



INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

2017 / 2018

2MW ARDATZ HORIZONTALLEKO AEROSORGAILU BATEN TRANSMISIOAREN DISEINU MEKANIKOA

2. DOKUMENTUA: MEMORIA

IKASLEAREN DATUAK

IZENA GORKA
ABIZENAK LORENZO FERNANDEZ

Sinadura

DATA 2017-11-13

ZUZENDARIAREN DATUAK

IZENA JUAN ANTONIO
ABIZENAK SANTOS PERA
SAILA ADIERAZPEN GRAFIKOA ETA INGENIARITZA PROIEKTUEN SAILA

Sinadura

DATA 2017-11-13

2. DOKUMENTUA: MEMORIA

2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA.....	3
2.2 PROIEKTUAREN HEDADURA	4
2.3 ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK.....	5
2.3.1 Lege araudiak eta arauak	5
2.3.2 Bibliografia	6
2.3.3 Kalkulu programak.....	7
2.3.4 Beste erreferentziak.....	7
2.4 DEFINIZIO ETA LABURDURAK	8
2.4.1 Laburdurak.....	8
2.4.2 Definizioak	15
2.5 DISEINURAKO BALDINTZAK.....	16
2.5.1. Bezeroak eskatutako produktuaren ezaugarri tekniko-komertzialak.....	16
2.5.2. Parke Eolikoaren kokapena	17
2.5.3. Ingurune Politiko-Legalak Mugatutakoa	18
2.6 EBATZIEN AZTERLANAK	18
2.6.1 Aerosorgailu motak	18
2.6.1.1 Translaziozko Aerosorgailuak	18
2.6.1.2 Errotaziozko Aerosorgailuak	19
2.6.1.2.1 Ardatz Bertikaleko Aerosorgailuak (VAWT).....	19
2.6.1.2.2 Ardatz Horizontaleko Aerosorgailuak (HAWT)	21
2.6.2 Aerosorgailuaren osagaiak	24
2.6.2.1 Palak	24
2.6.2.2 Bujea	26
2.6.2.3 Gondola.....	27
2.6.2.4 Brida.....	28
2.6.2.5 Ardatz Geldoa	28
2.6.2.6 Biderkatzailea.....	29
2.6.2.7 Ardatz Arina	31
2.6.2.8 Balazta	31
2.6.2.9 Sorgailua	32
2.6.2.10 Anemometroa.....	34
2.6.2.11 Beleta	35
2.6.2.12 Potentzia eta Abiadura kontrol sistema	35
2.6.2.13 Orientatze sistema	36
2.6.2.14 Dorrea	37

2.7 HARTUTAKO EBATZIA	38
2.7.1 Funtzionamendua	38
2.7.2 Osagaiak.....	39
2.7.2.1 Ardatz geldoa	39
2.7.2.2 Biderkatzailea	40
2.7.2.2.1 Lehenengo etapa	41
2.7.2.2.1.1 Porta planeta.....	42
2.7.2.2.1.2 Koroa engranajea.....	42
2.7.2.2.1.3 Planeta ardatza	43
2.7.2.2.1.4 Planeta engranajea	44
2.7.2.2.1.5 Eguzki engranaje ardatza.....	45
2.7.2.2.1.6 Planeta errodamenduak.....	46
2.7.2.2.2 Bigarren etapa	46
2.7.2.2.2.1 Porta planeta.....	47
2.7.2.2.2.2 Koroa engranajea.....	48
2.7.2.2.2.3 Planeta ardatza	49
2.7.2.2.2.4 Planeta engranajea	49
2.7.2.2.2.5 Eguzki engranaje ardatza.....	50
2.7.2.2.2.6 Planeta errodamenduak.....	51
2.7.2.2.3 Hirugarren etapa.....	51
2.7.2.2.3.1 Gurpil handia	52
2.7.2.2.3.2 Gurpil txikia	53
2.7.2.2.4 Karkasa	54
2.7.2.2.5 Erretenak	57
2.7.2.3 Ardatz arina.....	57
2.7.2.4 Akoplamendua	58
2.7.2.5 Orientazio sistema.....	58
2.8 PLANIFIKAZIOA.....	59
2.9 PROIEKTUAREN KOSTUA	59

2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA

Proiektu honen helburua 2MW ardatz horizontaleko aerosorgailu baten transmisioaren diseinu mekanikoa burutzea da, “El Abra” Bilboko portuan dagoen parke eolikoa handitzeko asmoz (*kokapenaren zehaztapena 2.5.2. atalean*). Horretarako 2MW-ko eta hiru paladun aerosorgailua jarriko da eta honen diseinu mekanikoa egingo da.

3. Dokumentuan (Kalkuluak) agertzen diren kalkuluetan oinarrituz, aerosorgailuaren muntatzerako eta funtzionamendurako beharrezkoak diren osagaiak, indarrak eta diametroak diseinatu dira, norma eta lege guztiak errespetatuz.

Produktua (Transmisioa) Gamesa enpresarentzako izango da eta bere helburua haizeak paletan eragiten duen biraketa zirkularra (energia zinetikoa), energia elektrikoan eraldatzea izango da, biraketa hori abiadura transmitituz, ondoren abiadura handiago batetan aldatuz eta azkenik sorgailura biraketa hori eramanez.

Ponparen osagaiak normalizatuak izatea saiatuko da, bideragarria den momentu guztietan, proiektuaren presioak minimizatzeko.



Irudia 2.1: El Abra portuko parke eolikoa

Proiektugilea:

Izen-abizenak: Lorenzo Fernandez, Gorka

Titulazioa: Mekanikoa

NAN: 78957282-F

2.2 PROIEKTUAREN HEDADURA

Proiektu hau diseinu proiektu bat izango da, aerosorgailuaren transmisioaren atal mekanikoak soilik aztertu eta diseinatuko dira, diseinu elektrikoa, elektronikoa eta zimendapena beste proiektu batzuen helburu izango direlarik.

Proiektu hau UNE 157001-2002 araudiaren araberrako dokumentazio izango du, exekuzio proiektua beste pertsona batzuen esku geratuko da.

Proiektuaren hedadurari dagokionez, bi zatitan banatzen da. Alde batetik aerosorgailuaren mugimendua ahalbidetzen duten piezak eta bestetik, mugimendu hau, sorgailura transmititzen duten piezak daude.

Aerosorgailuaren funtzionamendua egokia izateko lehendabizi haizeak paletan eragiten duen indarrak aztertuko dira indar hauek sortzen duten mugimenduarekin batera. Ondoren errorea dimentsioak jakinda (bezeroak eskainitakoa) pisua zehaztuko da, ondoren, errorearen biraketa abiadura jakinda, transmisioa diseinatuz. Erroreari dagokionez, kalkuluak bakarrik burutuko dira, honen diseinua (pala perfila, pisua edo dimentsioak adibidez) bezeroak zehaztuko ditu.

Transmisioari dagokionez, brida, errorea eta transmisioa konektatzeko erabiliko da, ardatz geldoari biraketa abiadura transmitituz eta ondoren biderkatzailean abiadura handitzeko asmoz. Azkenik, biderkatzailearen irteeran ardatz arina egongo da sorgailuarekin konektatuko dena. Elementuak modu egokian diseinatu behar dira konexioak errazteko eta bibrazioak ekiditeko.

Sorgailua ez da diseinatuko eta aerosorgailuaren elementu elektriko eta elektronikoa ez dira burutuko.

2.3 ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK

2.3.1 Lege araudiak eta arauak

- UNE 157001-2002 (Proiektuak lantzeko irizpide orokorrak) IEC 61400-1 (Aerosorgailu diseinu eskaerak)
- IEC 61400-1 (Aerosorgailuak, Diseinu baldintzak)
- IEC 61400-4 (Aerosorgailuen biderkatzaileen diseinu eskaerak)
- ISO 15787: 2001 (Produktuen dokumentazio teknikoa)
- ISO 12925-1 (Lubrifikatzaileak, olio industrialak eta erlazionatutako produktuak)
- ISO 286- (Tolerantzi, limite eta doitze sistema)
- ISO 1302:2002 (Gainazal akabera)
- UNE 36-011-75 (Altzairu ez aleatuak tenplaketa eta irautua)
- UNE 36252 (Moldeatutako altzairu ez aleatua)
- UNE-EN ISO 12100:2012 Araua, Makinen Segurtasuna. Arriskuen Ebaluaziorako Oinarriak
- ANSI/AGMA/AWEA 6006-A03 “Standar for Design and Specification of Gearboxes for wind turbines” American Manufactures Association

Osagai arautuak:

- Código ASME (Ardatz dimentsionamendua)
- DIN 471 (Segurtasun eraztun estandarizazioa)
- DIN 933, DIN 931 (Torlojuen estandarizazioa)
- DIN 3760 (Erreteren estandarizazioa)
- DIN 6885 (Txabeten estandarizazioa)
- DIN 5480 (Ardatz artekatua)
- ISO 6336 (Engranajeen kalkulua)
- ISO/TR (Engranaje tren itxiak aplikazio industrialentzako)
- ANSI/AGMA 6123 (Engranaje tren epizikloidal itxien diseinu manuala)
- ISO 76 (Errodamendu Karga estatiko kapazitatea)
- ISO 281 (Errodamenduen karga dinamiko kapazitatea eta bizona nominala)
- ISO 683 (Errodamenduentzako altzairua)

Errege dekretuak:

- 31/1995 Azaroak 8, Lan-arriskuen Prebentziorako Legea
- 485/1997 Apirilak 14 Errege Dekretua, Lantokien Segurtasunaren Seinaleztapena
- 486/1997 Apirilak 14 Errege Dekretua, Lantokien Segurtasuna eta Osasuna
- 1215/1997 Uztaila 18 Errege Dekretua, Lan Ekipoen Erabilera
- 1302/1986 Errege dekretua, Ingurune-Inpaktuaren azterlana
- 21/1992 Uztailak 16, Industria Legedia
- 48/2003 Azaroak 26, portuen erregimen ekonomiko eta zerbitzu prestazioa. Portuetako parke eolikoentzako.

2.3.2 Bibliografia

- [1] MIGUEL VILLARUBIA “La ingenieria de la energia eolica” 1 edizioa, Bartzelona 2012
- [2] MIGUEL VILLARUBIA “Energia Eolica” Madril 2004
- [3] Bernad J. Hamrock. Bo o. Jakobson, Steven R. Schmid “Elementos de maquinas” Editorial McGraw
- [4] “Manual de diseño de Estructuras de acero” 2. Edizioa. Icha 2008
- [5] Decker liburua “Elementos de maquinas” Editorial Urmo. Bilbao
- [6] Robert L. Norton “Diseño de maquinas” Editorial Pearson, Mexiko
- [7] Richard G. Budynas eta J. Keith Nijbett “Diseño en ingenieria mecanica se Shidley” Editorial McGraw Mexiko 2004
- [8] David B. Dooner “Kinematic geometry of gearing” Wiley, Singapur 2012
- [9] POMPER, VICTOR: “Mandos hidraulicos en las máquinas herramientas”. Editorial Blume, Barcelona 1969.
- [10] Jose Antonio Garcia Poggio “Aceros de alta resistencia” Editorial Montecorvo, Madril.

2.3.3 Kalkulu programak

-Autodesk inventor: Transmisioaren osagaien diseinurako erabiliko da. Programa honen bitartez piezak egin ahal izango dira eta normalizatuekin muntatuz transmisioa eraikiko da. Behin piezak eta muntaketa eginda daudenean, hauen planoak egiteko ere erabiliko da.

-Microsoft Project: proiektuaren egutegia (noiz egin beharko den ekintza bakoitza) egiteko erabili da.

2.3.4 Beste erreferentziak

Web-guneak:

- Google
- Wikipedia
- <http://atlaseolico.idae.es/>
- <http://www.traceparts.com/es/>
- <http://www.aenor.es/>
- <https://grabcad.com/library>
- <http://www.ingenierocivilinfo.com/>
- <https://www.schaeffler.es/content.schaeffler.es/es/index.jsp>

Katalogoak

- TIMKEN errodamendu konikoen katalogoa
- TIMKEN errodamendu zilindrikoen katalogoa
- SACK altzairu katalogoa
- ALMESA altzairu hodian katalogoa
- ROTHERDE dimentsio handiko errodamendu katalogoa
- EPIDOR erreten katalogoa
- OPAC txaberen katalogoa
- ROTOR CLIP segurtasun eraztun katalogoa
- BENERI segurtasun eraztun katalogoa
- KTR akoplamendu elastiko katalogoa

2.4 DEFINIZIO ETA LABURDURAK

2.4.1 Laburdurak

Laburdura	Definizioa	Unitateak
ρ	Dentsitatea	kg/cm^3
v_{nom}	Abiadura nominala	m/s
γ_m	Material partzialen segurtasun koefizientea	-
γ_f	Karga partzialen segurtasun koefizientea	-
g	Grabitatea	m/s^2
m_{buje}	Bujearen masa	kg
m_{palak}	Palen masa	kg
m_{rotor}	Errotorearen masa	kg
λ	"Tip Speed Ratio"	-
Pot	Potentzia	MW, ZP
N_R	Errotore biraketa abiadura	rpm
D_R	Errotore diametroa	m
R_R	Errotore erradioa	m
A_R	Errotore azalera	m^2
F_v	Indar bertikala	KN, N
F_{axi}	Indar axiala	KN, N
M_{flek}	Momentu flektorea	KNm, Nm
T	Momentu tortsoarea	KNm, Nm
R_{perno}	Pernoaren kokatze distantzia zentrotik	m
F_{perno}	Pernoek jasotako indarra	KN, N
n	Perno kantitatea	-
M_e	Pernoen metrika	-
$A_{ebakidura}$	Ebakidura azalera	mm^2
$\sigma_{ebakidura}$	Ebakidura tentsioa	MPa
t_e	Brida lodiera	mm
$A_{konpresio}$	Konpresio azalera	mm^2
$\sigma_{konpresio}$	Konpresio tentsioa	MPa

Laburdura	Definizioa	Unitateak
σ_{yp}	Fluentziarako erresistentzia	MPa
σ_u	Haustura tentsioa	MPa
σ_{adm}	Tentsio onartua	MPa
τ_{adm}	Ebakidura tentsio onartua	MPa
C_m	ASME koderako momentuaren koefizientea	-
C_t	ASME koderako tortsorearen koefizientea	-
CS	Segurtasun koefizientea	-
\varnothing_G	Ardatz geldoaren diametroa	mm
A_x	A euskarriko indar horizontala	N, KN
B_y	A euskarriko indar bertikala	N, KN
A_y	A euskarriko indar bertikala	N, KN
R_{talde}	Talde fidakortasuna	-
R	Fidakortasuna	-
L_{10}	Errodamendu bizitza nominala	milioi rpm
K_A	A euskarriko errodamenduaren faktorea	-
K_B	B euskarriko errodamenduaren faktorea	-
F_{aA}	A errodamenduko bultzada karga	KN
F_{aB}	B errodamenduko bultzada karga	KN
P_A	A errodamenduko karga dinamiko baliokidea	KN
P_B	B errodamenduko karga dinamiko baliokidea	KN
C	Kapazitate dinamiko	KN
C_A	A errodamenduko Kapazitate dinamiko	KN
C_B	B errodamenduko Kapazitate dinamiko	KN
δ_c	C puntuko gezia	mm
θ_A	A euskarriko angelua	rad
θ_B	B euskarriko angelua	rad
θ_{adm}	Onartutako angelua	rad
I	Inertzi momentua	mm ⁴
E	Young –en modulua	MPa
$W_{kritikoa}$	Abiadura kritikoa	rad/s, rpm
W_{geldoa}	Ardatz geldoaren abiadura	rad/s, rpm

Laburdura	Definizioa	Unitateak
L_t	Artekatuaren luzera	mm
K	Euste faktorea	-
h	Nerbio altuera	mm
Z	Hortz kopurua	-
P	Nerbio hegalean dagoen presioa	N/mm^2
F_u	Ardatzaren indar tangenziala	N
i	Transmisio erlazioa	-
Z_1	1 etapako eguzki engranaje hortz kopurua	-
Z_2	1 etapako planeta engranaje hortz kopurua	-
Z_3	1 etapako koroa engranaje hortz kopurua	-
Z_4	2 etapako eguzki engranaje hortz kopurua	-
Z_5	2 etapako planeta engranaje hortz kopurua	-
Z_6	2 etapako koroa engranaje hortz kopurua	-
Z_7	3 etapako engranaje handiaren hortz kopurua	-
Z_8	3 etapako engranaje txikiaren hortz kopurua	-
ω_1	1 etapako eguzki engranaje abiadura	rpm
ω_2	1 etapako planeta engranaje abiadura	rpm
ω_4	2 etapako eguzki engranaje abiadura	rpm
ω_5	2 etapako planeta engranaje abiadura	rpm
T_1	1 etapako eguzki engranajeak jasotako tortsioa	KNm, Nm
T_4	2 etapako eguzki engranajeak jasotako tortsioa	KNm, Nm
T_8	Ardatz arinak jasotako tortsioa	$KNm, kgcm$
$T_{Akoplamendua}$	Akoplamendua lan egingo duen tortsioa	KNm, Nm
$T_{planeta}$	Planeta ardatzak jasotako tortsioa	KNm, Nm
K_{adm}	Presio onargarria	kg/cm^2
AF	Aplikazio faktorea	-
α	Kontaktu angelua	$^\circ$
Y	Lewis faktorea	-
Ψ	Gia faktorea	-

Laburdura	Definizioa	Unitateak
m_{Lewis}	Lewis metodoarekin lortutako modulua	mm
m_{Hertz}	Hertz metodoarekin lortutako modulua	mm
$m_{1\ etapa}$	1 etapako modulua	mm
$m_{2\ etapa}$	2 etapako modulua	mm
m_n	Modulu erreala	mm
m_r	Modulu aparentea	mm
$D_{P.1}$	1 etapako eguzki engranajearen diametro primitiboa	mm
$D_{P.2}$	1 etapako planeta engranajearen diametro primitiboa	mm
$D_{P.3}$	1 etapako koroaren engranajearen diametro primitiboa	mm
$D_{P.4}$	2 etapako eguzki engranajearen diametro primitiboa	mm
$D_{P.5}$	2 etapako planeta engranajearen diametro primitiboa	mm
$D_{P.6}$	2 etapako koroaren engranajearen diametro primitiboa	mm
D_7	3 etapako gurpil handiaren diametro primitiboa	mm
D_8	3 etapako gurpil txikiaren diametro primitiboa	mm
$D_{B.1}$	1 etapako eguzki engranajearen barne diametroa	mm
$D_{B.2}$	1 etapako planeta engranajearen barne diametroa	mm
$D_{B.3}$	1 etapako koroaren engranajearen barne diametroa	mm
$D_{B.4}$	2 etapako eguzki engranajearen barne diametroa	mm
$D_{B.5}$	2 etapako planeta engranajearen barne diametroa	mm

Laburdura	Definizioa	Unitateak
$D_{B.6}$	2 etapako koroaren engranajearen barne diametroa	<i>mm</i>
$D_{B.7}$	3 etapako gurpil handiaren barne diametroa	<i>mm</i>
$D_{B.8}$	3 etapako gurpil txikiaren barne diametroa	<i>mm</i>
$D_{E.1}$	1 etapako eguzki engranajearen kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{E.2}$	1 etapako planeta engranajearen kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{E.3}$	1 etapako koroaren engranajearen kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{E.4}$	2 etapako eguzki engranajearen kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{E.5}$	2 etapako planeta engranajearen kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{E.6}$	2 etapako koroaren engranajearen kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{K.7}$	3 etapako gurpil handiaren kanpo diametroa	<i>mm</i>
$D_{K.8}$	3 etapako gurpil txikiaren kanpo diametroa	<i>mm</i>
b	Hortz zabalera	<i>mm</i>
h_a	Addendum	<i>mm</i>
h_b	Dedendum	<i>mm</i>
h_7	3 etapako gurpil handiaren hortz lodiera	<i>mm</i>
h_8	3 etapako gurpil txikiaren hortz lodiera	<i>mm</i>
a	Engranaje zentroen arteko distantzia	<i>m</i>
e_{abs}	Errore absolutua	%
e_{erl}	Errore erlatiboa	%
W	Errodadura kantitatea	<i>milioi errodadura</i>
α_a	Presio angelu aparentea	°
α_r	Presio angelu erreala	°
β_a	Inklinazio angelu aparentea	°
β_r	Inklinazio angelu erreala	°
ε_{78}	Estaldura gradua	-
E_7E_8	Engranatze hortz hasieratik, engranatze hortz amaierako zirkunferentzi basikoaren luzera	<i>cm</i>
Z_{V7}	3 etapa gurpil handiaren hortz kopuru birtuala	-
Z_{V8}	3 etapa gurpil txikiaren hortz kopuru birtuala	-

Laburdura	Definizioa	Unitateak
a_{78}	3 etapa gurpilen zentroen arteko distantzia	<i>mm</i>
b_7	3 etapa gurpilen handiaren hortz zabalera	<i>mm</i>
b_8	3 etapa gurpilen txikiaren hortz zabalera	<i>mm</i>
F_r	Indar erradiala	<i>KN</i>
F_a	Indar axiala	<i>KN</i>
M_a	Indar axiala sortutako momentua	<i>KNm</i>
R_A	A euskarriko indar erresultantea	<i>KN</i>
R_B	B euskarriko indar erresultantea	<i>KN</i>
M_{Tot}	Momentu erresultantea	<i>KNm</i>
P	Bankadaren pisua	<i>kg</i>
$V_{eguzki 1}$	1 etapako eguzki engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{eguzki 1}$	1 etapako eguzki engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{eguzki 2}$	2 etapako eguzki engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{eguzki 2}$	2 etapako eguzki engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{planeta 1}$	1 etapako planeta engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{T.eguzki 1}$	1 etapako planeta engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{planeta 2}$	2 etapako planeta engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{T.eguzki 2}$	2 etapako planeta engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{port 1}$	1 etapako planeta engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{port 1}$	1 etapako planeta engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{port 2}$	2 etapako porta planeta bolumena	<i>cm³</i>
$m_{port 2}$	2 etapako porta planeta masa	<i>kg</i>
$V_{koroa 1}$	1 etapako koroa engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{koroa 1}$	1 etapako koroa engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{koroa 2}$	2 etapako koroa engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{koroa 2}$	2 etapako koroa engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{planeta ard.1}$	1 etapako koroa engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{planeta ard.1}$	1 etapako koroa engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{planeta ard.2}$	2 etapako koroa engranajearen bolumena	<i>cm³</i>
$m_{planeta ard.2}$	2 etapako koroa engranajearen masa	<i>kg</i>
$V_{gurpil H}$	3 etapako gurpil handiaren bolumena	<i>cm³</i>
$m_{gurpil H}$	3 etapako gurpil handiaren masa	<i>kg</i>
$V_{gurpil T}$	3 etapako gurpil txikiaren bolumena	<i>cm³</i>

Laburdura	Definizioa	Unitateak
$m_{gurpil\ T}$	3 etapako gurpil txikiaren masa	kg
V_{Arina}	Ardatz arinaren bolumena	cm^3
m_{Arina}	Ardatza arinaren masa	kg
m_{total}	Masa totala	kg
$Y_{p\ max}$	P kargak sortutako gezia	m
x	Deflexio maximoko distantzia	m
t	Karkasa lodiera	mm
σ_{lan}	Lan tentsioa	kg/cm^2
q	Wissman koefizientea	-
U	Indar tangenziala	kg, N
τ	Ebakidura tentsioa	MPa
$r_{A.p.}$	Planeta ardatzaren erradioa	mm
$\varnothing_{A.p.}$	Planeta ardatzaren diametroa	mm
V_y	Ebakidura indarra	N
$\varnothing_{A.1}$	1 etapako eguzki ardatzaren diametroa	mm
$\varnothing_{A.4}$	2 etapako eguzki ardatzaren diametroa	mm
\varnothing_8	Ardatz arinaren diametroa	mm
$\omega_{sorgailu}$	Sorgailuaren biraketa abiadura	rpm
Q_{oil}	Lubrifikatzaile kantitatea	L
V_{40}	Biskositate zinematikoa 40°-tan	mm^2/s
V_t	Engranajeen kontaktu pausuaren abiadura	m/s
N	Dorreak jasotako indar bertikala	KN
M_k	Dorreak jasandako momentua	KNm
G	Dimentsio handiko errodamenduen bizitza	bira
l	Txabetaren luzera	mm
b_t	Txabetaren zabalera	mm
h_t	Txabetaren altuera	mm

Taula 2.1: Laburdurak

2.4.2 Definizioak

- **Indarra:**
Solido batek beste gorputz baten gainean egiten duen akzioa da.
- **Momentua:**
Gorputz bat osatzen duten partikulen masak, erreferentzia batekiko biratzeko duen inertzia da.
- **Momentu tortsorea edo parea:**
Ardatzarekiko indar tangenzial batek eragiten duen biraketa edo indar momentua, motorrak edo bestelako elementu batek garatzen eta transmititzen duena.
- **Errendimendua:**
Motor batek erabilgarri duen energiaren eta sistemari emandako energiaren arteko erlazioa. Energia mota baten bihurtze edo transmisio prozesuan lortzen den potentzia erabilgarriaren eta hasierako potentziaren arteko erlazioa, ehunekotan adierazia.
- **Abiadura:**
Gorputz batek burutzen duen distantziaren edo bira kopuruaren eta hori burutzeko behar duen denboraren arteko erlazioa, gorputzak denbora unitateko duen aurrerapena edo biraketa.
- **Potentzia:**
Gorputz batek denbora unitatean egiten edo transmititzen duen lan edo energia kantitatea.
- **Marruskadura edo frikzioa:**
Kontaktuan dauden bi gorputzen gainazalen arteko labaintetari edo errodadurari kontra egiten dion indarra.
- **Diametroa:**
Zirkunferentziaren zentrotik igarota, zirkunferentzia beraren kurbaren bi puntu lotzen dituen lerro zuzena da.
- **Modulu elastikoa:**
Materialen propietatea da. Magnitude hau gero eta handiagoa izan, deformazioa txikiagoa izango da indar berdin baten aurrean. Altzairuaren kasuan
 $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

2.5 DISEINURAKO BALDINTZAK

2.5.1. Bezeroak eskatutako produktuaren ezaugarri tekniko-komertzialak

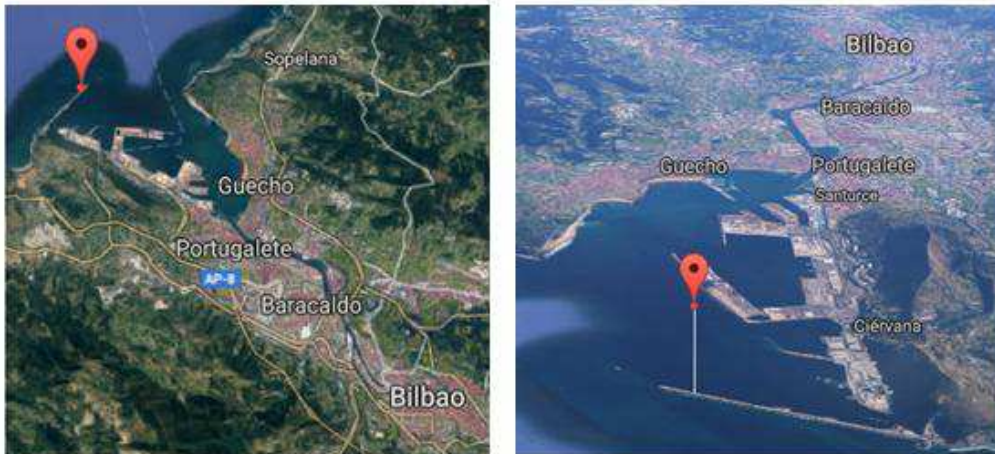
- Ardatz horizontaleko aerosorgailua
- Hiru paladun errotorea
- Haizealde orientatuta (*Barlovento*)
- Kokapena: "El Abra" Parke eolikoan, Bilboko portuan
- Potentzia nominala: 2 MW
- Abiadura nominala: 17 m/s
- Abiarazte abiadura: 4 m/s
- Deskonektatze abiadura: 25 m/s
- Dorrearen altuera: 78 m
- Motorra elektrikoa: 1.500 r.p.m.
- Sarrerako ardatzaren abiadura: 9 r.p.m. – 19 r.p.m.

2.5.2. Parke Eolikoaren kokapena

Aerosorgailua Bizkaiko Autonomi erkidegoan kokatuko da, hain zuzen ere, “El Abra” Bilboko portuan dagoen parke eolikoan. Portuan dagoenez, bere altitudea 0 metrotakoa izango da baina errotorea 78 metroko altuera izango duen dorrean kokatuko da.

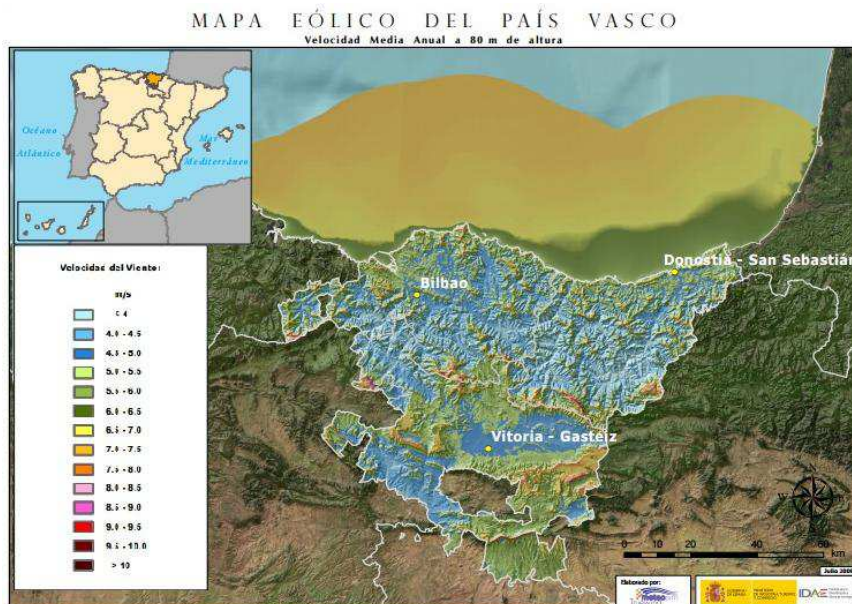
UTM koordenatuak:

43° 22'33.0'' N (Iparraldea) 3° 05'14.7'' W (Mendebaldea)



Irudia 2.2: El Abra portuko kokapena

Kokapen honetan ematen diren haizearen baldintzak, gobernuak eskaintzen duen Espainiako Atlas Eoikotik (IDAE) aterata daude. Baldintzak honako hauek dira:



Irudia 2.3: Euskal Herriko mapa eolikoa

Airearen dentsitatea: $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$

Haizearen batez-besteko abiadura: $V_m = 6,5 \text{ m/s}$

2.5.3. Ingurune Politiko-Legalak Mugatutakoa

- Azaroak 26, 48/2003 Legea. Portuen erregimen ekonomiko eta zerbitzu prestazioa. Portuetan kokatutako parke eolikoentzako.

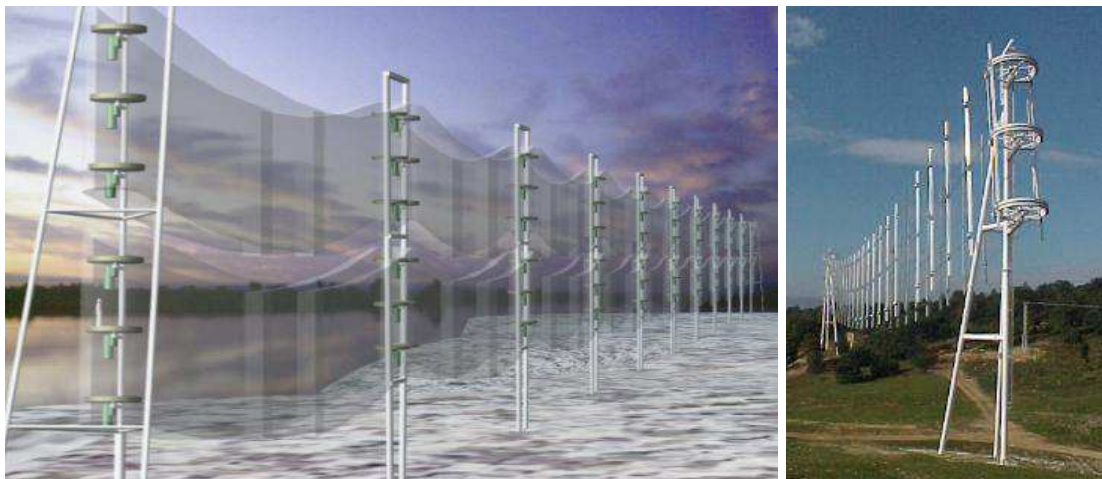
2.6 EBATZIEN AZTERLANAK

2.6.1 Aerosorgailu motak

2.6.1.1 Translaziozko Aerosorgailuak

Gaur egun garatzen ari den teknologia da. Aerosorgailu hauek, beraien artean askoengatik bananduta dauden zutabe askorekin osatzen da. Zutabe hauen goiko aldean, polea batzuk daude, gida moduan erabiltzen direnak zutabeen artean dauden kabledun poligonoentzako eta pala angeluzuzen batzuk eusten dituztenak. Sorgailu elektrikoak poleetan akoplatzen dira eta energia transformatzeaz arduratzen da 100kW eta 300kW potentziak lortuz.

Mota honetako aerosorgailuak, presa modu batekoak dira baina ura beharrean, haizea erabiltzen da, palak haizearen kontra jarriz eta hauek poleen eta kableen artean desplazatuz. Mota honetakoak diren aerosorgailuak duten abantaila nagusia, 6 m/s haize abiadura baino txikiagoko haizea aprobetxatzen dituela da.



Irudia 2.4: Translaziozko aerosorgailuak

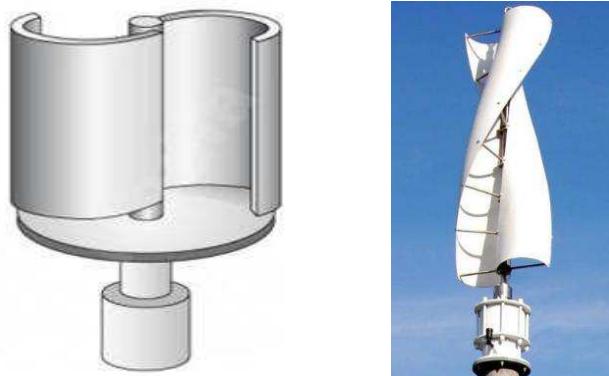
2. 6.1.2 Errotaziozko Aerosorgailuak

2.6.1.2.1 Ardatz Bertikaleko Aerosorgailuak (VAWT)

Ardatz bertikaleko aerosorgailuak, VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) ere deituak ardatz horizontalekoak baino gutxiago hedatuak edo erabiliak dira arrazoi tekniko eta ekonomikoengatik. Mota honetako aerosorgailuak duten abantaila, haizea aprobetxatzeko orientazio sistema ez duela behar da. Gainera, sorgailua eta kontrol sistemak lurzoruan daude eta honek sistema errazten du. Bi motako aerosorgailu bertikal daude, Savonius eta Darrieus.

-SAVONIUS:

Savonius motako aerosorgailuak zilindro erdiko palak, normalean helikoidalak, osatzen ditu. Palak duten kurbadurari esker, haizeak palen kontra jotzen dutenean erresistentzia gutxiago erakusten dute haizeak palen alde egiten duenean baino. Aerosorgailu hauek abiarazte pareira dute.



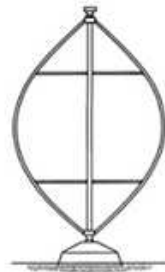
Irudia 2.5: Ardatz bertikaleko aerosorgailuak

Desabantaila moduan, arrasteko errotoreak dutenez, haizetik indar gutxiago lortzen da bere errendimendu eta biraketa abiadura txikia izanez, horregatik bere aplikazioak murriztuak dira, hain zuzen ere potentzia txikiak ekoiztu behar direnean erabiltzen da. Aipatu den moduan, abantaila giza, ez dute haizearen alde orientaziorik behar eta horrez gain, turbulentsiak soportatzen ditu eta abiarazte pareira oso txikia da.

Aplikazio motak, kontsumo gutxiko gailuetarako erabiltzen da, hala nola, telekomunikazio errepikatzaileak, itsasoko balizak edo ponpak energia emateko erabiltzen dira.

-DARRIEUS:

Mota honetako aerosorgailuak, bi edo hiru pala (perfila C formakoak) osatzen dute, ardatz bertikal baten inguruan biraka daudenak. Palen eustea erabiltzen du, palen perfila dela eta presio distribuzio desberdinak sor ditzakeelako eta oreka estrukturala bermatzeko. Abiarazte pare ahula dute 2 m/s ko abiadurekin abiarazten dira eta hau abiarazteko, motor sekundario baten laguntza behar du turbulentiengatik agertzen de efizientzi galera jasateko.



Irudia 2.6: Darrieus aerosorgailu bertikala

Savonius baino efizientzia handiagoa erakusten dute, ardatz horizontaleko turbinen errendimendu eta abiadura lor dezakete haien perfil aerodinamikoarengatik. Beste abantailen artean, sorgailua eta beste makineria lurzoruan kokatzen dela dago eta baita ere, haizearen norabidea edozein izanda lan egin dezakeela, haize bertikala barne.

Aipatu den moduan abiarazte pare ia nulua da, ondorioz, batzutan aerosorgailu Mistoa Darrieus-Savonius erabiltzen da.



Irudia 2.7: Darrieus-Savonius aerosorgailua

2.6.1.2.2 Ardatz Horizontaleko Aerosorgailuak (HAWT)

Aerosorgailuak sor ditzaketen potentziaren arabera sailkatu daitezke, potentzia txikiko eta potentzia handiko aerosorgailu taldetan.

Potentzia txikiko aerosorgailuak $P < 10\text{kW}$ baino gutxiagoko mikroturbinak daude. Bere aplikazio ingurunea turbina multipala geldoetan (ura ateratzeko edo ponpatzeko), komunikazio ekipoak eta seinale elektrikoak hornitzeko erabiltzen dira. Potentzia txikiko aerosorgailuen artean, 10 eta 100 kW arteko potentziadunak daude. Hauek eztanda motore edo energia fotovoltaikoko sistemak hornitzeko erabiltzen dira.

Potentzia ertaineko aerosorgailuak 100kW eta 1Mw koak daude. Energia elektrikoa sortzeko modu industrialean erabiltzen da ondoren sarera garraiatzeko.

Potentzia handiko aerosorgailuak 1Mw baino gehiago duten aerosorgailuak daude. Parke eolikoek energi ekoizpen handirako erabiltzen dira energi elektrikoa sarera garraiatzeko.

-Errotore multipala Aerosorgailua:

Mota honetako errotorea duten aerosorgailuak ere, aerosorgailu geldoak deritze eta haien ezaugarri nagusia 6 eta 24 pala bitarte dituzte, 3m eta 10m diametroko bitarteko errotorea osatzen dutenak. Abiarazte pareo osoa altua dute haien sendotasunagatik eta arrazoi beragatik haien abiadura oso txikia da. Paletako ertzetan dagoen abiadura lineala, haizearen berdina da eta horregatik ez da energia ekoizteko erabiltzen, baizik eta, ura ponpatzeko edo antzeko aplikazioetarako.



Irudia 2.8: Errotore multipala aerosorgailua

-Helize errore Aerosorgailua:

Mota honetako aerosorgailuak, aerosorgailu azkarrak dira haien palen hertzean duten abiadura lineala 6 eta 14 aldiz handiagoa da. Horregatik, mota honetako aerosorgailuak egokiagoak dira energi elektrikoa sortzeko abiarazte pare txikia dutelako 3 eta 5 m/s-koa.

Hiru motako aerosorgailu daude, monopala, bipala eta hirupala.

Monopaladunak abiadura oso altuak hartzera heltzen dira baina desabantaila asko aurkezten dute pala bakarra eta kontrapisua besterik osatzen dutelako (2.8 irudia). Desabantaila horietako bat zarata asko sortzen duela da, bere mugimendu ez oso orekatuagatik bibrazioak paletan sortuz eta ondorioz bere muntaketa eta fabrikazioa txikiagotuz. Haien diseinuan aurrerapenak egiten ari dira arazoak saihesteko baina gaur egin sare ahulak hornitzeko erabiltzen dira.



Irudia 2.8: Helize errore aerosorgailua

Bipaladunak, monopaladunen kontrapisua beste palarengatik aldatzen du baijan biraketan ere desorekak eta oszilazioak gertatzen dira batez ere palak dorrearen aurretik pasatzen direnean. Hau arazo bat ez izateko, bujea oszilatzea behartzen du bizitza erabilgarria luzatzeko, baina bere diseinua konplexuagoa da. Gertaera honekin batera inpaktu akustikoa eta abiadura oso arina dela eta, modelo honetako aerosorgailuak gutxi erabili izatea ekarri du.



Irudia 2.9: Bipaladun aerosorgailua

Aerosorgailu hirupalak hirugarren pala bat sisteman integratzean datza, multzoa oreka lortuz palen artean 120° angelua osatuz. Modelo honetan abiadura murriztu egiten da baina arina izaten jarraituz eta zarataren arazoa ezabatu egiten da. Bere disposizioa mekanikoki eta bisualki orekatuagoa dago, bujearen diseinu konplexua ekidinez. Koste gehien duen aerosorgailua da baina bere kostua eta efizientzia konparatuz pena merezi duen modeloa da eta horregatik da aerosorgailu handien artean mota komertzialena.



Irudia 2.10: Hirupaladun aerosorgailua

2.6.2 Aerosorgailuaren osagaiak

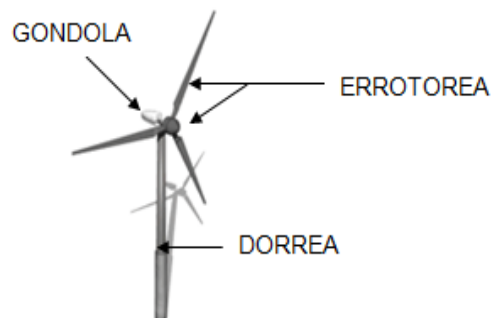
Aerosorgailua osatzen duten hainbat atal daude, hala nola, errotoarea, gondola eta dorrea. Hauek dira aerosorgailua osatzen duten osagaiak:

ERROTOREA (*Haize eraginez biraka ari diren osagaiak*)

- 1- Palak
- 2- Bujea

GONDOLA

- 3- Gondola
- 4- Brida
- 5- Ardatz geldoa
- 6- Biderkatzailea
- 7- Ardatz arina
- 8- Balazta
- 9- Sorgailua
- 10- Anemometroa
- 11- Beleta
- 12- Potentzia eta abiadura kontrol sistema



Irudia 2.11: Aerosorgailu horizontaleko atalak

DORREA

- 13- Orientatze sistema
- 14- Dorrea

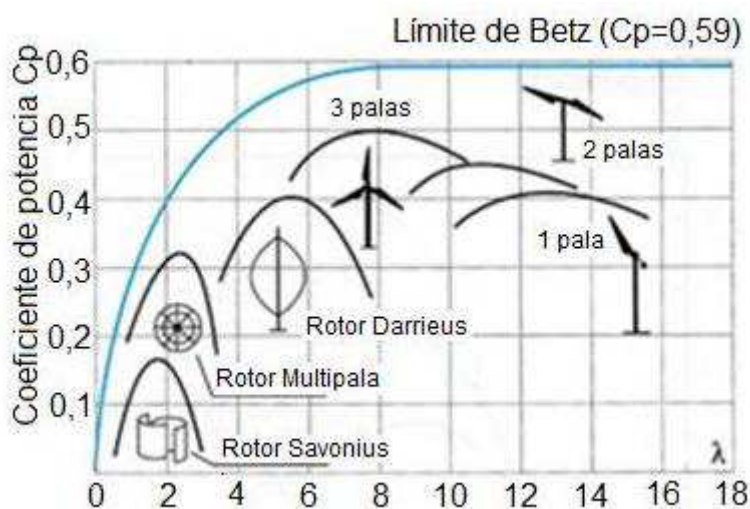
2.6.2.1 Palak

Palak aerosorgailuaren atal oso garrantzitsua da izan ere haizearen abiadura aprobetxatuko duen gailuak baitira. Palen perfilaren arabera haizearen abiadura biltzeko desberdina izango da eta ondorioz, hauen diseinua oso garrantzitsua da efizientzia altua izateko.

Aipatu den moduan, palak haizearen energi zinetikoa aprobetxatu egiten du, hauek haizearen eraginez eta haien diseinu aerodinamikoarengatik biratzen hasiz eta mugimendu birakari hori ardatz geldora transmitituz. Palen eraginkortasuna handiena izateko, palen perfila haizearen norabidearekiko perpendikularki egon behar da.

Aerosorgailu motaren arabera, pala kantitate determinatu bat edukiko du eta kantitate horren arabera, potentzia koefizientea desberdina izango da. Pala gutxi erabiliz gero (1 edo 2 pala) potentzi koefizientea %10 handiagoa da, 2 edo 3 palena %4 eta 3 palena %1. Arrazoi honegatik erabilienak 3 paladunak dira hazkuntza txikiena baitu.

Hurrengo grafikoan ikus daiteke potentzi faktorea, abiadura espezifikoa eta pala kantitatea erlazionatzen duen grafikoa:



Palen perfilaren arabera portaera eta abiadura espezifikoa bat izango dute. Perfil erabiliena NACA perfila da aeronautikan ere erabiltzen dena baina baita ere beste perfil batzuk daude, hala nola, DU, FFA-W3, R.A.F. etab.



Irudia 2.12: NACA 6315 perfila

Perfilaren eta perfilaren zenbakiaren arabera, katalogoek perfilaren dimentsioak eta ezaugarriak erakusten dituzte, neurriak, lodiera erlatiboa, atake ertza, etab. Adieraziz.

Palen materialari dagokionez palak konposatuak izaten dira, batez ere, beira zuntzezkoak poliesterreko erretxina batekin konbinatuta edo poliepoxydo erretxinarekin (EPOXY erretxina), nekera erresistentea eta arinak direlako. Palak material hauekin fabrikatuz gero, ez du fabrikazio sistema konplexurik

behar eta gainera eroankortasun elektriko baxua du, tximisten aurka babes ona erakutsiz.

Palen erresistentzia eta portaera aztertzeko entsegu desberdinetan frogatzen dira. Lehenik, entsegu estatikoa palak bi karga norabide desberdinekoak jasanez. Bigarrena, analisi dinamikora, palaren frekuentzi naturalaren oszilaziora jarriz eta pitzadura eta deformazioak aztertuz. Azkenik, material berrientzako batez ere, entsegu estatiko bat egiten da karga bakarra aplikatuz, hauskortasuna aztertzeko.

2.6.2.2 Bujea

Bujea, palak eta biratze sistema lotzen dituen atala da, normalean altzairuzkoak, beharrezkoa den erresistentziagatik. Gehienetan, hirupalen kasuan adibidez, palak bujera torloju bidez lotzen dira eta bujea biratze ardatzarekin modu zurrunean konektatzen da. Lotura modu honen bitartez eginez gero, haizearen eraginez paletan sortutako kargak zuzenean transmisioan edukiko dute eragina.

Baina beste aerosorgailu batzuetan, bipaladunak adibidez, bujea euskarrira modu solteago batean konektatzen da transmisioari mugimendu askatasun pixka bat emanez, bujean sortzen diren kargak gutxiagotuz.

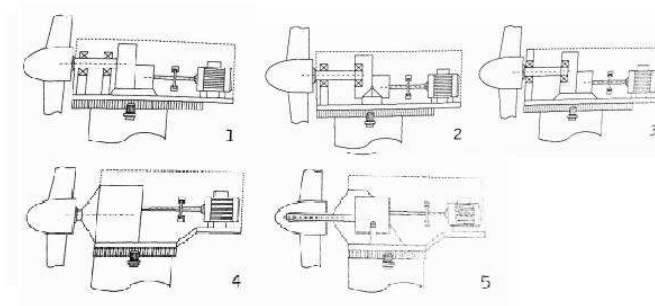


Irudia 2.13: Bujea

2.6.2.3 Gondola

Gondola aerosorgailuaren goiko partean eta transmisioa barneratzen duen xasisa da (2.14 irudia). Bere barnean ardatz geldoa, biderkatzailea, ardatz arina, balazta eta sorgailua daude. Kanpoaldean anemometroa eta beleta daude, haizearen abiadura eta norabidea detektatzeko eta modu honetan haizera orientatu ahal izateko.

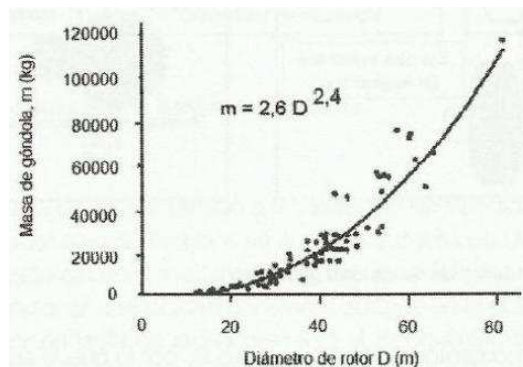
Gondolaren barnealdean dauden elementuen kokapena eta muntai desberdinak daude:



Irudia 2.14: *Gondolaren disposizioak*

Gondolaren funtzio nagusiak, transmisioa babestea eta zarata soina murriztea da. Horretarako, palen antzera, beira zuntz batekin eginda dago baina altzairuzkoak ere izan daitezke. Beletak haizearen norabidea jakiterakoan ordenagailu batera bidaltzen du norabide hori eta gondola dorrearen inguruan biratzen hasiko da, horretarako, barne horzdun errodamendua du, pinazi eta motor elektriko batekin eragintzen dena, gondola haizearekiko perpendikularki utziz.

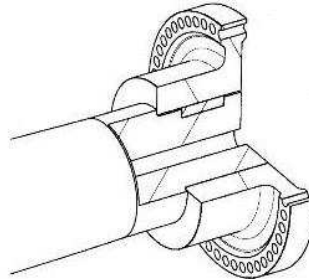
Badaude esperimentalki lortu diren grafiko batzuk, zeintzuk gondolaren pisuaren estimazio bat adierazten da errotorearen diametroaren arabera.



Irudia 2.15: *Errotore diametro- gondola masa grafikoa*

2.6.2.4 Brida

Brida bujea eta transmisioa konektatzen duen akoplamendua da, biraketa transmititzeko erabiltzen dena. Brida elementu zirkularra izaten da normalean eta bere baitan, zirkulua osatuz, hainbat torloju daude indarrak jasango dituztenak.



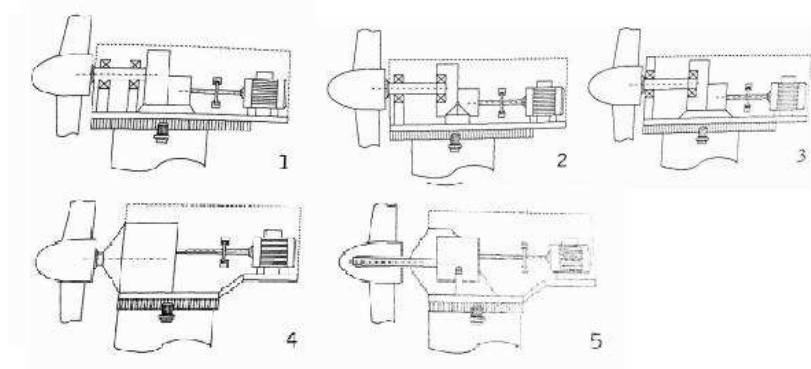
Irudia 2.16: *Brida*

2.6.2.5 Ardatz Geldoa

Ardatz geldoa bridaren bitartez errotorera konektatuta dago alde batetik, eta bestetik, biderkatzaileera konektatuta dago. Palek sortutako par tortsorea jasaten du eta hau eusteko, errodamenduak edo kojinetek jartzen dira euskarri giza. Euskarrien arabera mota desberdinetako muntaiak daude da:

1- Euskarri separatuak duen ardatza:

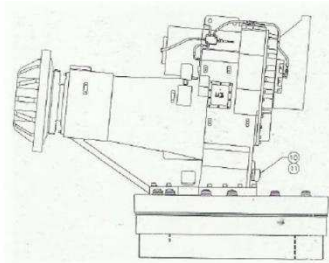
Muntai honetako ardatz geldoek bi euskarri ditu, zeintzuk bankada baten bidez aerosorgailuaren dorrean muntatuta egongo dira. Dorrera muntatuta daudenez, errotorean sortutako kargak dorrera transmititzen dira eta ondorioz, abantaila giza, biderkatzaileak par tortsorea jasan behar duela bakarrik. Gainera, kojinetek edo errodamendu komertzialak erabil daitezke aukera desberdinak eskainiz. Baina euskarriak gondola barruan daudenez, pisua handitu egiten da. Euskarriak dispozizio desberdinetan egon daitezke gondolan:



Irudia 2.17: *Gondolaren dispozizioak*

2- Biderkatzailean eutsitako ardatza:

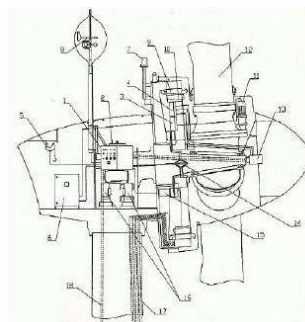
Mota honetako muntaian, ardatz geldoa biderkatzailean eusten da guztiz biderkatzailea bankada moduan lan eginez, baina ez da oso erabilia. Desabantaila nagusia kostua da, izan ere, euskarria biderkatzailearen barnean jartzeak, biderkatzailearen fabrikazio kostua handitzen baitu.



Irudia 2.18: Biderkatzailean eutsitako ardatza

3- Euskarri finkora konektatutako ardatza:

Mota honetako muntaietan, ardatz geldoaren momentu flectorea murriztu egiten da, errotorea euskarri finko batera lotuz brida batzuen bidez, zeintzuk momentu flectorea jasango duten eta ondorioz, ardatzaren dimentsioak txikituz.



Irudia 2.19: Euskarri finkora konektatutako ardatza

2.6.2.6 Biderkatzailea

Biderkatzailearen funtzioa, ardatz geldoaren biraketa abiadura aldatzea (kasu honetan handitzea) da. Abiadura aldaketa hau egin beharra dago, zeren eta, batzuetan ardatz geldoaren abiaduragatik, ardatzaren eta sorgailuaren akoplamendua ezin daiteke gauzatu.

Aerosorgailu geldoetan, pistoi ponpak martxan jartzeko, birabarkiaren arrabola eta ponparen abiadura errotorearena baino txikiagoa da. Kasu hauetan abiadura aldatzeko erreduktorea erabiltzen da.

Aerosorgailu arinetan, energi elektrikoa sortzeko motor sinkrono edo asinkronoa erabiltzen dira eta hauek erreboluzio handitan lan egiten dute (1000-1500 r.p.m.) polo kopuruaren arabera. Kasu honetan, biderkatzailea erabiliko da ardatz geldoaren abiadura handitzeko eta sorgailuaren abiadura nominalera heldu arte.

Abiadura aldatzeko, transformazio erlazioa oso garrantzitsua da, erlazio hori sarrera abiadura eta irteera abiadura kontuan hartuta. Erlazio hau $1:m$ adierazten da, irteera abiadura sarrerakoa baino m aldiz handiagoa izanik.

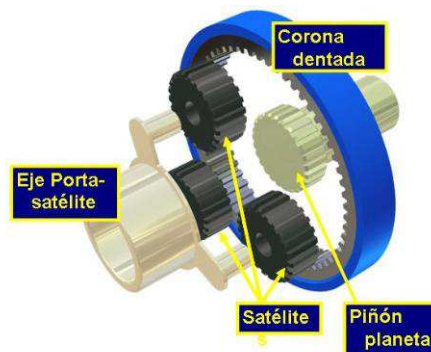
Momentu tortsorea handiak jasan behar dituzenez, bere disposizioa desberdina izango da. Potentzia txikiko eta ertaineko aerosorgailuentzako, potentziagatik, normalean ardatz paralelodun disposizioa erabiltzen da.



Irudia 2.20: Ardatz paralelo disposizioa

Ardatz paraleloen kasuan engranajeak helikoidalak izan behar dira zuzenak baino potentzia gehiago transmititzen dutelako, zarata gutxiago egiten dute eta gehiago irauten baitute.

Potentzia handiko aerosorgailuentzako, biderkatzaile planetarioak erabiltzen dira. Planetarioak erresistenteagoak dira eta pisu txikiagoa dute eta horregatik erabiltzen dira gehiago. Bere konposizioa koroa, ardatz porta satelitea, planeta pinazia eta sateliteak daude.



Irudia 2.21: Etapa planetario osagaiak

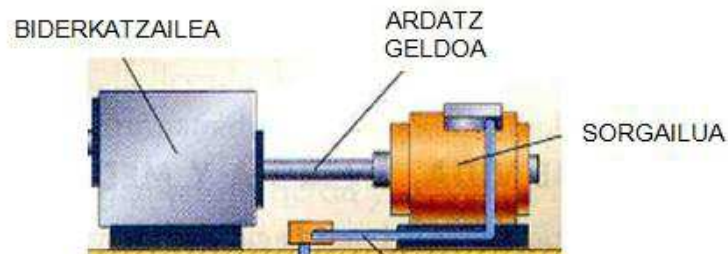
Beste kasu batzuetan, aldatzaile mixtoa erabiltzen dira, hau da, ardatz paralelo eta planetarioak batera konbinatzen dira abiadura aldaketa lortzeko.



Irudia 2.22: Biderkatzaile mixtoa

2.6.2.7 Ardatz Arina

Biderkatzailearen irteeran dagoen ardatz tubularra edo trinkoa da ardatz arina, zein erreboluzio askotara dagoena baina par tortsorea geldoa baino txikiagoa duena, bere dimentsioak txikituz. Bere biraketa abiadura, sorgailuaren abiadura nominalaren berdina izan behar da eta par tortsorea sorgailura transmitituko dio akoplamendu baten bidez, honek energia sortu ahal izateko.



Irudia 2.23: Biderkatzaile-sorgailu transmisioa

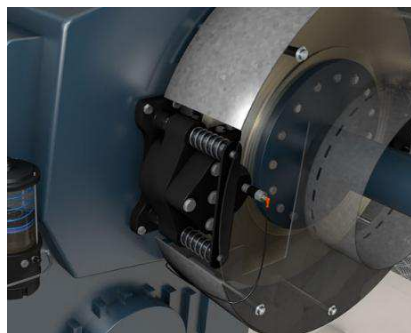
2.6.2.8 Balazta

Balaztaren funtzioa ardatzaren biraketa blokeatzea da abiarazte eta mantenu operazioetan. Balaztarekin batera, mantenu operazioetan, ohikoa da balazta eta errotorearen artean perno batzuk jartzea, biraketa ekiditeko eta balazta sekundario giza erabiliz. Normalean ardatz horizontaleko aerosorgailuetan, diskodun balaztak erabiltzen dira ardatz arinean jarrita.

Balazta freno sistema printzipal bezala erabili daiteke baina beste balazta batzuk blokeo sistema sekundario giza erabiltzen da, izan ere, aerosorgailu batzuek paletan balazta sistema aerodinamiko bat dute palen abiadura gelditzeko.

Balazta ardatz arinean jartzen da normalean baina ardatz geldoan ere jar daiteke, ardatzarekin batera biratzen ari den diskoa edukiz. Balaztatzeko, sistema zapata batzuk ditu diskoa marruskaduraren eraginez gelditzen duena. Zapatak aktibatzeke metodoa elektrikoa, hidraulikoa edo pneumatikoa izan daiteke.

Aipatu den moduan, normalean balazta ardatz arinean jartzen da potentzia ertaineko eta handiko aerosorgailuetan. Arrazoi nagusia, ardatz horretan abiadura handiagoa denez, par tortsoa txikiagoa dela, balaztatu beharreko pare txikiagoa izanez eta diametro txikiagoko diskoak erabiliz. Gerta daitekeen arazo nagusia dispozizio honekin, ardatz geldoa biderkatzailetik banantzea da, errotorearen biraketa gelditzea ez lortuz.



Irudia 2.24: balazta

2.6.2.9 Sorgailua

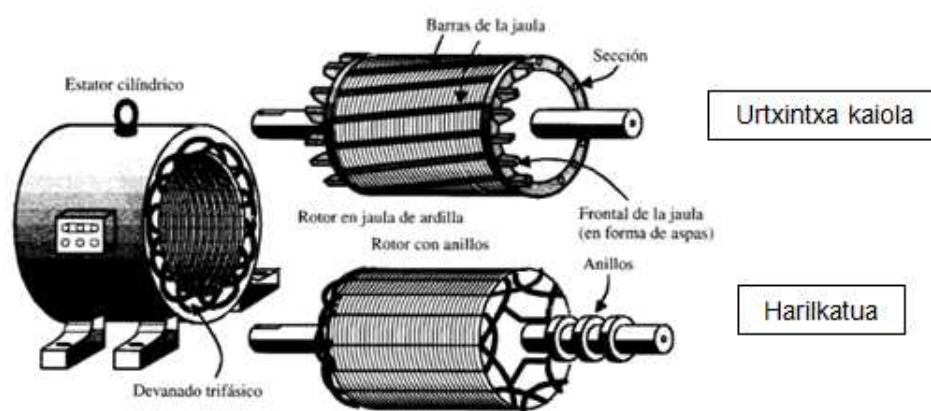
Sorgailua aerosorgailuaren sistema elektriko zentrala da, zeinak energia mekanikoa energi elektrikoan transformatzen duena. Normalean korrante alternoko sorgailuak erabiltzen dira, dituzten potentzia/pisu erlazio onagatik, tentsio handiagoak sortzeko ahalmengatik eta mantenu gutxiago behar duelako. Bi motatakoak daude, makina asinkronoak edo indukziozkoak eta makina sinkronoak, aerosorgailuetan normalean 1000 r.p.m. eta 1500 r.p.m. asinkronoak erabiltzen dira.

-Sorgailu Asinkronoak:

Bi motatako motor asinkrono daude, urtxintxa kaiola eta errotore harilkatua. Potentzia handiko aerosorgailuetarako normalean urtxintxa kaiolakoak dira %90. Sorgailu hauetan errotorearen abiadura aldakorra izan daiteke nahiz eta

frekuentzia boretan konstante mantendu. Honek multzoari malgutasuna ematen dio eta ardatzaren esfortzuak murrizten ditu. Sorgailu sinpleagoa da, mantenu gutxi behar duena urte askotarako funtzionamenduarekin eta motor sinkrono baino koste gutxiago du.

Ardatz arinaren abiadura, sorgailuaren abiadura nominalarekin bat joan behar da (1000-1500 r.p.m. abiadura nominaleko sorgailuak daude) bariazioa oso-oso txikia onartuz. Desabantaila giza, energia errektiboa behar du saretik baina kondentsadore bateriarekin konpondu daiteke.

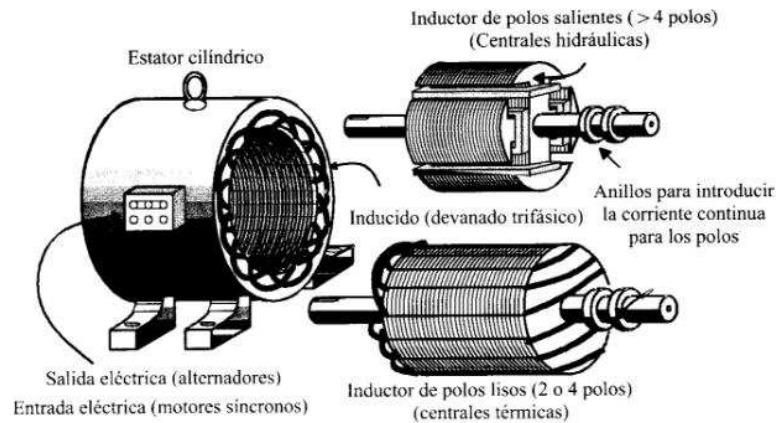


Irudia 2.25: Sorgailu asinkronoa

Sorgailua errotore harilkatuetan, beraien harilkatu eta estatorearena antzekoak dira baina polo kantitate berdina izan behar dute. Kasu honetan, errotoreko harilkatua, errotorearen ardatzean dauden eraztunetara konektatuta daude.

-Sorgailu Sinkronoak:

Bi motatako motor sinkronoak daude, korrante elektriko elikatutako elektroimanezko polodunak eta iman finkoz osatutako polodunak. Motor sinkronoak aerosorgailuetan, normalean abiadurak aldakorrak direnean erabiltzen dira., batez ere mikroturbinetan eta potentzia handiko aerosorgailu batzuetan. Baina motor sinkronoen kasuan, biraketa abiadura konstantea izan behar da sinkronismoaren abiadura berdina izanez.



Irudia 2.26: Sorgailu sinkronoa

2.6.2.10 Anemometroa

Anemometroaren funtzioa haizearen abiadura neurtzea da. Gondolan kokatzen da eta neurketak denbora tarte batean hartzen ditu. Aerosorgailuak anemometroa behar du, abiadura handiak ematen direnean palen biraketa gelditzeko segurtasun neurri moduan.

Anemometro desberdinak daude, errotaziozkoak, presio desberdintasun neurtuz (Pitot hodi batekin), ultrasoinu neurketa bidezkoak eta bero dagoen ari baten hozketa neurtzen dutenak. Erabiliak errotaziozkoak dira, zeintzuk helizedunak edo forma esferikodun 3 almetxak dituenak izan daitezke.

Helizedunak, haizearen abiadura edozein norabidean jakin nahi denean erabiltzen da. Normalean beleta batekin muntatzen dira oso arinak izanik, baina beletaren bibrazioak jasan behar ditu. Forma esferikodunak, ardatz bertikal batean modu simetrikoan jarrita daudenak. Anemometro mota hauek haizearen abiadura neurtzen dute norabide horizontalean.



Irudia 2.27: Anemometroa

2.6.2.11 Beleta

Haizearen norabidea neurtzea edo jakiteaz enkargatzen den atala da. Beleta ardatz bertikal batean muntatutako osagaia da 360°-ko biraketa duena eta gondolaren gainean jartzen dena.

Beleta haizearen norabidea zein den erabiltzen da, baina haizea aldakorra izan daiteke, beraz, denbora tarte batean datuak batzen ditu norabidearen batez besteko bat eginez eta ondoren datu horiek elektronikoki bidaltzen dira, dorrea mugitzeko.



Irudia 2.28: Beleta

2.6.2.12 Potentzia eta Abiadura kontrol sistema

Potentzia eta abiadura kontrolaren sistemaren funtzio nagusia, errotazio abiadura konstante eta erregularra izatea da, lortutako potentzia mugatuz. Haize abiadurak handiak direnean eta aerosorgailuaren sistema arriskuan jar dezakeenean (24 m/s inguru), sistema honek errotorea haizearen akzio lerrotik atera behar du kalteak saihesteko.

Bi motako kontrol sistema daude potentzia handiko eta ertaineko aerosorgailuentzako:

-Sistema finkodun palak:

Sistema finkodun paletan, galera aerodinamiko kontrol pasiboan pala bujera modu zurrunean konektatzen da eta bere hertzean biraketa baimentzen da balazta giza. Potentzia erregulazioa, palaren diseinuarekin lortzen da galera aerodinamikoa lortzeko diseinatuak.

-Angelu aldakorreko pausuko kontrola:

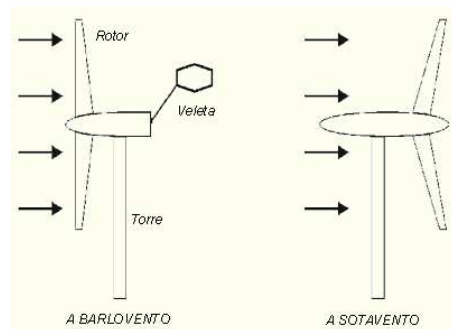
Angelu aldakorreko pausuko sisteman, palek bere ardatzarekiko biraketa egin dezakete. Modu honetan, atake angelua aldatu egiten da eta ondorioz indar

aerodinamikoak aldatzen dira. Kontrol hau sistema mekaniko bati esker lortzen da eta independentea da pala bakoitzarekiko.

2.6.2.13 Orientatze sistema

Orientatze sistema errotorea eta gondola haizearen norabide perpendikularrera biratzeaz arduratzen da. Dorrearen eta gondolaren arte lotura sistema da eta dimentsio handiko errodamenduzko sisteman datza.

Errodamenduak barne horzdun edo kanpo horzdunak dira, normalean barnekoak erabiliz, izan ere, modu honetan motorrak barnean kokatzen baitira babestuago egonez. Biraketa sistema garrantzitsua da haizearen norabidean jartzeko izan ere bi sistema daude haizearen norabidea nondik jotzen duen arabera.



Irudia 2.29: Palen orientatze motak

Barlobento (Haizealde) sistemak, sistema aktiboak erabiltzen dituzte, hau da, motor elektrikoak erabiltzen ditu errotorearen mugimendua egiteko, batzuetan bi motorrekoak bat ezkerrera eta bestea eskuinera biratzeko. Motor hauek pinazia aktibatzen du eta honek engranaje koroa mugitzen du zeinek gondolarekin modu zurrunean lotuta dago. Normalean sistemak haizealde jartzen dira neke kargak murrizten baitira.



Irudia 2.30: Barne horzdun dimentsio handiko errodamendua

2.6.2.14 Dorrea

Euste dorrea bi motatakoa izan daiteke, sareduna (celosia) eta tubularra. Saretaren kasuan loturen behaketa periodikoa behar du erresistentzi mekanikoa ziurtatzeko eta diseinuaren frekuentzia mantentzeko erresonantzia arazoak ez edukitzeko. Arrazoi honegatik, dimentsio handiko aerosorgailuetan ez da mota honetako dorreak erabiltzen eta gainera gondolara heltzeko aireko eskailera erabili behar da sarrera hori txarra izanez.

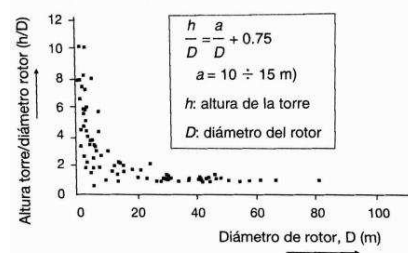


Irudia 2.31: Dorre motak

Dorre a gero eta handiagoa bada, energia gehiago lortu ahalko da haize abiadura handituz doalako altuarekiko. Baina dorre altuak erabiltzea, inbertsio, mantenu eta instalazio handiago bat dakar kostuak handituz, ondorioz, dorrearen altuera, lortu nahi den energiaren eta kostuaren arteko konpromisoa bilatu behar da. Badaude formula eta grafiko batzuk erlazio hori bilatzen dutenak errotorearen diametroaren arabera:

Lurreko Aerosorgailuak (*Onshore*): $h = a + 0.75 \cdot D$ non $a = 10 \div 15$ m

Itsasoko Aerosorgailuak (*Offshore*): $h = 0.75 \cdot D$



2.7 HARTUTAKO EBATZIA

2.7.1 Funtzionamendua

Atal honetan laburki azaltzen aerosorgailuaren transmisioaren funtzionamendua, 2.7.2 atalerako honen atalen xehetasunen azalpenak utziz.

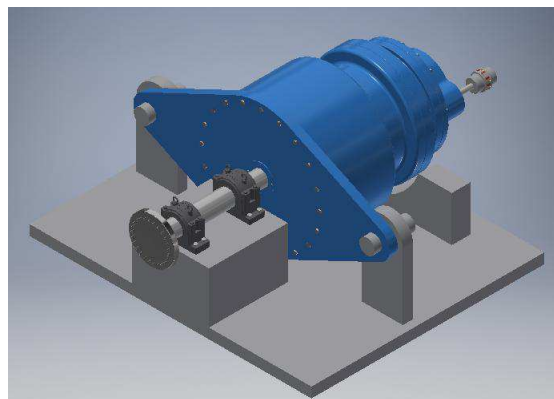
Diseinatu den transmisioa, haizeak paletan sortzen dituen indarrak eragindako biraketarako 19 r.p.m. dena, errotoretik sorgailu batera abiadura transmititzeko diseinatu da, sorgailu horrek 1.500 r.p.m. bira behar duen elektrizitatea sortzeko.

Palek, esan bezala, 19 r.p.m.-ko abiadura sortuko dute eta biraketa hori ardatz geldora transmitituko da bujearen eta honen arteko loturarengatik. Ardatz geldo honek bi errodamendu euskarriengatik eutsita egongo da eta honen bukaeran, biderkatzailearen sarrerari konektatuta egongo da. Biderkatzaileak dituen etapa planetario bi eta etapa paralelodunari esker, 19 r.p.m horiek 1500 r.p.m.-etara aldatuko ditu.

Biderkatzailearen planetario etapak (1 eta 2 etapak) koroa engranaje finkoa izango dute. Ardatz geldoa porta planetari konektatuta dago eta honek ardatzen eta errodamenduen laguntzaz, hiru planeta engranajeak mugituko ditu. Erdian eguzki engranajea egongo da, 1. etapa 2. etaparekin konektatuko duena eta 2. etapa 3. etaparekin konektatzen duena.

3 etapa paraleloko irteeran ardatz arina dago zeinek 1500 r.p.m. abiaduran biratuko duena, sorgailuaren ardatzari konektatuz akoplamendu elastikoaren bidez eta modu honetan energi mekanikoa energi elektrikoan eraldatu ahal izateko..

Hurrengo irudian aerosorgailuaren transmisio multzoa erakusten da:

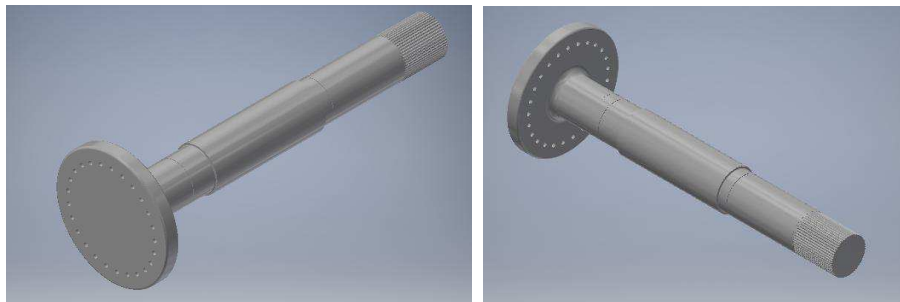


Irudia 2.32: 2 MW ardatz horizontaleko aerosorgailuaren transmisioa

2.7.2 Osagaiak

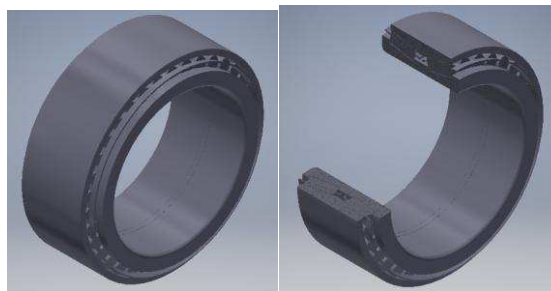
2.7.2.1 Ardatz geldoa

Ardatz geldoa aerosorgailuaren erroterera konektatuta egongo da eta honen biraketa transmitituko dio biderkatzaileari. Haizeak paletan indar batzuk eragingo ditu eta indar hauek biraketa bat eragingo dute. Biraketa hori ardatz geldora transmititzeko torloju bidezko lotura erabiliko da. Ardatz hau biderkatzailearekin konektatzeko artekatu burutuko da. Ardatzaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. Dokumentuko 3.2.4 eta 3.2.5 atalak.

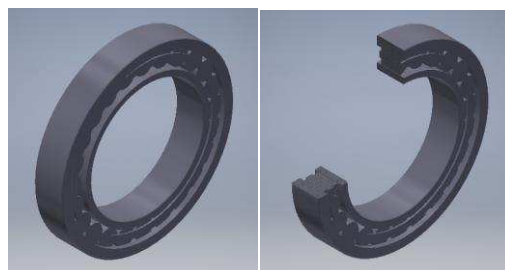


Irudia 2.33: Ardatz geldoa

Ardatz geldoa euskarri moduan bi errodamendu edukiko ditu palek sortutako indarrak jasango dituztenak, lehenengoa erroretetik 0,5 metrotara eta bigarrena erroretetik 1,5 metrotara. Errodamendu hauek bat konikoa eta bi ilaratakoa izango da eta bestea errodamendu zilindrikoa ilara bakarrekoa eta bi errodamenduak, errodamenduentzako euskarri batzuen barnean muntatuko dira.



Irudia 2.34: Ardatz geldoaren bi ilaratako Timken errodamendu konikoa



Irudia 2.35: Ardatz geldoaren ilara bakarrekoko Timken errodamendu zilindrikoa

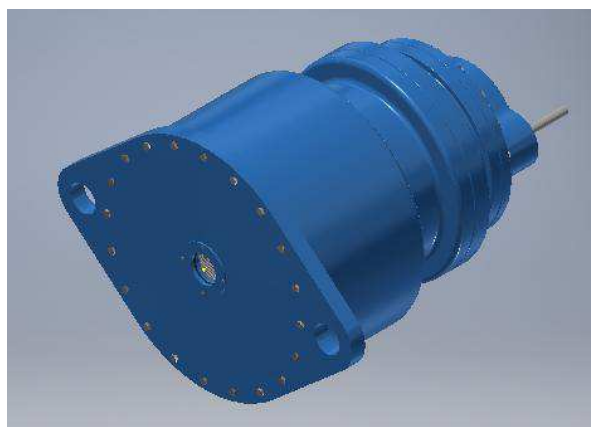
Ardatzak guztira 2565 mm luzera izango du eta kontaktu guneetan N7 akaberarekin (Planoen eta errodamendu kokapenen zehaztasun gehiago ikusteko begiratu P00 eta P01 planoak).

Mekanizazio erraztua baldintzatzen duen materiala hartzea erabaki da ardatza fabrikatzeko AISI 4340 altzairuzkoa (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

2.7.2.2 Biderkatzailea

Biderkatzailea mistoa izango da, ardatz geldoaren abiadura 19 r.p.m. aldatzen du eta sorgailuak behar duen abiaduran transformatzen du 1.500 r.p.m. . Kasu honetan biderkatzailea 3 etapakoa izango da, lehenengo etapa planetario edo hepizikloidala izango da engranaje koroa finkoa duena, planeta eta eguzki engranajeak mugimenduan izango dutenak eta hortz guztiak, hortz zuzenak direlarik. Bigarren etapa, lehenengoaren berdina izango da, planetarioa, baina kasu honetan hortz kopurua aldatuko dira baina hortzak zuzenak izaten jarraituko dute. Azkenik, hirugarren etapa, gurpil paralelodun etapa izango da kasu honetan gurpilak helikoidalak izango direnak engranajea leuna eta ona izateko..

Biderkatzailearen karkasa EN-GJL-200 altzairu grisa fabrikatuta egongo da eta 180 mm lodiera edukiko du. Biderkatzailearen dimentsioa 3165 mm da eta bankada izango da honen pisua aguantatzen duena. Biderkatzailearen osagaiak ikusteko, begiratu P03 planoak.

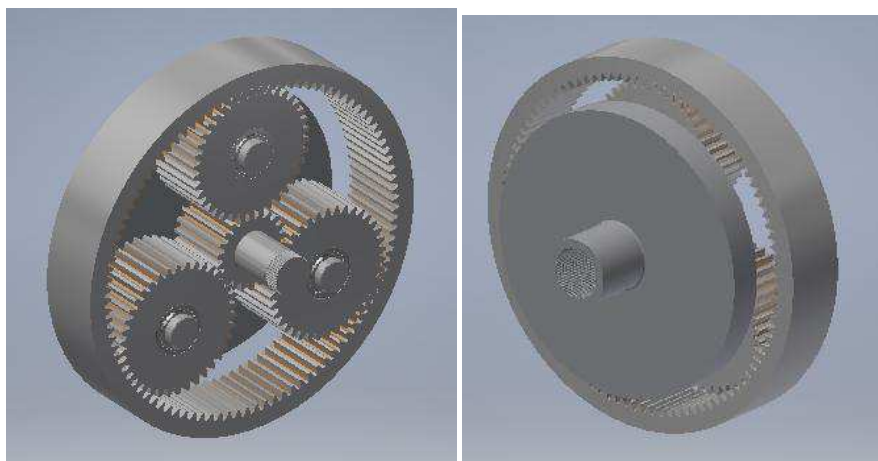


Irudia 2.36: Biderkatzailea

2.7.2.2.1 Lehenengo etapa

Biderkatzailearen lehenengo etapa honek, aipatu den moduan, etapa planetarioa izango da. Engranaje koro finko bat, hiru planeta engranaje bere hiru engranaje ardatzekin eta eguzki ardatz bat osatzen dute. Lehenengo etapa honek abiadura 19 *r.p.m.*-tik 103,63 *r.p.m.*-tara eraldatzen du.

Lehenik etapa honetan, porta planeta egongo da zeinek ardatz geldora konektatzen da barne artekatuaren bitartez. Porta planetak, hiru planeta ardatzak edukiko ditu eta ardatz hauen bitartez eta errodamenduen laguntzaz, hiru planeta engranajeak mugitzen hasiko dira. Planeta engranajeen erdian, eguzki engranajea egongo da zeinek lehenengo etapa eta bigarren etapa lotuko ditu artekatuaren bitartez.



Irudia 2.37: 1 etapa planetarioa

Lehenengo etapa honen engranajeen informazioari buruz dagokion laburpena honakoa da:

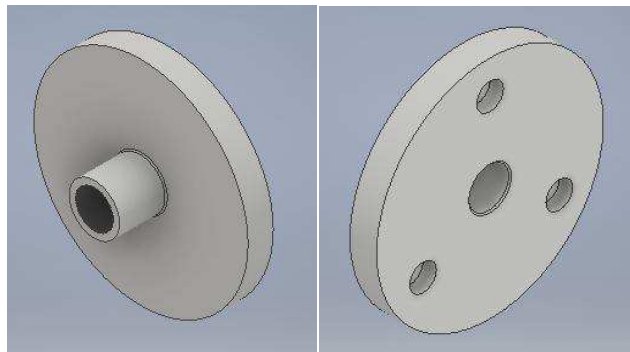
1 ETAPA	EGUZKIA	PLANETAK	KOROA
Modulua (<i>m</i>)	20 mm		
Hortz kopurua (<i>z</i>)	22	38	98
Diametro primitiboa (<i>D</i>)	440 mm	760 mm	1.960 mm
Barne Diametroa (<i>D_B</i>)	390 mm	710 mm	1.910 mm
Kanpo Diametroa (<i>D_E</i>)	520 mm	800 mm	2.000 mm
Zabalera (<i>b</i>)	400 mm		
Addendum	20 mm		
Deddendum	25 mm		
Kontaktu angelua (<i>α</i>)	20°		

Taula 2.2: 1 etapa planetario engranajeen laburpena

Lehenengo etapa honi buruz informazio zehatzagoa ikusteko, begiratu 3. Dokumentuko 3.2.6.1 atala.

2.7.2.2.1.1 Porta planeta

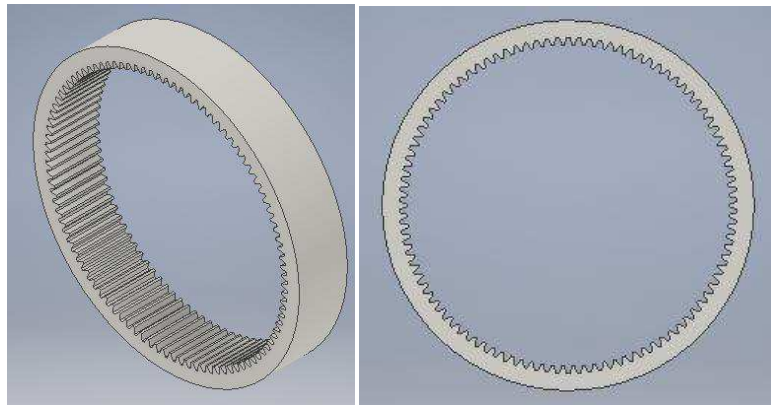
Porta planeta, ardatz geldoarekin konektatuko da artekatuaren bidez eta ardatz geldoaren biraketa transmitituko dio planeta engranajeei. Artekatuaren beste aurpegian, hiru zulo edukiko ditu haien artean 120° -ra bertan planeta ardatzak kokatzeko. Kokatze puntu horietan N7 akabera izango dute eta biribiltzea zainduko da. Porta planeta AISI 1060 altzairuzkoa eginda dago (materialaren ezaugarria 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala dago) eta 1700 mm diametroa izango du. (Zehaztasun gehiago ikusteko begiratu P04 plano)



Irudia 2.38: 1 etapa porta planeta

2.7.2.2.1.2 Koroa engranajea

Koroa engranajea biderkatzailearen karkasaren barnean finko egongo da eta ez du birarik emango. Engranaje honek hartz zuzenak izango ditu hartz hauen berezitasuna, hartzak barnean dituela da eta barnean planeta engranajeak egongo dira biraka. Kanpo diametroa 2211 mm da eta akabera N7 izan behar du karkasan sartu ahal izateko. Engranaje koroaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoa izango da ondoren tenplaketa prozesua edukiko duena (materialaren ezaugarria 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala dago)



Irudia 2.39: 1 etapa koroa engranajea

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

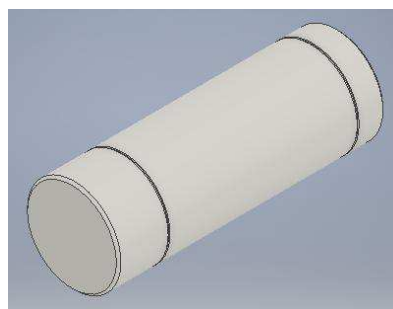
ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK						
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α
20 mm	98 Hertz	1960 mm	1910 mm	2000 mm	400 mm	20°

Taula 2.3: 1 etapa planetario koroa engranajea

Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P05 planoan.

2.7.2.2.1.3 Planeta ardatza

Planeta ardatza porta planetaren barnean eta planeta engranaje planetaren barnean egongo dira. Honen funtzioa bi pieza hauek konektatzea da eta errodamenduen bitartez. Bere diametroa 200 mm-koa izango da eta luzera 570 mm. Errodamenduentzako jarriko diren segurtasun eraztunentzako bi zirrikitu mekanizatuko dira. Porta planetan sartuko den gainazalean eta errodamenduak kokatuko diren gainazalean akabera N7 izan behar da eta zilindrikotasuna bermatuko da. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P05 planoan.

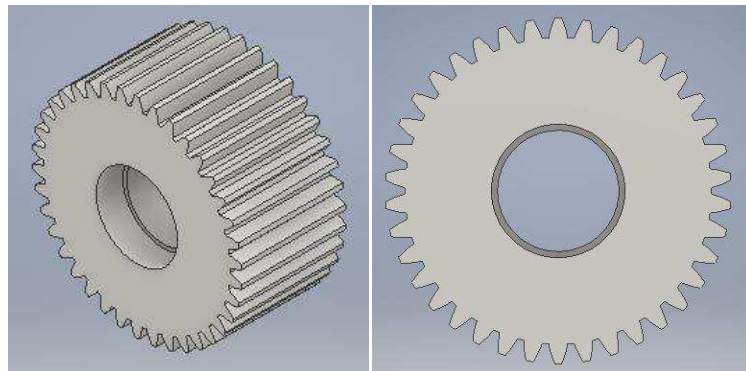


Irudia 2.39: 1 etapa planeta ardatza

Materialari dagokionez, mekanizazio erraztua baldintzatzen duen materiala hartzea erabaki da ardatza fabrikatzeko AISI 4340 altzairuzkoa (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

2.7.2.2.1.4 Planeta engranajea

Hiru planeta engranajea egongo dira lehenengo etapa honetan eta bakoitzak engranaje koroaren eta eguzki engranajearen artean egongo dira haien zentroen artean 120° egonik. Hortzak kanpoan izango ditu eta barnean zuloak mekanizatuko dira bertan, engranaje bakoitzeko, hiru errodamendu zilindriko jartzeko, bi alde batean eta bestean bakarra. Errodamenduak egongo diren guneetan akabera N7 izango da eta errodamenduak finkatuta geratu behar dira mugitu ez daitezen. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P05 plano.



Irudia 2.40: 1 etapa planeta engranajea

Materialari dagokionez, engranajeak F-1516 zementaziozko altzairuzkoak izango dira ondoren tenplatze tratamendua izango dutenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

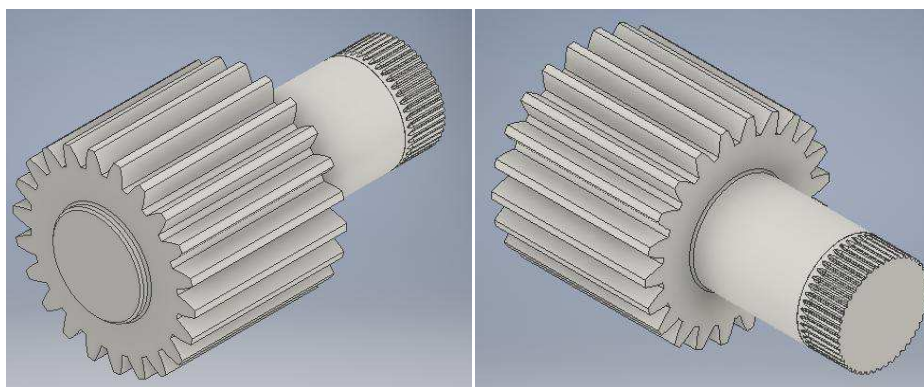
ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK						
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α
20 mm	38 Hertz	760 mm	710 mm	800 mm	400 mm	20°

Taula 2.4: 1 etapa planetario planeta engranajea

2.7.2.2.1.5 Eguzki engranaje ardatza

Eguzki engranajea lehengo etaparen irteera izango da eta planeta engranajeen erdialdean kokatuko da. Engranajea eta irteera ardatza berdinak pieza berdinak izango dira. Engranajearen hortzak zuzenak izango dira eta ardatzaren diametroa 240 mm eta luzera 800 mm izango da. Honen bukaeran, bigarren etaparen porta planetarekin konektatzeko artekatu bilkaria mekanizatuko da. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P06 planoak.

Engranajeak mekanizatu behar direnez eta erresistentea izan behar denez, eguzki engranaje eta ardatzaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoak izango da ondoren tenplatze tratamendua izango duenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).



Irudia 2.41: 1 etapa eguzki engranajea

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK						
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α
20 mm	22 Hertz	440 mm	390 mm	520 mm	400 mm	20°

Taula 2.5: 1 etapa planetario eguzki engranajea

2.7.2.2.1.6 Planeta errodamenduak

Planeta engranajeen jarriko diren errodamenduak, Timken NU1040 fabrikantearen errodamendu zilindrikoak izango dira. Aipatu den moduan, planeta engranaje bakoitzetik, hiru errodamendu jarriko dira barne diametroa 200 mm-ko, bi alde batean eta bakarra bestean. Errodamenduen instalazioa egiteko hoztu egin beharko dira engranaje barruan sartu ahal izateko. Errodamenduen aukeraketa nola burutu den jakiteko ikusi 3. Dokumentuko 3.2.6.1.2 atala.

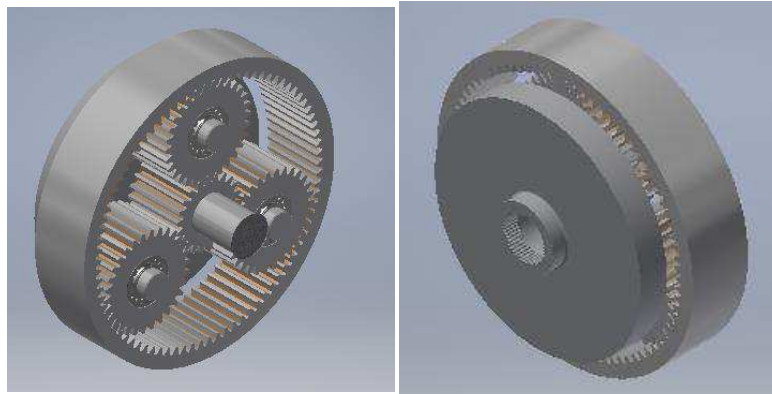


Irudia 2.42: 1 etapa planeta errodamendu zilindrikoak

2.7.2.2.2 Bigarren etapa

Bigarren etapa honek, lehenengo etapa bezala, etapa planetarioa izango da. Engranaje koro finko bat, hiru planeta engranaje bere hiru engranaje ardatzekin eta eguzki ardatz bat osatuko duena. Etapa honek abiadura 103,63 r.p.m.-tik 489,88 r.p.m.-tara eraldatzen du.

1 etapa antzera, lehenik porta planeta egongo da zeinek ardatz geldora konektatzen da barne artekatuaren bitartez. Porta planetak, hiru planeta ardatzak edukiko ditu eta ardatz hauen bitartez eta errodamenduen laguntzaz, hiru planeta engranajeak mugitzen hasiko dira. Planeta engranajeen erdian, eguzki engranajea egongo da zeinek hirugarren etapako gurpil handiaren engranajea edukiko du ere.



Irudia 2.43: 2 etapa planetarioa

Bigarren etapa honen engranajeen informazioari buruz dagokion laburpena honakoa da:

2 ETAPA	EGUZKIA	PLANETAK	KOROA
Modulua (m)	16 mm		
Hortz kopurua (z)	22	30	82
Diametro primitiboa (D)	352 mm	480 mm	1.312 mm
Barne Diametroa (D_B)	312 mm	440 mm	1.272 mm
Kanpo Diametroa (D_E)	384 mm	512 mm	1.344 mm
Zabalera (b)	320 mm		
Addendum	16 mm	16 mm	16 mm
Deddendum	20 mm	20 mm	20 mm
Kontaktu angelua (α)	20°	20°	20°

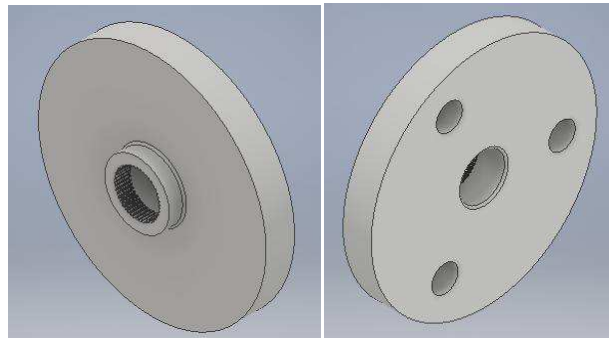
Taula 2.6: 2 etapa planetario engranajeen laburpena

Lehenengo etapa honi buruz informazio zehatzagoa ikusteko, begiratu 3. Dokumentuko 3.2.6.2 atala.

2.7.2.2.2.1 Porta planeta

Porta planeta, lehenengo etapako eguzki engranajearekin konektatuko da artekatuaren bidez eta biraketa transmitituko dio planeta engranajeei. Artekatuaren beste aurpegian, hiru zulo edukiko ditu haien artean 120°-ra bertan planeta ardatzak kokatzeko. Kokatze puntu horietan N7 akabera izango dute eta biribiltzea zainduko da. Porta planeta AISI 1060 altzairuzkoa eginda dago (materialaren ezaugarria 5. Dokumentuko

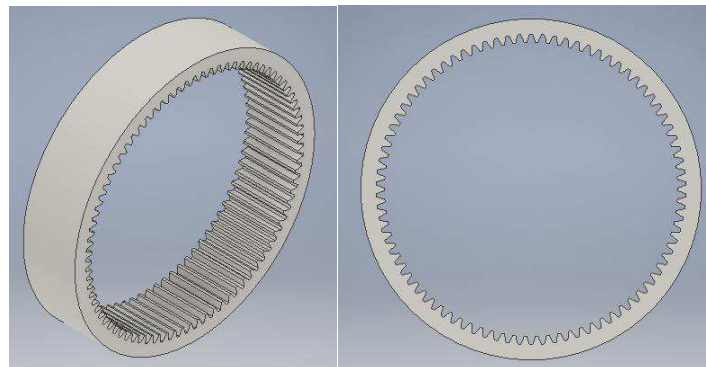
5.2.1.1 atala dago) eta 1200 mm diametroa izango du. (Zehaztasun gehiago ikusteko begiratu P04 plano)



Irudia 2.44: 2 etapa porta planeta

2.7.2.2.2 Koroa engranajea

Koroa engranaje honek ere biderkatzailearen karkasaren barnean finko egongo da eta ez du birarik egingo. Engranaje honek ere hortz zuzenak izango ditu hortzak barnean edukiz eta barnean planeta engranajeak egongo dira biraka. Kanpo diametroa 1487 mm da eta akabera N7 izan behar du karkasan sartu ahal izateko. Engranaje koroaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoa izango da ondoren tenplaketa prozesua edukiko duena (materialaren ezaugarria 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala dago)



Irudia 2.45: 2 etapa koroa engranajea

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

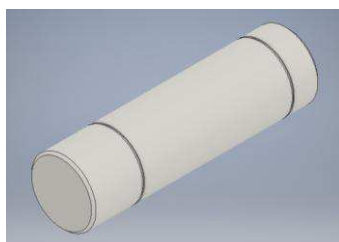
ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK						
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α
16 mm	82 Hortz	1312 mm	1272 mm	1344 mm	320 mm	20°

Taula 2.7: 2 etapa planetario koroa engranajea

Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P09 plano.

2.7.2.2.3 Planeta ardatza

Planeta ardatza porta planetaren barnean eta planeta engranaje planetaren barnean egongo dira. Honen funtzioa bi pieza hauek konektatzea da eta errodamenduen bitartez. Bere diametroa 140 mm-koa izango da eta luzera 490mm. Errodamenduentzako jarriko diren segurtasun eraztunentzako bi zirrikitu mekanizatuko dira. Porta planetan sartuko den gainazalean eta errodamenduak kokatuko diren gainazalean akabera N7 izan behar da eta zilindrikotasuna bermatuko da. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P06 planoak.

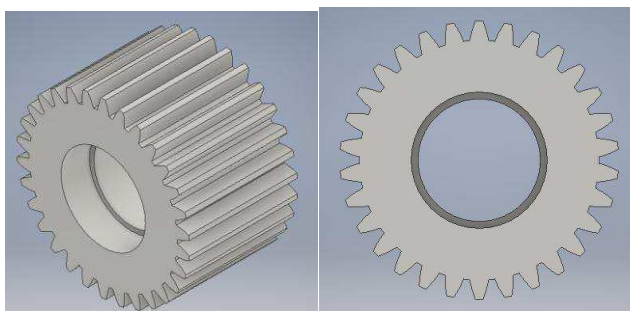


Irudia 2.46: 2 etapa planeta ardatza

Materialari dagokionez, mekanizazio erraztua baldintzatzen duen materiala hartzea erabaki da ardatza fabrikatzeko AISI 4340 altzairuzkoa (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

2.7.2.2.4 Planeta engranajea

Etapa honetan ere hiru planeta engranajea egongo dira eta bakoitzak engranaje koroaren eta eguzki engranajearen artean egongo dira haien zentroen artean 120° egonik. Hortzak kanpoan izango ditu eta barnean zuloak mekanizatuko dira bertan, engranaje bakoitzeko, hiru errodamendu zilindriko jartzeko, bi alde batean eta bestean bakarra. Errodamenduak egongo diren guneeetan akabera N7 izango da eta errodamenduak finkatuta geratu behar dira mugitu ez daitezzen. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P06 planoak.



Irudia 2.47: 2 etapa planeta engranajea

Materialari dagokionez, engranajeak F-1516 zementaziozko altzairuzkoak izango dira ondoren tenplatze tratamendua izango dutenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

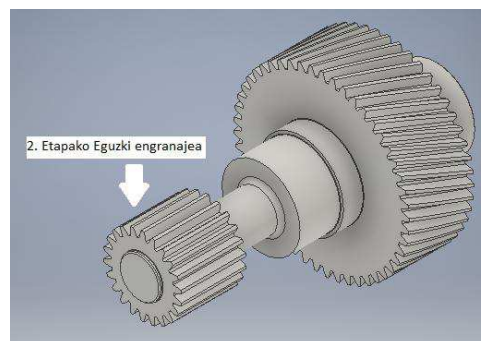
ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK						
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α
16 mm	30 Hertz	480 mm	440 mm	512 mm	320 mm	20°

Taula 2.8: 2 etapa planeta engranajea

2.7.2.2.2.5 Eguzki engranaje ardatza

Eguzki engranajea bigarren etaparen irteera eta hirugarren etaparen gurpil handia izango da. Eguzki engranajea planeta engranajeen erdialdean kokatuko da eta gurpil handia 2.7.2.2.3 atalean azalduko da. Engranajearen hortzak zuzenak izango dira eta ardatzaren diametroa 200 mm eta luzera 265 mm izango da. Honen bukaeran, hirugarren etapa joango da eta ardatza handituz joango da hirugarren etapan jarriko diren errodamenduak, eguzki engranaje honen aldetik muntatzeko. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P07 planoak.

Engranajeak mekanizatu behar direnez eta erresistentea izan behar denez, eguzki engranaje eta ardatzaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoak izango da ondoren tenplatze tratamendua izango duenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).



Irudia 2.48: 2 etapa eguzki engranaje ardatza

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK						
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α
16 mm	22 Hertz	352 mm	312 mm	384 mm	320 mm	20°

Taula 2.9: 2 etapa eguzki engranajea

2.7.2.2.6 Planeta errodamenduak

Planeta engranajeen jarriko diren errodamenduak, Timken NU228EMA fabrikantearen errodamendu zilindrikoak izango dira. Aipatu den moduan, planeta engranaje bakoitzetik, hiru errodamendu jarriko dira barne diametroa 140 mm-ko, bi alde batean eta bakarra bestean. Errodamenduen instalazioa egiteko hoztu egin beharko dira engranaje barruan sartu ahal izateko. Errodamenduen aukeraketa nola burutu den jakiteko ikusi 3. Dokumentuko 3.2.6.2.2 atala.

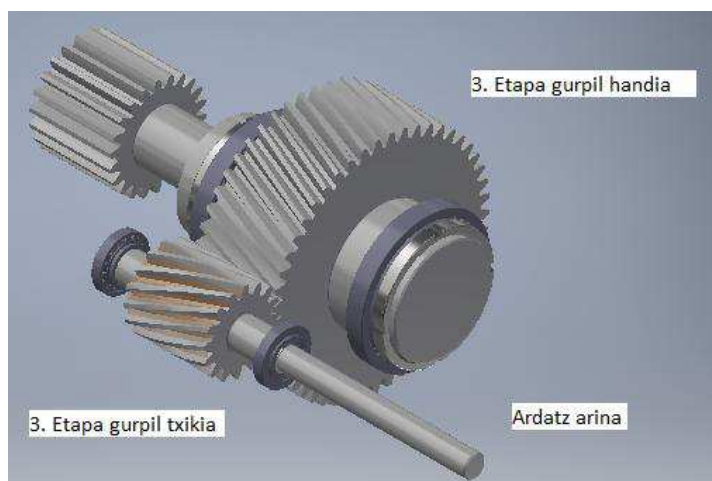


Irudia 2.49: 2 etapa planeta errodamendu zilindrikoa

2.7.2.2.3 Hirugarren etapa

Hirugarren etapa hau, beste etapekin konparatuta, ardatz paraleloko etapa da eta engranajeak hortz helikoidalekoak izango dira. Aipatu den moduan, bigarren etapako eta hirugarren etapako gurrpil handia pieza berdinekoak izango dira. Etapa honetan, errodamendu konikoen bidez egongo dira ardatzak biderkatzaile karkasara eutsita eta errodamendu hauek ardatzen biraketa bermatu beharko dute. Etapa honek abiadura 489,88 r.p.m.-tik 1.500 r.p.m.-tara eraldatzen du.

3. etapako kalkuluak nola burutu diren ikusteko, begiratu 3. Dokumentuko 3.2.6.3 atala.



Irudia 2.50: 3 etapa paraleloa

Hirugarren etapa honen engranajeen informazioari buruz dagokion laburpena honakoa da:

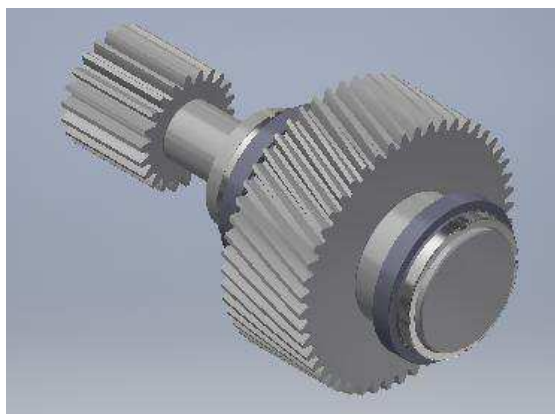
3 ETAPA		GURPIL HANDIA	GURPIL TXIKIA
Presio angelua	α_r	20°	
Presio angelu aparentea	α_a	21,17°	
Inklinazio angelu erreala	β_r	18,75°	
Inklinazio angelu aparentea	β_a	20°	
Hortz kopurua	Z	49	16
Diametro primitiboa	D_P	833 mm	272 mm
Barne diametroa	D_B	793 mm	232 mm
Kanpo diametroa	D_K	905 mm	334 mm
Modulu erreala	m_n	16 mm	
Modulu aparentea	m_a	17 mm	
Zabalera	b	320 mm	

Taula 2.10: 3 etapa paraleloko laburpena

2.7.2.2.3.1 Gurpil handia

2.7.2.2.2.5 atalean azaldu den moduan, 2. etapako eguzki engranaje ardatza eta 3. etapa honen gurpil handiko engranajea, pieza berdinekoak dira. Engranaje honen hortzak helikoidalak izango dira eta kokatuko den ardatzaren diametroa 415 mm izango da. Gainera errodamenduak kokatuko diren tokietan diametroa 385,18 mm izango da hauek kokatu ahal izateko. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P07 planoak.

Engranajeak mekanizatu behar direnez eta erresistentea izan beharenez, eguzki engranaje eta ardatzaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoak izango da ondoren tenplatze tratamendua izango duenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).



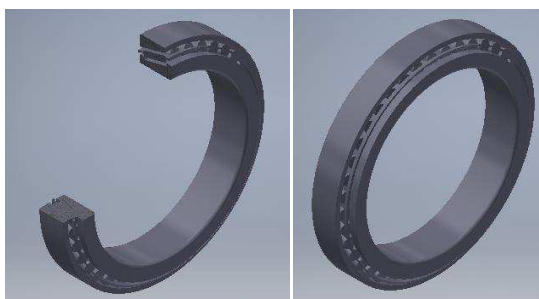
Irudia 2.51: 3 etapa qurpil handia

Hauak dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK							
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α	β
16 mm	49 Hertz	833 mm	793 mm	905 mm	320 mm	20°	20°

Taula 2.11: 3 etapa paraleloko qurpil handia

Errodamenduak, Timken LM665949-LM665910 ilara bakarreko errodamendu konikoak izango dira. Errodamenduak finkatzeko, DIN 981 araua jarraitzen duen finkapen eraztuna jarriko da.

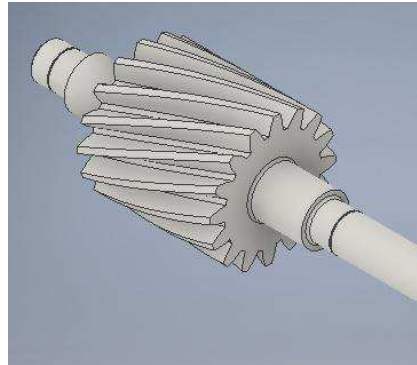


Irudia 2.52: 3 etapa qurpil handiarentzako errodamendu konikoak

2.7.2.2.3.2 Gurpil txikia

Hirugarren etapako gurpil txikia eta ardatz arina pieza berdina izango dira. Engranaje honen hortzak helikoidalak izango dira eta kokatuko den ardatzaren diametroa 115 mm izango da. Gainera errodamenduak kokatuko diren tokietan diametroa 85 mm izango da hauek kokatu ahal izateko. Neurrien zehetasun gehiago ikusteko ikusi 4. Dokumentuko P08 planoak.

Engranajeak mekanizatu behar direnez eta erresistentea izan behar denez, eguzki engranaje eta ardatzaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoak izango da ondoren tenplatze tratamendua izango duenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).



Irudia 2.53: 3 etapa gurpil txikia

Hauek dira engranajearen daturik esanguratsuenak:

ENGRANAJEAREN EZAUGARRIAK							
m	z	ϕ_p	ϕ_b	ϕ_k	b	α	β
16 mm	16 Hertz	272 mm	232 mm	334 mm	320 mm	20°	20°

Taula 2.12: 3 etapa paraleloko gurpil txikia

Errodamenduak, Timken 98335-98788 ilara bakarreko errodamendu konikoak izango dira. Errodamenduak finkatzeko, DIN 471 araua jarraitzen duen segurtasun eraztuna jarriko da.

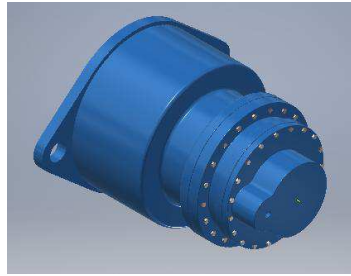


Irudia 2.54: 3 etapa gurpil txikiaren errodamendu konikoa

2.7.2.2.4 Karkasa

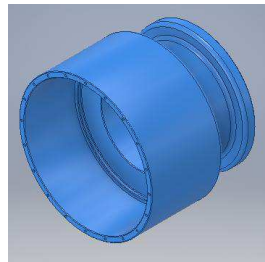
Karkasa tapa desberdinez eta karkasa desberdinez muntatuta egongo da, torloju hexagonalen bidez finkatuta baina guztiek 180 mm lodiera izango dute. Karkasak EN-GJL-200 altzairu grisa materialezkoa da (propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala) merkea, erresistentea eta arina delako. Engranaje koroak dagoen karkasan (3. Dokumentuko P11

planoa) akabera N7 izan behar da bertan koroen muntaketa burutu ahal izateko.



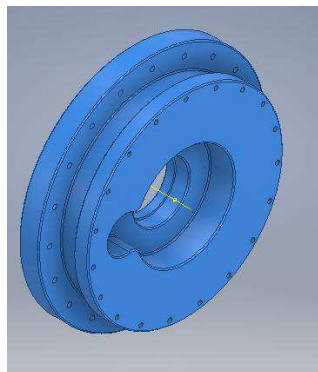
Irudia 2.55: Biderkatzaile karkasa muntaketa

Gainera karkasa honek, M42 20 zulo edukiko ditu bi aldeetan, batetik tapa nagusia (3. Dokumentuko P10 plano) jarri ahal izateko DIN-EN-ISO 4014 M42 x 240 jartzeko eta bestetik hirugarren etapako karkasarekin lotzeko DIN-EN-ISO 4014 M42 x 280 torloju bidez.



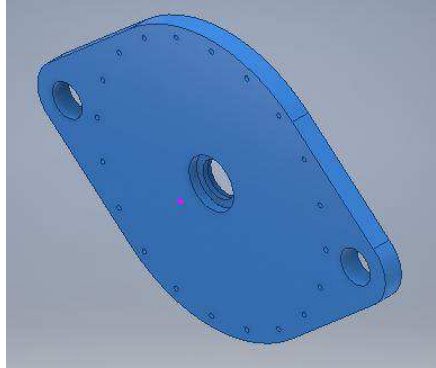
Irudia 2.56: Biderkatzaile 1 eta 2 etapako karkasa

Hirugarren etapako karkasa (3. Dokumentuko P12), etapa honetan jarriko diren errodamenduak eusteko forma izan behar du eta gainera, 3 etapa karkasa taparekin (3. Dokumentuko P09 plano) lotzeko M42 19 zulo edukiko ditu DIN 933 M42 x 150 torlojuak finkatzeko.



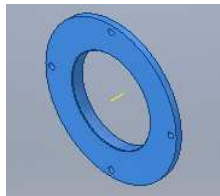
Irudia 2.57: Biderkatzaile 3 etapako karkasa

Azkenik, tapak daude. Tapa nagusia (3. Dokumentuko P10 plano), lehengo eta bigarren etapako karkasara lotuko da eta bere baitan erretena egongo da, olio ez kanporatzeko. Horregatik, erretena egongo den lekuan akabera eta erretena eutsi behar du.



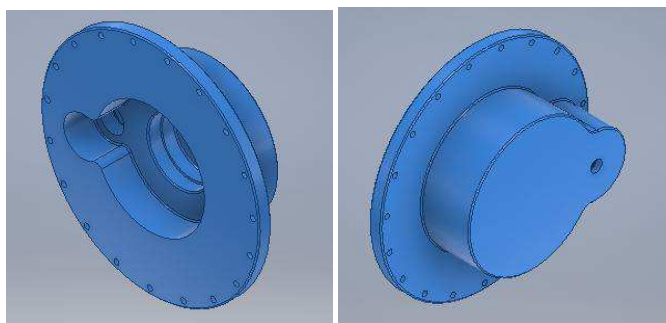
Irudia 2.58: Biderkatzaile 1 eta 2 etapako karkasa tapa

Tapa honekin batera, tapa nagusi txiki bat doa (3. Dokumentuko P08 plano), zeinen funtzioa erretenaren finkapena bermatzea da. Tapa nagusiari, DIN 931 M20 x 80 motako 4 torlojuz finkatuta egongo da.



Irudia 2.59: Biderkatzaile taparen tapa

Azkenik, 3 etapako tapa dago (3. Dokumentuko P09 plano), zeinek errodamenduak jartzeko forma edukiko duena eta ardatz arinaren irteerarentzako zulo bat edukiko duena, hori bai, erretenaren instalaziorako tokia edukiz.

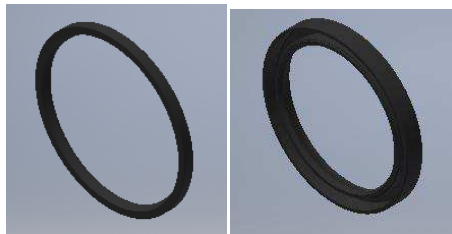


Irudia 2.60: Biderkatzaile 3 etapako karkasa tapa

2.7.2.2.5 Erretenak

Erretena ardatzaren eta tapen artean jarriko da eta bere funtzioa iragazgaiztasuna bermatzea da. Barne diametroa 300 mm (biderkatzaile lehenengo etapakoa) eta 85 mm izango dira (biderkatzaile hirugarren etapakoa). Materiala 72 NBR 902 gomazkoa izango da (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

Muntaketa katalogoaren arabera egin beharko da eta finkapen eraztuna jarriko da hirugarren etapakoan hau mantentzeko, lehenengo etapakoan aldiz, tapa txikiaren bidez finkatuko da. Araua DIN 3760-A jarraitzen du.



Irudia 2.61: Biderkatzailearen erretenak

2.7.2.3 Ardatz arina

Ardatz arina eta 3. etapako engranajea (2.7.2.2.3.2 atalean azaldu dena) pieza berdina dira. Ardatz arina, atal horretan azaldu den moduan, diametroa 85 mm eta luzera 744 mm da. Akoplamendua joango den lekuan, txabetarentzako zuloa edukiko du 125 mm luzerakoa, $5,5\text{ mm}$ altuerakoa eta 22 mm zabalerakoa. Neurrien zehaztasun gehiago edukitzeko, begiratu 4. Dokumentuko P08 planoak.



Irudia 2.62: Ardatz arina

Engranajeak mekanizatu behar direnez eta erresistentea izan behar denez, eguzki engranaje eta ardatzaren materiala F-1516 zementaziozko altzairuzkoak

izango da ondoren tenplatze tratamendua izango duenak. (bere propietateak ezagutzeko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala).

2.7.2.4 Akoplamendua

Akoplamendua komertziala izango da eta ardatz arina eta sorgailuko ardatza akoplatzeko erabiltzen da. Akoplamendu hau, akoplamendu elastiko a da KTR eta bere erreferentzia honakoa da. (Dimentsioak ikusteko begiratu 4. Dokumentuko P02 planoan)

ROTEX®140	St	64 Sh-D	1	Ø85	1a	Ø85
Coupling Size	Material	Spider Hardness	Component	Finish Bore	Component	Finish Bore

Taula 2.13: Akoplamendu erreferentzia

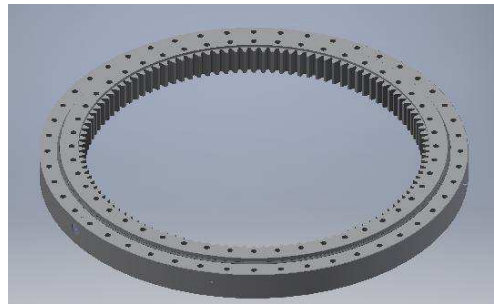
Aukeraketa nola burutu den begiratu 3. Dokumentuko 3.2.8 atala eta honen materialari buruz (T-PUR) gehiago jakiteko begiratu 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala.



Irudia 2.63: Rotex akoplamendua

2.7.2.5 Orientazio sistema

Aukeratutako orientazio sistema, dimentsio handiko errodamendua izango da barneko hortzak dituena. Errodamendu hau Rothe Erde katalogotik aterata dago 062.50.1800.001.49.1504 erreferentziaduna (aukeraketa nola burutu den ikusteko, begiratu 3. Dokumentuko 3.2.9 atala) Sistema honek bankada mugiaraziko du palak haizearen norabidean jartzeko. Proiektu honetan sistema honen aukeraketa bakarrik egin da. (planoa 4. Dokumentuko P02 planoan dago)

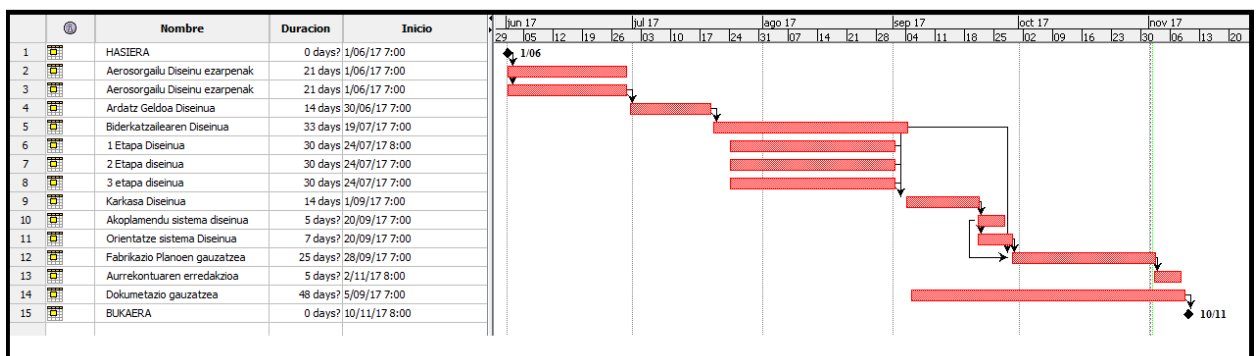


Irudia 2.64: Barne horzdun dimentsio handiko errodamendua

2.8 PLANIFIKAZIOA

Atal honetan proiektuaren helburua gauzatzeko beharrezkoak izan diren denborazko ezaugarriak zehazten dira. Horren bidez modu grafikoan fase edo ekintza bakoitzaren iraupena denboran zehar aztertzen da, bere iraupena eta epeak kontsideratuz.

Microsoft Project programa erabili da hau gauzatu ahal izateko eta hurrengo irudian kanpo engranajedun ponparen diseinu-prozesuari dagokion Gantt diagrama ageri da:



Irudia 2.65: Gantt diagrama

2.9 PROIEKTUAREN KOSTUA

Aurrekontuan oinarrituta (6. Dokumentua), proiektuaren kostu totala:

AURREKONTU OSOA: _____ **105.219,31€**

Aurrekontu osoaren balioa da:

Ehun eta bost mila berrehun eta hemeretzi koma hogeita hamaika euro.