quad (174)$$

- \sum Martxan dagoen denbora =
Igoera denbora + jaitziera denbora.

$$\Sigma T d M = \left(\frac{10m}{\frac{1m}{15 \text{ seg}}} \right) \cdot 2 = 300 \text{ seg} \quad (175)$$

- Σ Geldi dagoen denbora= Ziklo denbora - Σ Martxa denbora

$$T d P = 825 - 300 = 525 \text{ seg} \quad (176)$$

Motor baten potentzia nominala zenbat eta martxa faktorea handiagoa, bere balorea murriztu egiten da, eta beraien artean ondorengo proportzioa betetzen da.

$$\frac{N_{60}}{N_{40}} = \frac{\sqrt{40}}{\sqrt{60}} \quad (177)$$

Proportzionaltasun hau jarraiturik, %ED= %40 duen motor bat erabiliko dela kontutan edukirik, beharrezkoa duen potentzia minimoa ondorengo izango da.

$$\frac{N_{40}}{N_{36}} = \frac{\sqrt{36}}{\sqrt{40}} \rightarrow N_{40} = 17,15 \text{ Kw} \quad (178)$$

Beraz, erabiliko den motorra ondorengo izango da:

14.taula: Motorraren espezifikazioak

Motorra	KBA 180 B 4 Balazta konikoa B5 O- goian
Marka	DEMAG
Martxa faktorea [ED%]	%40
Biraketa abiadura [1/min]	1445
Motorraren potentzia [Kw]	30
Balazta pareta [Nm]	335
Korrente nominala [A]	58
Tentsio nominala [V]	400
Frekuentzia [Hz]	50

3.5.1.1. Motorraren egiaztapena

Egiaztapen bi egingo dira, lehendabizi abio pareta egiaztatuko eta ondoren balazta pareta.

$$M_A = M_1 + M_2 + M_3 \quad (179)$$

M_1 : Karga abiadura uniformera igotzeko beharrezkoa den momentua

M_2 : Zuzen mugitzen diren kargak azeleratzeko beharrezkoa den momentua

M_3 : Biratzen ari diren kargak azeleratzeko beharrezkoa den momentua.

- M_1 -ten kalkulua: Lehendabizi kontsiderazioa bat egin behar da, beharrezko potentzia karga abiadura uniformera eramateko:

$$N_{transl} = T \cdot v_c \quad (180)$$

$$N_{transl} = T \cdot v_c \quad (181)$$

T : Karga danborraren gainean.

v_c : Kargaren abiadura uniforme.

Potentzia hau motorrak eman behar du.

$$N_{mot} = M_{Mot} \cdot \omega_M \quad (182)$$

M_{Mot} : Motorrak ematen duen pare.

ω_M : Motorraren abiadura angeluarra.

(55) eta (56) ekuazioak berdintzen baditugu:

$$M_{Mot} \cdot \omega_M = T \cdot v_c \rightarrow M_1 = \frac{T \cdot v_c}{\omega_M} \quad (183)$$

$$v_c = r_t \cdot \omega_t$$

r_1 : danborraren erradioa.

ω_t : Danborraren abiadura angeluarra.

Gainera jakinik:

$$\frac{\omega_t}{\omega_M} = i \quad (1845)$$

Beraz,

$$M_1 = \frac{T \cdot r_t \cdot \omega_t}{\omega_M} \quad (185)$$

Azkenik, motorretik danborrera galtzen den potentzia kontutan edukitzeko errendimendu bat sartzen bada:

$$M_1 = \frac{T \cdot r_t \cdot i}{\eta} = \frac{(8326,6 \cdot 2) \cdot 0,25 \cdot 0,00176}{0,87} = 8,422 \text{ kgm} \quad (186)$$

Transmisio erlazioa, $i = 0,00176$

T : Danborrean dagoen karga, $T = 2 \cdot S = 8326,6 \text{ kg} \cdot 2$

r_t : Danborraren erradioa, $r_t = 0,25 \text{ m}$

- M_2 -ren kalkulua:

$$M_2 = \frac{F_a \cdot r_t \cdot i}{\eta} = \frac{56,58 \cdot 0,25 \cdot 0,00176}{0,87} = 0,00886 \text{ kgm} \quad (187)$$

F_a oraingo honetan, denbora jakin batean karga azeleratzeko beharrezkoa den indarra da.

$$F_a = m \cdot a = 8326,6 \cdot \frac{1}{15} = 56,58 \text{ Kg} \quad (188)$$

- M_3 -ren kalkulua:

Beharrezko momentua biraka ari diren masak azeleratzeko:

$$M_3 = I_G \cdot \varepsilon_G \quad (189)$$

I_G : Biraka ari diren masen inertzia momentua

ε_G : azelerazio angeluarra

Beharrezko potentzia elementuaren biraketarako:

$$N_G = M_G \cdot \varpi_G \quad (190)$$

Potentzia hau motorrak ematen duen potentziaren berdina izan behar da:

$$M_G \cdot \varpi_G = I_G \cdot \varepsilon_G \cdot \varpi_G \rightarrow M_M = \frac{I_G \cdot \varepsilon_G}{i \cdot \eta_{\text{mekanikoa}}} \quad (191)$$

P /rotor motor: $GD^2 = 0.0508 \text{ [Kg} \cdot \text{m}^2]$

Beraz,

$$I_G = \frac{GD^2}{4g} = 1.29 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{seg}^2} \quad (192)$$

Azelerazio angeluarra, $t_a=1$ seg eta motorra 1000 bira/min biratzen denean:

$$\varepsilon = \frac{\omega_M}{t_a} = 104.67 \frac{1}{\text{seg}^2} \quad (193)$$

Azkenik, errendimendu mekanikoa 0,98 dela jakinik, masa guztiak motorraren abiadura berdinarekin biratzen dutela kontsideratuz eta 1,2 korrekzio faktorea aplikatuz:

$$M_3 = \frac{I_G \cdot \varepsilon_G}{i \cdot \eta_{\text{mekanikoa}}} = 0.14 \text{ kgm} \quad (194)$$

Ondorioz, beharrezko abio momentua ondorengoa da:

$$M_A = M_1 + M_2 + M_3 = 8,65 \text{ kgm} \quad (195)$$

Orain, momentu hau motorrak ematen duen abio momentuarekin alderatu beharko da.

$$M_N = 71620 \cdot \frac{N}{n} = 1994 \text{ Kgcm} = 19,93 \text{ Kgm} \quad (196)$$

M_N : motorraren momentu nominala, (kgcm).

N : Motorraren potentzia, 30 Kw.

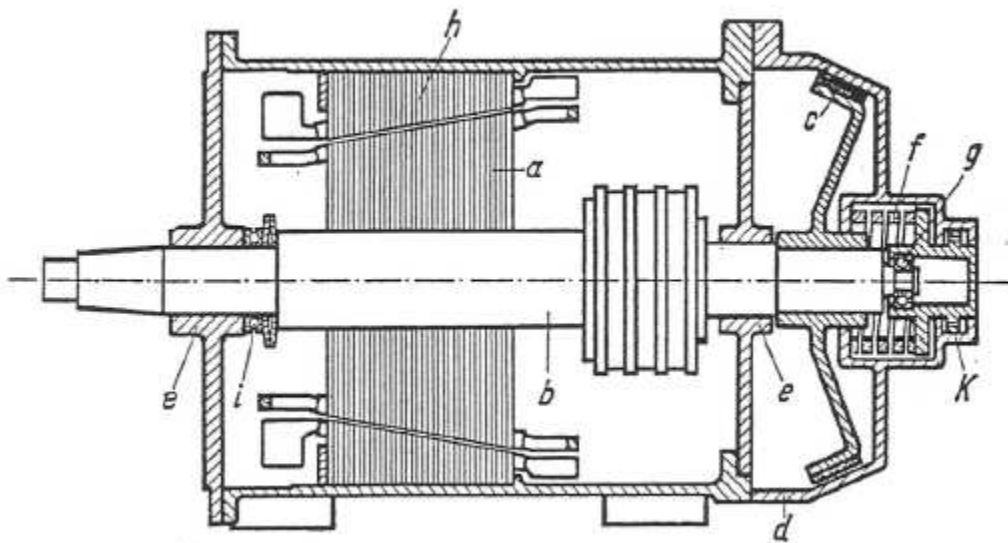
n : Bira minutuko, 1445 bira/min.

Egiaztapena,

$$\frac{M_A}{M_N} = 2 \rightarrow 2 \cdot M_N = 39,86 \text{ kgm} > M_A = 8,65 \text{ kgm} \quad (197)$$

Beraz, garbi ikusten da motor honek baldintzak betetzen dituela eta beraz guztiz egokia da.

Behin abio parela egiaztatuta dagoela, motorraren balazta nahikoa den egiaztatu beharko da. Motorraren balaztak, karga nahi dugunean gelditzea eta motorra itzalita dagoenean karga eusteko gaitasuna eduki behar du.



39.irudia: Motor-balazta

Balazta momentua, abio momentua bezala, hiru momentuz osatuta dago.

$$M_B = M_4 + M_5 + M_6 \quad (198)$$

M_4 : Kargak sortzen duen momentua abiadura konstanteaz jaisten arin denean.

M_5 : Zuzen mugitzen ari diren masak gelditzeko beharrezko momentua.

M_6 : Biraka ari diren masak balaztatzeko beharrezkoa den momentua

- M_4 momentuaren kalkulua:

M_1 momentua kalkulatzeko orduan erabili den arrazoiak berdina erabiliko da, baina oraingo honetan marruskadura lagungarria dela kontutan edukita.

$$\eta_{bajaera} = 2 - \frac{1}{\eta_{igoera}} = 0,85 \quad (200)$$

$$M_4 = T \cdot r_t \cdot i \cdot \eta_{bajaera} = (8326,6 \cdot 2) \cdot 0,25 \cdot 0,00176 \cdot 0,85 = 6,22 \text{ kgm} \quad (201)$$

- M_5 momentuaren kalkulua:

M_2 momentua kalkulatu den bezala kalkulatu da, baina oraingo honetan balaztatzen denbora, $t_{balazta}$, segundu batekoa izango da.

$$-a = \frac{1/15}{1} \rightarrow -a = \frac{1m}{15 \text{ seg}^2} \quad (202)$$

$$F_{balazta} = (8326,6 \cdot 2) \cdot \frac{1}{15} = 1110,21 \text{ kg} \quad (203)$$

Beraz,

$$M_5 = F_{balazta} \cdot r_t \cdot i \cdot \eta_{jaitciera} = 1110,21 \cdot 0,25 \cdot 0,00196 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ kgm} \quad (204)$$

- M_6 momentuaren kalkulua

$$-\varepsilon = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot t_{balazta}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1000}{60} = 104,67 \frac{1}{\text{seg}^2} \quad (205)$$

$$M_6 = 1,2 \cdot I_G \cdot \varepsilon \cdot i \cdot \eta_{jaitciera} = 1,2 \cdot 1,29 \cdot 10^{-3} \cdot 104,67 \cdot 1 \cdot 0,97 = 0,16 \text{ kgm} \quad (206)$$

Beraz, balazta momentua ondorengoa izango da:

$$M_B = M_4 + M_5 + M_6 = 6,79 \text{ kgm} = 66,66 \text{ Nm} \quad (207)$$

Azkenik, motorrak dakarren balazta nahikoa den egiaztatu beharko da. Horretarako, beharrezkoa den balaztatze momentuari 1,6 handitze koefizientea aplikatuko zaio.

$$M_B = 1,6 \cdot 66,66 = 106,65 \text{ Nm} \quad (208)$$

$$M_B < M_{B_{Motorrarena}} \rightarrow 66,66 \text{ Nm} < 335 \text{ Nm} \quad (209)$$

Garbi ikusten da, aukeratu den motorrak dakarren balazta konikoa egokia dela.

3.5.2. Erreduktorea

Datu teknikoak:

- Eraikuntza formaren kodea: AGV90TL-B3.0-12-0
- Transmisio erlazioa: 274
- Motorra: KBA
- Muntaketa posizioa: Horizontala.
- Zerbitzu tenperatura: -10...+50°C.
- Pisu totala: 495 Kg

Ekipamendua:

- *Eraikuntza forma hankekin.*
- *Ardatza zurruna txabetarekin.*
- *Akoplamendu arina.*
- *Erdiko brida.*

Pintura:

- RAL 5009

3.6.Habe nagusia

Habe nagusia zubi garabi batean funtsezkoa da eta oso garrantzitsua da bere dimentsionamendua egokia izatea, akatsik gabea eta segurtasun koefiziente egokiak aplikatuta dimentsionatzea.

Habearen dimentsionamendua “Documento Básico SE-A” ezartzen dituen egiaztapenak betez egingo da. Habea aztertu behar diren indarrak ostera, FEM 1001 araudiko 2.kodernoak ezartzen ditu:

1. Geldi dagoela jasan behar dituen indarrak.
2. Mugimendu bertikalak eragiten dituen indarrak.
3. Mugimendu horizontalaren ondoriozko indarrak.
4. Efektu klimatikoaren eraginezko indarrak.
5. Bestelakoak

Materialaren aukeraketan, normalean erabiltzen den altzairua erabiltzea erabaki da segurtasun koefiziente bat aplikatuz. S55 altzairua erabiliko da, eta bere tentsio onargarria 3600kg/mm^2 izatearren, koefizientea aplikatuta:

$$\sigma_{onarg} = \frac{3600}{1,25} = 2880 \text{ kg/cm}^2 \quad (210)$$

3.6.1.Indar nagusien zehaztapena

FEM 1001 arauko 2.kodernoan adierazten den bezala definituko dira habeak jasaten dituen indarrak:

-Berezko pisuak eraginezko indarrak

Atal honetan, gurdiaren berezko pisuak eta habearen berezko pisuak eragindako indarrak ageri dira:

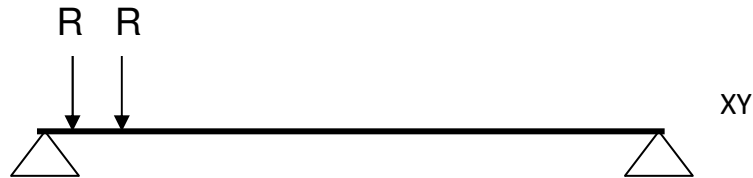
Gurdiaren berezko pisua: R

$$R_G = \frac{Q_G}{4} = \frac{5000}{4} = 1250 \text{ Kg} \quad (211)$$

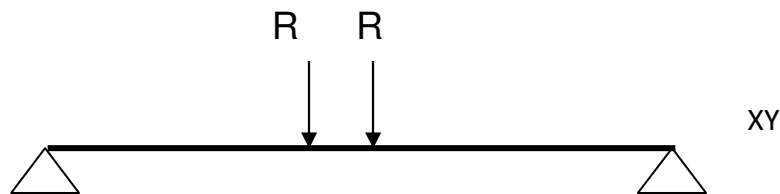
Q_G = Gurdiaren pisua, 5t izango dituela estimatuko da.

Gurdiaren berezko pisuak ondorengo bi egoera kritiko sor ditzake:

a)



b)

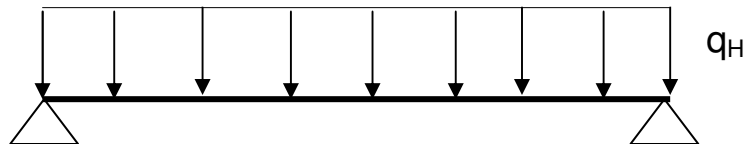


Habearen berezko pisua:

$$q_H = A \cdot \rho \quad (212)$$

A = Habearen zeharkako azalera.

ρ = Altzairuaren dentsitatea



-Zerbitzu karga

Zubi garabiak jasoko duen karga maximoa 32.000 Kg-takoa da. Beraz, karga hau gurpil bakoitzean:

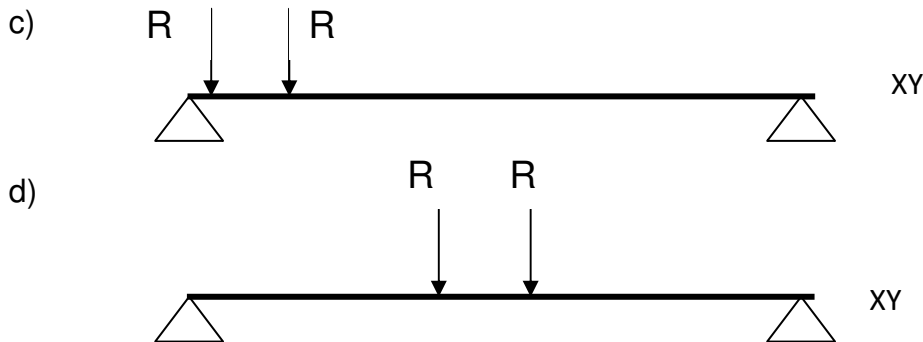
$$R_k = \frac{Q_k}{4} = \frac{32000}{4} = 8000 \text{ kg} \quad (213)$$

Egoerarik kritikoena jakina da zubi garabia kargatuta dagoenean izango dela.

-Gurdiaren pisua+Zerbitzu karga

$$R = R_G + R_k = 1250 \text{ Kg} + 8.000 \text{ Kg} = 9250 \text{ Kg} \quad (214)$$

Egoera honek sortuko dituen egoera kritikoak:



-Mugimendu bertikalaren eraginezko indarrak:

Mugimendu bertikalaren eraginezko indarrak, kargaren jasotzen prozesuan talkek eta azelerazio eta balaztatze prozesuek sortzen dituzten indarrak dira.

Indar honen kalkulua oso zaila da eta horren aurrean handitze koefiziente dinamiko bat erabiltzen da. Koefiziente hau kalkulatzeko, ξ koefizientea erabiltzen da eta aparatu desberdinetan egindako hainbat esperimenduetatik ondorioztatuta dago.

Zubi garabietan ξ balioa 0,6 hartzen da. Beraz, koefiziente dinamikoa:

$$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L = 1 + 0,6 \cdot \left(\frac{4}{60}\right) = 1,04 \quad (215)$$

Hala ere, FEM 1001 araudiak koefiziente dinamikoaren balio minimoa zubi garabi baterako 1,15 dela dio eta beraz kalkuluetan balio hori erabiliko da.

-Mugimendu horizontalen eraginezko indarrak

Atal honetan bi indar bereziko ditugu. Alde batetik, inertzia indarrak, azelerazioek eta balaztaketak eragindakoa eta bestetik, errodaduraren eraginez sortzen diren indarrak.

-Inertzia indarrak:

Newton-en bigarren legea jarraitzen dute azelerazio eta balaztatzearen eraginez sortzen diren indarrek:

$$F_i = m \cdot a \quad (216)$$

m = Gorputzaren masa.

a = Azelerazioa.

F_i = Inertzia indarra

Inertzia indarrak bi eratakoak izan daitezke:

Habearen mugimenduaren ondoriozko inertzia indarrak:

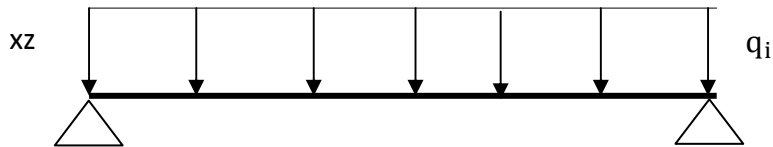
$$q_i = A \cdot \rho \cdot a \quad (217)$$

A= Zeharkako sekzioaren azalera.

ρ = Altzairuaren dentsitatea.

a= Habearen azelerazioa.

Indar banatua izango da eta ondorengo grafikan ikusi daiteke.

**Gurdiaren mugimenduaren ondoriozko inertzia momentua**

$$F_i = R \cdot a \quad (218)$$

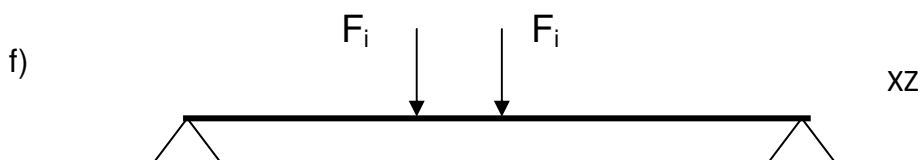
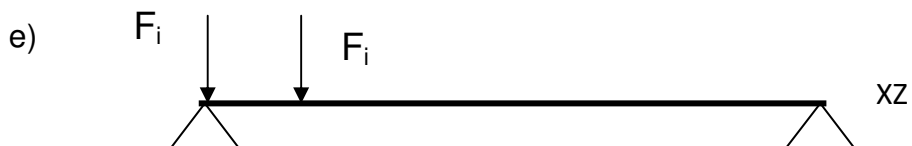
R= Gurpileko karga maximoa.

a= Azelerazioa.

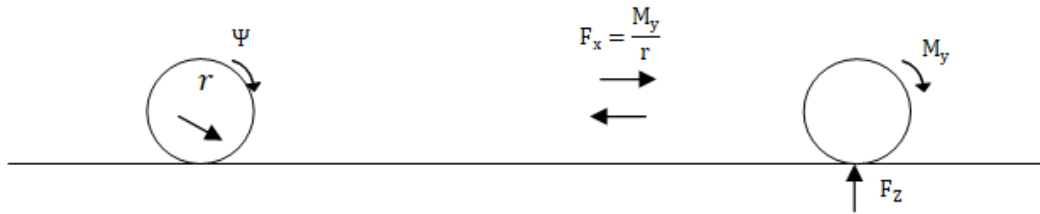
F_i = Inertzia indarra

$$F_i = 9250 \cdot \frac{0,3 - 0}{4} = 4625/6 \text{ N} = 79 \text{ kg} \quad (219)$$

Bi egoera kritiko ageri dira:

**-Errodaduraren eraginez sortutako zeharkako indarrak:**

Gurdiaren gurpilen errodadurak, habe nagusian indar horizontalak .



Errodaduraren ondorioz indar horizontalak agertuko dira gurpil bakoitzean:

$$F_x = f_x \cdot F_y \quad (220)$$

$$f_x = 0,3 \cdot [1 - e^{(-250 \cdot s_x)}] \quad (221)$$

$S_x=0,002$, errodadura distantzia teorikoen erlazioa.

Beraz,

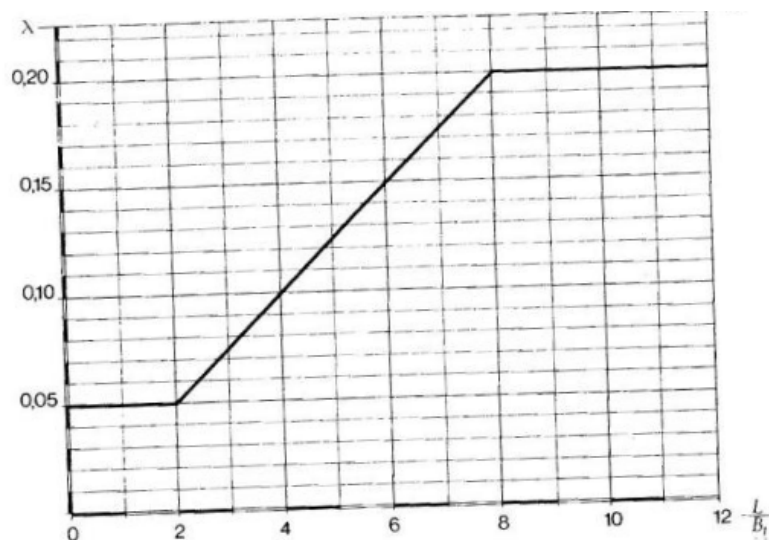
$$f_x = 0,3 \cdot [1 - e^{(-250 \cdot 0,002)}] = 0,118 \quad (222)$$

$$F_x = 0,118 \cdot 9250 = 1092 \text{ Kg} \quad (223)$$

Errodaduraren ondoriozko indar horizontalen gain, lerrokatzearen akatsengatik gurdiaren habearen karrilei elkarzuta den indar bat agertuko da:

$$F_R = 2 \cdot R \cdot \lambda \quad (224)$$

Koefizientea garabiaren argiaren eta gurdiaren gurpilen arteko distantziaren menpe dago, eta bere balioa ENSIDESA prontuariotik ateratako grafikotik lortuko



40.irudia: Koefizientea kalkulatzeko grafikoa

Grafikara sartzeko argiaren eta gurpilen arteko distantziaren arteko erlazioaren balioa jakitea beharrekoa da.

$$\frac{L}{B_t} = \frac{\text{argia}}{\text{gurpilen arteko distantzia}} = \frac{20.000}{1300} = 15,38 \quad (225)$$

Beraz,

$$\lambda = 0,2 \quad (226)$$

Koefizientea jakinda indarraren balioa kalkulatzeko posible da:

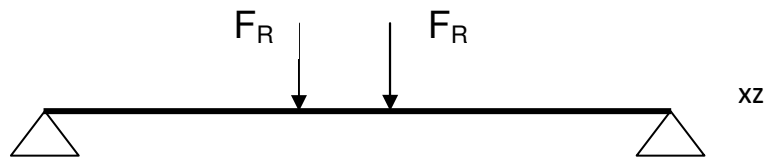
$$F_R = 2 \cdot 9250 \cdot 0,2 = 3700 \text{ kg} \quad (227)$$

Sor ditzakeen egoera kritikoak:

g) A



h)



3.6.3 Indarren konbinaketak

Konbinaketak egiterako orduan FEM araudia jarraituko da. Araudi honen arabera hiru konbinaketa planteatu behar dira.

1) **1.Kasua:** Haize gabeko zerbitzu arrunta.

$$[\gamma \cdot (S_G + \psi \cdot S_L + S_H)] \cdot CS \quad (228)$$

$CS = 1,5$, segurtasun koefizientea.

$\gamma = 1$, mekanismo motaren araberako koefizientea da. Zubia M3 denez, bere balio 1 da.

2) **2.Kasua:** Haizea dagoeneko zerbitzua.

Kasu hau ez da aztertu erez egingo, izan ere, zubi garabiak lantegi itxi batean egingo du lan, eta beraz, haizearen eragina nulua izango da.

3) **3.kasua:** Indar bereziak daudenean.

Ez da aztertuko, ez baitago indar berezirik.

Ondorioz, lehenengo kasua eduki beharko da kontutan soilik. Lehenengo kasu honetan, lau konbinaketa bereizten dira:

Aztertu beharreko konbinaketak:

1. Konbinazioa: Gurdia erdian karga jasotzen.
2. Konbinaketa:Gurdia bazter batean karga jasotzen.
3. Konbinaketa: Gurdia erdian azeleratzen.
4. Konbinaketa: Gurdia bazter batean azeleratzen.

3.6.4.Habearen dimentsionamendua

Konbinaketa guztiak aztertu ondoren, hasierako hipotesia bete da, hau da, konbinaketa larriena gurdia erdian kargarekin eta gainera azeleratzen.

Hasiera batean IPE profil laminatuak erabiltzea pentsatu zen, baia egiaztapenak ez zituzten betetzen. Horren aurrean,HEM profil laminatuak erabiltzea erabaki zen. Profil dimentsio desberdinak egiaztatu ondoren, egokiena eta egiaztapen guztiak betetzen dituen HEM 1000 profila da.

Ondoren, "Documento Básico SE-A" erabilia HEM 1000 egiaztapena egingo da.

Flexio konposatua ebakidura gabe

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{El,Rdz}} \leq 1 \quad (229)$$

$$M_{ED,y} = 174.846 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (230)$$

$$N_{ED} = 1250 \text{ Kg} \quad (231)$$

$$M_{ED,z} = 37.645,4 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (232)$$

$$\frac{1250 \cdot 9,81}{442,6 \cdot 10^2 \cdot \frac{450}{1,05}} + \frac{174.846 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{14.330 \cdot 10^3 \cdot \frac{450}{1,05}} + \frac{37.645,4 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{1220 \cdot 10^3 \cdot \frac{450}{1,05}} = 0,9 < 1 \quad (233)$$

Albo-Gilbordura

Lehendabizi, momentu kritikoa kalkulatu behar da:

$$M_{CR} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTW}^2} \quad (234)$$

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z} \quad (235)$$

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z} \quad (236)$$

$$M_{LTv} = 1,046 \cdot \frac{\pi}{20.000} \cdot \sqrt{81.000 \cdot 1940 \cdot 10^4 \cdot 210.000 \cdot 18459 \cdot 10^4} \quad (237)$$

$$M_{LTW} = 14330 \cdot 10^3 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210.000}{20.000^2} \cdot 1,046 \cdot 64,5^2 \quad (238)$$

Beraz, momentu kritikoaren balioa:

$$M_{CR} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTW}^2} = 1322437257 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (239)$$

$$C_1 = 1,046$$

$$L_c = 20.000 \text{ mm}$$

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 81.000 \text{ N/mm}$$

$$I_T = 1940 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 18459 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 14330 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{ED} \leq M_{b,Rd} \quad (240)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (241)$$

$$M_{b,Rd} = 0,321 \cdot 14.33 \cdot 10^3 \cdot \frac{450}{1,05} = 1971,39 \text{ KN} \quad (199)$$

$$1715 \text{ KN} \cdot \text{m} \leq 1971,35 \text{ KN} \quad (243)$$

Nekera:

$$\sigma_1 = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{174.846 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{14330 \cdot 10^3} = 119 \text{ Mpa} \quad (244)$$

$$\sigma_3 = \frac{M_{Ed,z}}{W_z} = \frac{37.645,4 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{1220 \cdot 10^3} = 302,7 \text{ Mpa} \quad (245)$$

Von Mises aplikatuta:

$$\begin{aligned}\sigma_{bal} &= \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 3 \cdot (\tau_1 + \tau_3)^2} = \sqrt{(119 + 302,7)^2} \\ &= 325,25 \text{ Mpa} < \frac{450}{1,25} = \sigma_{onar}\end{aligned}\quad (246)$$

Y ardatzaren erresistentzia flexiora

$$M_{C,ED} \leq M_{C,Ed} \quad (200)$$

$$M_{C,Rd} = W_{el,y} \cdot f_{yd} = 14.330 \cdot 10^3 \cdot \frac{450}{1,05} = 6141428571 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (201)$$

$$M_{C,Ed} = 1715,23 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad (202)$$

$$1715,23 \text{ KN} \cdot \text{m} < 6141,42 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad (203)$$

Z ardatzaren erresistentzia flexiora

$$M_{C,ED} \leq M_{C,Ed} \quad (204)$$

$$M_{C,Rd} = W_{el,z} \cdot f_{yd} = 1220 \cdot 10^3 \cdot \frac{450}{1,05} = 522857142,9 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (205)$$

$$M_{C,Ed} = 369,301 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad (206)$$

$$369,301 \text{ KN} \cdot \text{m} < 522,85 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad (207)$$

Z ardatzaren erresistentzia ebakidurari:

$$V_{ED} \leq V_{pl,Ed} \quad (208)$$

$$A_v = h \cdot t_w = 1008 \cdot 21 = 21168 \text{ mm}^2 \quad (209)$$

$$V_{pl,Ed} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 21168 \cdot \frac{450}{\sqrt{3}} = 5.237.721,64 \text{ N} \quad (210)$$

$$V_{ED} = 21503,8 \text{ Kg} = 210,95 \text{ KN} \quad (211)$$

$$210,95 < 5237,72 \text{ KN} \quad (212)$$

Arimaren mailatua z ebakiduraren ondorioz:

Ondorengoa betetzen bada ez da izango beharrezkoa konprobaketa gehiagorik egitea:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad (213)$$

$$d = h + 2 \cdot r = 1008 + 2 \cdot 30 = 1068 \text{ mm} \quad (214)$$

$$t_w = 21 \text{ mm} \quad (215)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{450}} = 0,7226 \quad (216)$$

$$70 \cdot \varepsilon = 50,5854 \quad (217)$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{1068}{21} = 50,85 \quad (218)$$

Konprobaketa egiten bada ikusten da ez dela betetzen:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \rightarrow 50,85 > 50,58 \quad (219)$$

Beraz, konprobaketa egin behar da:

$$V_{b,Rd} = \frac{d \cdot t \cdot t_b}{\gamma_{M1}} = \frac{1068 \cdot 21 \cdot 257,48}{1,05} = 5499892,21 \text{ N} \quad (220)$$

$$\lambda_w = \frac{\frac{1068}{21}}{37,4 \cdot 0,7226 \cdot \sqrt{5,34}} = 0,8143 \rightarrow 0,8 < \lambda_w < 1,2 \quad (221)$$

$$t_b = \frac{450}{\sqrt{3}} \cdot (1 - 0,625 \cdot (0,8143 - 0,8)) = 257,48 \quad (222)$$

$$V_{ED} = 210,95 \text{ KN} \quad (223)$$

$$210,95 \text{ KN} < 5499,89 \text{ KN} \quad (224)$$

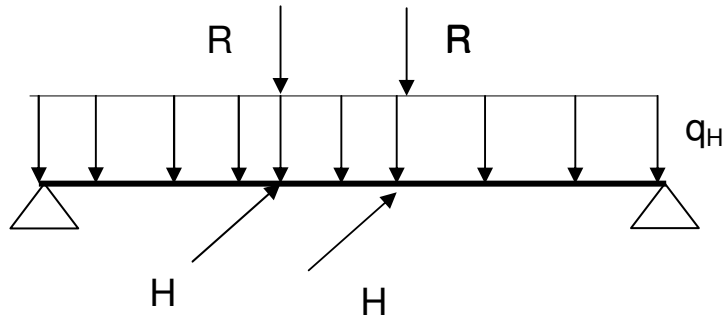
3.7.Habe testeroa

Habe testeroek habe nagusiak lotzen dituzte eta zubiaren translazioa gauzatzeko gurpil pare bana dute.

3.7.1.Indarren banaketa

Habe nagusiaren konbinaketa guztietan ageri diren indarrak Cespla programarekin kalkulatu ondoren, konbinaketa larriena habe testerorako laugarrena dela ikusi da. Izan ere, laugarren konbinaketa gurdia habe testerotik ahalik eta hurbilen dago, kargatuta eta gainera azeleratzen.

Beraz, indarren banaketa larriena:



Aztertuko den konbinaketa:

$$\gamma \cdot [q_H) + \psi \cdot R) + H)] \cdot CS \quad (225)$$

Indar banatua, q_H , habe testeroaren berezko pisua izango da:

$$q_H = A \cdot \rho = 25,43 \text{ kg/m} \quad (226)$$

R indarra habe nagusitik etorriko da. R indar honen barnean habe nagusiaren berezko pisua, jasotze sistema osoaren berezko pisua eta karga maximoa kontutan hartzen da. Bere balioa, habe nagusia kalkulatzeko orduan lortzen da, izan ere, laugarren konbinazioko habearen euskarrietan agertzen den indar bertikalaren balioa da.

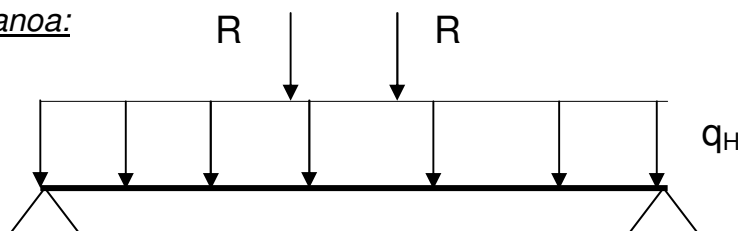
$$R = 34.268,6 \text{ Kg} \quad (227)$$

Azkenik, H indarra dago. Indar hau gurdiaren lerrokatze akatsengatik sortutako indarra da eta errodaduraren eraginez sortutako zeharkako atalean kalkulatu dago. Beraz, H -ren balioa F_x balioaren berdina da.

$$H = F_x = 0,118 \cdot 9250 = 1092 \text{ Kg} \quad (228)$$

Habe nagusian egin bezala, kalkuluak ahalik eta zehatzenak izateko, Cespla programa erabiliko da. Hala ere, gainezarpenaren printzipioa aplikatu beharko da, indarrak plano desberdinetan daudelako, alde batetik XY plano eta bestetik XZ plano.

XY plano:

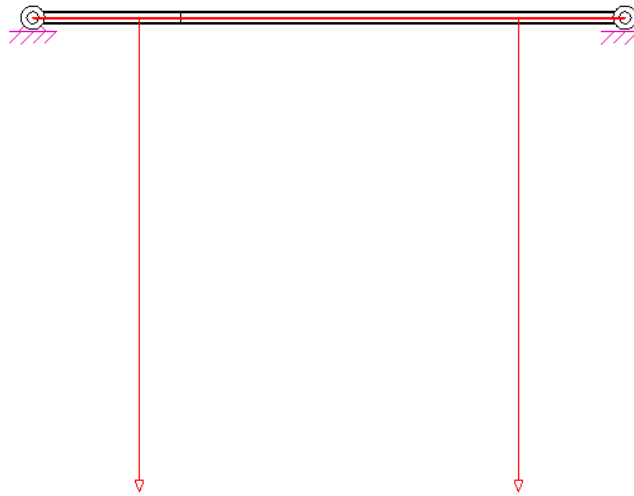


Lehendabizi habe testeroaren luzera eta habe nagusien arteko distantzia definitu behar da:

$L = 4000\text{mm}$, habe testeroaren luzera.

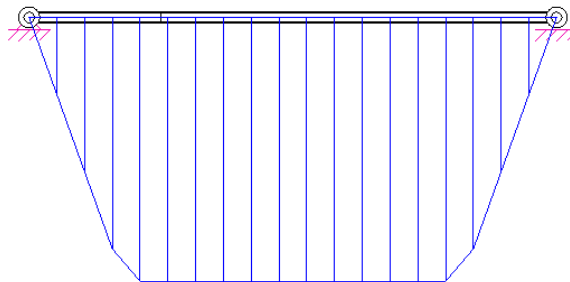
$a = 2560\text{mm}$, habe nagusien arteko distantzia.

Behin distantzia hauek definituta izanda, Cesplaren bitartez momentu makurtzaile maximoak, indar ebakitzaille maximoak eta gurpiletan agertuko diren erreakzioak kalkulatu dira:

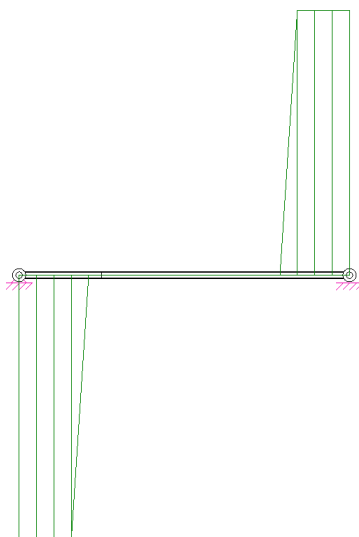


41.irudia: XY planoko indarrak

Momentu makurtzailearen eta ebakitzaillearen diagramek hurrengo itxura izango dute:

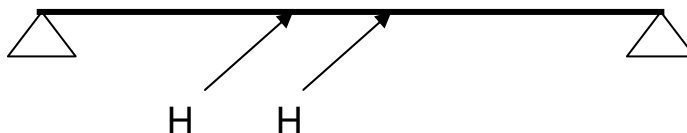


42.irudia: Momentu makurtzailearen diagrama

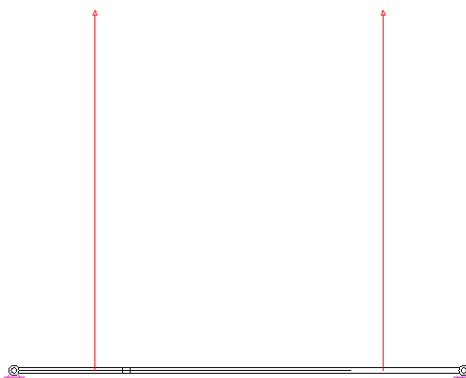


43.irudia: Indar ebakitzaileren diagrama

XZ plano:

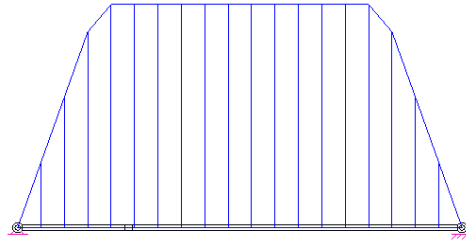


Cesplaren bitartez momentu makurtzaile, indar ebakitzailera eta gurbiletako erreakzioak kalkulatu dira:

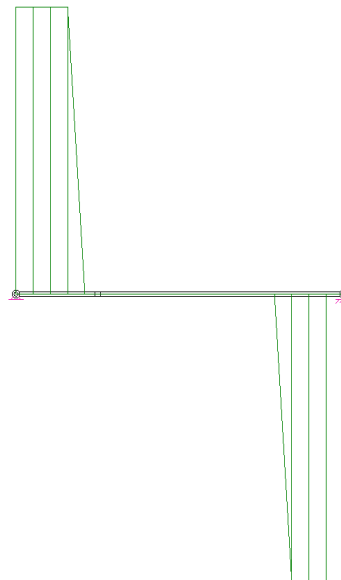


44.irudia: XZ planoko indarrak

Momentu makurtzailearen eta indar ebakitzzailearen diagramak hurrengo itxura izango dute:



45.irudia: *Momentu makurtzailearen diagrama*



46.irudia: *Indar ebakitzzailearen diagrama*

Behin plano bietan momentu maximoen eta indar ebakitzzaileen diagramak ditugula, habeko sekzio kritikoena aurkitu behar da eta balio horiekin habe osoa dimentsionatu.

XZ plano

$$M_{max,y} = 42.561,6 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (229)$$

$$V_{max} = 59.113,3 \text{ Kg} \quad (230)$$

XY planoan

$$M_{max,z} = 1350 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (231)$$

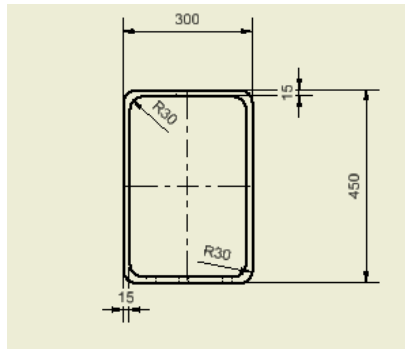
$$V_{max} = 1875 \text{ kg} \quad (232)$$

Balio hauek erabiliko dira dimentsionamendua egiteko.

3.7.2.Profilaren aurre-dimentsionamendua

Habe testeroa aurre-dimentsionatu behar da eta kalkuluak egin ondoren dimentsioak egokiak ez direla ikusten bada, hau da, egiaztapenak ez baditu betetzen profila handi edo egiaztapenak ez baditu betetzen profila txikitu egin beharko da.

Laukizuzen hutseko profila erabiliko da:



47.irudia: Laukizuzen hutseko profila

Kalkuluak egiteko profilaren hurrengo parametroak ezagutzea beharrezkoa izango da:

Inertzia-momentuak:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot [b \cdot h^3 - (b - 2 \cdot t) \cdot (h - 2 \cdot t)^3] = 60.625,95 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad (233)$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot [h \cdot b^3 - (h - 2 \cdot t) \cdot (b - 2 \cdot t)^3] = 31.870,95 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad (234)$$

Modulu erresistenteak:

$$W_{el,y} = \frac{I_y}{h/2} = 26.944.866,67 \text{ mm}^3 \quad (235)$$

$$W_z = \frac{I_z}{b/2} = 21.247.300 \text{ mm}^3 \quad (236)$$

Bestelako parametroak:

$$r_0 = 3 \cdot T = 30 \text{ mm} \quad (237)$$

$$r_i = 3 \cdot T = 30 \quad (238)$$

$$A = 21600 \text{ mm}^2 \quad (239)$$

$$G = 16,956 \text{ Kg/m} \quad (240)$$

$$A_{vy} = 12600 \text{ mm}^3 \quad (241)$$

$$A_z = 193,14 \text{ mm}^2 \quad (242)$$

$$A_\xi = 193,14 \text{ mm}^2 \quad (243)$$

$$h_z = 218,29 \text{ mm} \quad (244)$$

$$h = 1388,49 \quad (245)$$

$$I_{zz} = 6,79 \text{ mm}^2 \quad (246)$$

$$I_{\xi\xi} = 6,79 \text{ mm}^2 \quad (247)$$

$$I_t = 65890,71 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad (248)$$

$$i_{f,z} = 167,53 \quad (249)$$

3.7.3.Habearen dimentsionamendua

Habearen dimentsionamendua egiaztatzeko "Documento Básico SE-A" erabiliko da.

Nekea:

$$\sigma_1 = \frac{M_{Ed,y}}{W_y} = \frac{42561,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{26944866,67} = 15,49 \text{ Mpa} \quad (250)$$

$$t_1 = \frac{V_{Ed,y}}{A} = \frac{59113,3 \cdot 9,81}{21600} = 26,84 \text{ MPa} \quad (251)$$

$$\sigma_3 = \frac{M_{Ed,z}}{W_z} = \frac{1350 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{212473000} = 0,062 \text{ Mpa} \quad (300)$$

$$\tau_3 = \frac{V_{Ed,z}}{A} = \frac{1875 \cdot 9,81}{21600} = 0,85 \text{MPa} \quad (301)$$

Von Mises aplikatuz:

$$\sigma_{bal} = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 3 \cdot (\tau_1 + \tau_3)^2} \quad (302)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bal} &= \sqrt{(15,49 + 0,062)^2 + 3 \cdot (26,84 + 0,85)^2} = 50,41 \text{MPa} \leq \sigma_{onarg} \\ &= \frac{\sigma_{onar}}{CS} = \frac{275}{1,05} = 261,9 \text{MPa} \end{aligned} \quad (303)$$

Nekearen ikuspuntutik onargarria da.

Sekzioen erresistentzia ebakidurari:

$$V_{ED,y} = 59113,3 \cdot 9,81 = 579.901,47 \text{N} \quad (304)$$

$$V_{pl,Rd} = A_{v,y} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 12600 \cdot \frac{275}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 1.905.255,88 \text{N} \quad (305)$$

$$V_{ED,y} < V_{pl,Rd} \rightarrow 579.901,47 \text{N} < 1.905.255,88 \text{N} \quad (306)$$

$$V_{ED,y} < \frac{V_{pl,Rd}}{2} \rightarrow 579.901,47 < \frac{1.905.255,88}{2} \quad (307)$$

Sekzioen erresistentziaren ikuspuntutik onargarria da eta gainera ez da ebakidura eta flexioa batera kalkulatu behar.

Flexio konposatua ebakidura gabe

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (308)$$

$$N_{Ed} = 0 \quad (309)$$

$$M_{y,Ed} = 42561,61 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (310)$$

$$M_{z,Ed} = 1350 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad (311)$$

$$\frac{42561,6 \cdot 9,81 \cdot 10^3}{\frac{275}{1,05} \cdot 26944866,67} + \frac{1350 \cdot 10^3}{\frac{275}{1,05} \cdot 21247300} = 0,31 < 1 \quad (312)$$

Flexio konposatuaren ikuspuntutik dimentsioak egokiak dira.

Albo-Gilbordura

Lehendabizi, momentu kritikoa kalkulatu behar da:

$$M_{CR} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2} \quad (313)$$

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z} = 4,69 \cdot 10^4 \text{N} \cdot \text{mm} \quad (314)$$

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z} = 584746572,5 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (315)$$

$$C_1 = 1$$

$$L_c = 4000 \text{ mm}$$

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 81.000 \text{ N/mm}$$

$$I_T = 65890,71 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 31870,95 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{f,z} = 167,53$$

$$W_{el,y} = 26944866,67 \text{ mm}^3$$

$$M_{CR} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTW}^2} = 4,6943 \cdot 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (316)$$

Ondoren, lerdentasun erlatiboa kalkulatu behar da:

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,3972 \quad (317)$$

Honekin hurrengo faktorea kalkula daiteke:

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{Lt}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,6538 \quad (318)$$

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

Bi faktore hauek erabilita χ_{LT} txikitze-faktorea lortzen da:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,8523 \quad (319)$$

Azkenik, Albo-gilborduraren aurkako erresistentziaren kalkulua:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd} = 6015375063 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (320)$$

Beraz, $M_{Ed} < M_{b,Rd}$ betetzen denez albo-gilbordura jasango du.

Geziaren egiaztapena

$$\delta_{\max} = \frac{\text{argia}}{250} = \frac{4000}{250} = 16 \text{ mm} \quad (321)$$

$$f_1 = \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_y} = \frac{118226,67 \cdot 4000^3}{210.000 \cdot 60625,95 \cdot 10^4} = 0,014\text{mm} \quad (322)$$

$$f_1 < \delta_{\max} \quad (323)$$

Gezia onargarria da.

3.8.Danborra eta erreduktorearen arteko akoplamendua

Upel erako akoplamenduak, TCB motakoa hain zuzen ere, eta Jaure markakoak, erabili ohi dira danborraren eta erreduktorearen arteko lotura egiteko.

Danborraren eta erreduktorearen arteko lotura zurruna denean, estatikoki indeterminatua den sistema sortzen da. Ondorioz, beharrezkoa da TCB akoplamendu bat jartzea, horrela sistema determinatua sortzen da eta gehiegizko momentua makurtzaileak sortzea galarazten da.

Akoplamenduaren tamaina, hiru faktoreren menpe dago: Transmisio par nominalaren menpe alde batetik, bestetik, akoplamenduak jasan behar duen F karga erradialaren menpe eta azkenik, erreduktorearen ardatzaren egiaztapen geometrikoaren menpe.

- *Transmisio par nominala, T:*
Kontsumitutako potentzian oinarritzen bagara:

$$P_c = \frac{F_P \cdot V_r}{60.000} = \frac{172.288,125 \cdot 4}{60.000} = 11,48 \text{ Kw} \quad (324)$$

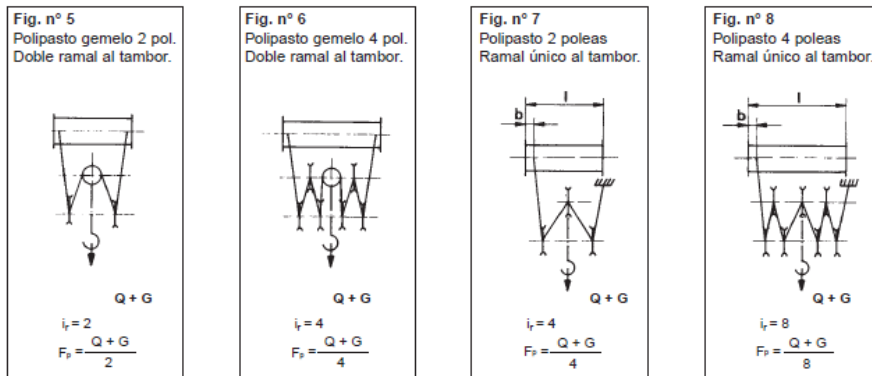
$$F_P = \frac{Q + G}{i_r \cdot k_2} = \frac{32.315 \cdot 9.81}{2 \cdot 0,92} = 172.288,125 \text{ N} \quad (325)$$

$$T = \frac{P_c \cdot 9550}{n} \cdot k_1 = \frac{11,48 \cdot 9550}{2,55} \cdot 1,12 = 48.177,61 \text{ Nm} \quad (326)$$

P_c : Motorrak kontsumitzen duen potentzia maximoa.

F_P : Danborraren tiro estatikoa.

Reducción del polipasto i_r	2	3	4	5	6	7	8
K_2 con cojinetes de bronce	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,83	0,81
K_2 con rodamientos	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91



48.irudia: Polea sistema desberdinak

- Akoplamenduak jasan behar duen F karga erradiala:

$$F_p = 172.288,125 \text{ N} \quad (327)$$

- Karga erradialaren kalkulua.

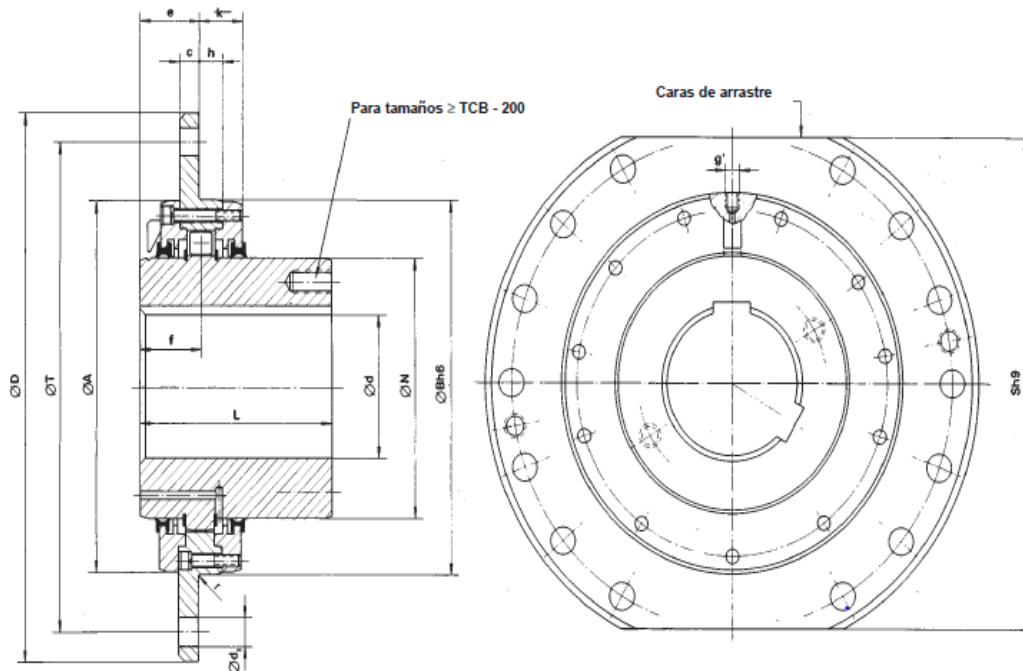
$$F = \frac{F_p}{2} + \frac{w}{2} = \frac{172.288,125}{2} + \frac{4905}{2} = 88.596,56 \text{ N} \quad (328)$$

Egiaztapena:

TCB 500 akoplamenduak jasan dezakeen pare nominala 61.400 Nm-tako da eta beraz transmisio pare nominalaren baino handiago da, 48.177,61 Nm –tako baite.

Gainera akoplamenduak jasan behar duen F indar erradiala 172.288,125 N –tako da eta akoplamenduak jasan dezakeena 92.000 N –tako da.

TCB-500 akoplamendua aukeratuko da.



49.irudia: TCB 500

15.irudia: TCB dimentsioak

TIPO TCB Tamaño	T _N ¹⁾ (Nm)	F _r carga radial adm. (N)	mm																Desplaz. axial máx. ± mm	Peso Kg.	J Kg ² .	
			d ₁ ²⁾ máx.	d min.	D	L	L min.	N	A	B	S	e	f	c	r	h	k	T				d ₁
25	4.500	14.500	65	38	250	95	85	95	159	160	220	42	44	12	2,5	16	31	220	15	3	12	0,06
50	6.000	16.500	75	48	280	100	85	110	179	180	250	42	44	12	2,5	16	31	250	15	3	19	0,13
75	7.500	18.500	85	58	320	110	95	125	199	200	280	45	46	15	2,5	17	32	280	19	4	23	0,17
100	9.000	20.000	95	58	340	125	95	140	219	220	300	45	46	15	2,5	17	32	300	19	4	27	0,25
130	15.500	31.000	110	78	360	130	95	160	239	240	320	45	47	15	2,5	19	34	320	19	4	33	0,36
160	19.500	35.000	125	78	380	145	95	180	259	260	340	45	47	15	2,5	19	34	340	19	4	42	0,48
200	24.000	38.500	135	98	400	170	95	200	279	280	360	45	47	15	2,5	19	34	360	19	4	54	0,66
300	28.000	42.000	150	98	420	175	95	220	309	310	380	45	47	15	2,5	19	34	380	19	4	70	0,93
400	38.000	49.000	185	98	450	185	120	260	339	340	400	60	61	20	2,5	22	40	400	24	4	95	1,45
500	61.400	92.000	215	98	510	220	125	300	399	400	460	60	61	20	2,5	22	40	460	24	6	146	2,86
600	70.000	115.000	235	118	550	240	125	312	419	420	500	60	61	20	2,5	22	40	500	24	6	162	3,93
1.000	120.000	125.000	250	138	580	260	130	351	449	450	530	60	61	20	2,5	22	40	530	24	6	195	5,63
1.500	180.000	150.000	295	158	650	315	140	415	529	530	580	65	66	25	2,5	27	45	600	24	6	305	11
2.100	250.000	221.000	305	168	665	330	145	428	542	545	590	65	68	25	2,5	31	49	615	24	6	320	12,2
2.600	310.000	250.000	315	168	680	350	145	443	558	560	600	65	69,5	25	4	34	52	630	24	6	360	16
3.400	400.000	300.000	340	198	710	380	165	475	599	600	640	81	85,5	35	4	34	58	660	28	8	408	20
4.200	500.000	340.000	385	228	780	410	165	539	669	670	700	81	85,5	35	4	34	58	730	28	8	580	34
6.200	685.000	380.000	430	258	850	450	165	603	729	730	760	81	85,5	35	4	34	58	800	28	8	715	52

3.9.Bastidorea

Bastidorea estandarra izatea pentsatu da eta DEMAG etxekoa. Bere dimentsionamendurako DEMAG etxeak duen "Demag Designer" erabili da eta UPN 200 perfilak nahikoa direla atera da.

Bastidore hau, gurpilek gainean kokatuko da, gurpilek K muntaketa forma baitute. Bastidorea gurpilen gainean konkatuta izateak, alde batetik bastidorea ez da ahultzen, torlojuentzako zuloak egin behar direlako bakarrik. Gainera, gurpilak BSP 500-ekoak hartu direnez, hauek azalera handiagoa dute eta beraz finkapena ez da hain puntuala izango eta UPN 200 profil laminatuekin osatuta egotea nahikoa izango da.

Jasotze erreduktorea eta motorra finkatzeko bastidorean, 280x518x30 plaka bat soldatuko zaio, F-114 altzairuzkoa eta 3.12 planoan ageri den bezala.

Gurdiaren translazioa egiteko erabiliko den motorerreduktorea finkatzeko ere, plaka bat soldatuko zaio, F-114 altzairuzkoa eta 3.12 planoan ageri den bezala.

3.10.Erreduktorearen eta motorearen arteko akoplamendua

Jaure enpresaren katalogoaren arabera aukeratuko da akoplamendua eta hurrengo formula erabiliko da horretarako:

$$T = 9550 \cdot \frac{P}{n} \cdot K \cdot F_{\alpha} \quad (329)$$

P = Motorraren potentzia (kW).

n = Motorraren abiadura (bira/min).

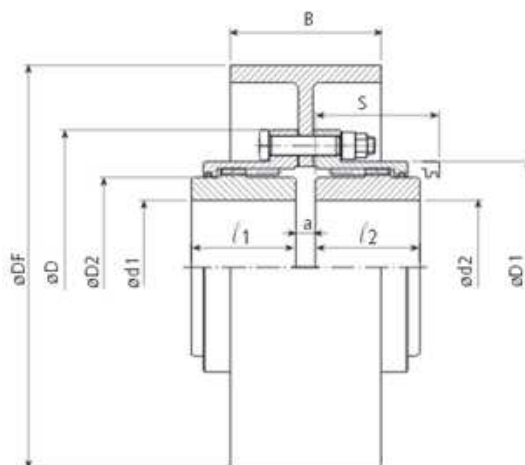
K = 2,2 Zerbitzu faktorea.

F_{α} = 0,5 Deslerrokaketa faktorea.

Beraz, balioak ordezkatzan badira:

$$T = 9550 \cdot \frac{55}{1445} \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 399,84 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (330)$$

Aukeratuko den akoplamendua: **78 zenbakidun Jaureko MTF motako akoplamendua.**



50.irudia: MTF akoplamendua

TAMAÑO SIZE	TN NOMINAL	TP MÁXIMO TP MX	VELOCIDAD MÁXIMA n MAX (1)	DIMENSIONES GENERALES GENERAL DIMENSIONS									PESO Max (4) WEIGHT Max (4)	PESO Min (5) WEIGHT Min (5)	MOMENTO DE INERCIA (4) MOMENT OF INERTIA (4)	CANTIDAD DE GRASA GREASE QTY.
				D	D1	D2	DF	B	d^1-d^2 (Min-Max)(2)	/1-/2	a	S (3)				
78	5.600	11.100	2.300	171	127,5	107	250	95	20-78	62	13	76	23	19	0,144	0,09
			1.800				315	118			15		31	26	0,351	
			1.650				350	130			15		35	30	0,519	
			1.450				400	150			19		50	45	1,112	

51.irudia: MTF 78 akoplamenduaren dimentsioak

3.11.Gurdiaren translazio sistema

Gurdiaren translazio sistema DEMAG enpresa bere web orrian ahalbidetzen duen kalkulu sistemarekin aukeratuko da. Horrela, egiaztatuta geratzen da gurbil sistema eta motorerreduktorea gure baldintzen arabera.

Horretarako ondorengo baldintzak finkatu behar izan dira:

Eragite mota

- Muntai aldaerak: K motako muntaia egingo da.
- Ardatzen arteko distantzia: 2500 mm.
- Erreduktore mota: W-Erreduktore angeluarra.
- Erreduktorerako sarrera: S- akoplamendu pisutsua.
- Motor mota: KBF

Aurre-ajustea

- Gurpila: Irtengunea albo bietara GGG.
- Gurpilaren eztarria: 110 mm.
- Topea: DPG- goma bidezko topea.

Baldintzak

- Zareko tentsioa: 400V.
- Frekuentzia: 50 Hz.
- Ingurune tenperatura maximoa: 40°C.
- Zerbitzu faktorea: AB 40% (ZBF, KBF).

Gurpila

- Karga ahalmena: 15.000 Kg.
- Translazio abiadura: 20 m/min.
- Zehaztasun martxa: 3,15 m/min.
- Bataz besteko lan denbora: 4h.
- Karga espektroa: Karga espektro erdia 2.
- Tenperatura maximoa: 40°C.
- Gurpilaren materiala: Fundizio nodular GJS 700-2 (GGG70).
- Karrilaren materiala: St 70/E360.
- Karrila: 50x40.
- Karril mota: Karril laua DIN 1017.

Gurpila: DRS 500 33.700 Kg (Karga onargarria) 40.000 Kg (Ahalmen maximoa) K (muntaketa).

Gurdiaren translazio sistema

Motorra: KBF 140 A 4 %40

16.irudia: Gurdiaren translazio motorra

$P_N(\text{Kw})$	2,9
$n_N(\text{r/min})$	1400
$M_N(\text{N}\cdot\text{m})$	19,8
I_N	6,1
$\cos\varphi_N$	0,86
I_A/I_N	4,1
M_A/M_N	1,8
$M_H(\text{N}\cdot\text{m})$	30
$J_{\text{mot}}(\text{kgm}^2 \times 10^{-3})$	118
$A(1/h)$	330
M_{Bstd}	22
$M_{\text{Bmax}}(\text{N}\cdot\text{m})$	35
Pisua (Kg)	102

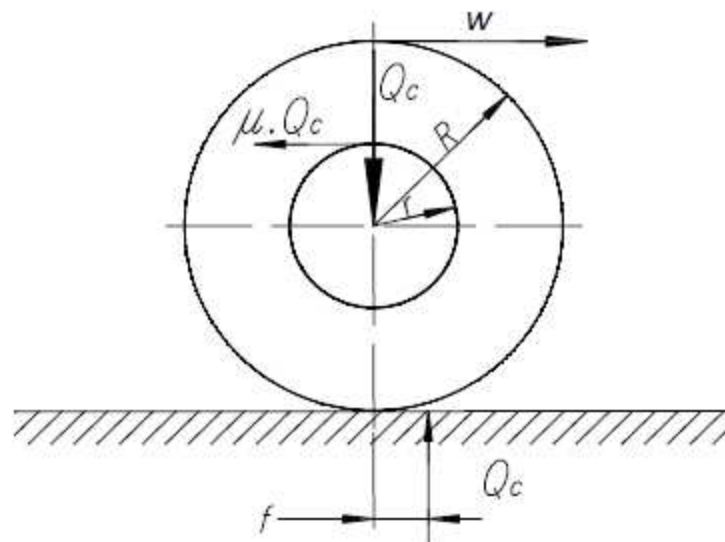
- Portaera akustikoa: EN 60034-9 araudiak dioen balioetatik bera.
- Desplazamendu axiala, akoplamendua:

	Desplazamendua l_v (mm)	
KB 140	2,0 (l_{vmin})	4,0(l_{vmax})

Hertz gurpilezko akzionamendua

3.11.1. Translazio mekanismoaren akzionamendua

Gurpil bat euskarri batean biratu eta karrilaren batean norabidean higitzen dena, kargatuta eta ardatz batean muntatuta, erresistentzia bat jasaten du. Erresistentzia, errodadurari erresistentziaz eta ardatzaren erresistentziaz osatuta dago.



52.irudia: Esfortzuak gurpilean

Erresistentzia honi irtengunearen eta kuboaren higadura gehitu behar zaio. Gainera, karrilak ez dira perfektuki lauak izaten, beraien arteko distantzia ez da beti ondo egoten, karrilen muntaia ez da perfektua izaten eta beraien diametroan ere aldakuntza txikiak egoten dira. Faktore hauek higaduraren erresistentzian eragin zuzena eta aldi berean kaltegarria dute.

$$W_R = \frac{4 \cdot Q_c}{D_n} \left(f' + \mu \frac{d}{2} \right) \cdot w \quad (331)$$

W_r : Errodaduraren erresistentzia bi gurpilentzako, (Kg).

Q_c : Karga maximoa gurpilean, 40.000 Kg.

D_N : Gurpilaren diametroa, 500mm.

f' : Higadurarekiko erresistentziaren besoa, H.Ernst arabera: $f = 0,0005m$.

μ : Ardatzaren frikzio koefizientea, SKF katalogoaren arabera: $\mu:0,0018$.

d : Gurpilaren ardatzaren diametroa, 0,11 m.

w : Handitze koefizientea.

17.taula: Handitze faktorea

Gurpilaren diametroa (mm)	125	200	250	320	400	500
Ardatzaren diametroa (mm)	45	55	60	70	80	90
w	7.5	5.5	4.5	3.5	3.0	2.5

Akzionamendu motorra egoki dimentsionatzeko, kontutan eduki behar dira aldizkako zerbitzua, karga erlatiboa eta azelerazioa.

$$N_R = \frac{W_R \cdot v_t}{75 \cdot \eta} = \frac{359 \cdot 1/3}{75 \cdot 0,9} = 1,7 \text{ CV} = 1,26 \text{ Kw} \quad (332)$$

N_R : Erregimen potentzia, (CV).

W_R : Higidurari erresistentzia, (Kg).

V_t : Translazio abiadura, (m/seg).

η : Akzionamendu errendimendua.

Gurpil bat t_a denboran azeleratzeko erregimeneko abiadurara, abio pare konstantea dela suposatuz, ondorengo azelerazio potentzia eman beharko du abio amaieran:

$$N_A = \frac{(P + G)}{g} \cdot \frac{v_t^2}{75 \cdot t_a \cdot \eta} \cdot \beta \quad (333)$$

$$N_A = \frac{40.000}{10} \cdot \frac{1/3^2}{75 \cdot 1 \cdot 0,9} \cdot 1,1 = 6.356 \text{ CV} = 7,71 \text{ Kw} \quad (334)$$

N_A : Azelerazio potentzia, CV.

P : Karga maximoa garabiarena, (Kg).

G : Gurdiaren pisua, (Kg).

g : grabitate azelerazioa.

v_t : translazio abiadura, (m/seg).

t_a : azelerazio denbora, (seg).

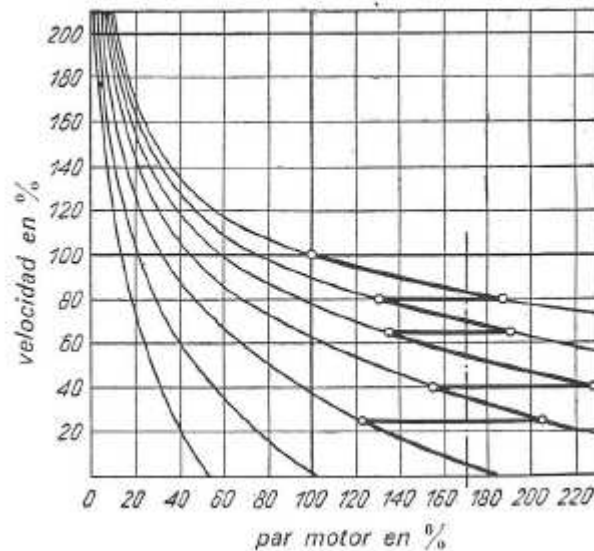
η : Akzionamendu errendimendua.

β : Errotazioan dauden masak kontutan hartzen dituen koefizientea, H.Ernst arabera.

$$\beta = 1.1etik 1.2ra \quad (334)$$

Abio pareta ez da konstantea izaten baia bai al dela kontsideratu zigzag modukoa egiten duela. Bere batz besteko balioa 1.7 edo 2 aldiz pare nominala da. Potentzia parrarekiko proportzionala dela jakinda, potentzia nominal beharrezkoa:

$$P_N = \frac{N_R + N_A}{1,7:2} \quad (335)$$



53.irudia: Abio motorra

$$P_N = \frac{1,26 + 4,71}{1,7:2} = 2,98 \text{ Kw} \quad (336)$$

$$P_N = P_{adm} \text{ Egokia da} \quad (337)$$

Beharrezko balazta momentua kalkulatzeko, kontutan edukiko dugu segundo baten masak balaztatu behar dutela.

$$M_{balazta} = \frac{(P + G) \cdot v_t}{g \cdot t_f} \cdot D_n \cdot \eta \cdot i \quad (338)$$

$M_{balazta}$: Balazta momentua, (Kgm).

P: Karga maximoa garabian, (Kg).

g: grabitate azelerazioa.

v_t : translazio abiadura, 1/3 m/seg.

t_f : Balazta denbora, 1 seg.

D_n : Gurpilaren diametroa, 0,5m.

η : Akzionamendu errendimendua, 0,9.

i= erreduktorearen transmisio erlazioa.

$$M_{balazta} = \frac{40.000 \text{ Kg} \cdot 1,3}{9,8 \cdot 1} \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1/112 \quad (339)$$

$$M_{balazta} = 21,29 \text{ kgm} \cdot \frac{9,8N}{1Kg} = 208,85 \text{ Nm} \quad (340)$$

3.12. Translazio motoerreduktorearen kalkulua

Zubi garabiaren translazioa egiteko erabiliko den motorra aukeratzeko beharrezko potentzia kalkulatu behar da, eta hori ondorengo adierazpenarekin lortuko da.

$$P = \frac{(G_1 + G_2 + G_3) \cdot W \cdot v_{trans}}{4,5 \cdot 10^6 \cdot \eta} \quad (341)$$

G_1 : Pisu hila (daN).

G_2 : Suspentsio elementuen pisua eta karga erabilgarria (daN)

G_3 : Zubiaren pisua (daN).

W= Marruskadura koefizientea.

V_{trans} = Gurdiaren translazio abiadura.

η : Etekina.

Pisu totala 45.000 Kg-tan gaiestimatuko da.

$$P = \frac{[45.000 \cdot 0,981] \cdot 7 \cdot 40}{4,5 \cdot 10^6 \cdot 0,85} = 3,23 \text{ CV} = 1,66 \text{ kW} \quad (342)$$

Potentzia kalkulaturik izanda, motorraren zerbitzu faktorea kalkulatu behar da:

$$F_s = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \quad (343)$$

$f_1 = 1,35$, eguneko lan orduen menpekoa.

$f_2 = 1,07$, eguneko abio kopuruaren menpekoa.

$f_3 = 1,31$, 26000 orduko bizitza edukiko duela estimatzen delako.

$$F_s = 1,35 \cdot 1,07 \cdot 1,31 = 1,9 \quad (344)$$

Beharrezko potentzia:

$$P_N = P \cdot F_s = 3,154 \text{ kW} \quad (345)$$

Aukeratutako motorra:

18.irudia: Zubi garabiaren translazio motorra

$P_N(\text{Kw})$	4
$n_N(\text{r/min})$	1335
$M_N(\text{N}\cdot\text{m})$	4,4
I_N	1,6
$\cos\varphi_N$	0,81
I_A/I_N	3,0
M_A/M_N	2,4
$M_H(\text{N}\cdot\text{m})$	9,5
$J_{\text{mot}}(\text{kgm}^2 \times 10^{-3})$	30,9
$A(1/h)$	520
M_{Bstd}	22
$M_{\text{Bmax}}(\text{N}\cdot\text{m})$	11
Pisua (Kg)	56,4