

GRADUA: INGENIARITZA MEKANIKOA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***2 MW-KO AEROSORGAILU BATEN  
TRANSMISIOAREN DISEINUA***

***2. DOKUMENTUA – MEMORIA***

**Ikaslea:** Chico, Blas, Oier

**Zuzendaria:** Santos, Pera, Juan Antonio

**Ikasturtea:** 2018-2019

**Data:** Bilbon, 2019ko uztailaren 16an.



## 2. Dokumentua: Memoria

### Aurkibidea

2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA .....	6
2.2 PROIEKTUAREN HEDADURA .....	6
2.3 ARAUDIA ETA ERREFERENTZIAK.....	8
2.3.1 LEGE ARAUDIAK ETA ARAUAK.....	8
2.3.2 BIBLIOGRAFIA .....	8
2.3.2.1 LIBURUAK .....	8
2.3.2.2 KATALOGOAK.....	9
2.3.2.3 HELBIDE ELEKTRONIKOAK.....	10
2.3.2.4 PROGRAMA INFORMATIKOAK.....	10
2.4 DEFINIZIO ETA LABURDURAK.....	10
2.5 HASIERAKO DATUAK .....	16
2.6 EBATZIEN AZTERLANA .....	17
2.6.1 AEROSORGAILU MOTAK.....	17
2.6.2 TRANSMISIOAREN EUSKARRIAK .....	21
2.6.3 ABIADURA BAXUKO ARDATZA .....	22
2.6.3.1 ARDATZAREN FORMA.....	22
2.6.3.2 BUJEAREKIN LOTURA.....	23
2.6.3.3 BIDERKATZAILEAREKIN LOTURA .....	25
2.6.4 BIDERKATZAILEA.....	26
2.6.4.1 BIDERKATZAILEAREN ETAPA KOPURUA.....	26
2.6.4.2 BIDERKATZAILEAREN ETAPA MOTAK.....	26
2.6.4.3 ENGRANAJEEN HORTZ MOTAK .....	28
2.6.5 ERRODAMENDUAK .....	30

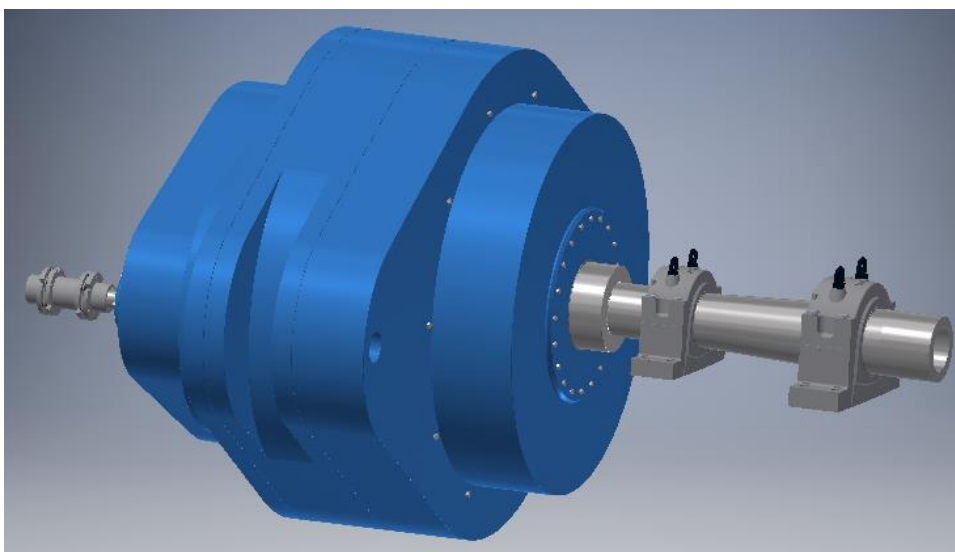
2.6.6 MATERIALAK.....	32
2.6.6.1 ALTZAIRUAK.....	32
2.6.6.2 BURDINURTUA.....	33
2.6.7 AKOPLAMENDUAK.....	33
2.7 HARTUTAKO EBATZIA.....	33
2.7.1 FUNTZIONAMENDUA.....	33
2.7.2 OSAGAIK.....	35
2.7.2.1 AKZIONAMENDU PRINTZIPALA.....	35
2.7.2.1.1 ABIADURA BAXUKO ARDATZA.....	36
2.7.2.1.2 ERRODAMENDU EUSKARRIAK.....	37
2.7.2.2 BIDERKATZAILEA.....	38
2.7.2.2.1 LEHENENGO ETAPA.....	40
2.7.2.2.1.1 PORTAPLANETA.....	41
2.7.2.2.1.2 PLANETA ARDATZA.....	43
2.7.2.2.1.3 PLANETA ERRODAMENDUA.....	44
2.7.2.2.1.4 PLANETA ENGRANAJEA.....	44
2.7.2.2.1.5 KOROA.....	45
2.7.2.2.1.6 LEHENENGO ETAPAKO TAPA.....	46
2.7.2.2.1.7 EGUZKI ARDATZA ( 1. Etapa ).....	47
2.7.2.2.2 BIGARREN ETAPA.....	49
2.7.2.2.2.1 EGUZKI ARDATZA ( 2. Etapa ).....	50
2.7.2.2.2.2 BIGARREN ARDATZA ( 2. Etapa ).....	52
2.7.2.2.2.3 EGUZKI ARDATZAREN ERRODAMENDUAK.....	53
2.7.2.2.2.4 BIGARREN ARDATZAREN ERRODAMENDUAK.....	55
2.7.2.2.3 HIRUGARREN ETAPA.....	56
2.7.2.2.3.1 BIGARREN ARDATZA ( 3. Etapa ).....	57
2.7.2.2.3.2 ABIADURA ALTUKO ARDATZA.....	59

2.7.2.2.3.3 ABIADURA ALTUKO ARDATZAREN ERRODAMENDUAK.....	60
2.7.2.2.4 KARKASAK .....	61
2.7.2.2.4.1 LEHENENGO ETAPAKO KARKASA .....	61
2.7.2.2.4.2 BIGARREN ETAPAKO KARKASA .....	63
2.7.2.2.4.3 HIRUGARREN ETAPAKO KARKASA.....	64
2.7.2.2.5 TAPAK .....	65
2.7.2.2.5.1 SARRERAKO TAPA.....	65
2.7.2.2.5.2 IRTEERAKO TAPA.....	66
2.7.2.3 MOTORE ELEKTRIKOAREN AKOPLAMENDUA.....	67
2.8 PLANIFIKAZIOA.....	68
2.9 PROIEKTUAREN KOSTEA.....	69

## 2. DOKUMENTUA: MEMORIA

### 2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA

Proiektu honen helburua 2MW-ko potentziadun aerosorgailu eoliko baten transmisioaren diseinu mekanikoa egitea da. Hain zuzen ere, aerosorgailu horizontala eta 3 paladuna. GAMESA erakundearentzako aerosorgailua diseinatuko da, eta diseinu egoki bat lortzeko IEC 61400 araua jarraitu da bestak beste.



Irudia 2.1: 2MW-ko potentziadun aerosorgailu eolikoaren transmisioa .

Proiektugilea: Oier Chico Blas

Titulazioa: Ingeniaritza Mekanikoa

NAN ZK: 45752784 B

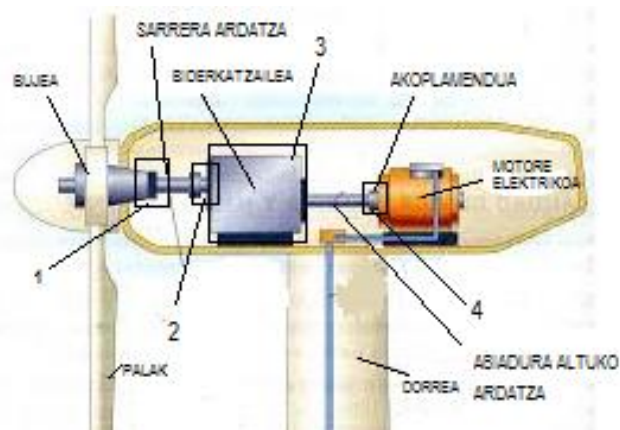
### 2.2 PROIEKTUAREN HEDADURA

Proiektu hau aerosorgailuaren transmisioaren diseinuan zentratuko da soilik, diseinu mekanikoan soilik. Gainontzeko atalak, atal elektriko zein elektronikoari buruzkoak ez dira proiektu honen helburuak izango.

Zehazki, diseinu egokia burutzearen helburua , aerosorgailuaren paletan haizea jotzean, sortzen den biraketa mugimendua (energia zinetikoa) energia elektrikoan bilakatzea da.

IEC 61400 aipatutako arauak hainbat baldintza eta kalkulu ezartzen ditu aerosorgailuaren diseinu egoki eta zehatz batzuetarako. Ezarritako baldintzak akatsik gabe zenbait urte irauteko diseinua burutzeko dira. Prozedura eta kalkulu hauei esker, transmisioaren elementu mekaniko guztiak modu egokian diseinatzea lortuko da. Horretarako, hiru arau jarraitu beharko dira, 61400-1, 61400-2 eta 61400-4 arauak hain zuzen ere.

UNE 157001-2002 araudiaren arabeko dokumentazioa duen proiektua da eta exekuzio proiektua ere beste pertsona batzuen esku egongo da. Hurrengo funtzio nagusiak aztertuko dira diseinua burutu ahal izateko:



**Irudia 2.2:** Eskema funtzionala.

1. Lehenengo funtzioa: bujearen eta sarrera ardatzaren artean potentzia transmititzea.
2. Bigarren funtzioa: Sarrera ardatzaren eta biderkatzailearen artean potentzia transmititzea.
3. Hirugarren funtzioa: Sarrerako ardatzaren abiadura handitzea biderkatzailearen bidez.
4. Laugarren funtzioa: Abiadura altuko ardatzetik motore elektrikoara momentu bihurtzailea transmititzea.

## 2.3 ARAUDIA ETA ERREFERENTZIAK

### 2.3.1 LEGE ARAUDIAK ETA ARAUAK

Proiektua gauzatu ahal izateko hainbat katalogo eta aerosorgailuen arloko sektorean espezializatutako liburu jarraitu dira. Hurrengo hauek dira jarraitu diren arauak :

- UNE 157001-2002 “Proiektuak gauzatzeko irizpide orokorrak”
- IEC 61400-1 “Wind turbines-Part 1: Design requirements”
- IEC 61400-2 “Wind turbines-Part 2: Design requirements for small wind turbines”
- UNE EN 61400-4 “Aerogeneradores-Parte 4: Requisitos de diseño para multiplicadoras de aerogeneradores”
- DIN 743 ardatzen dimentsionamendurako.
- DIN 5480 artekatuen dimentsionaketarako.
- ISO 281 errodamenduen karga dinamiko eta bizitza nominalaren kalkulua.
- ISO 6336 engranajeen kalkularako.
- DIN 471 segurtasun eraztunetarako.
- DIN 6885 txabeten dimentsionamendurako.
- UNE EN 1561:2011 “Fundición-Fundición gris”
- UNE 1-035-89 errotulazio kutxaren dimentsioetarako.
- UNE 1-135-89 osagaien zerrendarako.
- UNE 1-026-83/2 eskalenzako.
- UNE 1-027-95 planoen tolesketarako.
- UNE EN 10020:2001 “Definición y clasificación de los tipos de acero.
- AGMA 6006-A03 “Gearboxes for wind turbines”

### 2.3.2 BIBLIOGRAFIA

#### 2.3.2.1 LIBURUAK

[1] MIGUEL VILLARUBIA “ La ingeniería de la energía eólica “ 1.  
Edizioa. Bartzelona 2012



[2] Budynas, Richard G., Nisbett, J. Keith, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley" McGraw editoriala, Mexico, 2004.

[3] Burton, Tony, Sharpe, David, Jenkins, Nick, Bossanyi, Ervin "Wind Energy Handbook" Wiley editoriala, England, 2001.

[4] Jan Ukonsaari, Vattenfall, R&D and Niklas Bennstedt, Autoinvent "Wind Turbine Gearboxes" Vindforsk, Stockholm 2016.

[5] "Fundamental And Advanced Topics In Wind Power" edited by Rupp Carriveau, Croatia 2011.

[6] Abasolo Bilbao, Mikel, Navalpotro Cuenca, Santiago, Iriondo Plaza, Edurne "Diseño de maquinas" Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, Departamento de Ingeniería Mecánica.

[7] Decker liburua "Elementos de maquinas" Pearson editoriala, Mexiko.

[8] "Calculation of shafts in marine applications" DET NORSKE VERITAS, Norway, 2001

[9] "Mesys shafts analysis" MESYS A.G 2017

[10] "AGMA information sheet" American Gear Manufacturers Association.

### 2.3.2.2 KATALOGOAK

- **SKF:**
  - Errotulazko arraboladun errodamenduen katalogoa
  - Errodamendu zilindrikoen katalogoa
  - Finkatze azkoinen katalogoa
  - Finkapen eraztunen katalogoa
  - Errodamenduen euskarrien katalogoa
- **BENERI PRODUCTS** segurtasun eraztunen katalogoak

- **Splined connections with involute splines** artekatuen katalogoa
- **OPAC S.L** txabeten katalogoa
- **FLENDER** akoplamenduen katalogoa

### 2.3.2.3 HELBIDE ELEKTRONIKOAK

- [https://www.mesys.ch/doc/DIN743\\_CalculationBasis.pdf](https://www.mesys.ch/doc/DIN743_CalculationBasis.pdf)
- <https://www.greentech.es/energia-eolica/>
- <https://www.ingemecanica.com/aceros/aceros01.html#seccion2>
- [http://www.fundicionesderoda.es/wp-content/uploads/2013/02/EQUIVALENCIAS\\_ESPECIFICACIONES.pdf](http://www.fundicionesderoda.es/wp-content/uploads/2013/02/EQUIVALENCIAS_ESPECIFICACIONES.pdf)
- [https://www.skf.com/binary/86-121486/0901d19680416953-10000\\_2-ES---Rolling-bearings.pdf](https://www.skf.com/binary/86-121486/0901d19680416953-10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf)
- <https://www.flender.com/es/products/couplings>
- <https://www.opac.net/pdf/DIN%206885%20A.pdf>

### 2.3.2.4 PROGRAMA INFORMATIKOAK

- **Autodesk Inventor Professional 2016** – Aerosorgailuaren transmisioaren piezak diseinatzeko eta multzo osoa 3D-n montatzeko. Bai eta diseinatutako piezen 2D-ko planoak egiteko.
- **Microsoft Project** – Proiektuaren egutegia (ekintza bakoitza noiz gauzatu beharko den) egiteko.

## 2.4 DEFINIZIO ETA LABURDURAK

- $a_{xx}$ : bi engranajeren arteko ardatzen distantzia [mm]
- $a$ : errodamenduentzako konstantea [-]

- $V_{PLANETA}$ : planeta engranajearen bolumena [ $mm^3$ ]
- $b$ : txabetaren zabalera [ $mm$ ]
- $C$ : errodamenduen kapazitate dinamikoa [ $kN$ ]
- $S$ : Ardatzaren segurtasun koefizientea [-]
- $\sigma_{zda}, \sigma_{ba}, \tau_{\tau a}$ : Ardatzak jasaten dituen tentsio nominalak (DIN 743) [MPa]
- $\sigma_{zADK}, \sigma_{bADK}, \tau_{\tau ADK}$ : Ardatzaren tentsio onargarriak (DIN 743) [MPa]
- $CS$ : seguritate koefizientea [-]
- $D$ : ardatzaren diametroa [ $mm$ ]
- $D_P$ : Engranajeen diametro primitiboa [ $mm$ ]
- $D_B$ : Engranajeen barne diametroa [ $mm$ ]
- $D_K$ : Engranajeen kanpo diametroa [ $mm$ ]
- $e_r$ : errotorearen erradioaren araberako koefizientea [ $m$ ]
- $e$ : errodamendu bakoitzaren propietate bat [-]
- $E$ : materialaren elastizitate modulua [ $kg/cm^2$ ]
- $E_6E_7$ : Hertz baten engranajetik desengranajera doan zirkuferentzia basikoaren luzera [ $cm$ ]
- $F_{ax}$ : Sarrerako ardatzeko indar axiala [ $kN$ ]
- $F_{rXX}$ : engranaje helikoidalengatik sortzen den indar erradiala [ $kN$ ]
- $F_{aXX}$ : engranaje helikoidalengatik sortzen den indar axiala [ $kN$ ]
- $F_{Ax}$ : A euskarriaren X norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Ay}$ : A euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Bx}$ : B euskarriaren X norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{By}$ : B euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Cy}$ : C euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Dy}$ : D euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Ey}$ : E euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Ez}$ : B euskarriaren Z norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Fx}$ : F euskarriaren X norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Fy}$ : F euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Fz}$ : F euskarriaren Z norabideko erreakzioa [ $kN$ ]

- $F_{Gx}$ : G euskarriaren X norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Gy}$ : G euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Gz}$ : G euskarriaren Z norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Hx}$ : H euskarriaren X norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Hy}$ : H euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Hz}$ : H euskarriaren Z norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Iy}$ : I euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Iz}$ : I euskarriaren Z norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Jx}$ : J euskarriaren X norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Jy}$ : J euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Jz}$ : J euskarriaren Z norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_{Ky}$ : K euskarriaren Y norabideko erreakzioa [ $kN$ ]
- $F_a$ : SKF katalogoan errodamenduei eragiten dien indar axiala [ $kN$ ]
- $F_r$ : SKF katalogoan errodamenduei eragiten dien indar erradiala [ $kN$ ]
- $h$ : txabetaren altuera [ $mm$ ]
- $HB$ : brinell gogortasuna [ $kg/mm^2$ ]
- $i$ : transmisio erlazioa [-]
- $I$ : Inertzia momentua [ $mm^4$ ]
- $J$ : Inertzia momentu polarra [ $mm^4$ ]
- $K_{admin}$ : errodaduraren presio onargarria [ $kg/cm^2$ ]
- $L_{rb}$ : Bujetik lehenengo errodamenduraino dagoen distantzia [ $m$ ]
- $L_{10}$ : errodamenduen bizitza nominala [milioi erreboluzio]
- $L$ : Errodamendu bakoitzak iraungo duen gutxi gorabeherako bizitza [milioi erreboluzio]
- $L_{tx}$ : txabetaren luzera [ $mm$ ]
- $m_r$ : Palen pisua+bujearen pisua [ $kg$ ]
- $m_{pala}$ : pala baten pisua [ $kg$ ]
- $m_{bujе}$ : bujearen pisua [ $kg$ ]
- $m_{HERTZ}$ : hertz-en ekuazioaren araberrako engranaje modulua [ $mm$ ]
- $m_{LEWIS}$ : lewis-en ekuazioaren araberrako engranaje modulua [ $mm$ ]

- $m_{PLANETA}$ : planeta engranajearen azalera [ $kg$ ]
- $m_n$ : engranaje helikoidalen modulu erreala [ $mm$ ]
- $m_a$ : engranaje helikoidalen modulu aparentea [ $mm$ ]
- $M_y$ : Sarrerako ardatzeko momentu makurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $M$ :momentu makurtzalea (ASME kodigoa) [ $kN \cdot m$ ]
- $M_{aXX}$ : errodamendu helikoidalen indar axialak sorturiko momentu makurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $M_{TOT}$ : Momentu makurtzaile erresultantea [ $kN \cdot m$ ]
- $n_{errotorea}$ : Errotorearen biraketa abiadura [ $birak/min$ ]
- $N$ : Diagrametan indar axialaren izendapena [ $kN$ ]
- $Pot_{nom}$ : Potentzia nominala [ $2 MW$ ]
- $P$ : errodamenduei aplikatutako karga baliokidea [ $kN$ ]
- $Q_{design}$ : Erreferentziazko diseinu karga [ $kN$ ]
- $r$ : ardatzaren diametroa [ $mm$ ]
- $r_{ext}$ : ardatzaren kanpo erradioa [ $mm$ ]
- $r_{int}$ : ardatzaren barne erradioa [ $mm$ ]
- $R$ : Errotorearen diametroa [ $m$ ]
- $R_E$ : E euskarriko erreakzio erresultantea [ $kN$ ]
- $R_F$ : F euskarriko erreakzio erresultantea [ $kN$ ]
- $R_G$ : G euskarriko erreakzio erresultantea [ $kN$ ]
- $R_H$ : H euskarriko erreakzio erresultantea [ $kN$ ]
- $R_I$ : I euskarriko erreakzio erresultantea [ $kN$ ]
- $R_J$ : J euskarriko erreakzio erresultantea [ $kN$ ]
- $S_d$ : Desbiazio angeluarra da [ $cm$ ]
- $t$ : ardatzaren lodiera [ $mm$ ]
- $T_1$ : Eguzki ardatzeko momentu bihurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $T_2$ : bigarren ardatzeko momentu bihurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $T_{IRTEERA ARDATZA} = T_3$ : hirugarren ardatzeko momentu bihurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $T$ : Sarrera ardatzeko momentu bihurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $T_{PLANETA}$ : planeta ardatzen momentu bihurtzailea [ $kN \cdot m$ ]
- $T_{SARRERA ARDATZA}$ : sarrera ardatzeko momentu bihurtzailea [ $kN \cdot m$ ]

- $U_{XX}$ : engranaje helikoidalengatik sortzen den indar tangenziala [ $kN$ ]
- $V_{nominala}$ : Abiadura nominala [ $m/s$ ]
- $V_{PLANETA}$ : planeta engranajearen bolumena [ $mm^3$ ]
- $W_{EGUZKI} = w_1$ : eguzki engranajearen abiadura [ $birra/min$ ]
- $W_{KOROA}$ : koroa engranajearen abiadura [ $birra/min$ ]
- $W_{PLANETA}$ : planeta engranajearen abiadura [ $birra/min$ ]
- $W_{BIGARREN ARDATZA} = w_2$ : bigarren ardatzaren abiadura [ $birra/min$ ]
- $W_{ABIADURA ALTUKO ARDATZA} = w_3$ : abiadura altuko ardatzaren abiadura [ $birra/min$ ]
- $W$ : 20 urtetan engranajeak emango dituen milioi erreboluzioak [ $milioi erreboluzio$ ]
- $Y_1$ : errodamendu bakoitzaren propietate bat [-]
- $Y_2$ : errodamendu bakoitzaren propietate bat [-]
- $Y$ : lewis-en forma faktorea [-]
- $Z_{EGUZKI} = Z_1$ : lehenengo etapako eguzki engranajearen hortz kopurua [-]
- $Z_{PLANETA} = Z_2$ : lehenengo etapako planeta engranajearen hortz kopurua [-]
- $Z_{KOROA} = Z_3$ : lehenengo etapako koroa engranajearen hortz kopurua [-]
- $Z_4$ : bigarren etapako engranaje handiaren hortz kopurua [-]
- $Z_5$ : bigarren etapako engranaje txikiaren hortz kopurua [-]
- $Z_6$ : hirugarren etapako engranaje handiaren hortz kopurua [-]
- $Z_7$ : hirugarren etapako engranaje txikiaren hortz kopurua [-]
- $Z_{bX}$ : engranaje helikoidalen hortz kopuru baliokidea [-]
- $Zabalera = b$ : Engranajeen zabalera [ $mm$ ]
- $\lambda_{design}$ : Abiadura espezifikoa ("Tip Speed Ratio") [-]
- $\eta_{mek}$ : Arauaren araberako errendimendu mekanikoa [-]
- $\gamma_f$ : kargentzako segurtasun faktore partziala [-]
- $\gamma_m$ : materialentzeko segurtasun faktore partziala [-]
- $\sigma_{admin}$ : materialen tentsio onargarria [ $MPa$ ]
- $\tau_{max}$ : ebakidura tentsio maximoa [ $MPa$ ]

- $\sigma_{yp}$ : materialen tentsio onargarria [MPa]
- $\tau_{EBAKIDURA}$ : ebakidura tentsio maximoa [MPa]
- $\sigma_{APLASTAMIENTO}$ : aplastamendura tentsio maximoa [MPa]
- $\eta_{biderkatzaile}$ : biderkatzailearen errendimendua [-]
- $\Psi$ : gida faktorea [-]
- $f$ : altzairuarentzako koefizientea [-]
- $\alpha_r$ : engranajeen presio angelu erreala [°]
- $\alpha_a$ : engranajeen presio angelu aparentea [°]
- $\beta_a$ : engranaje helikoidalen inklinazio angelu aparentea [°]
- $\beta_r$ : engranaje helikoidalen inklinazio angelu erreala [°]
- $\sigma_{lan}$ : erresistentzia egiaztapenaren lan tentsioa [ $kg/cm^2$ ]
- $q$ : wissman koefizientea [-]
- $\varepsilon_{XX}$ : estaldura gradua [-]
- $\rho$ : dentsitatea [ $kg/cm^3$ ]

## 2.5 HASIERAKO DATUAK

Diseinatu beharreko aerosorgailuaren transmisioak baldintza zehatz batzuk bete beharko ditu, beraz datu horien arabera dimentsionatzen hasiko da.

- Ardatz horizontaleko aerosorgailua "HAWT"
- Hiru paladuna.
- Haizealdera orientatuta (*barlovento*)
- Potentzia nominala: 2 MW
- Abiadura nominala: 16 m/s
- Abiarazte abiadura: 4 m/s
- Geldiarazte abiadura: 25 m/s
- Errotorearen abiadura nom: 15 rpm
- Bujearen altuera: 95 m
- Errotorearen diametroa: 90 m
- Motore elektrikoaren abiadura: 1620 rpm



## 2.6 EBATZIEN AZTERLANA

Aurreko atalean adierazitako datuetatik abiatuz, aerosorgailu batek izango duen forma edo diseinua aztertuko da. Transmisio mekanikoan parte hartuko duten elementurik garrantzitsuenak edo adierazgarrienak hurrengo izanik:



Irudia 2.3: Aerosorgailu estandar baten transmisioaren eskema.

Lotura eta elementu adierazgarrienak:

- Bujearen eta sarrera ardatzaren arteko lotura
- Sarrera ardatzaren euskarri sistema (errodamenduak)
- Sarrera ardatzaren eta biderkatzailearen arteko lotura
- Biderkatzailea eta bera osatzen duten elementuak
- Biderkatzailearen eta motore elektrikoaren arteko lotura (akoplamendua)

Orokorrean, elementu guzti hauen diseinua, posizioa eta hauek osatuko duten materialak adieraziko dira.

### 2.6.1 AEROSORGAILU MOTAK

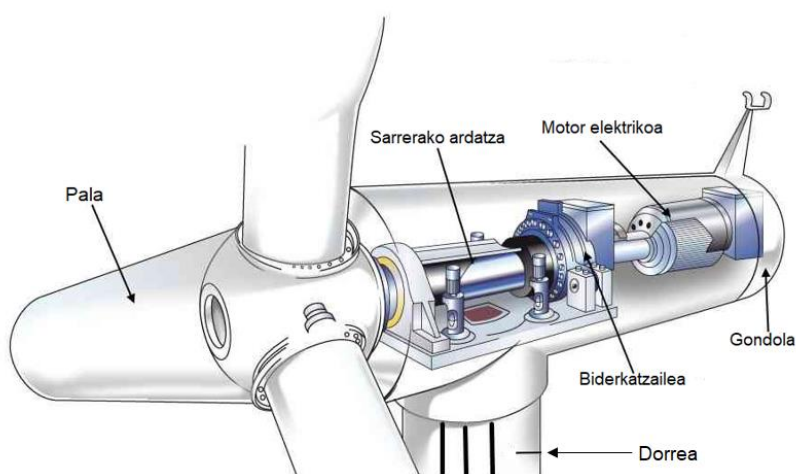
Aerosorgailu mota desberdin asko daude, eta horiekin batera energia eoliko mota desberdin beste daude ere, aerorogailu bakoitzaren transmisioaren diseinuarekin batera aldatzen delako. Gehienak hiru paletakoak eta altzairuzko zutabe batez oinarrituta daude, batzuk 25 metroko altuerakoak eta beste batzuk 85 metrotakoak. Aerosorgailu bakoitza baldintza eta behar batzuen arabekoak dira.

Lehenengoz bi mota nagusi bereizten dira, ardatz horizontalekoak eta ardatz bertikalekoak.

### ARDATZ HORIZONTALERAKO AEROSORGAILUAK (HAWT):

Hauen errotazio ardatza lurrarekiko paraleloa dute. Aerosorgailu erabiliena da eta parke eolikoetan erabiltzen dena da. Transmisio sistema osoa gondolaren barnean egoten da, eta gondola haizeak jotzen duen aldera orientatuta egon behar da.

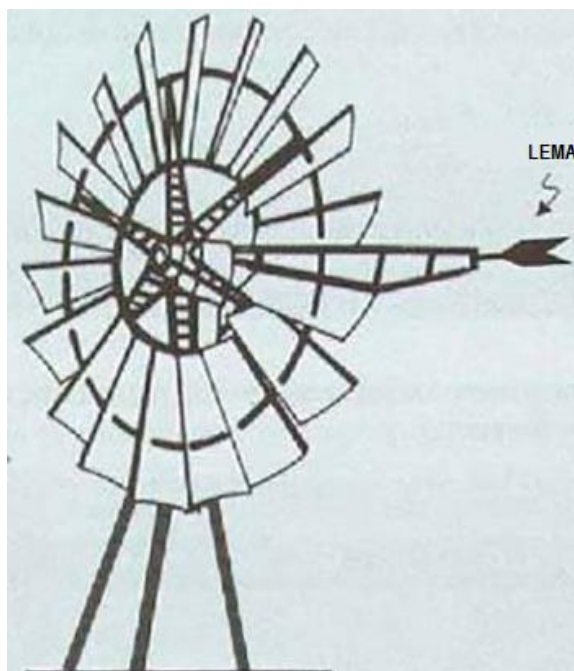
Bi aerosorgailu mota nagusi desberdin bereizten dira ardatz horizontalen taldean, alde batetik “Direct drive” motakoak. Hauek ez dute biderkatzailearen beharra abiaduraren balioa handitzeko. “Multipolo” izenarekin ezagunak ere, abiadura baxu batekin frekuentzia altu bat ortu ahal izateko hamar polo baino gehiago behar dituztelako. Bestetik, gaur egungo aerosorgailu estandarrek daude. Azken hauek biderkatzailea behar dute, eta normalean lan egin ahal izateko 3m/s eta 25m/s arteko abiadurako sarrera haizea behar dute.



**Irudia 2.4:** Ardatz horizontalerako aerosorgailu estandar baten transmisioaren eskema.

Desabantaila nagusiari dagokionez, pisu oso handiak izaten direla altuera oso handietan. Gainera mota hauetako aerosorgailuak sistema elektrikoarentzako kableen sistema egokiak izan behar ditu. Eta batez ere, mantentze lanak egiterakoan, gondola arte igo beharra dago.

Abiaduraren araberako beste bi aerosorgailu mota bereizten dira. Aerosorgailu motelak, hegal askoz hornituta daudenak eta orientazio sistema lema baten bidez bideratzen dena.



**Irudia 2.5:** Ardatz horizontaleko aerosorgailu motela

Azkenik ardatz horizontaleko aerosorgailu arina dago. Honek hegal edo pala gutxi izaten ditu, hiru normalean eta honen potentzia handiagoa da.



**Irudia 2.6:** Ardatz horizontaleko aerosorgailu arina

### ARDATZ BERTIKALEKO AEROSORGAILUAK (VAWT):

Hauetan biraketa ardatza lurrarekiko perpendikular dago. Orokorrean aerosorgailu hauen abantailak hurrengoak dira:

- Aerosorgailu batetik bestera distantzia gutxiago egon daiteke. Ardatz horizontalekoetan gertatuko litzatekena balaztatze efektua izango zen.
- Ez dute haizearen norabidearekiko orientatzeko mekanismorik behar.
- Lurrarekiko hurbilago egon daitezke. Hauek haizearen abiadura baxuagoekin lan egin ahal dutelako.
- Ez dute HAWT motatakoak bezain zarata egiten.
- Gomendagarriagoak dira instalazio txikietarako (10 KW baino gutxiagokoetan).

Desabantailak berriz, hurrengoak dira:

- Lurretik hurbilago kokatzen direnez, haizearen abiadurak baxuagoak dira, eta altuera handietan sortzen diren korronteak ez dira aprobetxatzen.
- Efizientzia baxuagoa dute.
- Metro karratu bakoitzeko material gastu handiagoa izaten da.
- Abiarazteko kanpo sorgailu bat behar dute, ez dira automatikoak.
- Oreka gutxiago dute eta fidakortasun txikiagoa baita. Hegalak apurtzeko arriskua izaten dute haizearen ondorioz.



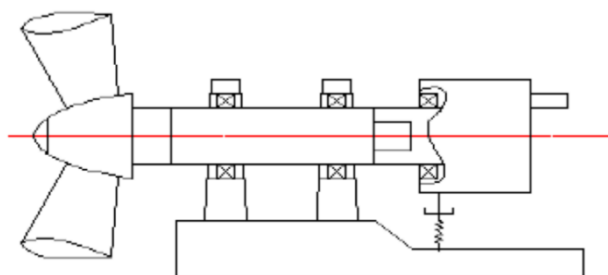
Irudia 2.7: Ardatz bertikaleko aerosorgailua

Kasu honetan, aukeratu den aerosorgailua ardatz horizontalekoa da, aerosorgailu arin estandarra hain zuzen. Gehien erabiltzen direnak baitira, eta azken baten energia elektrikoa lortzeko kapazitate gehiena dutenak direlako.

## 2.6.2 TRANSMISIOAREN EUSKARRIAK

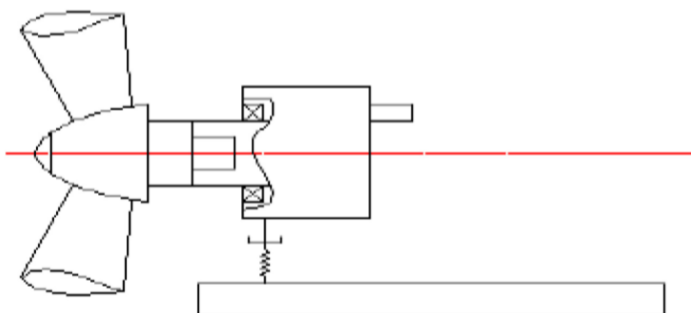
Aukeratutako aerosorgailu mota honetan, hainbat mota desberdin asko existitzen dira. Hasteko sarrera ardatzaren euskarri sistemarekin. Azken batean, transmisio sistema osoa eusteko lagunduko duten euskarriak baitira.

- **Bi errodamendu printzipalekin:** Erabilienetako bat da. Bi errodamenduk sarrera ardatza eusten dute errodamenduekin batera dauden euskarri batzuen bitartez. Mota honetan errotorearen momentu makurtzaileak ez dira biderkatzaileira transmititzen.



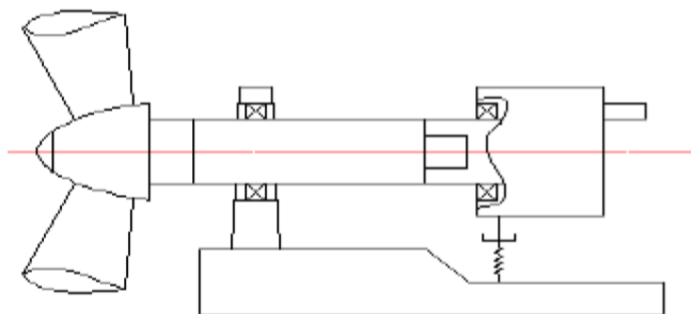
**Irudia 2.8:** Bi errodamendu printzipaleko transmisioaren eskema

- **Transmisio integratua:** Mota honetan bai sarrerako ardatza bai honen errodamenduak biderkatzaile barruan egoten dira.



**Irudia 2.9:** Transmisio integratuko eskema

- **Transmisioa errodamendu printzipal bakar batekin:** Kasu honetan, sarrera ardatza errodamendu bakarrarekin egongo da eutsita. Modu honetan errotoretik datozen erreakzioetako zati bat soilik errodamendu honek xurgatuko du, gainontzekoa biderkatzailera helduko da.



**Irudia 2.10:** Errodamendu printzipal bakarreko transmisioaren eskema

Proiektu honetan erabiliko den transmisio sistemaren euskarrian lehenengo adibidea izango da, hau da, bi errodamendu printzipalekin gauzatutakoa. Modu honetan esan den bezala, biderkatzailera ez direlako helduko errotoretik datorren momentu makurtzailerik.

## 2.6.3 ABIADURA BAXUKO ARDATZA

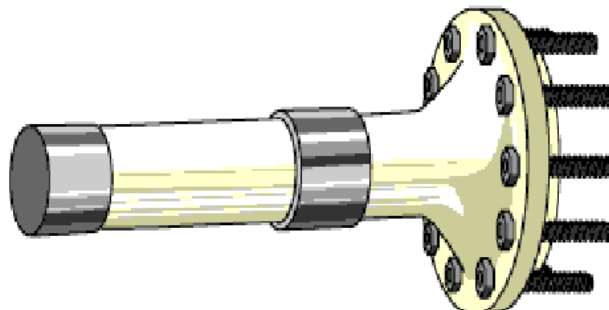
### 2.6.3.1 ARDATZAREN FORMA

Hainbat mota desberdin asko egon daitezke, nagusiki bi bereizten dira. Ardatz hau bi errodamendu bitartez eutsita egongo da, beraz diametro aldaketa batzuk izan beharko ditu errodamendu hauek ardatzean kokatu ahal izateko.

- Alde batetik diametro desberdinekin sekzio zilindrikoak dituzten ardatzak daude. Sekzio aldaketa horiei esker, errodamenduak tope egiten dute axialki fijatuz. Hauen desabantaila nagusia, diametro aldaketa horien ondorioz sortzen diren tentsio kontzentrazioak dira.

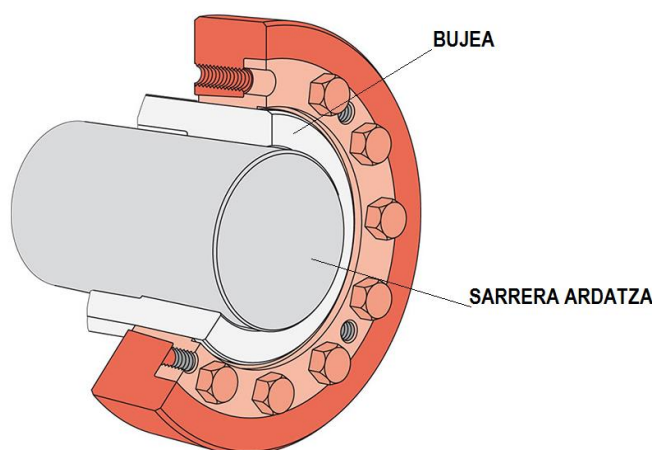


- Torlojuen bidezko akoplamenduarekin: Sarrera ardatzaren mutur batean zulo pasante batzuk izango ditu. Zulo horietatik torloju batzuk zeharkatuko dute bujearekin lotura gauzatzuz.



**Irudia 2.13:** Torlojuen bidezko akoplamendua

- Kontakzio eraztunekin: Kontrakzio eraztunak bi disko eta eraztun batez osatuta daude. Huek bujearen muturra eta sarrera ardatzaren diametro handiena duen muturrean kokatzen dira. Eraztunaren barneko sekzioa bujearekin egongo da kontaktuan, eta 2.14 irudian ikusten den moduan, torlojuak estutzean diskoak haien artean hurbilduko dira eta konpresio bidez lotuko dute bujea eta ardatza.



**Irudia 2.14** Kontrakzio eraztunen bidezko lotura

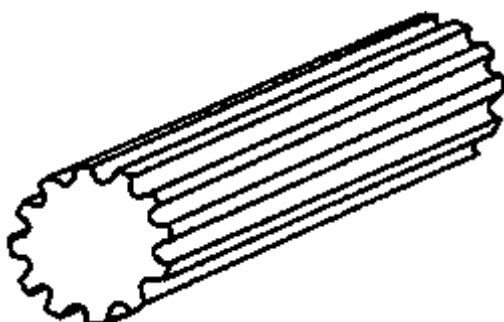
Proiektu honetan erabili den lotura kontrakzio eraztunen bidezkoa da. Eraztun hauek normalizatuak direnez, aukeraketa egiteko soilik ardatzaren diametroa eta transmititu beharreko momentu tortsorea dira.



### 2.6.3.3 BIDERKATZAILEAREKIN LOTURA

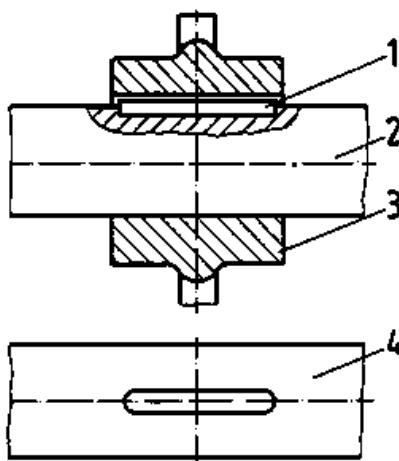
Orain aurretik transmititutako momentu tortsoarea, sarrera ardatzetik biderkatzailera transmititu beharko da. Bi modu desberdinetan lortu daiteke lotura era egokian transmititu ahal izateko momentu bihurtzailea.

- Ardatz artekatuaren bitartez: Artekak biratzen ari diren bi elementuen arteko lotura egiteko erabiltzen dira, modu honetan elementu batetik bestera momentu bihurtzailea transmitituz. Artekak txabetak baino kapazitate handiagoa dute.



Irudia 2.15 Arteken bidezko lotura

- Txabeten bidez: Txabetak arteken funtzio berdina dute. Hauek kapazitate gutxiagoa dute artekatuen bidez konparatuz, hala ere sobre karga bat egon ezker, apurtu egiten dira sistema askatuz.



Irudia 2.16 Txabeten bidezko lotura

Kasu honetan lehenengo aukera erabili da, artekatuen bidezko lotura, batik bat momentu bihurtzaile handiak transmititu behar direlako eta gomendagarria delako ahalik eta kapazitate gehien duen lotura bat erabiltzea.

## 2.6.4 BIDERKATZAILEA

### 2.6.4.1 BIDERKATZAILEAREN ETAPA KOPURUA

Biderkatzailearen funtzio nagusia sarrera ardatzaren abiadura handitzea (biderkatzea) da. Horretarako engranajeen sistema erabiltzen da eta engranajeen transmisio erlazioari esker lortzen da abiadura handipen hori. Proiektu honetan, 15 rpm-ko sarrera abiadura 1620 rpm-ko abiadurara handitu beharko da.

- Etapa bakarra: Aerosorgailu txikiek etapa bakar bateko biderkatzailea izaten dute. Etapa bakar bat izateak, bi ardatz (engranaje bikote bat) izatea baldintzatzen du, beraz transmisio erlazio oso handiak ezin direnez izan, abiadura aldaketak ere ez.
- Etapa bat baino gehiago: Etapa bat baino gehiago egotean, etapa bakoitzeko transmisio erlazioak biderkatzen dira haien artean, abiadurak handitzeko kapazitatea handituz. Aerosorgailu handiagoetan hainbat etapa erabiltzen dira, eta horrez gain etapa mota desberdinak nahasten dira.

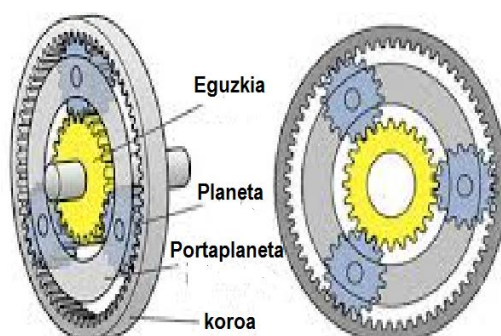
Kasu honetan, hiru etapa erabili dira, beraz etapa bakoitzaren transmisio erlazioak biderkatuz, biderkatzailearen transmisio erlazio totala lortzen da. Zehetasun gehiagorako 3. dokumentuko 3.5.1 atala ikusi.

### 2.6.4.2 BIDERKATZAILEAREN ETAPA MOTAK

Esan bezala etapa mota desberdin bi bereizten dira, haien artean desberdintasun handienak, tamaina eta transmisio erlazioaren balioak izanik.

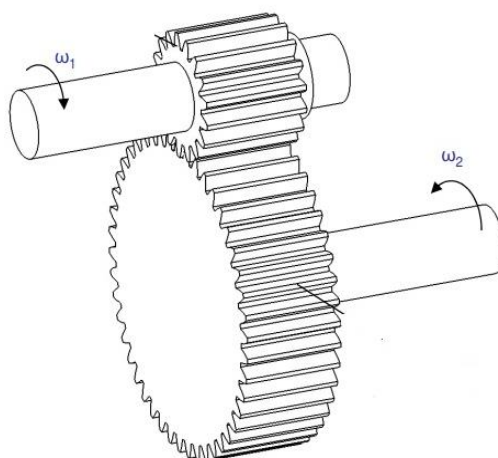
- Etapa planetarioa: Etapa mota hau hiru engranaje edo gehiagoz osatuta dago. Eguzki engranajea, koroak eta planetak. Bi funtzionamendu mota desberdin izan ditzake. Sarrera abiadura portaplanetatik sartzen da, planetak mugiaraziz

eguzki engranajearen inguruan koroa guztiz geldi egonda, eta irteera abiadura eguzki ardatzetik irteten da.



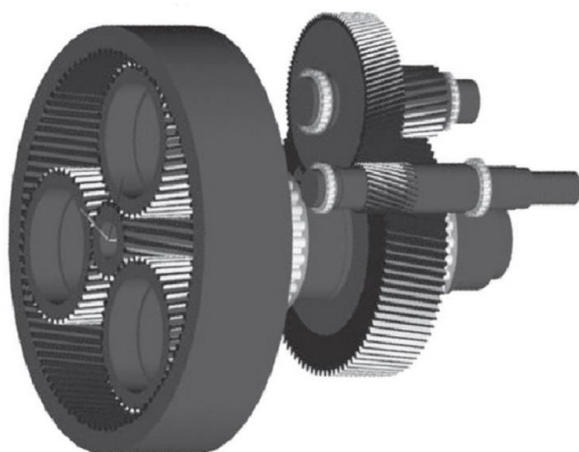
**Irudia 2.17** Etapa planetarioa

- Etapa planetarioa: Etapa mota erabiliena da. Bi ardatz eta bi engranaje (engranaje bikote bat) osatuta. Transmisio erlazioa lortzeko engranaje baten tamaina bestearena baino handiagoa izan behar du, modu honetan gurpila eta piñoia engranaje bikotea osatuz.



**Irudia 2.18** Etapa paraleloa

Proiektu honetan etapa planetario bat eta bi etapa paralelo erabili dira, guztira hiru etapa. Etapen konbinazio hau erabili da, transmisio erlazio handia behar delako, beraz engranaje eta ardatz gehiegi ez erabiltzeko etapa planetarioa erabili da, honen transmisio erlazioaren kapazitatea handiagoa baita. Hala ere ez da gomendagarria soilik etapa planetarioak erabiltzea aerosorgailu honentzako konkretuki, biderkatzailearen tamaina oso handia izan beharko lukelako.



**Irudia 2.19** Etapa planetario bate eta bi etapa paraleloko biderkatzailea

### 2.6.4.3 ENGRANAJEEN HORTZ MOTAK

Etapa planetarioan parte hartzen duten engranajeen hortzak zuzenak dira, hala ere etapa paraleloetan hainbat motatakoak izan daitezke:

- **Hortz zuzenak:** Hortz zuzenak ohikoenak dira, abiadura baxuetarako ondo lan egiten dute, bestalde zarata handia egiten dutelako.



**Irudia 2.20** Hortz zuzenak

- **Hortz helikoidalak:** Hortz helikoidalak inklinazio angelu bat izaten dute, beraz fabrikatzerako orduan zailagoa denez garestiagoak izaten dira engranaje hauek. Hala ere, abiadura handiagotan lan egiteko hobeak dira, ez dutelako zaratarik egiten eta potentzia transmititzeko kapazitate handiagoa dutelako. Bestalde, hortzen inklinazioaren ondorioz, indar batzuk sortzen dira, beraz higadura gehiago jasaten dute. Etapa paraleloetan engranajeak bikoteka

daudenez, bi engranajeen hortzen inklinazio angelua " $\beta$ " berdina izan behar du baina kontrako noranzkoetara.



**Irudia 2.21** Hortz helikoidalak

- Hortz helikoidal bikoitzak: Hortz helikoidal sinpleen antzekoak dira, kasu honetan engranajearen erdiak hortzen inklinazioa alde batera izango dutela, eta beste erdiak bestera, modu honetan hortzek sortzen duten karga axiala desagertzen da. Honen desabantaila nagusia fabrikazioa garestia dela da.



**Irudia 2.22** Hortz helikoidala bikoitzak

Kasu honetan etapa paraleloetan hortz helikoidal sinpleak dituzten engranajeak erabili dira, hau da bigarren aukera, etapa hauetan abiadurak nahiko handiak izaten direlako.

### 2.6.5 ERRODAMENDUAK

Transmisio sistema osoan zehar hainbat errodamendu erabiliko dira, hauei esker elementuen mugimendua lortuko da. Gainera transmisio sistemaren euskarriak izango dira. Bi errodamendu desberdin desberdinduko dira nagusiki, soilik karga erradialak jasan ditzatekenak eta karga axiala eta erradiala jasan ditzatekenak. Horietatik, aerosorgailuen transmisioan gehien erabiltzen diren errodamenduak hurrengoak dira:

#### KARGA ERRADIALA JASATEN DUTEN ERRODAMENDUAK

- Errodamendu zilindrikoak: Errodamendu mota hauek soilik karga erradiala jasan ditzake beraz errodamendu askeak direla esan daiteke. Hainbat hilerako arraboladunak daude, beraz karga kapazitate handiago bat nahi izanez gero, arraboladun bi hilerako errodamenduak erabili behar litzateke.



**Irudia 2.23** Errodamendu zilindrikoak

#### KARGA AXIALA ETA ERRADIALA JASATEN DUTEN ERRODAMENDUAK

- Boladun errodamenduak: Karga erradialaz aparte, karga axiala bi norantzetan jasan ditzake. Hala ere, ez daukate karga kapazitate oso altua.



**Irudia 2.24** Boladun errodamenduak

- Errotulazko arraboladun errodamenduak: Boladun errodamenduak bezala, bi karga motak jasan ditzakete bi norantzetan. Baina kasu honetan karga kapazitate handiagoa dute errodamenduaren diseinu motagatik.



**Irudia 2.25** Errotulazko arraboladun errodamenduak

- Arrabola konikodun errodamenduak: Errodamendu hauek bi karga motak jasan ditzakete baina karga axiala soilik norantza batean, horregatik arrabol konikodun errodamenduak erabiltzerakoan bikoteka erabiltzen dira, aurpegia edo sorbalda ematen haien artean. Kontrako aldera karga axiala aplikatzerakoan desmuntatuko ziren. Hainbat hilerakoak erabil daitezke, jasan behar duten karga kapazitatearen arabera.



**Irudia 2.26** Arrabol konikodun errodamenduak

Transmisio honetan erabili diren errodamenduak errotulazko arraboladun errodamenduak eta errodamendu zilindrikoak dira, azken finean eragiten dituzten kargak oso altuak direlako. Sarrera ardatzeko errodamendu biak errotulazko

arraboladunezkoak dira, nahiz eta bakar batek karga axiala eta erradiala jasan, biak karga balio oso altuak jasan behar dituztelako. Gainera, errodamendu hauen barne zuloa konikoa izango da, sarrera ardatzari egokituta. Beraz ardatzean finkatzeko finkatze zorroak erabiliko dira.

Bestetik, biderkatzailean zehar erabili den dinamika errodamendu bi mota hauek aukeratzeko argi dago, karga axiala eta erradiala jasan behar dituztenak errotulazko arraboladun errodamenduak izango dira, eta soilik karga erradiala jasan behar dutenak errodamendu zilindrikoak. Hauen barne zuloa zilindrikoa izango da, eta ardatzean axialki finkatzeko finkapen azkoinak erabiliko dira.

## 2.6.6 MATERIALAK

### 2.6.6.1 ALTZAIRUAK

Aerosorgailuaren transmisioaren diseinuan erabilitako material nagusia altzairua da dudarik gabe. Beraz, UNE 10020:2001 araua jarraituz erabili daitezkeen altzairu desberdinen azterketa egingo da.

- Serie 2 eta 3 (Erresistentzia altuko altzairuak): Altzairu aleatua da, tenplaketa jaso dutenak, gogortasuna eta erresistentzia handitzeko. Baita iraoketa tratamendua izan dutenak, tenplaketan sortu diren tentsioak txikitzeko eta zailtasuna hobetzeko. Proiektu honetan altzairu mota hau sarrera ardatzean erabili da.
- Serie 5 eta 6 (Zementazio altzairuak): Altzairu hauek tratamendu termokimiko bat jasan dute gogortasunaz hornitzeko. Prozesuan zehar piezen gainazalari karbonoa gehitzen zaio difusioaren bidez. Proiektu honetan altzairu mota hau engranajeentzako eta engranajeak dituzten zenbait ardatzentzako erabili da.
- Serie 1 (Karbono altzairuak): Altzairu orokorrena da, gero eta karbono gehiago izan, orduan eta erresistenteagoak eta gogorragoak. Oso aproposak tratamendu termikoak jasotzeko. Proiektu honetan altzairu mota hau txabetentzako, portaplanetarentzako... erabili da.



### 2.6.6.2 BURDINURTUA

- Fundizio grisa: Aleazio hipoeutektikoa den burdinurtua da. Beste materialak baino merkeagoak dira, eta mekanizatzeko errazak. Pieza oso handiak egiteko aproposa den materiala da. Beraz, proiektu honetan fundiziozko mota hau karkasak egiteko erabili da.

### 2.6.7 AKOPLAMENDUAK

Bi ardatz lotzeko erabiltzen dira, momentu bihurtzaileak transmititzeko ardatz batetik bestera. Aerosorgailuetan biderkatzailearen azken ardatza motore elektrikoaren ardatzarekin lotzeko erabiltzen dira.

Akoplamenduek bi zatitan dauden banatuta, zati bakoitza ardatz batean lotzen da. Akoplamendu mota desberdin asko daude baina gehienak nahiz eta ardatzak alineatuta egon, desalinazio batzuk onartzeko prestatuta daude. Proiektu honetan erabili den akoplamendua solidoa da, hau da, bananduta dauden bi zati horiek lotzeko torlojuak erabiltzen dira.

## 2.7 HARTUTAKO EBATZIA

### 2.7.1 FUNTZIONAMENDUA

2 MW-ko aerosorgailu eoliko baten transmisio mekanikoaren funtzionamendua eta diseinua azalduko da.

Errotoretik motore elektridora abiadura transmitituko du hain zuzen, errotorearen abiadura 15 rpm izatetik, motore elektrikoaren ardatzaren abiadura 1620 rpm izatera igarotzeko.

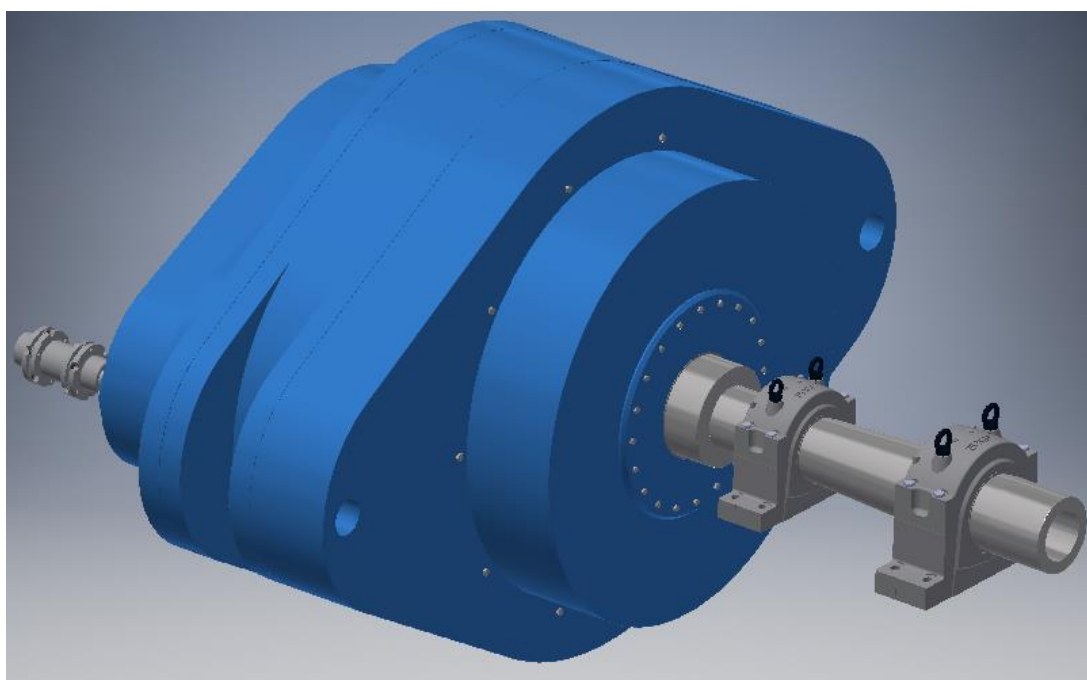
Hasteko paletan haizeak jotzen duenean, errotorea mugiaraziko du. Bujea errotorearen zati bat denez eta bujea sarrera ardatzari lotuta dagoenez, sarrera ardatz hau edo abiadura baxuko ardatz hau errotorearen abiadura berdinerara biratuko du,  $15 \text{ bir}/\text{min}$  -ra.

Sarrera ardatza biderkatzailearekin konektatuta dago, hain zuzen ere portaplanetarekin sekzio artekatu baten bidez, beraz, portaplanetaren abiadura ere  $15 \text{ bir}/\text{min}$ -koa izango da.

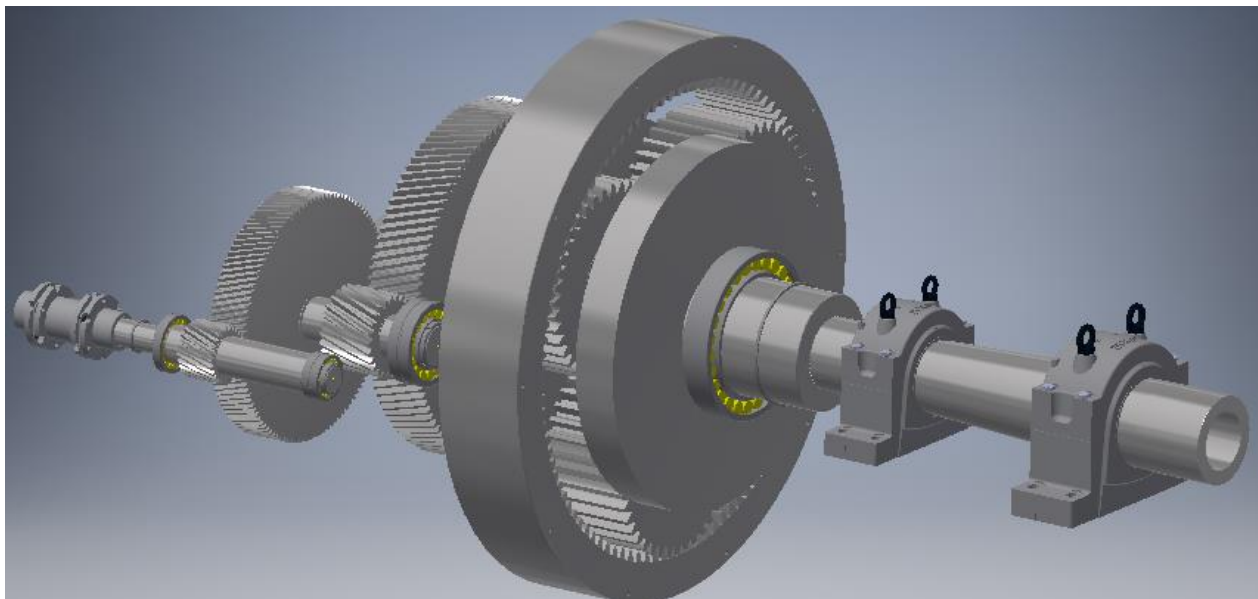
Portaplaneta planeta engranajeekin konektatu dago, beraz portaplanetak planeta engranajeak biraraziko ditu koroan zehar, eta aldi berean eguzki engranajea mugiaraziz. Modu honetan eguzki ardatzak  $87 \text{ bir}/\text{min}$ -ko abiadurara biratuko du.

Eguzki ardatzak bigarren engranaje bat du, bigarren etapako gurpila edo engranaje handia. Engranaje hau bigarren ardatzeko piñoi edo engranaje txikiarekin kontaktuan dagoenez, eguzki ardatza biratzean, bigarren ardatza biraraziko du  $380 \text{ bir}/\text{min}$ -ko abiaduran.

Bigarren ardatzak bigarren engranaje bat du, hirugarren etapako gurpila edo engranaje handia. Gurpil hau abiadura altuko ardatzaren engranajearekin kontaktuan dagoenez (hirugarren etapako piñoiarekin), bigarren ardatza biratzean, abiadura altuko ardatza biraraziko du  $1620 \text{ bir}/\text{min}$ -ko abiaduran. Azken abiadura hau biderkatzailetik ateratzen den abiadura da eta zuzenean akoplamendu baten bitartez motore elektrikoaren ardatzarekin konektatuz energia zinetikoa energia elektrikoa bilatzea lortuko da.



**Irudia 2.27** Transmisioaren multzoa

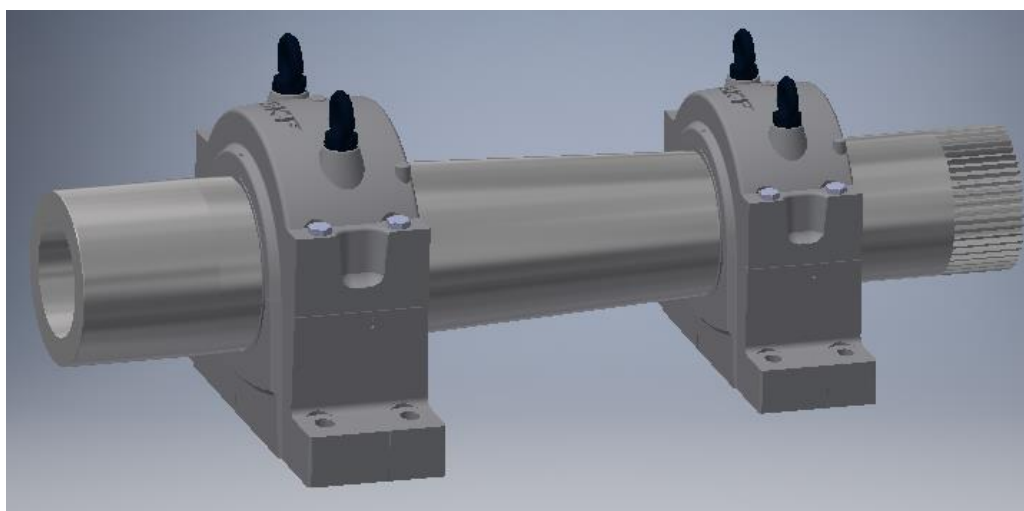


Irudia 2.28 Transmisioaren multzoa karkasarik gabe

## 2.7.2 OSAGIAK

### 2.7.2.1 AKZIONAMENDU PRINTZIPALA

Errotorea eta biderkatzailea lotzen duen multzoa da akzionamendu printzipala. Abiadura baxuko ardatza edo sarrera ardatza eta honen errodamenduak hartzen dute parte multzo honetan. Multzoaren xehetasun gehiago izateko, ikusi 2. dokumentuko P02 planoak.



Irudia 2.29 Akzionamendu printzipala

### 2.7.2.1.1 ABIADURA BAXUKO ARDATZA

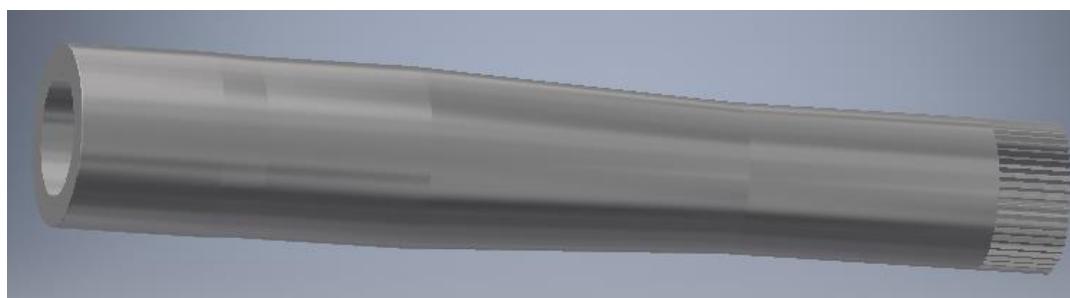
Akzionamendu printzipalaren osagai nagusia da. Honi esker errotorearen abiadura biderkatzaileira transmititzea lortzen da, ostean biderkatzaileak handitu dezan.

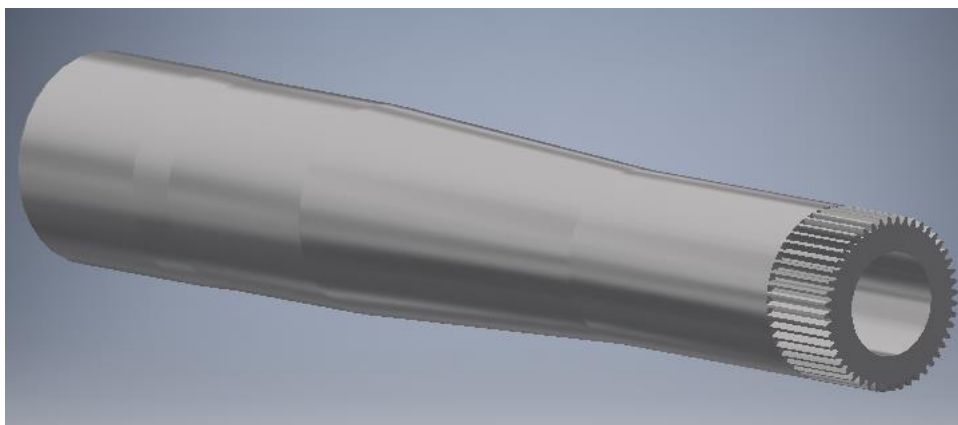
2.6.3.1 atalean azaldu den moduan, sekzio koniko eta zilindrikoak izango ditu ardatzak. Sekzio konikoak diametro aldaketentzako dira, eta ardatzaren luzera osoa 3401 mm-takoa da. Ardatzaren diametrorik handiena 610 mm-takoa da, eta hau bujearekin lotzeko da. Beste bi sekzio zilindrikoak 600 mm eta 500 mm-tako diametrokoak dira, eta bertan errodamenduak kokatzeko balio dute. Azken sekzio hauek j5-eko perdoi dimentsionala dute, errodamenduen kokapen egokirako. Ardatza tubularra da, hau da, barrutik hutsik dago, bertatik sistema elektrikorako kableak igarotzeko, beraz ardatz osoa orokorrean 100 mm-ko lodiera du.

Biderkatzailearekin lotzeko, portaplanetarekin zuzenean lotzen da sekzio artekatu bateri esker. Sekzio hau 500 mm-ko diametroan kokatuta egongo da 250 mm-ko luzeran. Arteka DIN 5480 araua jarraituz egin da, eta hain zuzen W500x10x48xh9 arteka bat da.

Errodamenduak kokatuko diren sekzioen gainazal akabera  $0,4 \mu\text{m}$ -koak (N5) dira, eta artekarena berriz,  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7). Ardatzaren akabera orokorra  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Ardatz honek orokorrean karga handiak jasaten ditu, beraz erresistentzia handiko material batez eginda egon behar du, konkretuki F-1280 altzairuarekin. Materialaren ezaugarri gehiago jakiteko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala. Dimentsionaketaren kalkuluak ikusteko, ikusi 4. dokumentuko 3.4.3 atala, eta ardatzaren dimentsioen ezaugarri gehiago jakiteko ikusi 4. dokumentuko P03 planoak.





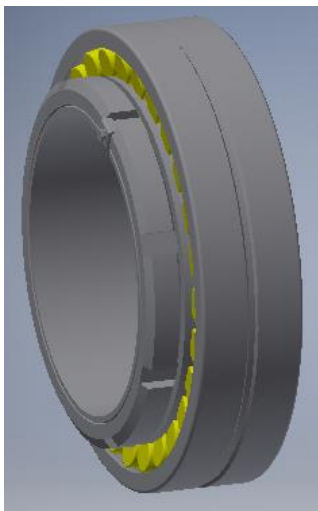
**Irudia 2.30** Abiadura baxuko ardatza

### **2.7.2.1.2 ERRODAMENDU EUSKARRIAK**

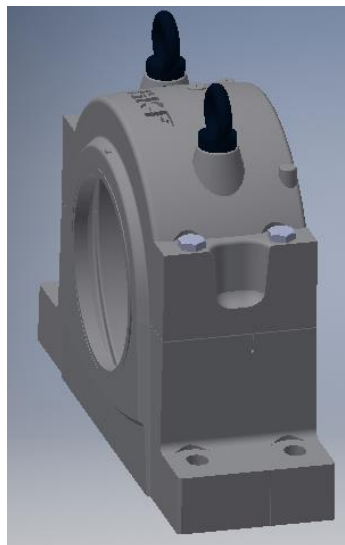
Akzionamendu printzipala SKF-ko bi errodamendurekin egongo da eutsita 2.6.2 atalean azaldu den moduan.

Lehenengo errodamendua A errodamendua bujearen loturatik 1000 mm-ra dago kokatuta. Honek karga erradiala eta karga axiala jasango du. Bigarren errodamendua B errodamendua ardatzaren beste muturretik 800 mm-ra dago kokatuta, hau da, errodamenduen artean 1600 mm daude. Beste hau, soilik karga erradiala jasango du baijan bi errodamenduak errotulazko arraboladun errodamenduak izango dira karga oso handiak jasan beharko dituztelako.

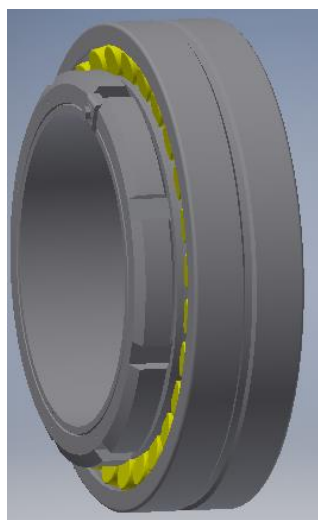
Horrez gain, finkatze zorro batzuei esker fijatuko dira axialki ardatzean eta SKF erakunde beratik lortutako euskarri batzuen barruan egongo dira errodamenduak, ostean euskarri hauek oinarri batean finkatzeko. Hautatutako euskarriak SNL 30/630 A errodamenduarentzako eta SNL 30/530 B errodamenduarentzako dira. Errodamenduen hautaketaren xehetasun gehiago jakiteko, ikusi 3. dokumentuko 3.4.5 atala, eta kokapenaren ezaugarri gehiago jakiteko ikusi 4. dokumentuko P02 plano.



**Irudia 2.31** SKF BD-230/630 CAK/W33  
(A errodamendua)



**Irudia 2.32** SKF SNL30/630  
errodamendu euskarria



**Irudia 2.33** SKF BD-230/530 CAK/W33  
(B errodamendua)

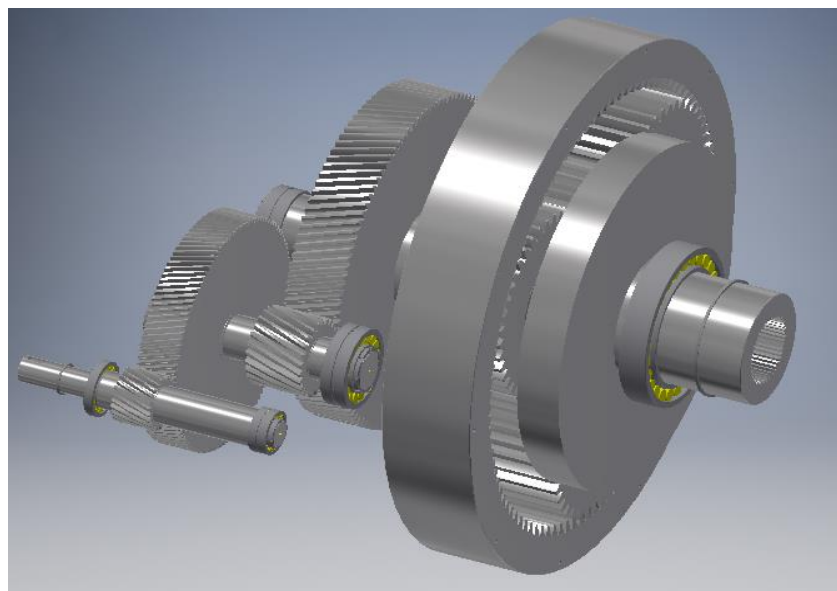
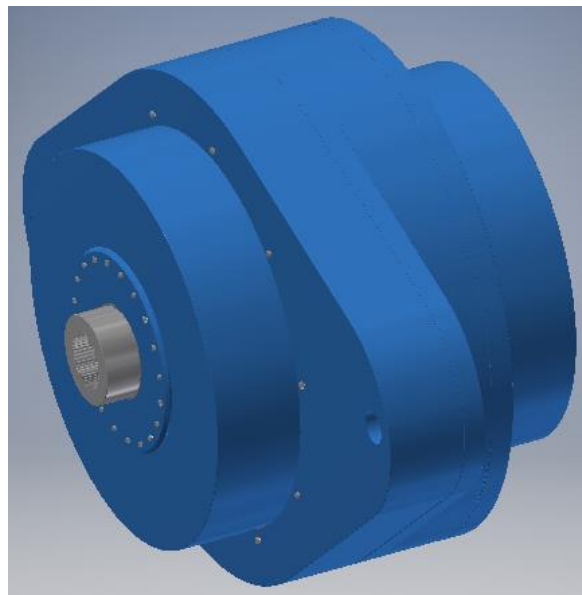
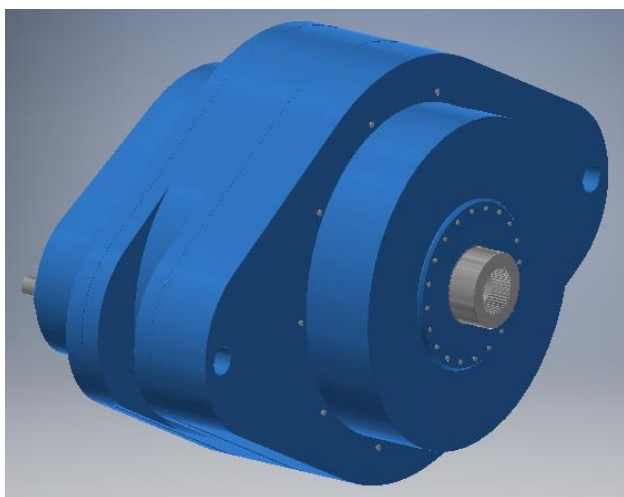


**Irudia 2.34** SKF SNL30/530  
errodamendu euskarria

### 2.7.2.2 BIDERKATZAILEA

Biderkatzaileak jasotako abiadura handitzen du ostean motore elektrikoak aprobetxatu dezan abiadura handipen horrekin energia zinetikoa energia elektrikoa bilakatu dezan. Hiru etapaz osatuta egongo da, planetari bat eta bi etapa paralela. Guztira, transmisio erlazio totala 120,42-koa da.

Biderkatzaileak osatzen dituzten elementuak ardatzak eta engranajeak dira nagusiki, hauei esker lortzen da abiadura handipen hori. Ardatz horrek errodamenduei esker egongo dira eutsita, eta sistema osoaren inguruan karkasa eta tapa batzuei esker egongo da estalita eta babestuta. Biderkatzailearen xehetasun gehiago jakiteko, ikusi 4. dokumentuko P04 planoak.



**Irudia 2.35 Biderkatzailea**

**2.7.2.2.1 LEHENENGO ETAPA**

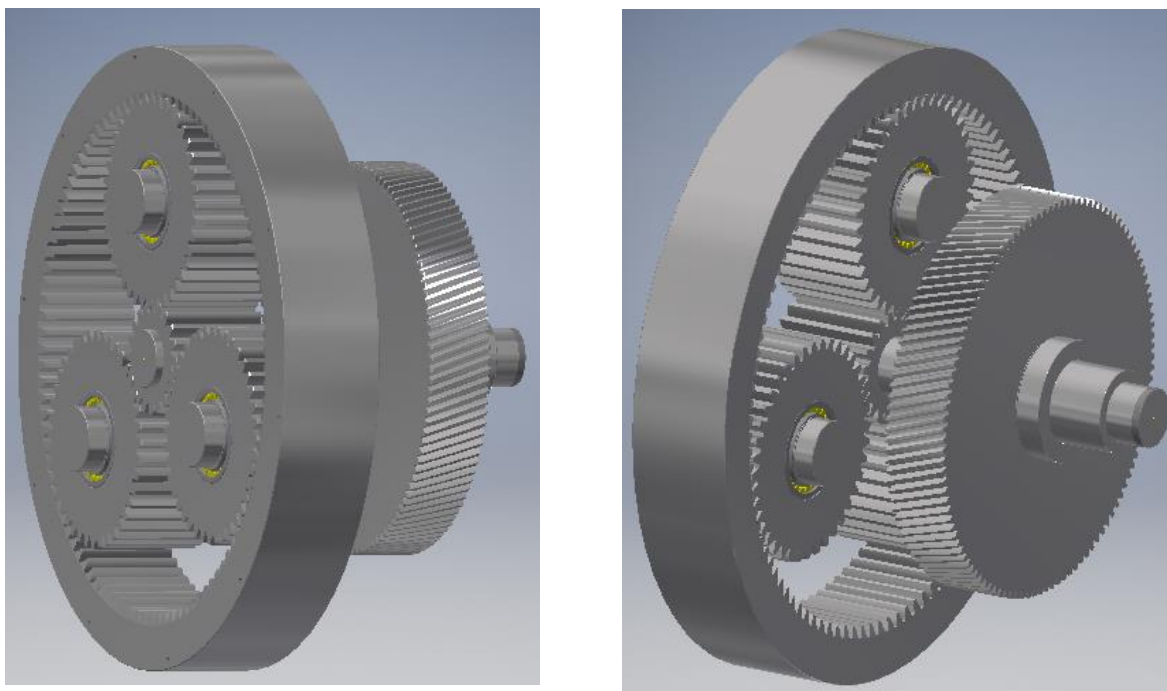
Lehenengo etapa honetan akzionamendu printzipaletik zuzenean errotorearen abiadura sartzen da. Etapa hau planetarioa da, haur da, eguzki engranajea, koroa eta hiru planeta engranaje izango ditu. Etapa honen transmisio erlazioa 6:1-koa da, beraz  $15 \text{ bir}/\text{min}$ -ko sarrerako abiadura,  $87 \text{ bir}/\text{min}$ -ra handitzen du.

Etapa hau osatzen duten engranajeek hortz zuzenekoak dira, eta eguzki engranaje eta planeten arteko distantzia 960 mm-koa da.

1.ETAPA	EGUZKI ( $Z_1$ )	PLANETA ( $Z_2$ )	KOROA ( $Z_3$ )
Transmisio erlazioa (i)	6:1		
Modulua ( $m_1$ )	32 mm		
Hortz kopurua (z)	20 hortz	40 hortz	100 hortz
Presio angelua ( $\alpha$ )	20°		
Diametro primitiboa ( $D_P$ )	640 mm	1280 mm	3200 mm
Barne diametroa ( $D_B$ )	560 mm	1200 mm	3120 mm
Kanpo diametroa ( $D_K$ )	704 mm	1344 mm	3264 mm
Zabalera (b)	640 mm		
Addendum	32 mm		
Deddendum	40 mm		

Taula 2.1 Lehenengo etapako engranajeen datuak





**Irudia 2.36** Lehenengo etapa

Lehenengo etaparen ezaugarri gehiago jakiteko, ikusi 3. dokumentuko 3.5.4 atala ikusi.

#### **2.7.2.2.1.1 PORTAPLANETA**

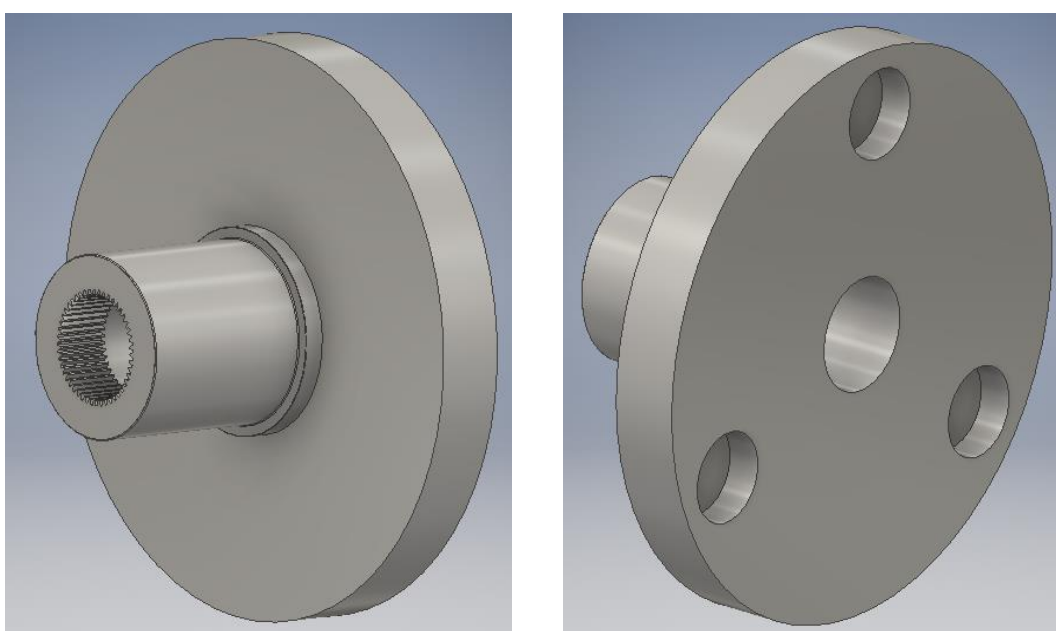
Portaplaneta planeta ardatzak eusten eta birarazten dituen elementua da. Abiadura baxuko ardatza elementu honekin zuzen zuzenean dago lotuta sekzio artekatuaren bidez. Beraz, portaplanetari egindako 500 mm-ko diametroko zuloan, DIN 5480 araua jarraitzen duen W500x10x48x9 arteka 245mm-ko luzeran izan beharko du. Zulo hau H8 perdoi dimentsionala izango du.

Planeta ardatzak eusteko 3 zulo mekanizatu beharko dira zentrotik 1920mm-ra eta 400 mm-ko diametroarekin, eta haien artean 120°-tara egongo dira. Zulo hauek H7-ko perdoia izango dute.

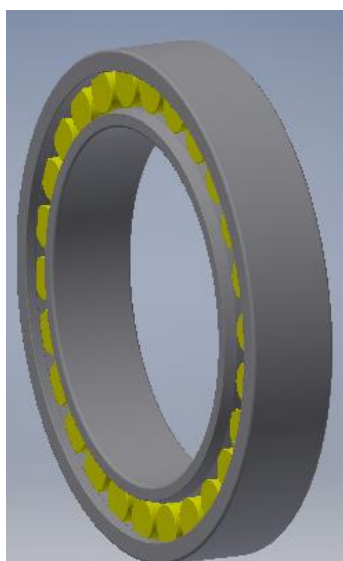
Portaplaneta eusteko errodamendu zilindriko bat erabiliko da, 800 mm-ko barne diametroarekin, eta j5-eko perdoiarekin kokapen egokirako. Sekzio artekatuaren gainazal akabera 1,6  $\mu\text{m}$ -koa (N7) da, eta errodamendua kokatzen den sekzioarena berriz 0,4  $\mu\text{m}$ -koa (N5), katalogoak eskatzen duen moduan. Bestalde, akabera orokorra 6,3  $\mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Pieza honek akzionamendu printzipaletik datorren momentu bihurtzailea eta pieza beraren pisua baino ez du eutsiko, beraz F-1140 altzairuzkoa izango da. Materialaren propietate gehiagorako ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala. Portaplanetaren xehetasun gehiagorako, ikusi 4. dokumentuko P05 plano edo 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.

Esan bezala, portaplaneta eutsiko duen elementua errodamendu zilindrikoa da, SKF erakundetik hartutakoa, hain zuzen ere NU 20/800 ECMA errodamendua da. Honen aukeraketari buruzko kalkuluak ikusteko joan 3. dokumentuko 3.5.8 atalera. Errodamenduaren kokapena ikusteko, ikusi 4. dokumentuko P04 plano.



**Irudia 2.37** Portaplaneta



**Irudia 2.38** SKF NU 20/800 ECMA  
errodamendu zilindrikoa

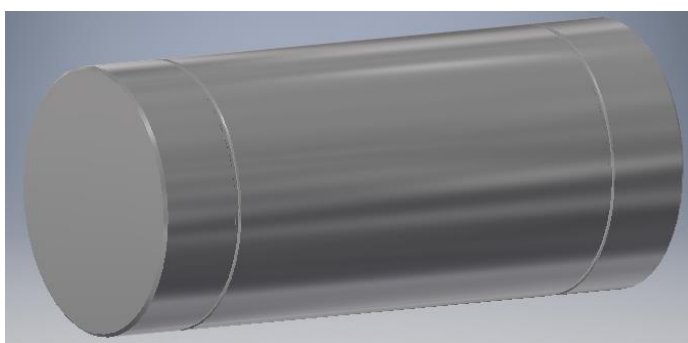
### 2.7.2.2.1.2 PLANETA ARDATZA

Hiru ardatz egongo dira, planeta engranaje kopuru berdinekoak, ardatz hauetan eutsita egongo baitira engranaje horrek. 400 mm-ko diametrokoak dira, eta portaplanetaren zuloetan finko kokatuko dira. Ardatz hauek ez dutenez biratzen, planeta engranajeek biratzeko errodamenduak erabiliko dira, beraz ardatz bakoitzean bi errodamendu kokatuko dira.

Errodamendu hauek eusteko DIN 471 segurtasun eraztunak erabiliko dira, beraz ardatzetan eraztun hauentzako artekak mekanizatu beharko dira. Hain zuzen ere, arteka hauen barne diametroa 390 mm-koa da h13 perdoiarekin, eta 6.2 mm-ko zabalera. Ardatzaren dimentsionaketa ikusteko joan 3. dokumentuko 3.5.7.1 atalera.

Errodamenduen katalogoak finkatutako gainazal akabera  $0,4 \mu\text{m}$ -koa (N5) denez, ardatzaren akabera orokorra hori bera izango da.

Azkenik, ardatzaren materiala engranajeak egingo diren material berberarekin egingo da, konkretuki F-1540 altzairuarekin. Materialaren propietate gehiagorako ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala. Ardatzaren ezaugarri gehiago jakiteko ikusi 4. dokumentuko P05 plano edo 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.



**Irudia 2.39** Planeta ardatza

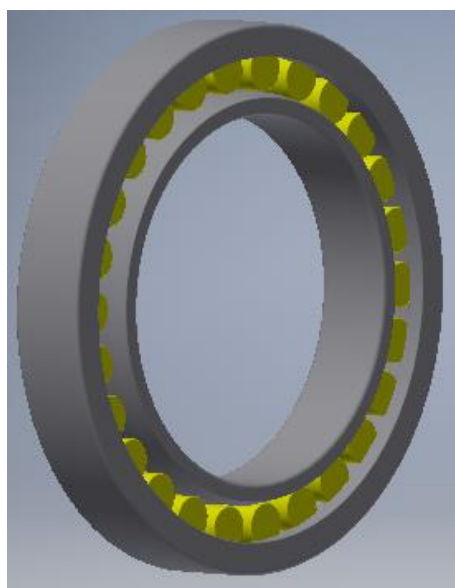


**Irudia 2.40** DIN 471 Segurtasun eraztuna

### 2.7.2.2.1.3 PLANETA ERRODAMENDUA

Errodamendu hauei esker planeta engranajeak biratuko dute, beraz hauek, engranaje hauen barnean doaz kokatuta, DIN 471 segurtasun eraztun batzuei esker finkatuta.

Soilik karga erradiala jasango dute, beraz errodamendu zilindrikoak izango dira, SKF erakundetik hautatuak, hain zuzen ere NU 1080 MA errodamenduak dira. Aukeraketari buruzko informazio gehiago jakiteko ikusi 3. dokumentuko 3.5.7.1.1 atala. Kokapena ikusteko, ikusi 4. dokumentuko P04 plano.



**Irudia 2.41** SKF NU 1080 MA  
errodamendu zilindrikoa

### 2.7.2.2.1.4 PLANETA ENGRANAJEA

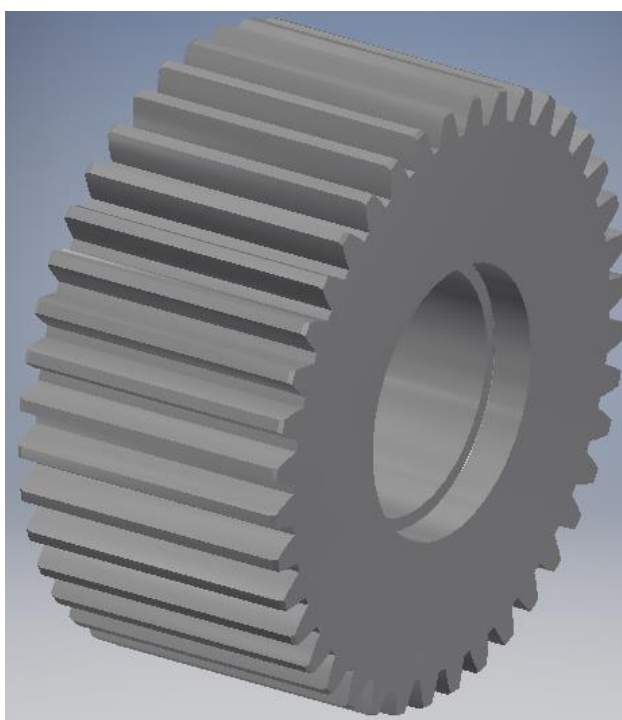
Esan bezala, hiru planeta engranaje egongo dira, planeta ardatzetan kokatuak egongo direnak, hain zuzen 120<sup>o</sup>-tara haien artean. Hiruren artean eguzki engranajea egongo da kokatuta, modu honetan hauek biratzean, biraketa mugimendu hori eguzki engranajeari transmitituko dio.

Engranaje hauek alderik aldeko Ø540 mm-ko zulo bat izango dute zentroan, bertatik planeta ardatzak igarotzeko, eta horrez gain, euskarriak izango diren errodamenduak kokatzeko 90 mm-ko sakonerako Ø600 mm-ko zuloan mekanizatu beharko dira H6 perdoiarekin.

Errodamenduentzako zuloak  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera izango dute, katalogoak finkatzen duen moduan. Engranajearen gainazal akabera orokorra berriz,  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) da.

Komentatu den moduan, engranajearen materiala F-1540 altzairua da, zementazio altzairua hain zuzen ere, gogortasun handikoa delako. Materialaren propietate gehiago jakiteko ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala

Engranajearen dimentsionaketari buruzko informazio gehiago jasotzeko, ikusi 3. dokumentuko 3.5.4 atala eta 4. dokumentuko P05 plano.



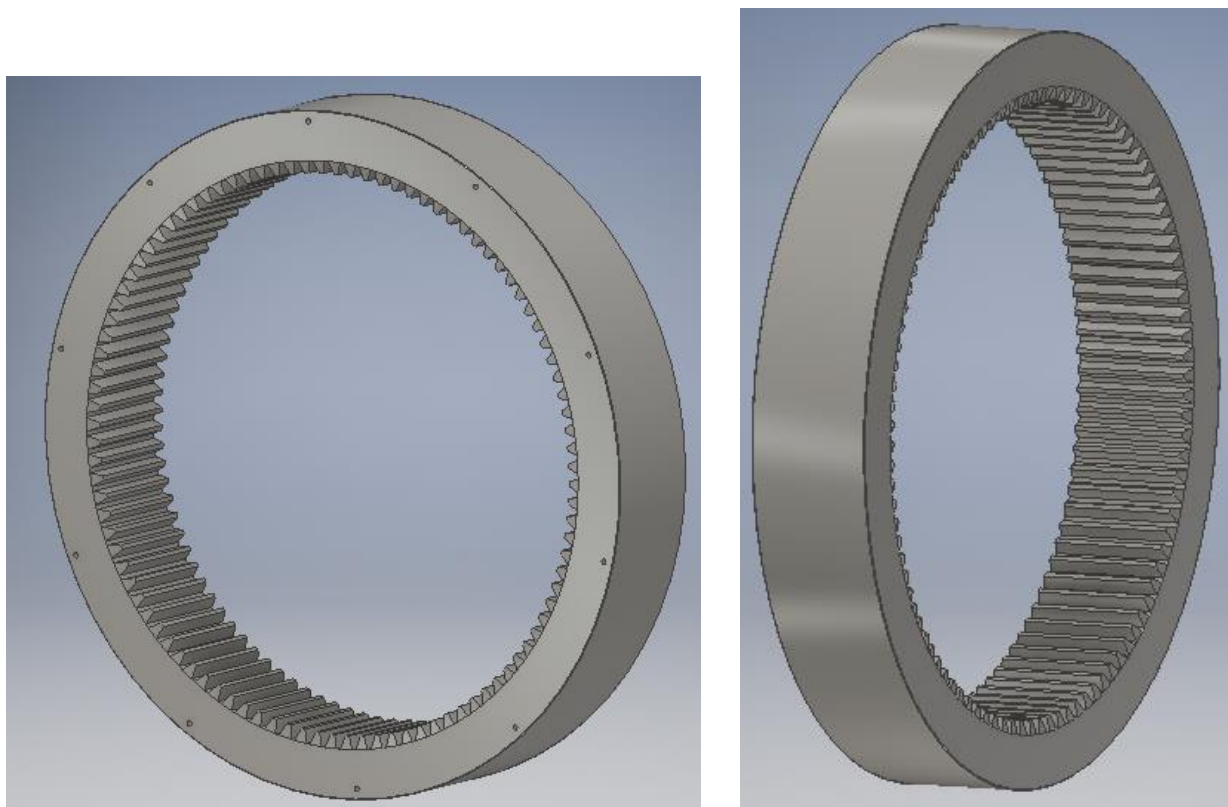
**Irudia 2.42** Planeta engranajea

#### **2.7.2.2.1.5 KOROA**

Koroa lehenengo etapako engranajerik handiena da eta hortzak barne diametroan dauzkana. Engranaje hau ez da mugituko, finko egongo da, beran zehar planetan mugitu daitezzen. Hau lehenengo karkasan egongo da sartuta, eta mugituko ez dela egiaztatzeko karkasa honi lotuta egongo da torlojuen bidez. Horretarako M36-ko 10 zulo izango ditu 3700 mm-ko diametroan.

Komentatu den moduan, koroa lehenengo karkasan sartuta egongo da, beraz kanpo diametroak 3824 mm dituenak h9 perdoi dimentsionala izango du. Koroaren gainazal akabera orokorra  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) izango da.

Engranaje guztien moduan, gogortasuna behar dutenez, F-1540 altzairuzkoa izango da. Material honen propietate gehiago jakiteko ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala. Koroari buruzko dimentsionaketari buruzko informazio gehiago jakiteko ikusi 3. Dokumentuko 3.5.4 atala eta 4. dokumentuko P06 plano.



**Irudia 2.43** Koroa

#### **2.7.2.2.1.6 LEHENENGO ETAPAKO TAPA**

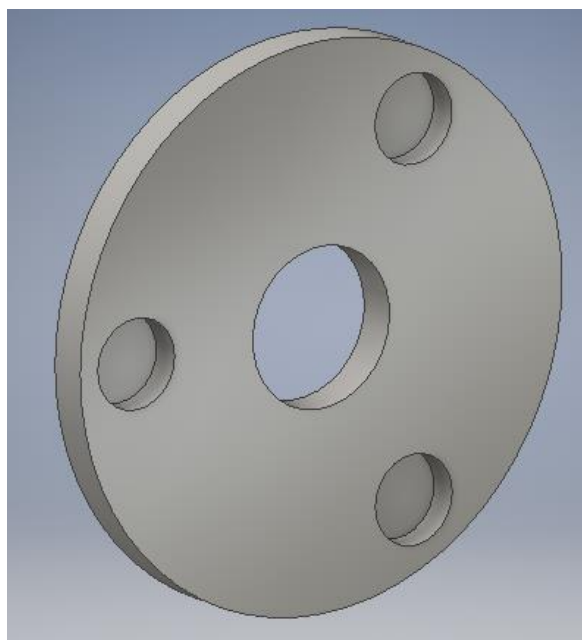
Tapak honek lehenengo etaparen muga markatzen du. Bere eginkizun nagusia, planeta ardatzak eustea da, horretarako hiru zulo mekanizatuko zaizkio 400 mm-ko diametroarekin 1920 mm-ko erradioan, haien artean  $120^\circ$ -tara. Zulo hauek 130 mm-ko sakonera eta H7-ko perdoi dimentsionala izango dute ardatzen kokapen finkorako.

Disko baten antzekoa da elementu hau, 2500 mm-ko kanpo diametroarekin eta 710 mm-ko zulo batekin zentroan, bertatik, montatzerako orduan eguzki ardatza pasa dezan. Tapa honen lodiera 180 mm-koa da.

Mekanizatu beharreko zulo zentrala eta planeta ardatzentzako zuloetan  $1,6 \mu\text{m}$ -ko (N7) akabera izango dute, gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Elementu honek ez ditu karga oso handiak jasan behar, beraz, F-1140 altzairuzkoa izango da. Material honen propietate gehiago jakiteko, ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala.

Lehenengo etapako taparen dimentsioen xehetasun gehiago ikusteko, ikusi 4. Dokumentuko P06 plano eta 5. Dokumentuko 5.2.1.2 atala.



**Irudia 2.44** Lehenengo etapako tapa

#### **2.7.2.2.1.7 EGUZKI ARDATZA ( 1. Etapa )**

Eguzki ardatza lehenengo etapan eta bigarren etapan hartzen du parte, beraz atal honetan soilik ardatzak duen eguzki engranajeari buruz hitz egingo da, eguzki ardatzaren gainontzeko xehetasunak 2.7.2.2.2.1 atalean egongo dira.

Eguzki engranajea lehenengo etapan geratzen den azkeneko engranajea da. Esan bezala, portaplanetak planeta engranajeak mugiaraziko ditu koroa engranajea finko

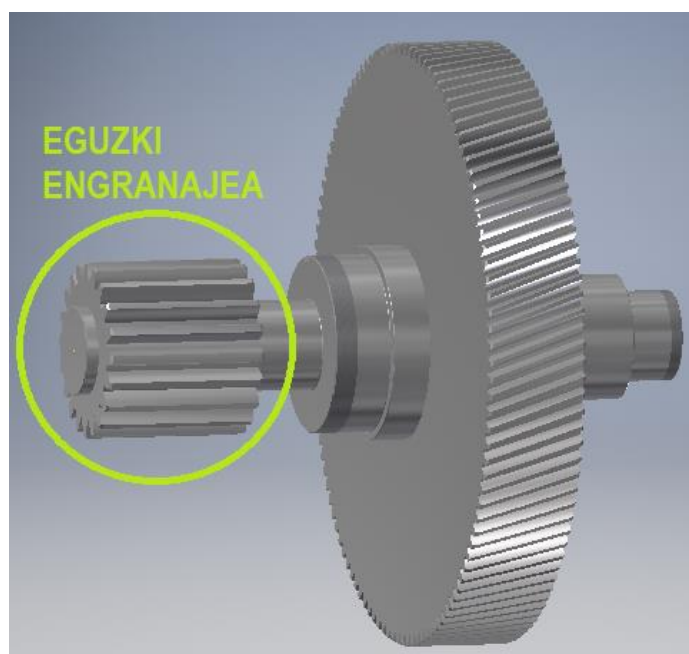
mantentzen den bitartean, eta planeta engranajea horien mugimenduari esker eguzki engranajea mugituko du hiru planeta horien erdian kokatuta dagoelako. Beraz, eguzki engranajearen eta horrekin batera eguzki ardatzaren biraketa abiadura  $87 \text{ birak}/\text{min}$  lortuz.

Eguzki engranajea ardatzaren mutur batetik 50 mm-ra egongo da kokatuta. Ardatzaren luzera totala 2495 mm-koa izango da, eta eguzki engranajearen zabalera 640 mm-koa.

Ardatzaren bi engranajeen gainazal akabera  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) izango da, engrane egokia izan dezaten. Bestalde, ardatza errodamendu batzuen bidez egongo da eutsita, hauen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Ardatzaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Biderkatzaileko ardatz hauek, hainbat engranaje dituztenak, karga handiak jasango dituzte beraz gogortasun handiko altzairuz egindakoak komeni dira, horregatik F-1540 zementazio altzairuzkoa da ardatz hau. Materialaren propietate gehiagorako, ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala.

Ardatzaren dimentsioen eta dimentsionaketaren xehetasun gehiagorako ikusi 3. dokumentuko 3.5.7.2 atala, 4. dokumentuko P07 plano eta 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.



**Irudia 2.45** Eguzki ardatza (1.Etapa)



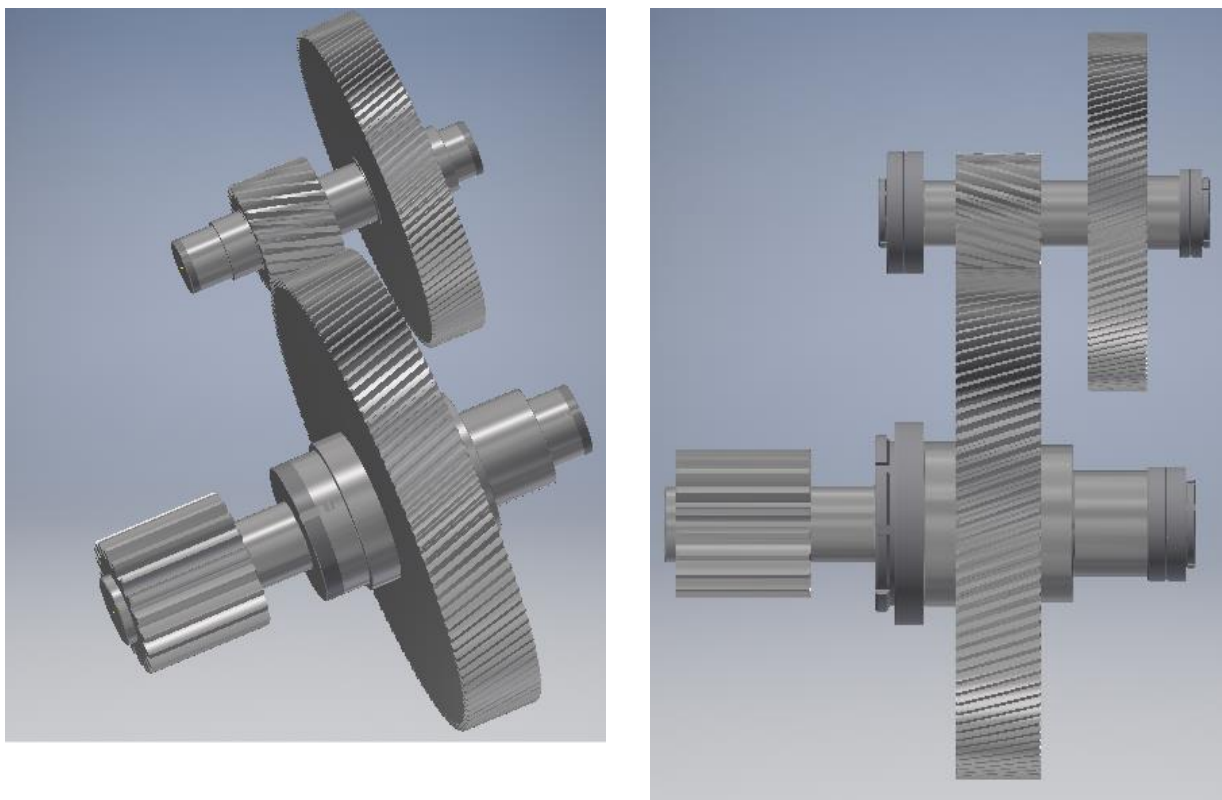
## 2.7.2.2.2 BIGARREN ETAPA

Bigarren etapa hau, lehenengo etapa paraleloa da, bi ardatzez osatuta. Etapa honen transmisio erlazioa 4,48:1-koa da, beraz aurreko etapa planetariotik sartzen den  $87 \text{ bir}/\text{min}$ -ko abiadura,  $380 \text{ bir}/\text{min}$ -ra handitzen du.

Etapa hau osatzen duten engranajeek hertz helikoidalekoak dira.

2.ETAPA	GURPILA ( $Z_4$ )	PIÑOIA ( $Z_5$ )
Transmisio erlazioa (i)	4,48:1	
Modulu erreala ( $m_{n2}$ )	20 mm	
Modulu aparentea ( $m_{a2}$ )	21,28 mm	
Hortz kopurua (Z)	112 hortz	25 hortz
Presio angelu erreala ( $\alpha_n$ )	20°	
Presio angelu aparentea ( $\alpha_a$ )	21,17°	
Inklinazio angelu erreala ( $\alpha_n$ )	18,75°	
Inklinazio angelu aparentea ( $\alpha_a$ )	20°	
Diametro primitiboa ( $D_p$ )	2383,36 mm	532 mm
Barne diametroa ( $D_B$ )	2320,86 mm	469,5 mm
Kanpo diametroa ( $D_K$ )	2473,36 mm	622 mm
Hortzen altuera (h)	45 mm	
Zabalera (b)	400 mm	
Addendum	20 mm	
Deddendum	25 mm	
Ardatzen arteko distantzia (a)	1457,68 mm	

Taula 2.2 Bigarren etapako engranajeen datuak



**Irudia 2.46** Bigarren etapa

Bigarren etaparen ezaugarri gehiago jakiteko, ikusi 3. dokumentuko 3.5.5 atala ikusi.

#### **2.7.2.2.1 EGUZKI ARDATZA ( 2. Etapa )**

Eguzki ardatza aurretik 2.7.2.2.1.7 atalean aipatu den moduan lehenengo etapa eta bigarren etaparen parte hartzen duen elementua da. Atal horretan eguzki engranajeari buruz hitz egin da, oraingoan berriz bigarren etaparen engranaje handia edo gurpilari buruz hitz egingo da.

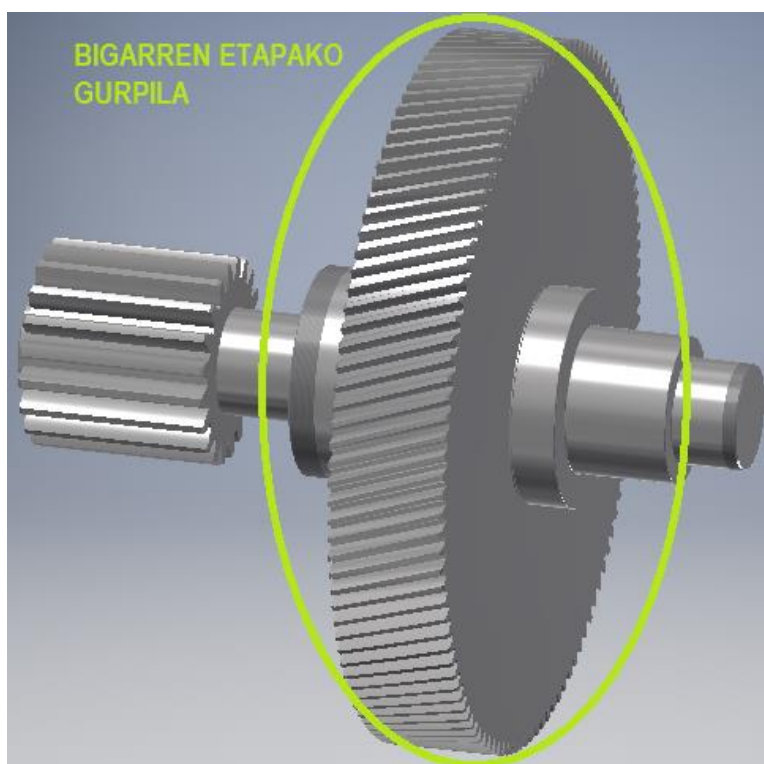
Ardatz hau guztira 2495 mm-ko luzera du, eta engranaje handi hau ardatzaren muturretik 725 mm-ra dago, eta eguzki engranajetik 680 mm-ra. Komentatu den moduan, ardatza bi errodamenduren bidez egongo da eutsita, beraz errodamenduak axialki finkatzeko, ardatzak hainbat diametro aldaketak izango ditu, eta horrez gain finkapen azkoin batzuk erabiliko dira. Horretarako, E errodamenduarentzako Tr 710x7-ko haria mekanizatu beharko da j5-eko perdoi dimentsionalarekin, eta F

errodamenduarentzako Tr 360x5-eko haria mekanizatu beharko da j5-eko perdoiarekin.

Ardatzaren bi engranajeen gainazal akabera  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) izango da, engrane egokia izan dezaten. Bestalde, ardatza errodamendu batzuen bidez egongo da eutsita, hauen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Ardatzaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Biderkatzaileko ardatz hauek, hainbat engranaje dituztenak, karga handiak jasango dituzte, batez ere honek, engranaje baten hortzak helikoidalak direlako, beraz gogortasun handiko altzairuz eginda egongo da, hain zuzen F-1540 zementazio altzairuzkoa. Materialaren propietate gehiagorako, ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala.

Ardatzaren dimentsioen eta dimentsionaketaren xehetasun gehiagorako ikusi 3. dokumentuko 3.5.7.2 atala, 4. dokumentuko P07 plano eta 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.



**Irudia 2.47** Eguzki ardatza (2.Etapa)

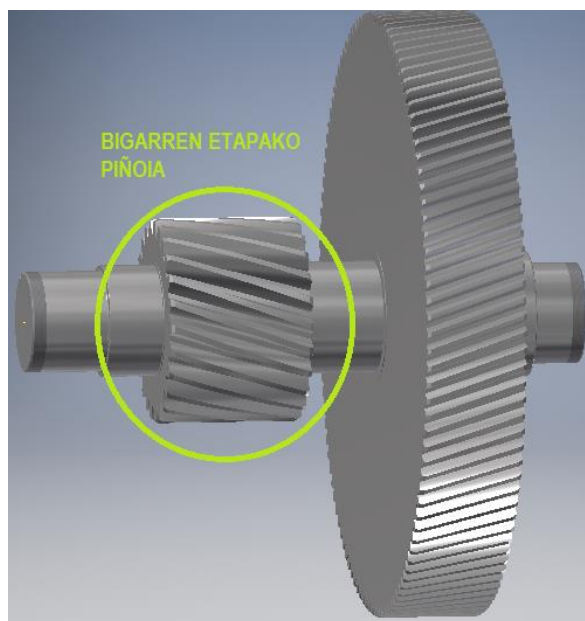
### 2.7.2.2.2 BIGARREN ARDATZA ( 2. Etapa )

Bigarren ardatz ardatz hau bigarren etapako bigarren eta azken ardatza da. Gainera, ardatz hau bigarren etapan eta hirugarren etapan hartzen du parte, beraz atal honetan soilik bigarren etaparen engranaje txikia edo piñoiari buruz hitz egingo da. Gainontzekoa 2.7.2.3.1 atalean egongo da. Beraz, bigarren ardatz honek bigarren etapako engranaje txikia edo piñoia eta hirugarren etapako engranaje handia edo gurpila dauzka. Bi engranajeak helikoidalak dira. Engranaje txikia ardatzaren mutur batetik 365 mm-ra egongo da kokatuta. Ardatzaren luzera totala 1560 mm-koa izango da, eta piñoiaren zabalera 400 mm-koa.

Ardatzaren bi engranajeen gainazal akabera  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) izango da, engrane egokia izan dezaten. Bestalde, ardatza errodamendu batzuen bidez egongo da eutsita, hauen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Ardatzaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Biderkatzaileko ardatz hauek, hainbat engranaje dituztenak, karga handiak jasango dituzte, batez ere honek bi engranaje helikoidal dituelako, hortzen forma berezi honen ondorioz sortzen diren kargengatik, beraz gogortasun handiko altzairuz egindakoak komeni dira, horregatik F-1540 zementazio altzairuzkoa da ardatz hau. Materialaren propietate gehiagorako, ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala.

Ardatzaren dimentsioen eta dimentsionaketaren xehetasun gehiagorako ikusi 3. dokumentuko 3.5.7.3 atala, 4. dokumentuko P08 plano eta 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.



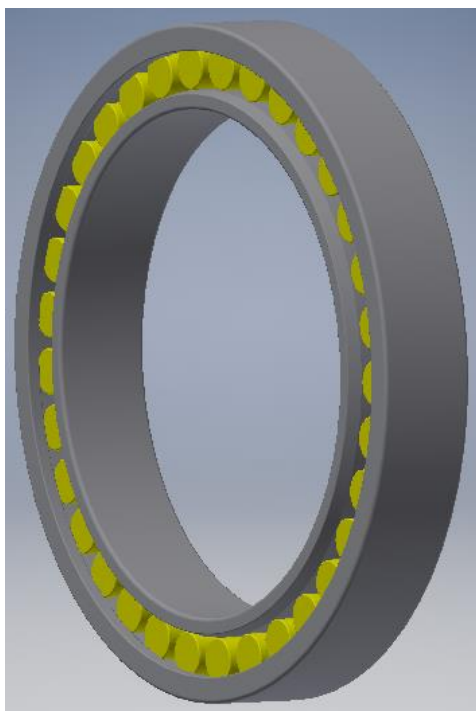
**Irudia 2.48** Bigarren ardatza (2.Etapa)

#### **2.7.2.2.3 EGUZKI ARDATZAREN ERRODAMENDUAK**

Eguzki ardatza SKF-n lortutako bi errodamenduren bidez egongo da eutsita. Azaldu den moduan, ardatz honek hainbat diametro aldaketa izango ditu, batetik errodamenduak bertan axialki kokatzeko. Bigarrenez, finkapen azkoin batzuen bidez lotuko dira definitiboki axialki fijatzeke, mugi ez daitezten. Beraz, E errodamendua eta F errodamenduak izango dira eguzki ardatzean daudenak.

E errodamendua eguzki engranajea eta bigarren etapako gurpilaren artean egongo da kokatuta, eta karga radiala soilik baino ez duenez jasan behar errodamendu zilindrikoa izango da, hain zuzen ere NU 29/710 ECMA errodamendua .

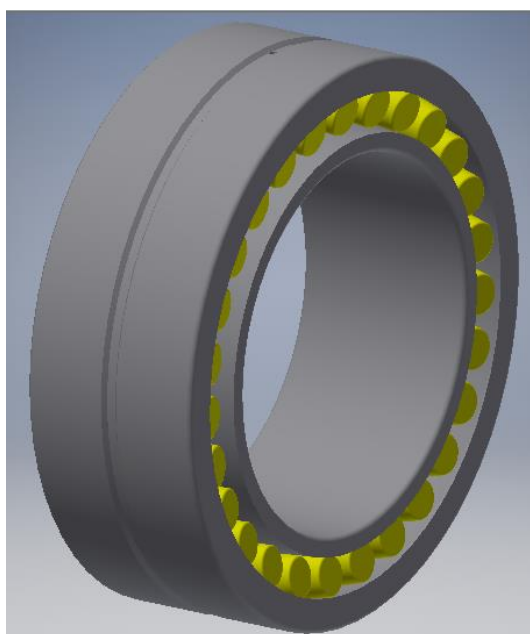
F errodamendua ardatzaren mutur batean egongo da kokatuta, bigarren etaparen gurpilaren muturrean, eta engranaje honetatik 500 mm-ra. Errodamendu honek karga axiala eta radiala jasan beharko du, engranaje helikoidala dela eta, beraz errotulazko arraboladun errodamendua izango da, hain zuzen ere 24072 CC/W33 errodamendua.



**Irudia 2.49** SKF NU 29/710 ECMA  
"E"errodamendu zilindrikoa



**Irudia 2.50** SKF HME 30/710 finkapen  
azkoina



**Irudia 2.51** SKF 24072 CC/W33  
"F"errotulazko arraboladun errodamendua



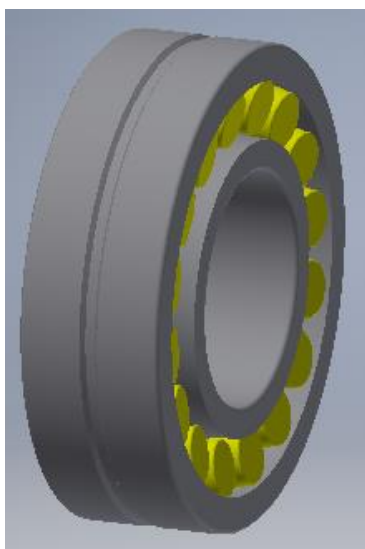
**Irudia 2.52** SKF HM 3072 finkapen  
azkoina

#### 2.7.2.2.4 BIGARREN ARDATZAREN ERRODAMENDUAK

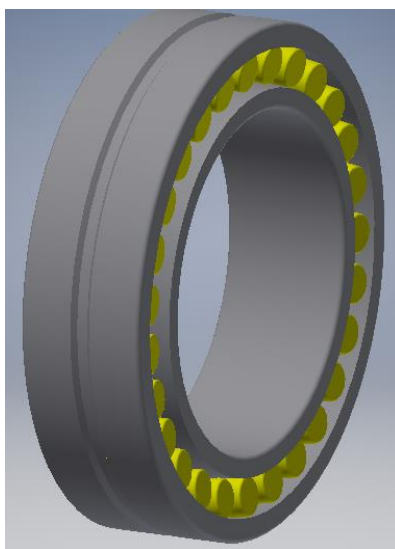
Bigarren ardatza SKF-n lortutako bi errodamenduren bidez egongo da eutsita. Azaldu den moduan, ardatz honek hainbat diametro aldaketa izango ditu, batetik errodamenduak bertan axialki kokatzeko. Bigarrenez, finkapen azkoin batzuen bidez lotuko dira definitiboki axialki fijatzeke, mugi ez daitezten. Beraz, G errodamendua eta H errodamenduak izango dira bigarren ardatzean daudenak.

G errodamendua ardatzaren mutur batean egongo da kokatuta, bigarren etapako piñoiaren aldean, piñoitik 150 mm-ra. Ardatz honek bi engranaje helikoidal dituenez, bi errodamenduek karga axiala eta erradiala jasan beharko dute, beraz biak errotulazko arraboladun errodamenduak izango dira, G errodamendua hain zuzen ere 22356 CC/W33 izango da.

F errodamendua ardatzaren mutur batean egongo da kokatuta, hirugarren etaparen gurpilaren muturrean, eta engranaje honetatik 150 mm-ra. Errodamendu hau 23056 CC/W33 errodamendua. Kasu honetan, bi errodamenduak kokatzen diren sekzioak diametro berekoak direnez, bientzako axialki finkatzeko finkapen azkoin berdina erabiliko da.



**Irudia 2.53** SKF 22356 CC/W33  
"G" errotulazko arraboladun errodamendua



**Irudia 2.54** SKF 23056 CC/W33  
"H" errotulazko arraboladun errodamendua



**Irudia 2.55** SKF HM 3056 finkapen azkoina

**2.7.2.2.3 HIRUGARREN ETAPA**

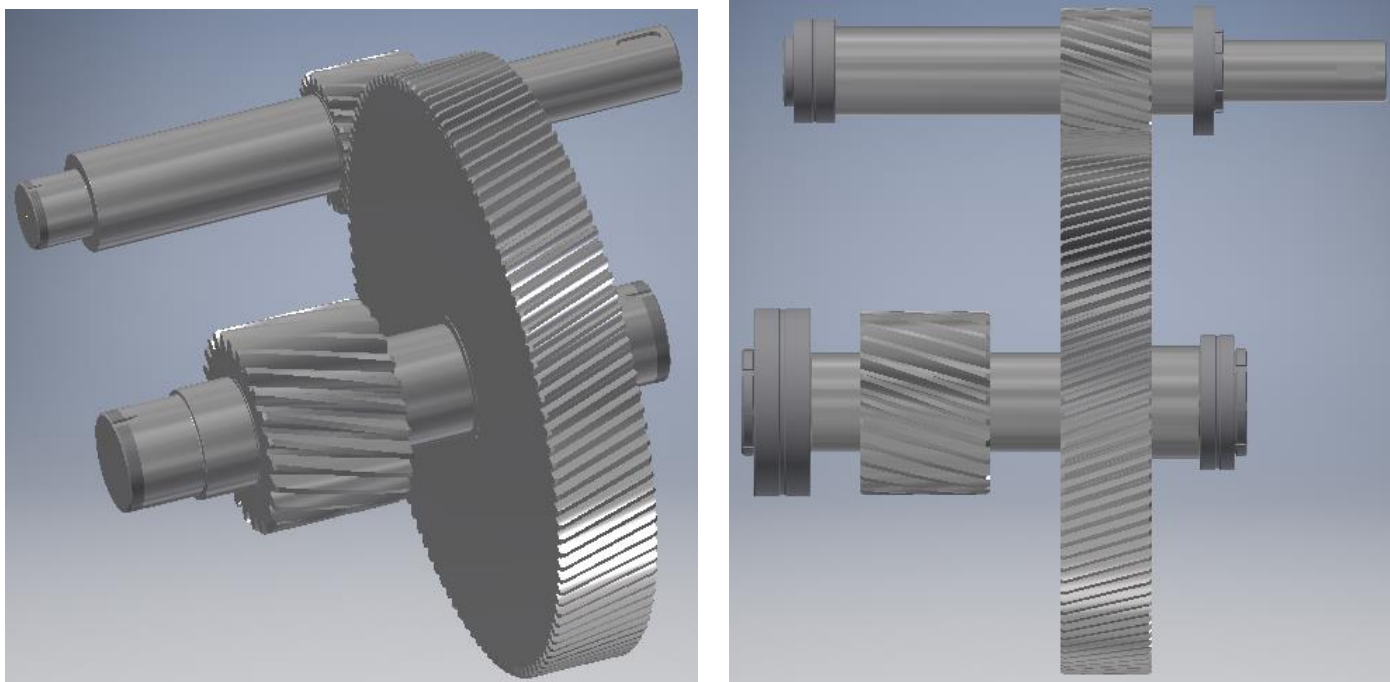
Hirugarren etapa hau, bigarren etapa paraleloa da, bi ardatzez osatuta. Etapa honen transmisio erlazioa 4,48:1-koa da, beraz aurreko etapa paralelotik sartzen den  $380 \text{ bira}/\text{min}$ -ko abiadura,  $1620 \text{ bira}/\text{min}$ -ra handitzen du, azkeneko abiadura hau biderkatzailetik irteten den abiadura izanik.

Etapa hau osatzen duten engranajeek hertz helikoidalekoak dira.

3.ETAPA	GURPILA ( $Z_6$ )	PIÑOIA ( $Z_7$ )
Transmisio erlazioa (i)	4,48:1	
Modulu erreala ( $m_{n3}$ )	14 mm	
Modulu aparentea ( $m_{a3}$ )	14,9 mm	
Hortz kopurua (Z)	112 hortz	25 hortz
Presio angelu erreala ( $\alpha_n$ )	20°	
Presio angelu aparentea ( $\alpha_a$ )	21,17°	
Inklinazio angelu erreala ( $\alpha_n$ )	18,75°	
Inklinazio angelu aparentea ( $\alpha_a$ )	20°	
Diametro primitiboa ( $D_p$ )	1668,8 mm	372,5 mm
Barne diametroa ( $D_B$ )	1622,23 mm	325,93 mm
Kanpo diametroa ( $D_K$ )	1735,85 mm	439,55 mm
Hortzen altuera (h)	33,525 mm	
Zabalera (b)	280 mm	
Addendum	14 mm	
Deddendum	17,5 mm	
Ardatzen arteko distantzia (a)	1020,65 mm	

**Taula 2.3** Hirugarren etapako engranajeen datuak





**Irudia 2.56** Hirugarren etapa

Hirugarren etaparen ezaugarri gehiago jakiteko, ikusi 3. dokumentuko 3.5.6 atala ikusi.

#### **2.7.2.2.3.1 BIGARREN ARDATZA ( 3. Etapa )**

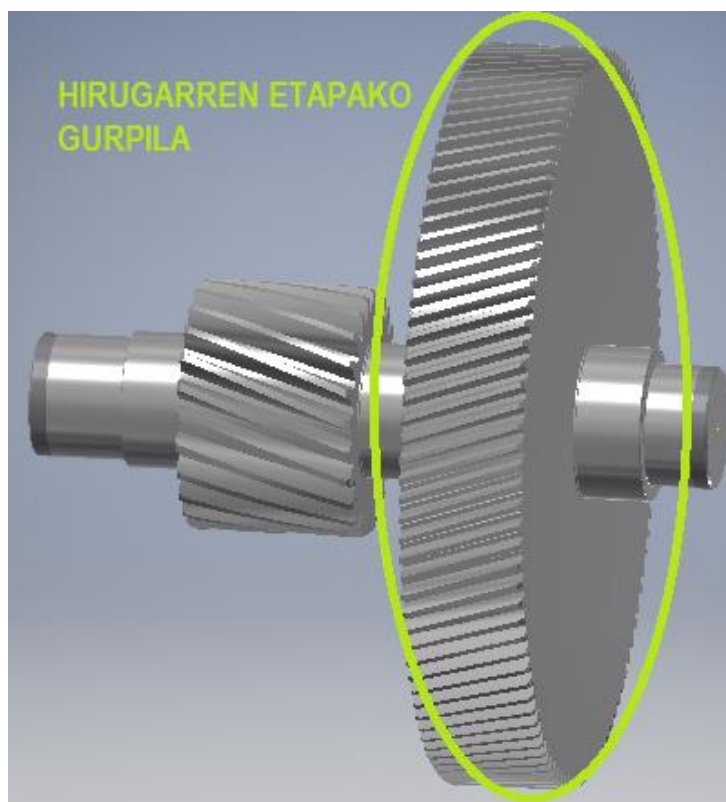
Bigarren ardatza aurretik 2.7.2.2.2 atalean aipatu den moduan bigarren eta hirugarren etapan parte hartzen duen elementua da. Atal horretan bigarren etapako piñoiari buruz hitz egin da, oraingoan berriz hirugarren etapako engranaje handia edo gurpilari buruz hitz egingo da.

Ardatz hau guztira 1560 mm-ko luzera du, eta engranaje handi hau ardatzaren muturretik 295 mm-ra dago, eta bigarren etapako pinoitik 220 mm-ra. Komentatu den moduan, ardatza bi errodamenduren bidez egongo da eutsita, beraz errodamenduak axialki finkatzeko, ardatzak hainbat diametro aldaketak izango ditu, eta horrez gain finkapen azkoin batzuk erabiliko dira. Horretarako, G eta H errodamenduentzako Tr 280x4-ko haria mekanizatu beharko dira j5-eko perdoi dimentsionalarekin.

Ardatzaren bi engranajeen gainazal akabera  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) izango da, engrane egokia izan dezaten. Bestalde, ardatza errodamendu batzuen bidez egongo da eutsita, hauen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Ardatzaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

2.7.2.2.2 atalean azaldu den bezala, material gogorrekoa izan behar da ardatz hau, horregatik F-1540 zementazio altzairua erabiliko da. Materialaren propietate gehiagorako, ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala.

Ardatzaren dimentsioen eta dimentsionaketaren xehetasun gehiagorako ikusi 3. dokumentuko 3.5.7.3 atala, 4. dokumentuko P08 plano eta 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.



**Irudia 2.57** Bigarren ardatza (3.Etapa)

### 2.7.2.2.3.2 ABIADURA ALTUKO ARDATZA

Abiadura altuko ardatza biderkatzailearen azkeneko ardatza da, honetatik  $1620 \text{ bir}/\text{min}$ -ko abiadura irteten da, ostean motore elektrikoak abiadura horri esker energia zinetikoa energia elektriko bilakatu dezan.

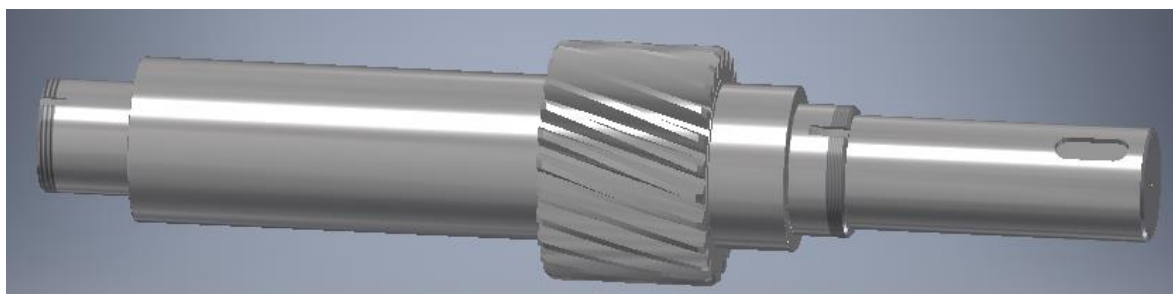
Ardatzak hirugarren eta azkeneko etaparen engranaje txikia edo piñoia dauka bertan, engranaje helikoidala da eta ardatzaren erdialdean gutxi gora behera dago kokatuta, mutur batetik 856 mm-ra eta beste muturretik 723 mm-ra. Ardatzaren luzera totala 1859 mm-koa izango da, eta piñoiaren zabalera 280 mm-koa.

Bestetik, motore elektrikoarekin lotzeko akoplamendu berezi bat erabiliko da, eta ardatza akoplamenduarekin lotzeko txabeta bat erabiliko da. Horregatik matadera bat mekanizatu beharko zaio P9-ko perdoi dimentsionalarekin eta DIN 6885 arauak finkatutako neurriekin, hain zuzen hautatutako txabetarentzako 45x15x125-ko matadera. Hau muturretik 30 mm-ra egongo da.

Ardatzaren engranajearen gainazal akabera  $1,6 \mu\text{m}$ -koa (N7) izango da, engrane egokia izan dezan. Bestalde, ardatza errodamendu batzuen bidez egongo da eutsita, hauen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Ardatzaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) da.

Ardatz honek karga handiak jasango ditu, gainera abiadura oso handietan, beraz gogortasun handiko altzairuz egindakoak izango da, hain zuzen F-1540 zementazio altzairuzko. Materialaren propietate gehiagorako, ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala.

Ardatzaren dimentsioen eta dimentsionaketaren xehetasun gehiagorako ikusi 3. dokumentuko 3.5.7.4 atala, 4. dokumentuko P09 plano eta 5. dokumentuko 5.2.1.2 atala.



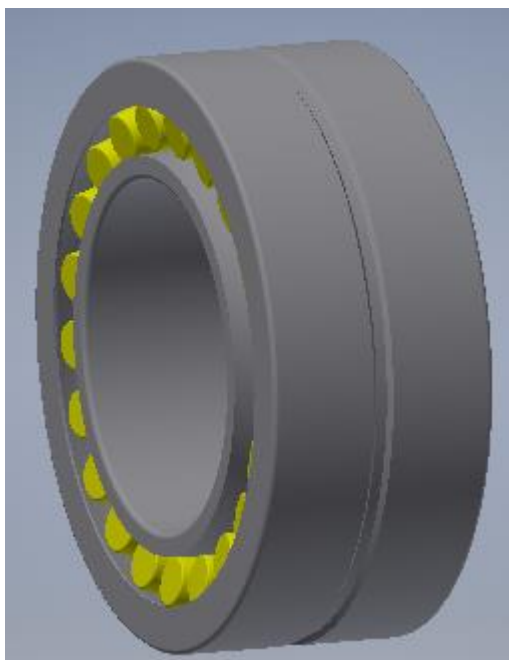
**Irudia 2.58** Abiadura altuko ardatza

### 2.7.2.2.3.3 ABIADURA ALTUKO ARDATZAREN ERRODAMENDUAK

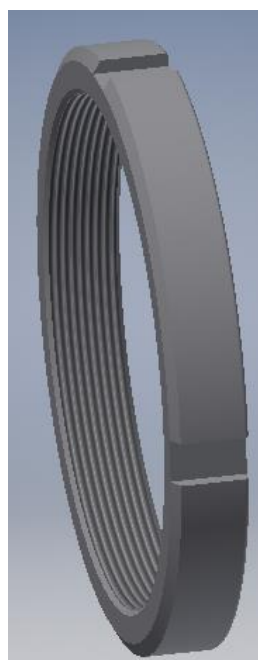
Abiadura altuko ardatza SKF-n lortutako bi errodamenduren bidez egongo da eutsita. Ardatz honek hainbat diametro aldaketa izango ditu, errodamenduak bertan axialki kokatzeko. Gainera finkapen azkoin batzuen bidez lotuko dira definitiboki axialki fijatzeke, mugi ez daitezten. Beraz, I errodamendua eta J errodamenduak izango dira eguzki ardatzean daudenak.

I errodamendua ardatzaren mutur batean egongo da kokatuta, mataderaren beste muturrean, engranajetik honetatik 696 mm-ra. Errodamendu honek karga axiala eta radiala jasan beharko du, engranajea helikoidala dela eta, beraz errotulazko arraboladun errodamendua izango da, hain zuzen ere 24138 CC/W33 errodamendua.

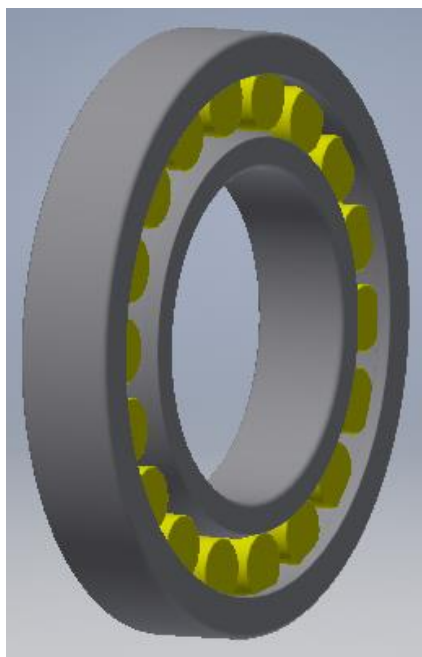
J errodamendua berriz, matadera dagoen muturrean egongo da kokatuta, eta karga radiala soilik baino ez duenez jasan behar errodamendu zilindrikoa izango da, hain zuzen ere NU 244 ECML errodamendua .



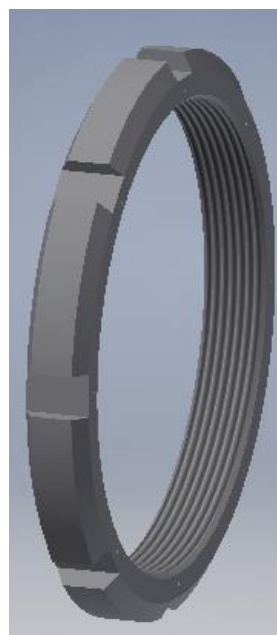
**Irudia 2.59** SKF 24138 CC/W33  
"I"errotulazko arraboladun errodamendua



**Irudia 2.60** SKF KML 38 finkapen  
azkoina



Irudia 2.61 SKF NU 244 ECML  
"J"errodamendu zilindrikoa



Irudia 2.62 SKF HM 3044 finkapen  
azkoina

#### **2.7.2.2.4 KARKASAK**

Karkasak biderkatzailea babestuko duten piezak dira. Guztira hiru karkasa egongo dira, etapa kopuru berdina, hain zuzen ere etapa bakoitzeko karkasa bat dagoelako. Karkasak haien artean torlojuen bidez egongo dira lotuta, beraz hauentzako zuloak mekanizatu behar zaizkio. Horrez gain, karkasen beste funtzio oso garrantzitsua errodamenduen euskarria izango dela da.

Pieza hauek oso handiak izango dira beraz material merke, erresistentea eta mekanizatzeko erraza izan beharko da hainbat sekzio desberdin eta zulo izango dituztelako. Horregatik, hautatu den materiala EN-GJL-200 fundizio grisa da. Materialaren propietate gehiagorako ikusi 5. dokumentuko 5.2.1.1 atala.

##### **2.7.2.2.4.1 LEHENENGO ETAPAKO KARKASA**

1480 mm-ko zabalera duen karkasa da, eta hainbat zulo dauzka mekanizatuta. Lehendabizi, bi muturretan 300 mm-ko diametroko bi zeharkako zulo

izango ditu zentrotik 3200 mm-ra. Hauek karkasa eta orokorrean biderkatzaile osoa altxatzeko bi euskarri izateko balio dute.

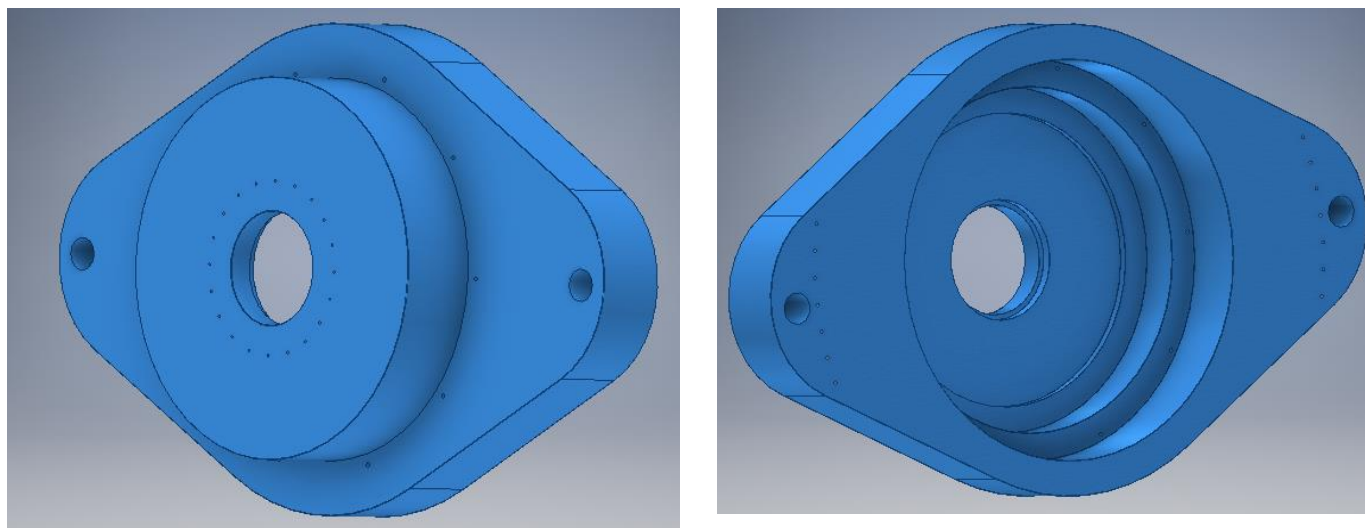
Koroa engranajea karkasa honetara lotu beharko da, 2.7.2.2.1.5 atalean azaldu den moduan, koroa finko egongo dela ziurtatzeko. Horretarako 3700 mm-ko zirkunferentzia batean  $\varnothing 40$ mm-ko 10 zulo mekanizatuko zaizkio.

Sarrerako taparentzako, 1600 mm-ko zirkunferentzia batean M30-eko 20 zulo egingo zaizkio. Karkasa hau bigarren etapako karkasarekin lotuta egon beharko da, beraz, zentrotik 2960 mm-ra, M39-ko 14 zulo mekanizatuko dira.

Azkenik, koroarentzako egin beharreko barne zulo  $\varnothing 3824$  mm-ko H8 perdoiarekin egin beharko zaio, eta errodamenduen kokapenentarako H6-ko perdoi dimentsionalarekin.

Mekanizatu beharreko gainazala gehienetan  $1,6 \mu\text{m}$ -ko (N7) akabera utziko da. Bestalde, errodamenduen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Karkasaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) izango da.

Karkasari buruzko xehetasun gehiagorako, ikusi 4. dokumentuko P11 planoak.



**Irdia 2.63** Lehenengo etapako karkasa

### 2.7.2.2.4.2 BIGARREN ETAPAKO KARKASA

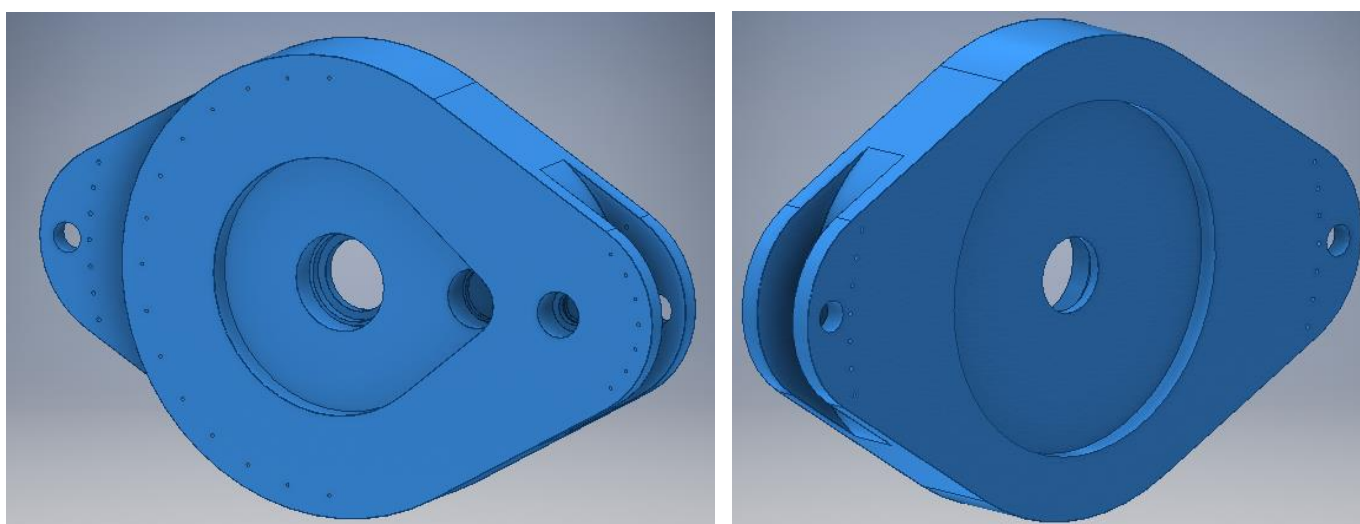
858 mm-ko zabalera duen karkasa da, eta hainbat zulo dauzka mekanizatuta. Lehendabizi, bi muturretan 300 mm-ko diametroko bi zeharkako zulo izango ditu zentrotik 3200 mm-ra. Hauek karkasa eta orokorrean biderkatzaile osoa altxatzeko bi euskarri izateko balio dute.

Lehenengo etapako karkasarekin lotzeko  $\varnothing 44$  mm-ko 14 zeharkako zulo mekanizatuko dira zentrotik 2960 mm-tara, bertatik torlojuak zeharkatzeko. Bestetik, hirugarren etapako karkasarekin lotzeko, M39 mm-ko 7 zulo eta beste M39 mm-ko 15 zulo mekanizatu beharko dira.

Karkasa honetan biderkatzaileko hiru ardatz eutsiko dira, beraz errodamenduen kokapenatarako H6-ko perdoiarekin mekanizatu beharko dira zulo batzuk.

Mekanizatu beharreko gainazala gehienetan  $1,6 \mu\text{m}$ -ko (N7) akabera utziko da. Bestalde, errodamenduen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Karkasaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) izango da.

Karkasari buruzko xehetasun gehiagorako, ikusi 4. dokumentuko P12 planoak.



Irdia 2.64 Bigarren etapako karkasa

### 2.7.2.2.4.3 HIRUGARREN ETAPAKO KARKASA

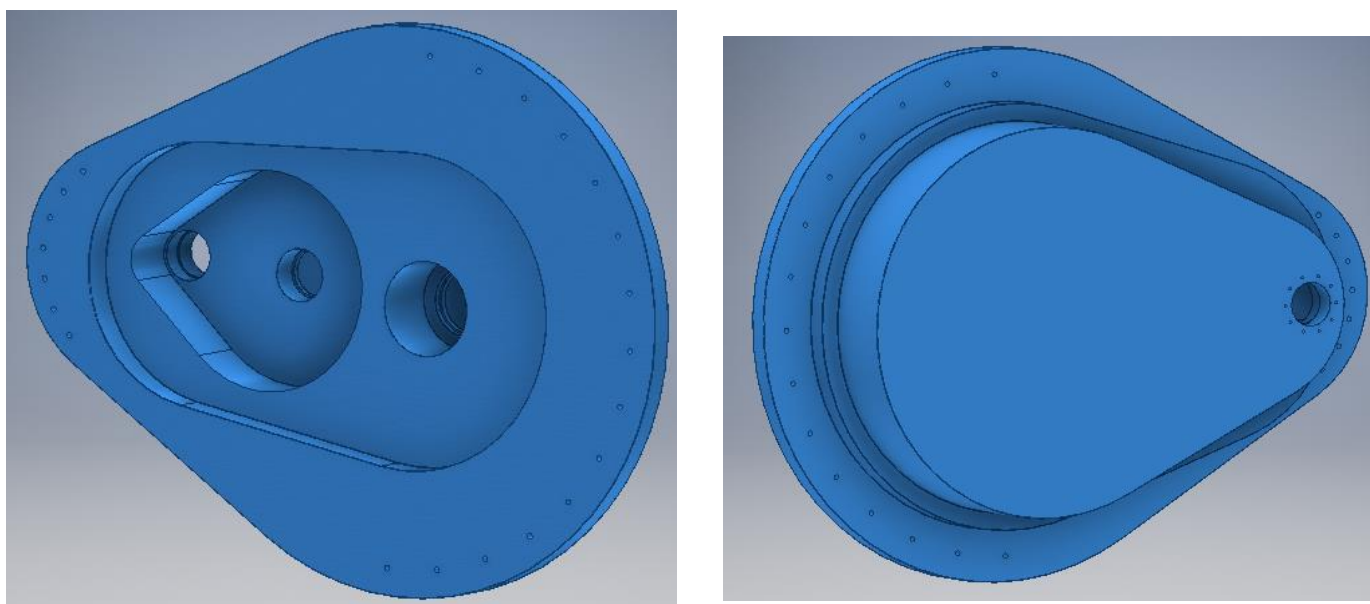
1100 mm-ko zabalera duen karkasa da, eta hainbat zulo dauzka mekanizatuta. Bigarren etapako karkasarekin lotzeko  $\varnothing 44$  mm-ko 15 zeharkako zulo eta beste  $\varnothing 44$  mm-ko 7 zeharkako zulo mekanizatuko dira, bertatik torlojuak zeharkatzeko.

Karkasa honetan ere biderkatzaileko hiru ardatz eutsiko dira, beraz errodamenduen kokapenentarako H6-ko perdoiarekin mekanizatu beharko dira zulo batzuk.

Azkenik irteerako taparentzako, abiadura altuko ardatzaren zentrotik 480 mm-ko zirkunferentzia batean M30-eko 10 zulo egingo zaizkio.

Mekanizatu beharreko gainazala gehienetan  $1,6 \mu\text{m}$ -ko (N7) akabera utziko da. Bestalde, errodamenduen kokatze sekzioetan  $0,4 \mu\text{m}$ -ko (N5) akabera egongo da, errodamenduen katalogoak finkatzen duen moduan. Karkasaren gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) izango da.

Karkasari buruzko xehetasun gehiagorako, ikusi 4. dokumentuko P13 planoak.



**Irdia 2.65** Hirugarren etapako karkasa



### 2.7.2.2.5 TAPAK

Tapak biderkatzailearen sarreran eta irteeran kokatuko dira. Hauen eginkizun nagusia biderkatzailea kanpotik sar daitekeen zikinkeritasunetik babestea da, horretarako erretanak erabiliko dira, tapen barnean kokatuko direnak. Tapak karkasetara lotuko dira torlojuen bidez, finko egoteko, eta karkasen material berekoak egingo dira, hau da, EN-GJL-200 altzairu grisez.

Materialaren propietate gehiago jakiteko ikusi 5. Dokumentuko 5.2.1.1 atala.

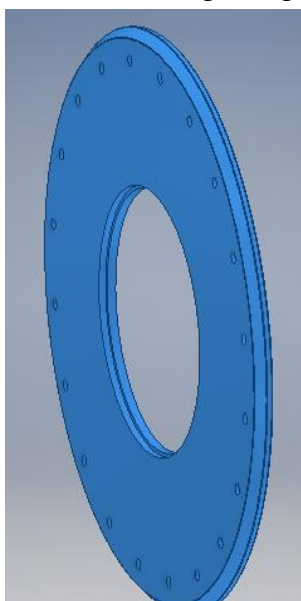
#### 2.7.2.2.5.1 SARRERAKO TAPA

Sarrerako tapa portaplanetan sartuta joango da, beraz barnean daukan erretena portaplanetan finkatuko da. 1800 mm-ko kanpo diametroa 50 mm-ko zabalera du, eta zentroan zulo bat mekanizatu behar zaio portaplanetatik sartzeko eta erretena kokatzeko. Horrez gain, 1600 mm-ko zirkunferentzian diametro 32 mm-ko 20 zeharkako zulo egingo zaizkio lehenengo etapako karkasari lotzeko.

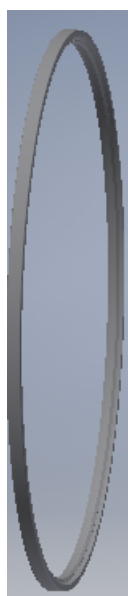
Piezari mekanizatu beharreko zentroko zuloetan  $1,6 \mu\text{m}$ -ko (N7) akabera utziko da. Taparen gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) izango da.

Tapa honentzako hautatutako erretena SKF erakundeko 3150210 erretena da.

Taparen xehetasun gehiagorako, ikusi 4. Dokumentuko P10 plano.



**Irudia 2.66** Sarrerako tapa



**Irudia 2.67** SKF 3150210 erretena



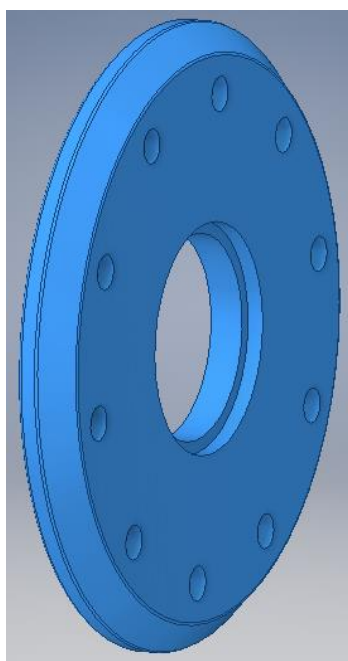
### 2.7.2.2.5.2 IRTEERAKO TAPA

Irteerako tapa abiadura altuko ardatzean joango da sartuta, beraz barnean daukan erretena ardatz honetan finkatuko da. 620 mm-ko kanpo diametroa eta 50 mm-ko zabalera du, eta zentroan zulo bat mekanizatu behar zaio ardatzetik sartzeko eta erretena kokatzeko. Horrez gain, 480 mm-ko zirkunferentzian diametro 35 mm-ko 10 zeharkako zulo egingo zaizkio hirugarren etapako karkasari lotzeko.

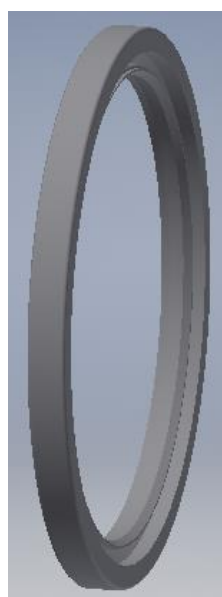
Piezari mekanizatu beharreko zentroko zuloetan  $1,6 \mu\text{m}$ -ko (N7) akabera utziko da. Taparen gainazal akabera orokorra berriz,  $6,3 \mu\text{m}$ -koa (N9) izango da.

Tapa honentzako hautatutako erretena SKF erakundeko 190x230x16 HS8 R erretena da.

Taparen xehetasun gehiagorako, ikusi 4. Dokumentuko P10 planoan.



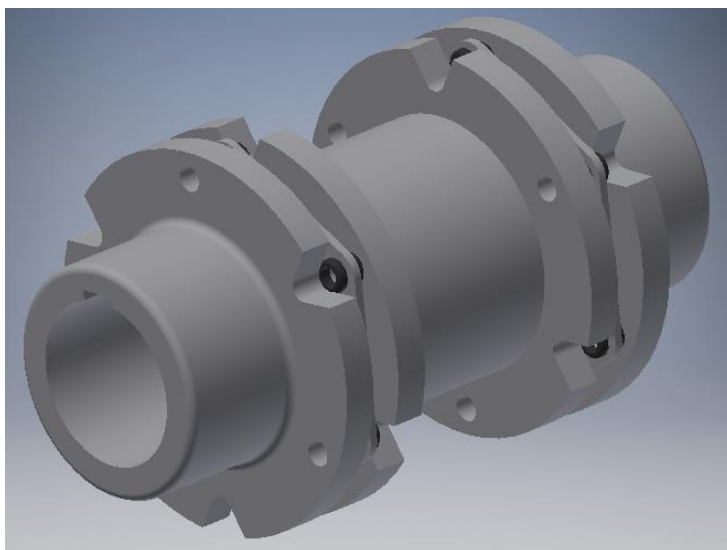
**Irudia 2.68** Irteerako tapa



**Irudia 2.69** SKF 190x230x16 HS8 R erretena

### 2.7.2.3 MOTORE ELEKTRIKOAREN AKOPLAMENDUA

Abiadura altuko ardatza motore elektrikoarekin lotzeko aukeratu den akoplamendua *FLENDER* erakundeko tortsiorako zurruna den ARPEX serie motatako akoplamendua da. Hain zuzen ere ARPEX ARS DA442-6 (Type NEN) akoplamendua.



Irudia 2.70 ARPEX ARS DA442-6 (Type NEN) akoplamendua

Akoplamendua abiadura altuko ardatzarekin lotzeko matadera bat mekanizatu beharko zaio P9 perdoi dimentsionalarekin. DIN 6885 araua jarraituz, aukeratu den txabetarentzako 45x9,1x125-ko matadera mekanizatu behar da. Azkenik, abiadura altuko ardatzean sartzeko zentroan diametro 190 mm-ko zuloa mekanizatu beharko da H7 perdoiarekin.

## 2.8 PLANIFIKAZIOA

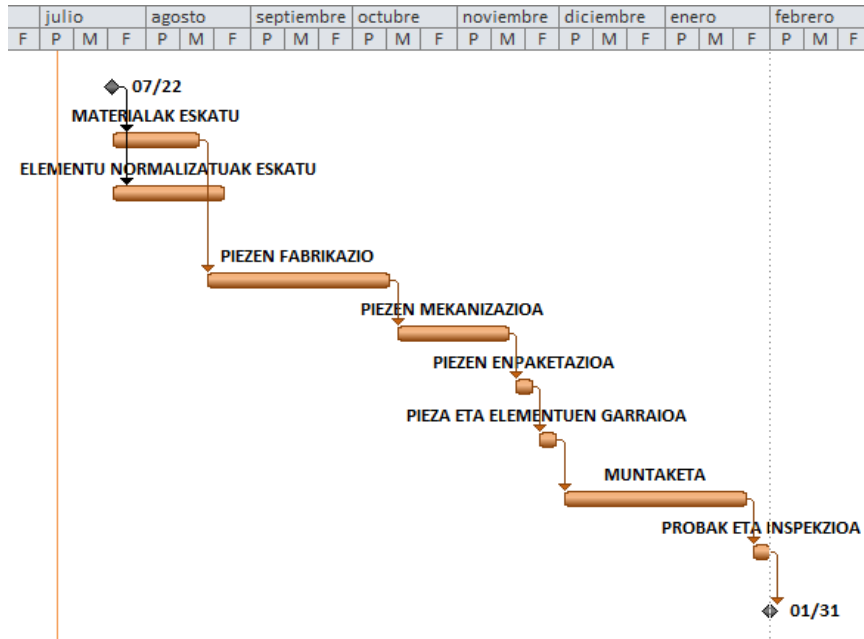
Atal honetan proiektua gauzatzeko beharrezkoa izan den denbora aztertuko da, horretarako ekintza bakoitzerako behar izan den denbora grafiko edo faseetan adieraziko da.

Aerosorgailuaren transmisio mekanikoa diseinatu eta montatzeko beharko litzatekeen denbora aztertuko da, oinarritzat hartuz eguneko 8 ordu lan egiten direla.

Microsoft Project programa erabili da diagrama eta lan orduak ekintzen arabera bereizteko.

	Mo de tari		Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
1			HASIERA	0 días	lun 19/07/22	lun 19/07/22	
2			MATERIALAK ESKATU	20 días	lun 19/07/22	vie 19/08/16	1
3			ELEMENTU NORMALIZATUAK ESKATU	25 días	lun 19/07/22	vie 19/08/23	1
4			PIEZEN FABRIKAZIO	40 días	lun 19/08/19	vie 19/10/11	2
5			PIEZEN MEKANIZAZIOA	25 días	lun 19/10/14	vie 19/11/15	4
6			PIEZEN ENPAKETAZIOA	5 días	lun 19/11/18	vie 19/11/22	5
7			PIEZA ETA ELEMENTUEN GARRAIOA	5 días	lun 19/11/25	vie 19/11/29	6
8			MUNTAKETA	40 días	lun 19/12/02	vie 20/01/24	7
9			PROBAK ETA INSPEKZIOA	5 días	lun 20/01/27	vie 20/01/31	8
10			AMAIERA	0 días	vie 20/01/31	vie 20/01/31	9

**Irudia 2.71** Gantt-en prozesuen hasiera eta amaiera datak



Irudia 2.72 Gantt-en diagrama

### 2.9 PROIEKTUAREN KOSTEA

6. dokumentuan, aurrekontuan adierazten den moduan, 2MW-ko potentziadun aerosorgailu eolikoaren transmisio mekanikoa diseinatu eta montatzearen kostea:

AURREKONTU OSOA=.....451.508,2€

Aurrekontu osoaren balioa da..... Laurehun eta berrogeita hamaika mila bostehun eta zortzi euro eta hogeitazentimo.