

MEATZE ETA ENERGIAKO TEKNOLOGIAKO
INGENIARITZA GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***6MW-KO POTENTZIAKO ZENTRAL
EOLIKO BATEN DISEINUA EUSKAL
AUTONOMIA ERKIDEGOAN***

Ikaslea: Viteri Ibarra, Borja

Zuzendaria(1): Azkorra Iarrinaga, Zalaoa

Ikasturtea: 2020-21

Data: (2021/ 07/ 25)

AURKIBIDEA

Taulen zerrenda	4
Irudien zerrenda	4
Laburpena	6
Resumen	6
Abstract	6
1. SARRERA	8
1.1 Energia eolikoari sarrera	8
1.2. Energia eolikoaren bilakaera gaur egun arte	9
1.3 Etorkizunerako ikuspegia Europan	12
2. Helburua	12
3. Haize gunearen kokapena	12
3.1 Kontutan hartu beharreko irizpideak	13
3.1.1 Potentzia irizpidea	16
3.1.2 Instalakuntza mota	16
3.1.3 Sarearen eskuragarritasuna	16
3.1.4 Gaur egungo energia beharrak eta etorkizunerako aurreikuspenak	16
3.1.5 Politika irizpideak	17
3.1.6 Teknologia eta Ingurugiro irizpideak	17
4. Baliabide eolikoa	17
4.1. Kontutan hartu beharreko faktoreak	17
4.1.1. Urteko batez besteko abiadura	17
4.1.2. Haizearen profil bertikala	18
4.1.3. Haize arrosa	19
4.1.4 Haize probabilitatearen banaketa	20
4.1.5 Lasaitasunaldiak	20
4.1.6 Zimurtasun arrosa	20
4.1.7 Haizearen potentzia dentsitatea	21
4.1.7.1 Betzen legea	22
5. Aerosorgailuen kurba bereizgarriak	23
5.1 Potentzia kurba	23

5.2 Bultzada koefizientea	23
6. Kontsumo energetikoa	24
6.1 Kontsumo energetikoaren analisia	24
6.2 Kontsumo eta gastu energetikoaren historikoa	26
7. INSTALAZIO EOLIKOA	28
7.1 Atal nagusiak	29
7.1.1 Aerosorgailua	29
7.1.1.1 Errotorea	29
7.1.1.2 Gondola	31
7.1.1.3. Dorrea	35
7.1.2. Transformazio zentroa	36
7.1.3 Kontrol eta transformazio azpiestazioa	37
7.1.3.1 Tentsio transformadorea	38
7.1.3.2 Ebakigailua	38
7.1.3.3 Intentsitate transformadorea	38
7.1.3.4 Etengailua	38
7.1.3.5 Tximistorratza	39
7.1.3.6 Transformadorea	39
7.1.4 Hustuketa linea	39
7.1.5 Energia elektrikoko garraio sarea	39
7.2 Proiektuaren bideragarritasuna	40
7.2.1 Tokiaren aukeraketa	40
7.2.2 Tokiaren bideragarritasuna	42
7.3 Diseinu irizpideak	49
7.3.1 Aerosorgailuaren diseinua	49
7.3.1.1 Aerosorgailuaren aukeraketa	49
7.3.1.2 Aerosorgailuen kokapena	54
7.3.2 Aerosorgailuaren zimenduen diseinua	55
7.3.3. Hustuketa linea	56
7.3.4 Tentsio baxuko elikadura linearen diseinua	57
8. Aurrekontua	59
9.Ondorioak	60

ERREFERENTZIAK

61

Taulen zerrenda

1.Taula. 2020. urteko haize urtekaria-----	11
2.Taula. Euskal Autonomia Erkidegoan martxan dauden zentralak-----	12
3.Taula. Beaforten eskala-----	13
4.Taula EAE-ko irizpide teknikoengatik kaltetutako eremuak-----	14
5.Taula.Potentziaren arabera instalatu daitezkeen lineak-----	17
6.Taula. Energia eolikoaren bideragarritasuna abiaduraren arabera-----	18
7.Taula. Hellmans-en zimurtasun esponentea lursail motaren arabera-----	19
8.Taula.Kontsumo energetikoa energia motaren arabera-----	27
9.Taula. Estazio meteorologikoak-----	42
10.Taula. Estazio meteorologikoen batuz besteko datuak hilero-----	43
11.Taula. Weibullen konstanteak lortzeko datuen taula-----	46
12.Taula. Abiadura eta weibullen dentsitateen arteko erlazio taula-----	48
13.Taula. Haizearen frekuentzia norabide guztientzako-----	49
14. Taula. Aerosorgailua ezberdinek sortzen duten potentzia abiadura ezberdinetan-----	51
15.Taula Aerosorgailuen produkzio totala-----	54
16. Taula aerosorgailuaren ezaugarri nagusiak-----	54
17. Taula. Vestas V100 aerosorgailuaren fitxa teknikoa-----	54
18.Taula. aerosorgailuen kokapen geografikoa-----	55
19.Taula. HEPRZ1 AL kableen ezaugarriak-----	58
20.Taula. Tentsio baxuko kableen espezifikazio teknikoa-----	58
21.Taula. Proiektuaren aurrekontua-----	59

Irudien zerrenda

1.Irudia. Energia eolikoaren sorrera-----	8
2.Irudia. Azken hamarkadetako energia eolikoaren bilakaera-----	9
3.Irudia. Europako instalaturiko potentzia berria herrialdeen arabera-----	10
4. Irudia. Metatutako lurreko potentziaren araberako munduko rankinga-----	10
5. Irudia. Babestutako eremu naturalak eta haizearen banaketa-----	14
6.Irudia. Natura 2000 sareko eremuak eta haizearen banaketa-----	15
7. Irudia. Haizearen banaketa eta mugatutako eremuak-----	15
8.Irudia. Haizearen profil bertikalaren adibidea-----	19
9. Irudia. Haize arrosaren adibidea haizearen norabidearen kasurako-----	20
10.Irudia.Weibullen banaketaren adibidea-----	20
11.Irudia. EAE-ko mapa eolikoa-----	21
12.Irudia. Betzen limitea-----	22
13. Potentzia kurba baten adibidea-----	24
14.Irudia. Potentzia kurba eta bultzada koefizientea grafikoki-----	25
15.Irudia. 2019.Urteko kontsumo energetikoa sektoreka-----	25
16.Irudia. 2019. Urteko kontsumo energetikoa energia motaren arabera-----	26
17.Irudia. Energiaren kontsumoaren bilakaera sektoreka-----	27
18.Irudia. Energia kontsumoaren bilakaera energia motak kontuan hartuta-----	28
19.Irudia. Energia berriztagarrien kontsumo gordinaren bilakaera-----	28
20.Irudia. Energia sortzetik energia kontsumitzeraino egiten den ibilbidearen eskema-----	29
21.Irudia. Zentral eoliko baten atal nagusiak-----	29
22.Irudia. Aerosorgailua baten ikuspegia kanpotik -----	30
23.Irudia. Bujea eta Bujearen kutxa -----	31

24.Irudia. Hegalaren errodamendua-----	31
25.Irudia . Errotorearen eta gondolaren atal nagusiak-----	32
26.Irudia. Multiplikadore baten itxura barnetik-----	33
27.Irudia. Kontrol panela-----	34
28.Irudia. Kardan lotura eta lotura elastikoa ezkerretik eskumara -----	34
29.Irudia. Orientazio sistema-----	35
30.Irudia. Orientazio koroa-----	35
31.Irudia. Beleta eta anemometroa-----	36
32.Irudia. Transformazio zentroa barnetik-----	37
33.Irudia. Transformazio zentroaren atalak kanpotik ikusita-----	37
34.Irudia. Behe tentsioko kaiola-----	38
35.Irudia. Tentsio ertaineko kaiolak-----	38
36.Irudia. Azpiestazioaren altxatua-----	39
37.Irudia.Espainiako transmisio sistemaren sarea-----	40
38.Irudia. EAE-ko garraio sarea-----	41
39.Irudia. EAE-ko estazio neurtzaileak-----	42
40.Irudia Estazioen abiaduraren konparaketa grafikoa-----	43
41.Irudia.Orduñako estazioaren kokapena-----	44
42.Irudia. Orduñako estazioaren kokapenaren ikuspegia-----	44
43.Irudia. Eguneroko bataz besteko abiadurak-----	44
44.Irudia. Haizearen profil bertikala-----	44
45.Irudia. Haizearen abiadura maila bakoitzerako ordu kopurua urtero-----	45
46.Irudia. Dispertsio grafikoa-----	47
47.Irudia.Histograma-----	49
48.Irudia. Haize arrosa-----	50
49. Irudia. Diseinu irizpidearen kronograma-----	51
50.Irudia.Vestasen aerosorgailu ezberdinen potentzia kurbak-----	53
51.Irudia. Aerosorgailu ezberdinek sortzen duten energia abiadurarekiko-----	54
52.Irudia. Aerosorgailuen eskema elektrikoa kokalekuan-----	57
53.Irudia. Aerosorgailuen lur azpiko linea eta azpiestazio igotzailera konexioa-----	57
54.Irudia. Zimentazio prozesuaren bilakaera-----	58
55.Irudia. Lurpeko hustuketa linea-----	59

Laburpena

Energia beharrak gero eta handiagoak dira gaur egun bizi garen gizarte globalizatu eta teknologiko honetan. Azken hamarkadan gero eta garrantzitsuago bihurtu den energia eolikoko zentral bat diseinatuko dugu, Euskal Autonomía Erkidegoan kokatu nahi duguna.

Horretarako mapa eoliko eta topografikoak erabiliko ditugu, egokiena den tokia zein den jakiteko eta hori aukeratzeko. Haizeari buruzko datuak lortzeko energiaren dibertsifikazio eta aurrezteko institutuaren (IDAE) datuetaz baliatuko gara, trantsizio energetiko eta erronka demografikorako ministerioak kudeatzen duena.

Euskalmeten estazio meteorologiko batzuetaz ere baliatuko gara, egokiak diren lekuetatik gertu kokaturik daudenak kontuan hartuz. Kasu honetan urte oso bateko datu eolikoak aztertuko ditugu bideragarriak diren ala ez ikusteko.

Behin lekua aukeratuta zentral bat diseinatuko dugu, horretarako beharrezkoak diren parametro guztiak aztertuz.

Resumen

En un mundo cada vez más globalizado y tecnológico, las necesidades energéticas son cada vez más grandes, produciéndose la necesidad de buscar nuevas alternativas energéticas en el ámbito de las renovables. El objetivo de este trabajo es impulsar el diseño de una central eólica en la comunidad autónoma vasca, debido a la importancia que están adquiriendo en la última década.

Para ello utilizaremos mapas eólicos y topográficos, para saber qué lugar es el idóneo para nuestro caso y elegirlo. Para conseguir los datos eólicos, nos apoyaremos en los datos obtenidos del IDAE, el instituto para la diversificación y ahorro de la energía, del ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.

Además de eso utilizaremos algunas estaciones meteorológicas de Euskalmet, la agencia vasca de meteorología, que estén situadas cerca de las zonas que sean idóneas para la instalación de una central.

Una vez decidido el lugar de colocación, diseñaremos una central eólica, analizando todos los parámetros necesarios para ello.

Abstract

In an increasingly globalized world, energy needs are getting bigger and bigger, creating the need to search for new energetic alternatives in the field of renewable energies.

The scope of this project is to boost the design of a wind power plant in Basque autonomous community, due to the relevance they have gained in the last decade.

For that we are going to use wind power and topographical maps, so that we can know which place is appropriate for our case and choose it. To get the wind data, we will lean on the data of the IDAE, Institute for diversification and energy saving, from the ministry for energy transition and the demographic challenge.

Besides that we are going to use some weather stations from Euskalmet, the Basque weather agency, that are located near the areas that are suitable for the installation of a wind power plant.

Once the placement site has been decided, we will design a wind power plant, analyzing all the necessary parameters for it.

1. SARRERA

1.1 Energia eolikoari sarrera

Lehenengo haize errota orain dela mila urte hasi ziren erabiltzen, garia ehotzeko eta horretarako ardatz bertikaleko errota hasi ziren erabiltzen, haizearen indarra aprobetxatzeko gai zirenak. Haien desabantaila zen, zeukaten kokapenagatik ez zutela beti ehotzeko ahalmena, haize asko behar zutelako mugiarazteko.

Errota hauek gaur egungoen aurrekarizat jo ditzazkegu, errota mugimenduaren printzipio ia berdina mantenduz (gai elektrikoak aparte).

Energia eolikoko lehenengo errota elektrikoak 1979.urtean sortu zirela esan genezake, hauek potentziatu zituzten herrialde nagusiak Danimarka eta estatu batuak izanik.

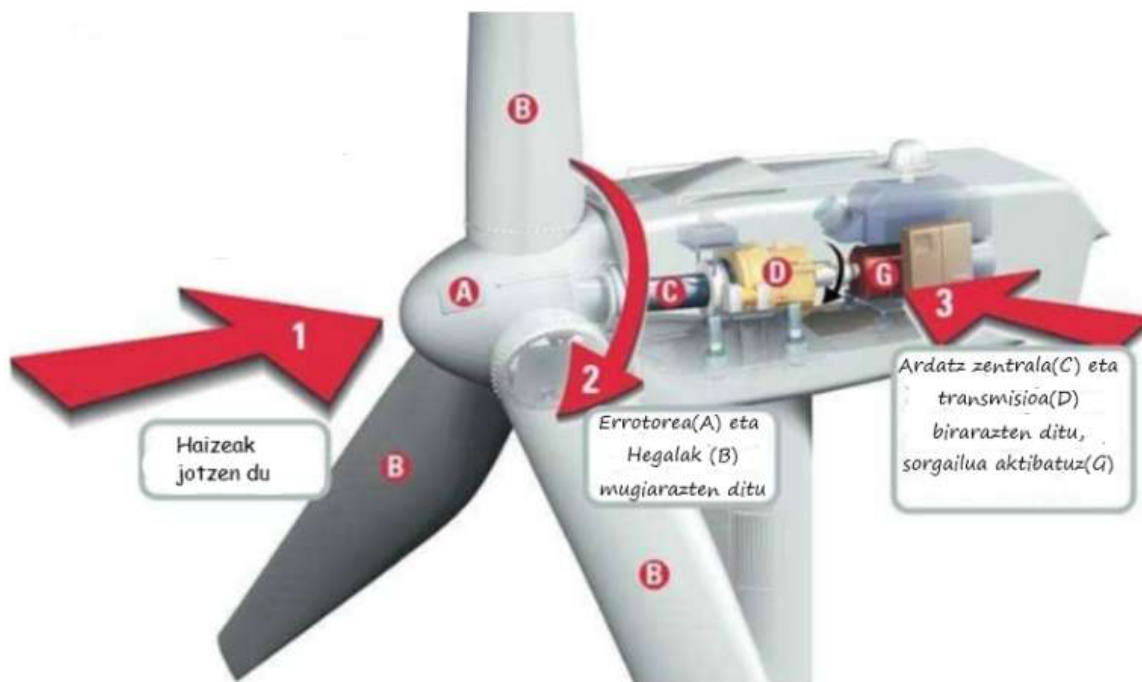
Energia berriztagarriak asko sustatu dira azkenaldian, hein handi batean mundu osoko gobernuek jarritako ingurumena zaintzeko legedi murriztatzaileengatik.

Lehen erabiltzen ziren ikatz zentralak desagertzen joan ziren, biomasa eta ziklo konbinatuzko zentralak garatuz, azken hauek ikatz zentralen desagertzeaz asko baliatu ziren. Onura nabari ekarri zituen, energia aprobetxamendu aldetik nahiko efizienteak direlako, gasezko turbina bat eta lurrinezko beste bat erabiltzen dituelako. Bitartean energia berriztagarriak garatzen joan ziren, bere garrantzia handituz, sektore garrantzitsuenetarikoa bihurtu arte, baita energiaren etorkizuna ere.

Energia eolikoaren munduan haizearen indarra erabiltzen da, energia elektrikoa lortzeko.

Energia lortzeko erabiltzen diren aerosorgailuen artean bi ezberdin aurkitzen dira ardatz horizontalekoak eta ardatz bertikalekoak, gure kasuan ardatz horizontalekoak erabiliko ditugu, bere erabilera ohikoagoa dena. Azken hauek haizea ahulagoa denean erabiltzen dira, eta haize gehiegizkoa denean, aldiz, ardatz bertikalekoak erabiltzen dira.

Energia nola sortzen den azalduko dugu irudi baten laguntzarekin.



1.Irudia. Energia eolikoaren sorrera. Anmastache(2015).
<https://anmastache.wordpress.com/2015/11/08/energia-eolica-tik berreskuratuta>

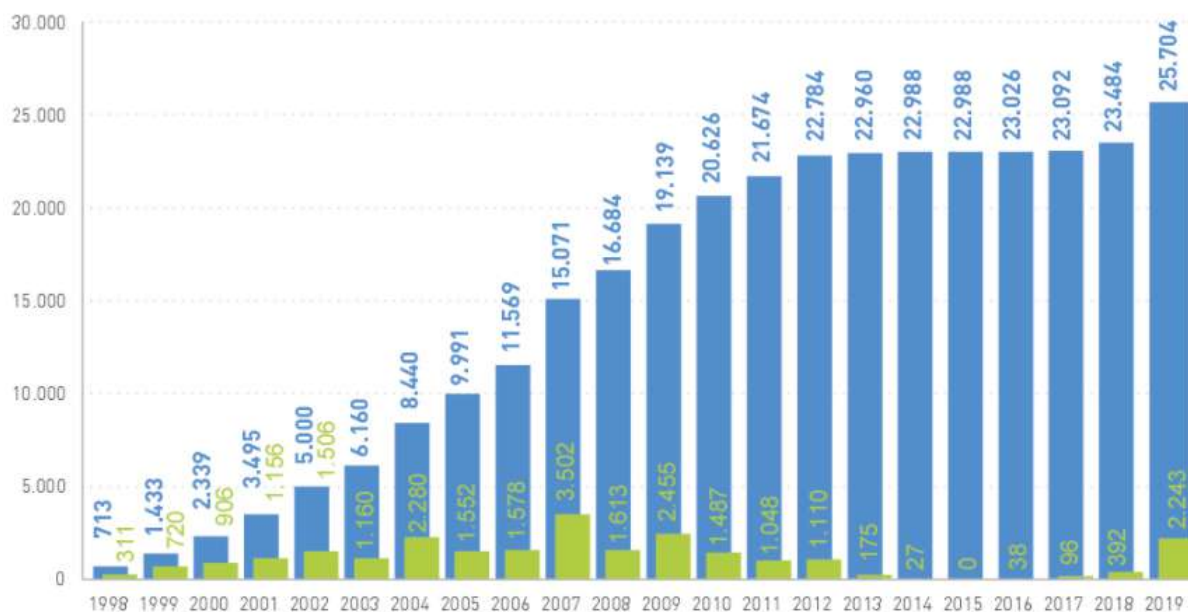
1.2. Energia eolikoaren bilakaera gaur egun arte

Gaur egungo egoera ulertzeko lehenago aurreko hamarkadetako bilakaera aztertzea behar-beharrezkoa da.

Bilakaera hori 1998.urteetik 2019. urtera aztertuko dugu lehendabizi, behean ikusi dezakegun irudiaz baliatuz. Ikusi dezakegun bezala 2012. urtera arte hazkunde ikaragarria eduki zuen, 2015. urtera arte ia berdin mantenduz.

2015. urtetik aurrera hazkunde erritmoa berriz bereganatu zuen, balio aipagarriak lortuz, 25,7 GW-ko potentzia lortu arte 2019.urtean.

Urdinez dagoen grafikoan instalatutako energia eoliko metatua ikusi daiteke eta berdez urteroko potentzia berria.

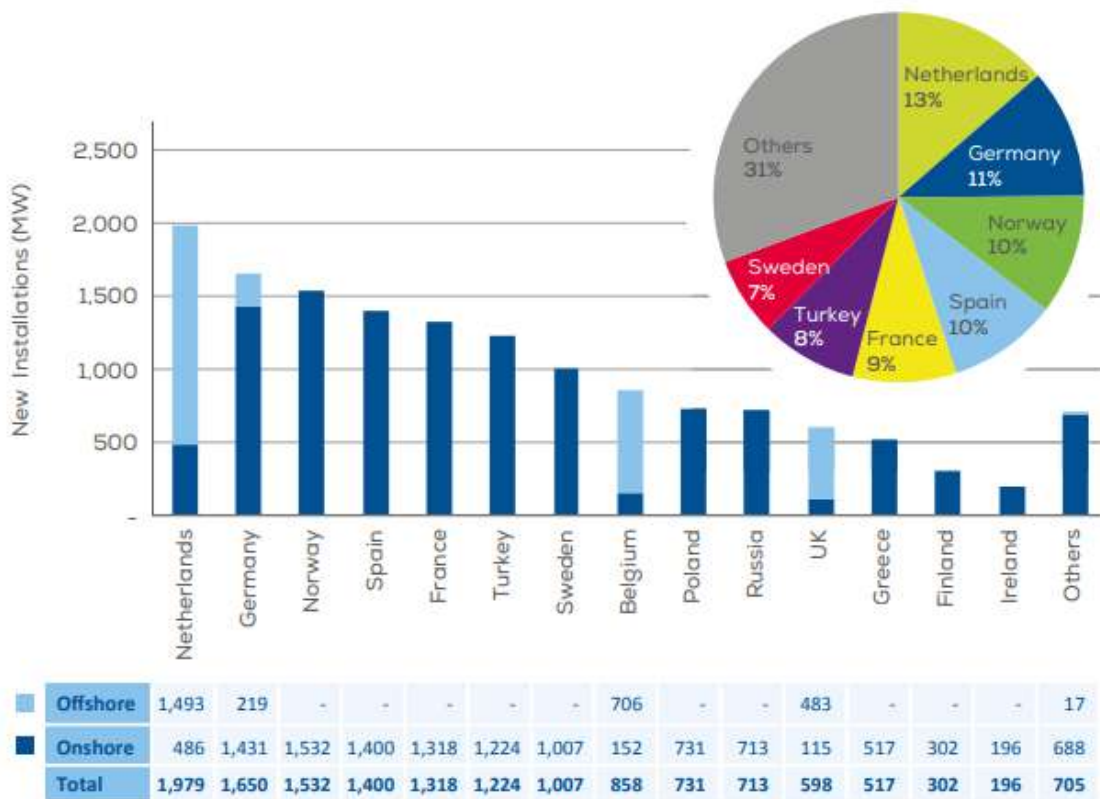


2.Irudia. Azken hamarkadetako energia eolikoaren bilakaera. (Empresa eolikoek elkartea, 2019)

Argi dago munduan gero eta pisu gehiago hartu duela energia eolikoak, hasteko energia eolikoaren azkenengo urteetako bilakaera aztertuko dugu.

2019. urtean Espainia izan zen potentzia gehien instalatu egin zuen bigarren herrialdea erresuma batuarekin alderatuta oso gertu egonda.

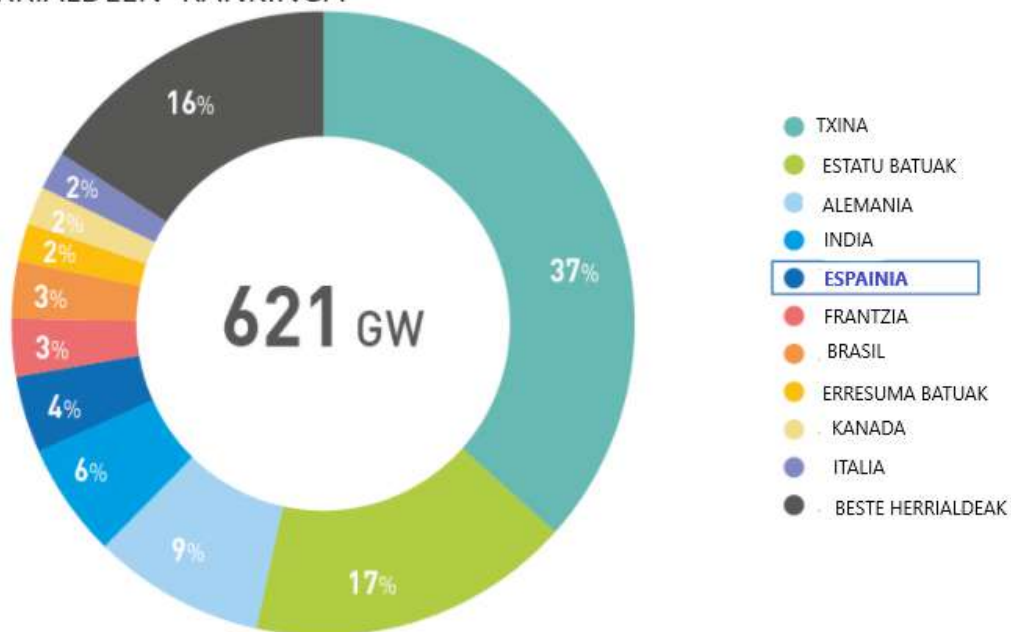
Europako energia eolikoaren elkarrekin, WindEurope bezala ezaguna, bildutako datuen arabera 2020.urterako espero ziren datuek %19ko beherapena izan dute covid19-aren krisiak bultzatuta hein handi batean. Europa mailan instalaturiko potentzia berriaren kasuan laugarren postuan kokatzen da Espainia, 1400MW-ko potentzia berria instalatuta,%10-ko igoera bat izanda sasoi onean dagoela frogatuz, ondorengo grafikoetan ikusi dezakegun moduan.



3. Irudia. Europako instalaturiko potentzia berria herrialdeen arabera. WindEurope (2020)

Gaur egun mundu mailako energia eolikoko herrialde sortzaileak analizatu egiten baditugu, lurreko instalaturiko potentzia kontutan hartzen badugu, mundu mailako sailkapena hurrengoa izango zen 2020. urterako, beheko grafikoan ikusi daitekeen bezala.

METATUTAKO LURREKO POTENTZIAREN ARABERAKO MUNDUKO HERRIALDEEN RANKINGA



4. Irudia. Metatutako lurreko potentziaren arabeko munduko rankinga. Munduko energia eolikoaren kontseilua(2020)

Ikusi dezakegunez munduko energia eolikoaren %4 Espainian sortzen, datu oso garrantzitsua da Espainiak energiaren munduan duen energia menpekotasuna ikusita. Argi ikusi dezakegu gaur egun estatu mailan Euskal autonomia erkidegoak ez duela pisu handirik energia eolikoaren munduan, hurrengo taulan ikusi dezakegun bezala. Hamasei autonomia erkidegoetatik, hamairugarren postuan kokatzen da EAE-a.

Autonomia erkidegoa	2019-an instalaturiko potentzia	2018/12/31- raino bildutako	2019/12/31- raino bildutakoa	Ehunekoa	Parke kopurua
Gaztela eta leon	461	5595	6056	%23,56	258
Gaztela-Mantxa		3817	3817	%14,85	144
Galizia	416	3422	3814	%14,84	178
Andaluzia	124	3331	3455	%13,44	160
Aragoi	1102	2002	3104	%12,08	132
Katalunia		1271	1271	%4,95	47
Balentziar erkidegoa		1189	1189	%4,63	38
Nafarroa	85	1104	1089	%4,24	51
Asturias		518	518	%2,02	23
Errioxa		447	447	%1,74	14
Murtzia		262	262	%1,02	14
Kanariak	16	431	447	%1,74	86
EAE		153	153	%0,6	7
Kantabria		38	38	%0,15	4
Balearrak		4	4	%0,01	46
Extremadura	39	0	39	%0,15	1
Guztira	2243	23484	25704		1203

1.Taula. 2020. urteko haize urtekaria. Empresa eolikoek elkartea.

Horregatik euskal orografia kontuan hartuta zentral gehiagoren beharra ikusi dugu, energiaren aldetik izango dituen onurak oso nabargarriak izango dira medikateen haize indarrak aprobetxatzeko kapazak bagara.

EAE-n gaur egun lau parke eoliko eta parke eoliko txiki bat daude, energiaren euskal erakundetik lortutako hurrengo taulan ikusi dezakegun bezala.

Parke eolikoa	Martxan jarritako urtea	Instalatutako potentzia	Aerosorgailuaren ezaugarriak	Bultzatzailea
Punta luzero	2006	10MW	2MW-ko 5 sorgailu	Acciona Energía
Parke eolikoa	Martxan jarritako urtea	Instalatutako potentzia	Aerosorgailu kopurua eta fabrikatzailea	Bultzatzailea
Elgea(Araba eta Gipuzkoa)	1999	27MW	40 - Gamesa	Eólicas de Euskadi
Urkillia(Araba)	2003	32,3 MW	38 - Gamesa	Eólicas de Euskadi
Oiz(Bizkaia)	2003	34 MW	40 – Gamesa	Eólicas de Euskadi
Badaia(Araba)	2005	50 MW	30-Alstrom/Ecotécnia	Eólicas de Euskadi

2. Taula. Euskal autonomia erkidegoan martxan dauden zentralak. Energiaren Euskal Erakundea

1.3 Etorkizunerako ikuspegia European

Wind europe elkartearen datuen arabera espero da 2021-2025 urteen artean guztira 105 GW-ko potentzia instalatzea, baina ikusita covid19-ren krisia, 80 GW-ko potentziara murriztuko da. Potentzia horretatik %70a lurrekoa izango da eta gelditzen dena itsasokoa.

Erresuma batuak eta alemania izango dira gehien instalatuko duten herrialdeak, ondoren Alemania, Frantzia, Suedia eta herbeherak bezalako herrialdeak egonik.

2030. urterako funtzionamenduan dauden zentral eolikoek erdiak bere bizitza efikaza bukatuko dute, zentral berrietan inbertsio handien beharrak sortuz.

Estatu mailan ministerioak jarritako helburua, anbizio handiko dela ikusi dezakegu hurrengo irudian, 2030. Urterako potentziaren %40 baino gehiago energia eolikitik etortzea espero dutelako.

2. Helburua

Gure proiektuaren helburu nagusia 5 MW-ko potentzia duen zentral eoliko baten diseinua nola egiten den aztertzea da, hartu behar diren pausu guztiak ondo azalduz.

Horretarako lehendabizi potentzial eolikoa ondo aztertu beharko dugu, kokalekuaren aukeraketarako garrantzizko faktorea delako, beharrezko haizerik gabe ez dagoelako energia lortzeko modurik. Hortaz baliabide eolikoa nola aztertu behar den azalduko dugu ikuspuntu tekniko batetik.

Aerosorgailuaren diseinuarentzako kontuan hartu behar diren parametroak zeintzuk diren eta zer hartzen duten kontuan aztertzea da beste helburuetako bat, gure potentzial eolikoaren modu efiziente batean aprobetxatu ahal izateko.

Gainera ikuspuntu elektriko batetik beharrezko instalazioa eta elektrizitate sareak zeintzuk diren eta zein den horietako bakoitzaren xedea analizatuko dugu.

3. Haize gunearen kokapena

Haizeari dagokionez kokapen bakoitzean dagoen haizea deskribatu ahal izateko Beaufort eskala asmatu zen, 0-tik 12-ra dago bananduta, haizerik gabeko egoera batetik, muturreko haize-mailako egoera batera, alegia.

Beaufort eskala	Haize mota	Abiadura(km/h)
0	Lasaia	0-2
1	Oso leuna	2-6
2	Leuna	7-11
3	Arina	12-19
4	Moderatua	20-29

5	Nabaria	30-39
6	Freskoa	40-50
7	Oso freskoa	51-61
8	Bortitza	62-74
9	Oso bortitza	75-87
10	Ekaitza	88-101
11	Ekaitz bortitza	102-117

12 Urakana >118

3. Taula. Beauforten eskala

Esan genezake energia maximoa 50 km/h abiaduran lortzen dela gutxi gorabehera, hasiera ez denean bortitza izatera heltzen, eskalako zazpigarren postuan dauden haize oso freskoak direnean baizik. Ekaitzak sortzen direnean, aerosorgailuak nahitaezko geldialdia jasaten dute.

3.1 Kontutan hartu beharreko irizpideak

Zentral eoliko baten kokapena zehazteko, haizearen aurreikuspen baldintzak eta baita klima ere kontuan hartu behar dira. Baina normalean arrazoia teknikoengatik, beti bete behar diren aurrez zehaztutako baldintzak edo irizpide orokor batzuk daude, zentral baten instalazioa posible ez den tokiak baztertu ahal izateko, aukeraketa erraztuz. Aipatutako baldintzak hurrengoak dira:

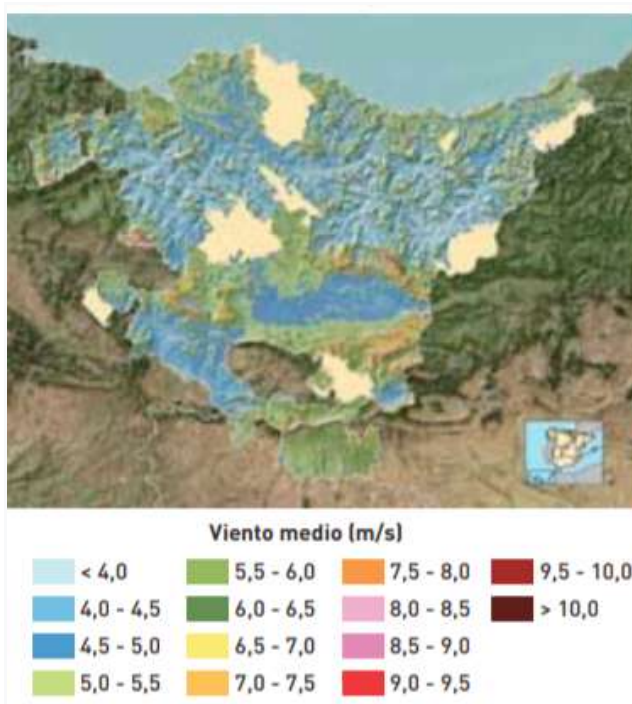
- Itsas mailatik 2000 m-ra edo gorago ezin dira zentralak kokatu.
- Biztanleriatik 500 m baino distantzia txikiago batera ezin dira kokatuta egon. Autobide autonomiko batetik 100 m baino gutxiagora ezin dira egon ezta autobide batetik 200 m baino gutxiagora.
- Ezin da banaketa linea elektriko batetik 250m baino distantzia txikiago batean kokatu
- Ezin dira laku edo urtegietan kokatu.

Irizpide teknikoak	Eragingunearen azalera (Km ²)	Azalera eskuragarria (Km ²)	Azalera eskuragarri (%)
Altuera	0	7230	100
Hiri nukleoak eta sentsibiltate zonaldeak	2072	5158	71,34
Errepideak eta sentsibiltate zonaldeak	1257	5972	82,61
Hidrologia	27	7203	99,63
Linea elektrikoak	466	6763	93,55
Guztira	2912	4318	59,72

4.Taula.EAE-n Irizpide teknikoengatik kaltetutako eremuak. IDAE

Hortaz irizpide teknikoak kontuan hartuz eskualdearen azaleraren %59,72-ak bakarrik beteko lituzke baldintza horiek, beraz, eragina oso nabarmena da.

Babestutako eremu naturalek ere garrantzi berezia dute, horietan ezin delako energia ekoizten duten zentralik eraiki. Hurrengo mapan babestutako eremu horiek marfil kolorez adierazita daude, ikusi dezakegunez eremu asko betetzen dute.



5. Irudia. Babestutako eremu naturalak eta haizearen banaketa. IDAE

Honekin batera 6 m/s abiaduratik gora, leku gutxi daudela ikusi daiteke eta IDAE-ren estatistikak aztertuz abiadura hori azalera osoaren ehuneko hamasei inguruk soilik betetzen duela jakin dugu.

Horretaz gain, Natura 2000 sare izenez ezaguna den Europar batasuneko biodibertsitatea mantentzeko sarea dago, bertan zaintze eremu bereziak (habitatak mantentzeko) eta hegaztientzako babestoki bereziak sartzen dira, hauek zaintzeko asmoz. Hori aztertzeko beste mapa baten laguntza izango dugu, marfil kolorez adierazita egonik sare hau sortzen dituzten eremuak.



6. Irudia. Natura 2000 sareko eremuak eta haizearen banaketa. IDAE

Hortaz mapa eolikoaren itxura aurreko baldintza guztiak aplikatuta ondorengo irudikoa izango litzateke, marfil kolorez daudenak izango dira mugatuta dauden eremuak.



7. Irudia .Haizearen banaketa eta mugatutako eremuak. IDAE

Haizearen abiadura ezberdinetarako IDAE-k bildutako datuak aztertuz eremuaren azaleraren %13,58 baliogarria izango zen.

Horretaz aparte, beste hainbat irizpide hartu behar dira kontuan: Potentzia irizpideak, instalakuntza mota, sarearen eskuragarritasuna, gaur egungo energia beharrak eta etorkizunerako aurreikuspenak, politika irizpideak, teknologia irizpideak eta ingurugiro irizpideak.

3.1.1 Potentzia irizpidea

Komenigarria da ikuspegi komertzial batetik zentralaren kokapena ez egotea konpetentzia enpresetatik hurbil, zentral handiak eraiki ahal izateko, potentzia handiagoa lortuz. Gero eta lursail handiagoa badugu, sarearen distantzia handiagoa izango da.

Gure kasurako EAE-ko egoera aztertuz, lursail handi bat erabiltzea komenigarriena dela ikusi dugu, ahal den eta potentzia gehien sortarazteko.

3.1.2 Instalakuntza mota

Sortu nahi dugun potentzia kontuan hartuta, elektrizitate sare mota bat edo beste bat izango da egokiagoa.

Taularatuta potentzia ezberdinetarako erabili daitezkeen sare elektriko ezberdinak ikusi ditzazkegu, gorritz markaturik daudenak dira konektatu daitezkeen linea posibleak.

Potentzia eolikoa (MW)	15Kv Linea	20Kv Linea	30 Kv Linea	66 Kv Linea	110 Kv Linea	132 Kv Linea	220 Kv Linea	400 Kv Linea
1-4	-	-	-					
4-15		-	-	-				
15-30				-	-			
30-50				-	-	-		
50-100						-	-	
100-400							-	-

5.Taula. Potentziaren arabera instalatu daitezkeen lineak. Manual de energía Eólica

3.1.3 Sarearen eskuragarritasuna

Elektrizitate sarearen egoera zein den jakin behar dugu, hori jakiteko banaketako empresa energetikoak edo industria eta energiako kontseiluarekin jarri beharko gara kontaktuan. Hau oso garrantzitsua da, jakin behar dugulako zein den gertuen dagoen elektrizitate sarea eta erabiltzeko egoeran dagoen edo ez, bestela beste sare bat hautatu beharko dugu. Gerta liteke sare horiek ez direla bideragarriak eta hortaz beste leku bat aukeratu behar izatea, naiz eta haize aldetik toki estrategikoak diren.

3.1.4 Gaur egungo energia beharrak eta etorkizunerako aurreikuspenak

Batzutan proiektu hauek ez dira baztertu behar, inguruan zonalde industrialeko etorkizunerako proiektu bideragarriak badaude, etorkizunean bideragarria izatera heldu liteke.

3.1.5 Politika irizpideak

Inguruko biztanleriaren iritzia zein den jakitea ere aproposa izango litzateke eta ez soilik, kokatutako udalaren edota autonomia erkidegoko goi-buruen iritzia. Agurainen kasuan bezala, proiektu bat planteatu zuten eta biztanleria proiektu horren kontra jarri da.

3.1.6 Teknologia eta Ingurugiro irizpideak

Gaur egungo ingurugiro baldintzetara egokitu behar gara, araudia egunera eramanez. Teknologia irizpide aldetik zein motatako aerosorgailuak jarri nahi ditugun hautatu beharko ditugu. Batzutan gertatzen da, proiektua aurkezten dugunetik, administrazioen baietza lortu arte igarotzen den denbora urteetakoa izatea eta hortaz, aerosorgailua aldatu behar izatea.

Aldaketa hauek ere onartuak izan beharko dira eta horretarako hainbat hilabete itxaron beharko ditugu, legedia aldatuz gero denbora tarte horretan atzerapen gehiago egongo dira.

Horregatik aukeratutako potentzia etorkizunari begira lotuta egotea bilatzen da, merkatua etengabe dagoelako garatzen eta baita teknologia ere.

4. Baliabide eolikoa

Baliabide eolikoaren erabilpena gero eta handiagoa da, horretarako bere azterketa sakon bat egitea beharrezkoa da, jakin ahal izateko zein den haizearen baliabide eolikoaren benetako ahalmena, energia ekoizteko orduan.

4.1. Kontutan hartu beharreko faktoreak

Baliabide eolikoaren analisirako kontuan hartu beharreko hainbat faktore daude, ondorengo puntuetan azalduko ditugunak.

4.1.1. Urteko batez besteko abiadura

Urteko batez besteko abiadura oso garrantzitsua baliabide eolikoaren analisisia egin ahal izateko, behar beste haize indar daukagun ala ez jakin dezakegulako honen balioak behin aztertuta. Ideia azkar bat egiteko 10 m-ko altuera batera haizearen abiaduraren arabera energia eoliko lortzeko bideragarria den ala ez aztertuko dugu ondoren dagoen taulaz baliatuz.

Haizearen urteko batez besteko abiadura	Energia eolikoaren erabileren posibilitatea
< 3 m/s	Normalean ez bideragarria, errekurtsoa analizateko egoera bereziak ez badaude.
1-3 m/s	Aeroponpaketarako aukera ona baina ez aerosorgailuek energia sortzeko.
4-5 m/s	Sistema eoliko autonomoekin bideragarria
5-6 m/s	Aeropompaketa eta sistema eoliko autonomoekin bideragarria.
>6 m/s	Aeropompaketa, sistema autonomoko aerosorgailu eta elektrizitate sarera konektatuta dauden sistemak

6.Taula. Energia eolikoaren bideragarritasuna abiaduraren arabera.

Esan genezake egoera aproposena 6 m/s-ko batz besteko abiaduratik gora dela, elektrizitatea sarera konektatu nahi dugulako, gure proiektuaren beharrak eta helburuak bete ahal izateko.

Horretarako urte oso baten datuak lortu beharko ditugu, hilabetero grafikatur eta batz bestekoa kalkulatu, betetzen den ala ez ikusteko.

4.1.2. Haizearen profil bertikala

Haizearen profil bertikala oso garrantzitsua da haizearen abiaduraren gehiegizko balioestea ekiditeko, hau da, balioen emaitzetan zehaztasuna lortzeko.

Altuerak gora joan ahala, Haizearen abiadura esponentzialki handitzen doa, lurrazalak eragiten duten marruskadura gero eta txikiagoa delako.

Gainazala gero eta irregularrago edo zimurtsuagoa denean, haizearen abiaduran eragingo duen murrizketa gero eta handiagoak izango dira.

Hortaz, zimurtasunaren esponentea (α) eta zimurtasun faktorea (Z_{ref}) oso garrantzitsuak dira, profila lortu ahal izateko. Hurrengo formula erabiltzen da faktore hauek erlazionatzeko:

$$\frac{V_z}{V_{ref}} = \left(\frac{Z}{Z_{ref}}\right)^\alpha$$

Vref- Erreferentzia altueran (Z_{ref}) neurtutako abiadura.

Vz- Altuera zehatz batean (Z) haizeak daukan abiadura da. hau da grafikoki aztertzen den faktoreetako bat.

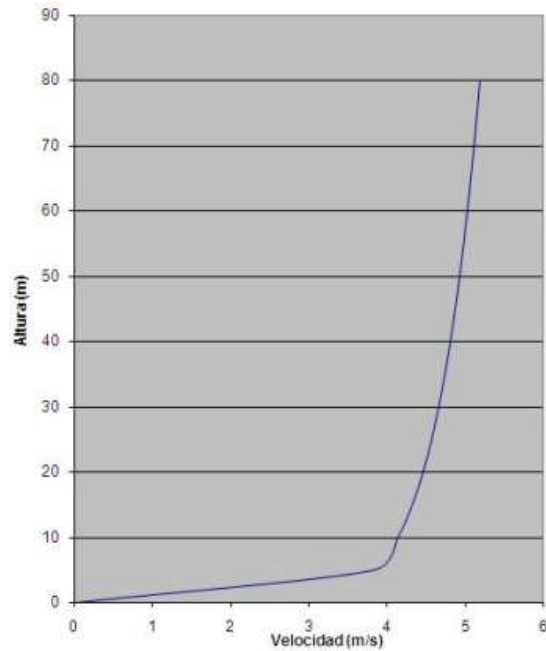
α - Zimurtasun esponentea edo Hellmans-en esponentea, gainazalaren arabeko faktore bat da.

Zimurtasun esponentearen balioan aldaketa bat dago gainazalaren arabera, horretarako lursail motaren arabera ezarritako balioak, taula baten bidez zehazteko beharra ikusi dugu, ondoren ikusi dezakegun bezala.

Lursail mota	Zimurtasun esponentea (α)
Lurralde lauak belar edo izotzarekin	0,08-0,12
Lurralde lauak (Itsasoa, kostaldea)	0,14
Gutxi malkartutako lurraldeak	0,13-0,16
Lurralde turistikoak	0,2
Basoak edo lur malkartsuak	0,2-0,26
Lur oso malkartsuak eta hiriak	0,25-0,4

7.Taula.Hellmans-en zimurtasun esponentea lursail motaren arabera

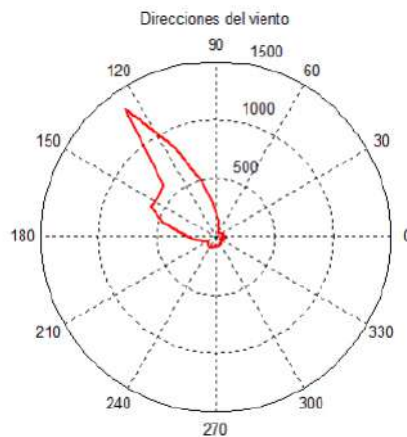
Hona hemen haizearen profil bertikal baten adibide bat, haizearen abiaduraren aldaketa altuerarekiko nola aldatzen den ikusteko.



8. Irudia. Haizearen profil bertikalaren adibidea.

4.1.3. Haize arrosa

Haizearen abiadura anemometroaren bidez neurtzen da eta norabidea haize-orratz baten bidez neurtzen da. Grafikoki abiadurak eta dituen norabide guztiak momentu bakoitzerako adierazteko haize arrosa erabiltzen da, norabideak 8-16 norabide artean banatzen dira, baina geure kasuan 12 norabideetan banatuko dugu analisia egiteko.



9. Irudia. Haize arrosaren adibidea haizearen norabidearen kasurako. Labañino, Cabrera. L.E

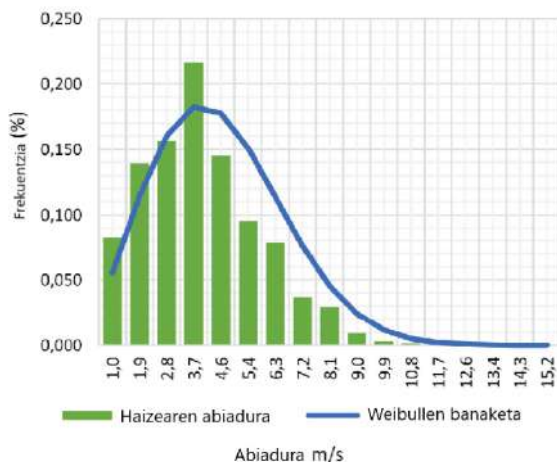
Esan genezake arrosa bi gauzetarako erabiltzen dela batetik haizearen batez besteko abiadura norabide bakoitzerako kontuan hartzen duen arrosa eta bestetik norabide bakoitzean zein frekuentziarekin jotzen duen zehazten duen arrosa, hau da, jotzen duen haize guztiaren zein ehunekok jotzen duen norabide horretan.

4.1.4 Haize probabilitatearen banaketa

Haizearen aldakuntza deskribatzeko weibullen banaketa erabiltzen da, haizearen deskribapen estatistiko bat egiteko, hau da, azken finean probabilitate banaketa bat azaltzen du.

Weibullen banaketak aldaketak jasan ditzake batz besteko balioan eta forman, kokalekua aldatzen baldin badugu.

Weibullen banaketaren adibide grafiko bat jarriko dugu, nolako itxura izan dezakeen ikusteko.



10.Irudia.Weibullen banaketaren adibidea. Eraso-Checa, (F.J).

Normalean aerosorgailuen diseinurako erabiltzen da osagaien bizitza denbora handitzeko eta hortaz denborarekin akatsik ez edukitzeko.

4.1.5 Lasaitasunaldiak

Haizearen lasaitasun aldi batean dagoela esan dezakegu, azkenengo hamar minututan neurtutako batez besteko balioa 1,8km/h baino txikiagoa denean, momentu horretan esan genezake energia sortzeko gai ez garela.

Momentu horretan esan genezake errotak ez direla gai energia sortzeko.

Egun bateko batz besteko abiaduraren balioak aztertzen baditugu 10 minuturo egindako neurketetan argi ikusi ditzazkegu zeintzuk diren lasaialdiak.

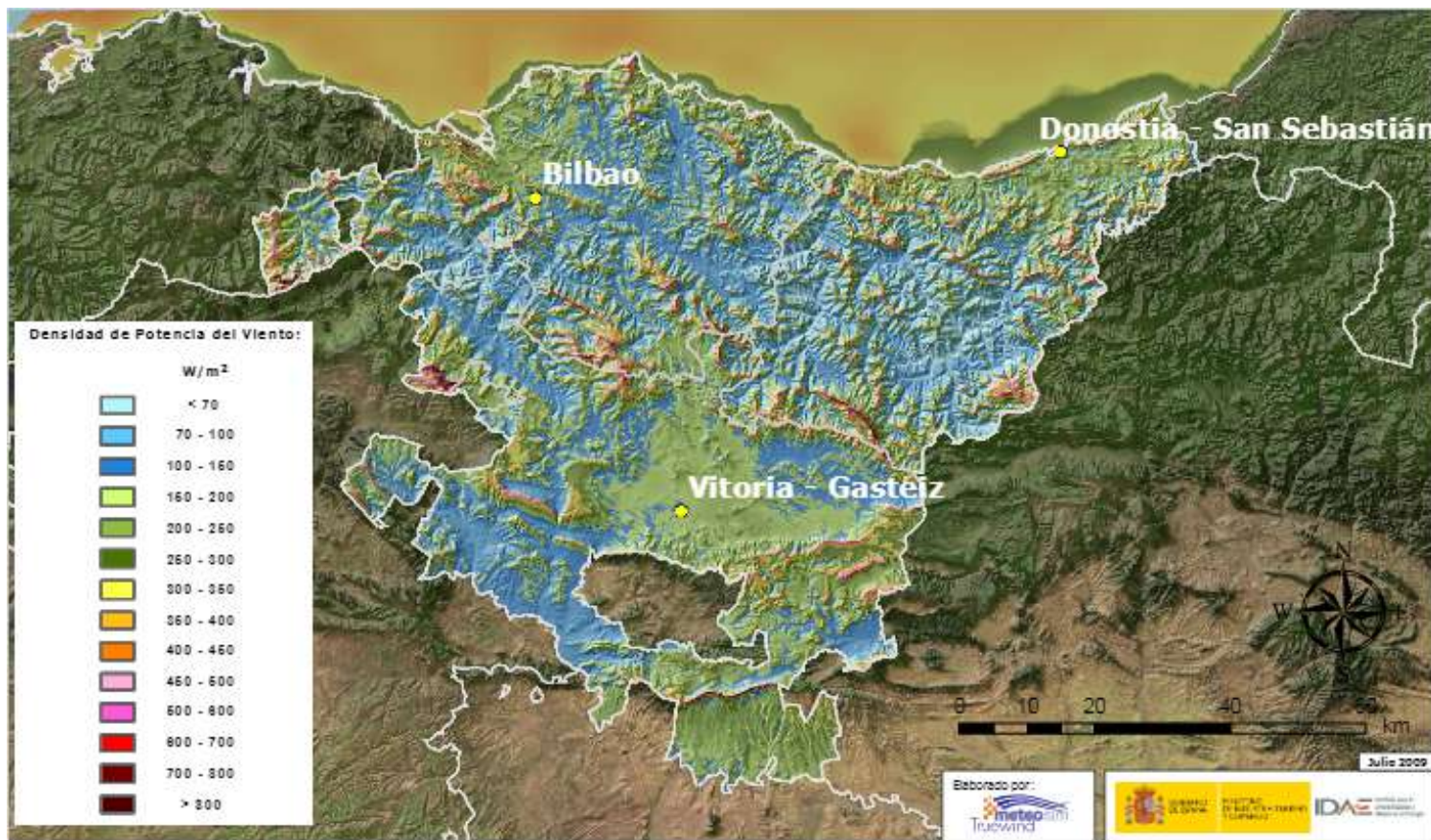
4.1.6 Zimurtasun arrosa

Lehen komentaturiko haize arrosa norabide desberdinetatik etorritako energia kantitatearen mapa sortzeko erabiltzen den moduan, norabide desberdinetako zimurtasuna neurtzeko zimurtasun arrosa erabiltzea aproposa da. Azken batean lursail handietan normala da zimurtasunak aldaketak izatea, duen topografiatik.

Sektore bakoitzerako batez besteko zimurtasuna kalkulatu beharko dugu eta haize nagusien zimurtasuna hartuko ditugu kontutan. Norabide horietan zimurtasun aldaezina zein distantziara dauden neurtu ohi da mapen laguntzarekin.

4.1.7 Haizearen potentzia dentsitatea

Potentzial eolikoa neurtzeko, mapa eolikoak erabili egiten dira, horretarako EAE-ko mapa eolikoak erabiliko dugu, mapa originala pixka bat eraldatu dugu, ez zelako ondo ikusten.



11.Irudia. EAE-ko mapa eolikoak. IDAE

Mapa aztertzen badugu, ikusi daiteke metro karratu bakoitzeko zenbat potentzia sortzen den eskualdearen arabera. Mapan ikusi dezakegunez eskualdearen gehiengoak urdinez ikusi daiteke 100-160 W/m² potentzia dentsitatearekin.

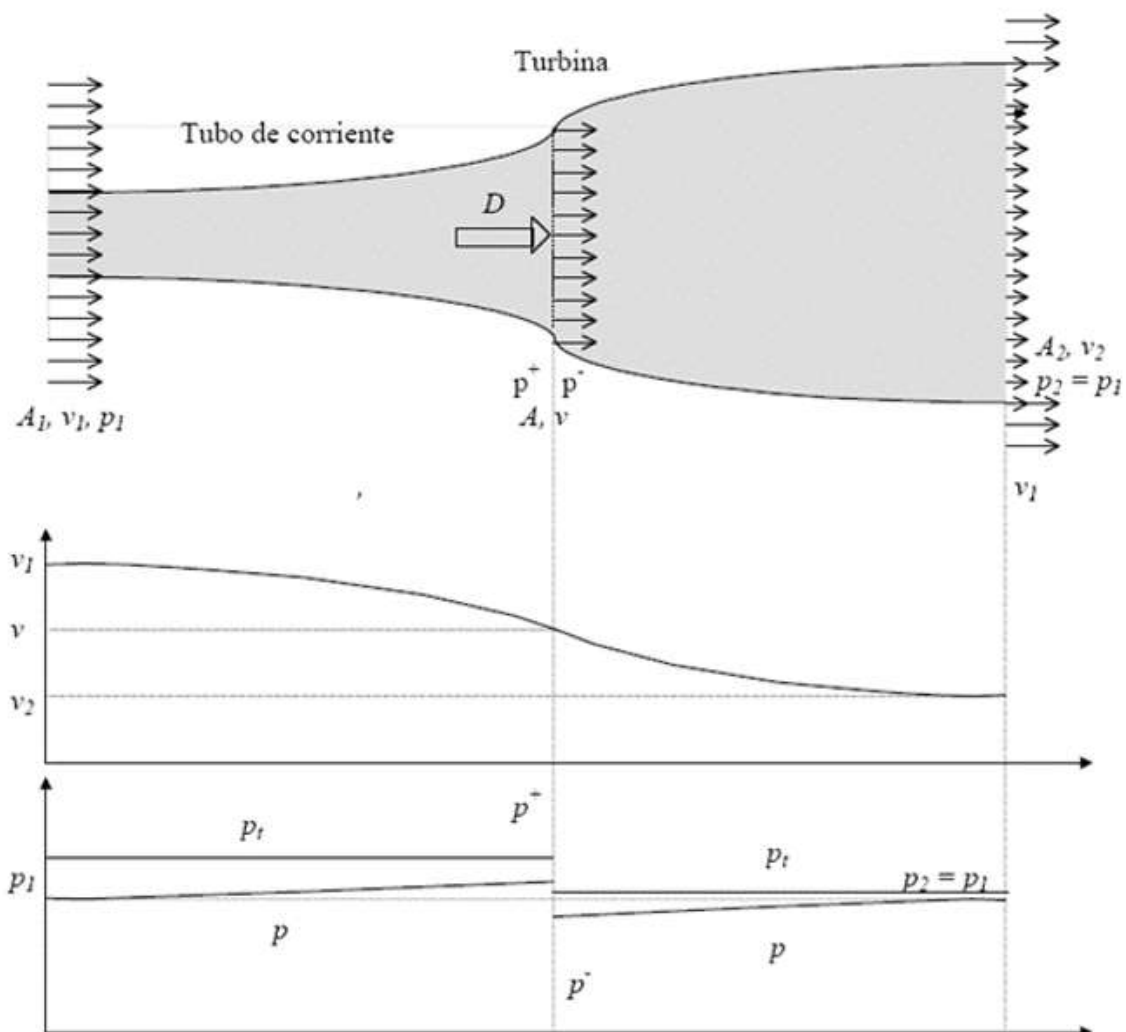
Energia sortzeko beharrezkoa den potentzia dentsitate minimoa ondorengo formularekin kalkulatu dugu:

$$\frac{Pd}{A} = \frac{1}{2} * \rho * v^3$$

Hortaz, formula hori aplikatuz, energia eolikoa sortzeko beharrezko abiadura 6 m/s izanik, behin datuak ordezkaturik, potentzia dentsitate minimoaren balioa 135 w/m² izango da.

Hortaz ikusi daiteke eskualdearen gehiengoak betetzen dutela baldintza hori, horregatik eskualdea aztertzea interesgarria izango da, energiaren ikuspuntutik begiratzen badugu.

4.1.7.1 Betzen legea



12.Irudia. Betzen limitea

Betz-en teoremaren arabera haizetik lortu dezakegun energia maximoa %59koa izango da errendimendua maximoa izateko potentzia koefizientea ($C_p=16/27$) izanik. Hau da, sinpleki esanda alabearen sarrerako abiadura, behin alabea igarota bere balioa heren batera murrizten da.

Escudero, Lopez, (J.M.).(2004). *Manual de energía eólica* (128.orrialdea). Madrid: Mundi-Prensa

Aerosorgailu batek sor dezakeen potentzia, honela kalkulatu dezakegu gure kasurako:

$$P = C_p * \frac{\rho}{2} * \frac{\pi D^2}{4} * v^3$$

Hona hemen aldagai bakoitzaren zehazpena:

- ρ** - Airearen dentsitatea, bere balioa 1,225kg/izanik
- C_p** -Potentzia koefizientea
- D** - Hegalen diametroa (m)
- V** - Haizearen abiadura (m/s)

Esan dezakegu altueraren arabera airearen dentsitatea aldatu egiten dela, baina ez oso nabarmen.

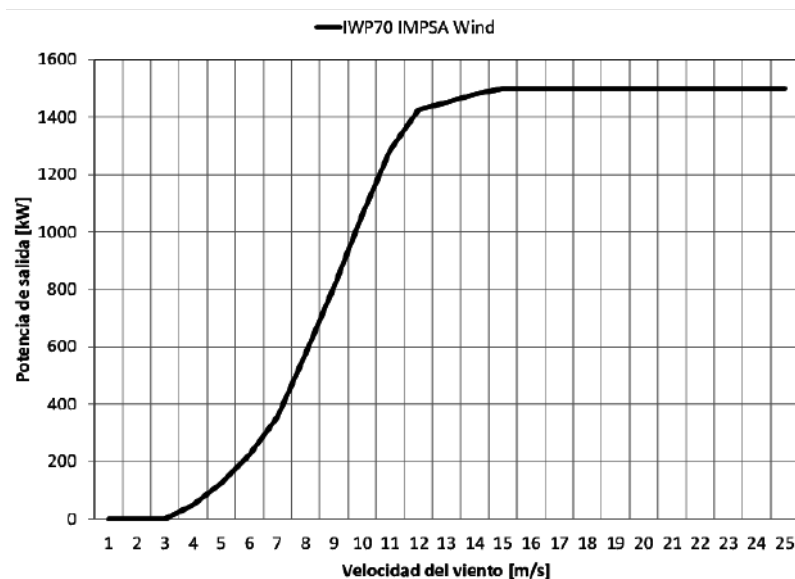
Argi dago faktore garrantzitsuenak hegaleen diametroa eta abiadura direla, potentziaren balioa asko handitu ahal delako, hauetako bat edo biak handitzen baditugu.

5. Aerosorgailuen kurba bereizgarriak

Aerosorgailuen analisi bat egitea behar bestekoa da, errekurtsio eolikoak aprobetxatzeko kapazak garen zehazteko balio dutelako, horretarako gehien lagun diezagukeen parametroak kurba bereizgarriak dira. Hauen analisisen bitartez, jakin dezakegu zein abiaduratan lortzen diren potentzia maximo eta minimoak eta zein abiaduretatik gora ez dugun energiarik sortzen, gehiegizko abiadurarengatik.

5.1 Potentzia kurba

Potentziakurbak haizearen abiaduraren arabera, aerosorgailu batek sor dezakeen potentzia adierazten du. Horrekin batera jakin dezakegu zein abiaduratan lortzen den potentzia maximoa, gure adibiderako 15 m/s-tan egongo litzateke.



13.Irudia. Potentzia kurba baten adibidea. Diego Moitre

Grafika gehiago aztertuz gero, ikusi dezakegu gure adibidearentzako abiadura kritikoa 25 m/s-ko abiadura dela, hau da, abiadura hori lortzen denean, gehiegizko indarrarengatik aerosorgailuak amatatu egingo dira. Hori gertatzen da, aerosorgailua babesteko, gehiegizko higadura egiteko eta hortaz bere bizitza erabilgarria handitzeko.

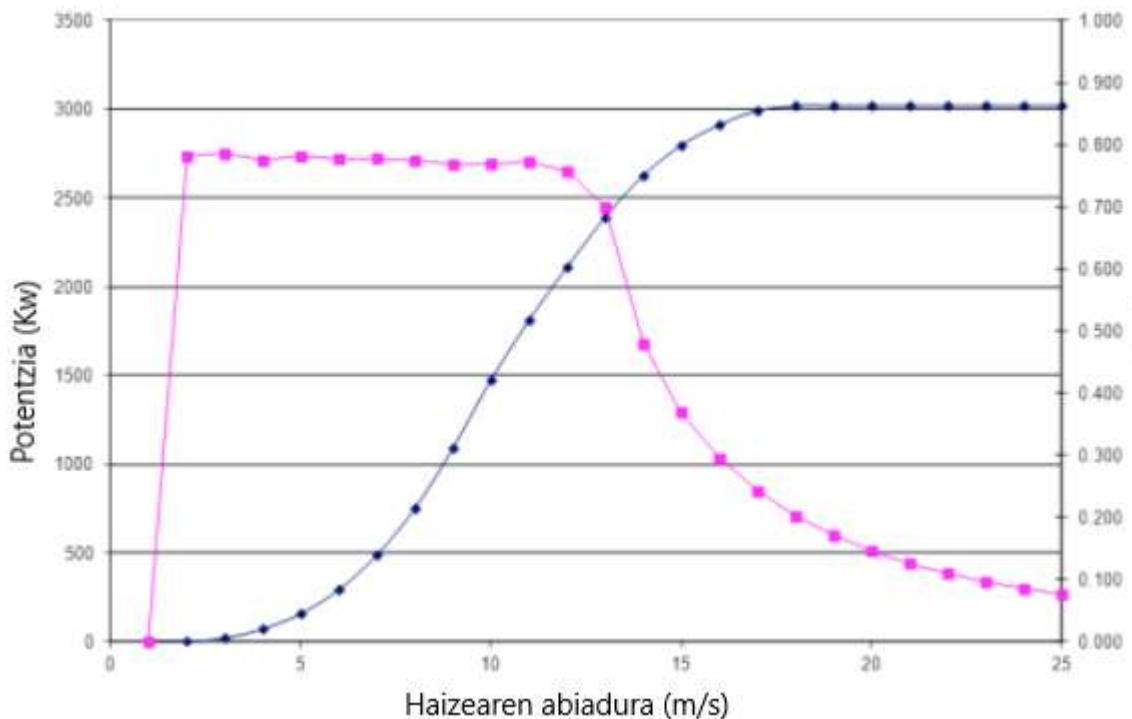
5.2 Bultzada koefizientea

Haizearen dispertsioaren analiza egitea garrantzitsua da, zeren eta zenbat eta dispertsio gutxiago jasan aerosorgailutik igarotzean, haizeak energia berreskuratzen ahalmen handiagoa izango du, beste aerosorgailu batek energia hori aprobetxatuz, sortutako potentzian ere eraginda.

Haizearen dispersioa abiadurarekin guztiz erlazionatuta dago, abiadurak txikiak direnean haizeak jasaten duen dispersioa handia da, hortaz komeni da abiadura handietan lan egitea, efizientzia irabazi ahal izateko.

Aerosorgailuen arabera aldatu egiten da, horregatik hau aztertzea oso garrantzitsua izaten da.

Grafikoki bultzada koefizientea nola adierazten den ikusiko dugu potentzia kurbarekin batera, adibide baten bitartez. Kolore urdinez potentzia kurba ikusi daiteke eta larrosas bultzada koefizientea.



14.Irudia.Potentzia kurba eta bultzada koefizientea grafikoki. Inocua

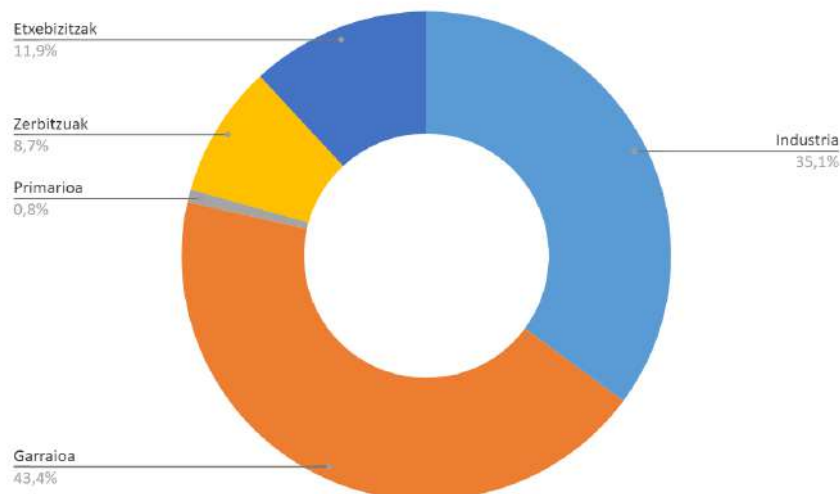
6. Kontsumo energetikoa

6.1 Kontsumo energetikoaren analisia

Kontsumo energetikoa ekonomiarekin oso erlazionatuta dago, gizartea gero eta garatuagoetan, kontsumoa handitu egiten delako.

Araterko elkartearen arabera 2000-2008 urteen artean kontsumo energetikoa %17-n igo zen, baina urte horretan kontsumoa jeisten hasi zen, krisi ekonomikoa dela eta. Horrek frogatzen du energiaren kontsumoa ekonomiaren egoerarekin guztiz erlazionatuta dagoela

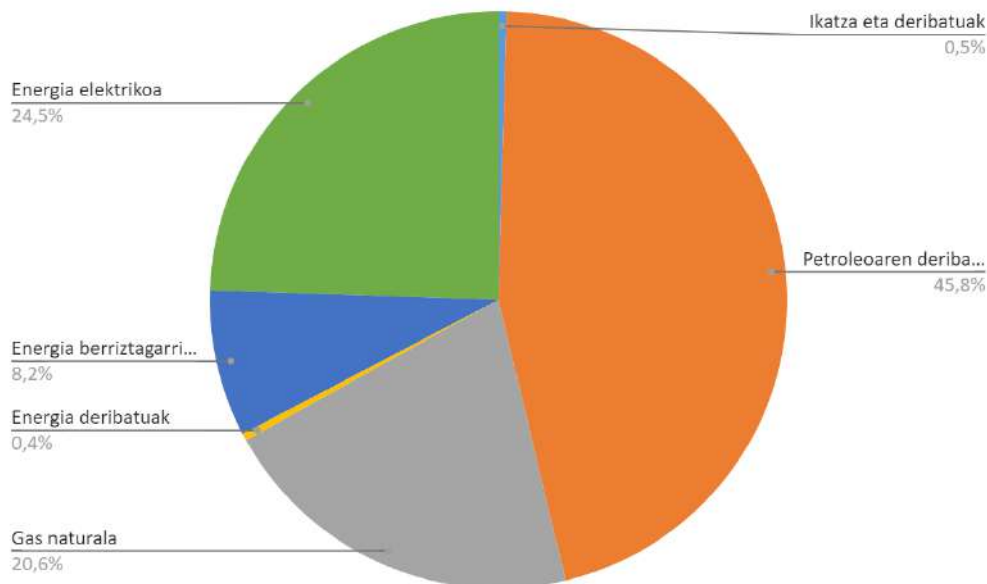
Lehenik eta behin 2019. urteko kontsumo energetikoaren analisia egingo dugu, sektoreka bere kontsumoa zein den aztertuz. Horretarako Eustat-en datuetaz baliatuko gara, grafikoki datu horiek zehaztuz, hurrengo grafikoan ikusi daitekeen bezala.



15.Irudia. 2019.Urteko kontsumo energetikoa sektoreka

Argi esan dezakegu garraioak izan duela kontsumo energetiko handiena, ondoren industria, etxebizitzak, zerbitzuak eta sektore primarioa egongo dira hurrenez hurren.

Kontsumo energetikoaren analisia egingo dugu kontsumitutako energia motaren arabera, erabili ditugun datuak 2019. urtekoak dira. Petroleoaren deribatutik lortutako energia gehien kontsumitzen dena dela esan dezakegu, ondoren, energia elektrikoa, gas naturala, energia berriztagarriak eta energia deribatuak egongo dira.

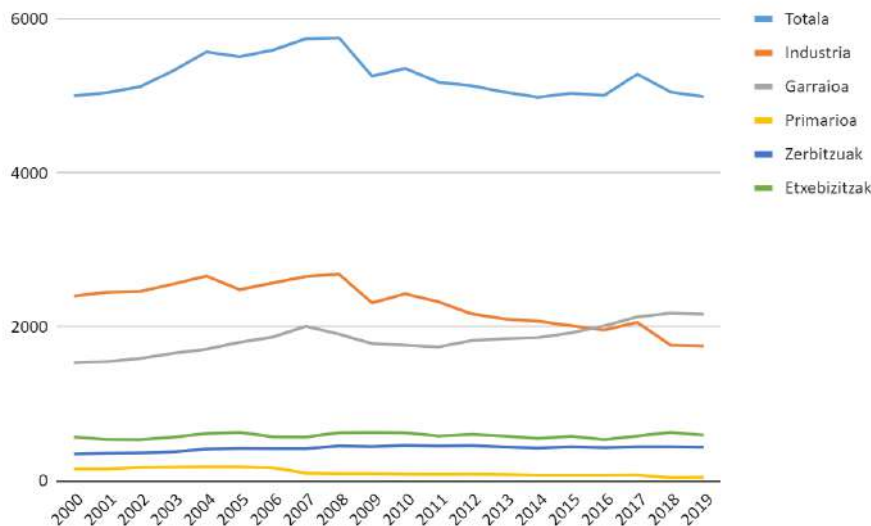


16.Irudia. 2019.urteko kontsumo energetikoa energia motaren arabera

Kontsumitutako energia berriztagarria %8,2-koa dela zehaztu dezakegu, ez dago batere gaizki baina hobekuntza tarte handia dago oraindik, 2030. urterako ezarritako helburu energetikoak lortu nahi baditugu.

6.2 Kontsumo eta gastu energetikoaren historikoa

Sektoreka energiaren kontsumoaren bilakaera nolakoa izan den aztertuko dugu, Eustat-en datuetaz baliatuz. Ondorengo grafikoan ikusi daiteke industria eta garraioa direla energia gehien kontsumitzen duten sektoreak eta primario izanik gutxien kontsumitzen duena. Industriari dagokionez joera beherakorra izan duela ikusi daiteke, 2008.urteko krisiaren eraginez.



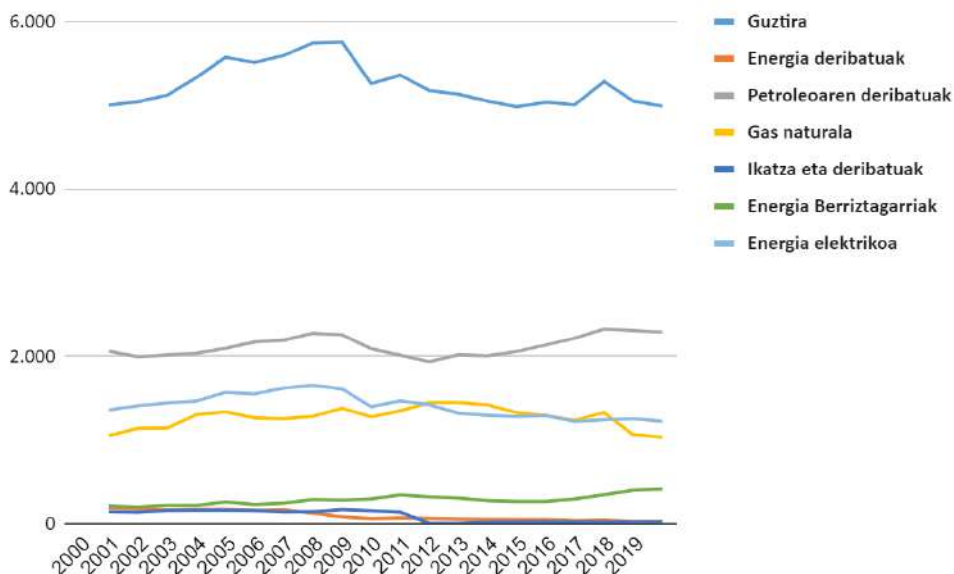
17.Irudia. Energiaren kontsumoaren bilakaera sektoreka

Kontsumo eta gastu energetikoaren historikoa aztertzeko, euskal estatistika erakundearen (Eustat) datuetaz baliatuko gara, 2000-2019 urteen artean kontsumitutako energia motaren arabera eginez.

	Guztira	Ikatza eta deribatuak	Petroleoaren deribatuak	Gas naturala	Energia deribatuak	Energia berriztagarriak	Energia elektrikoa
2000	5.001	188	2.060	1.050	138	208	1.357
2001	5.042	177	1.993	1.139	131	197	1.406
2002	5.120	157	2.015	1.141	153	215	1.439
2003	5.330	165	2.035	1.299	155	214	1.462
2004	5.574	165	2.094	1.335	155	258	1.566
2005	5.512	153	2.170	1.262	152	228	1.548
2006	5.596	160	2.190	1.251	134	243	1.619
2007	5.746	122	2.272	1.279	137	286	1.650
2008	5.756	76	2.254	1.377	162	277	1.609
2009	5.259	57	2.089	1.274	150	293	1.396
2010	5.360	65	2.012	1.345	133	340	1.464
2011	5.178	59	1.936	1.445	1	319	1.419
2012	5.132	51	2.017	1.445	1	303	1.317
2013	5.049	47	2.004	1.418	15	273	1.292
2014	4.983	45	2.056	1.325	16	263	1.279
2015	5.034	45	2.134	1.289	20	262	1.289
2016	5.008	31	2.214	1.233	18	293	1.220
2017	5.284	37	2.323	1.326	16	342	1.240
2018	5.051	24	2.306	1.061	16	395	1.251
2019	4.989	23	2.285	1.030	20	410	1.221

8.Taula.Kontsumo energetikoa energia motaren arabera. Eustat

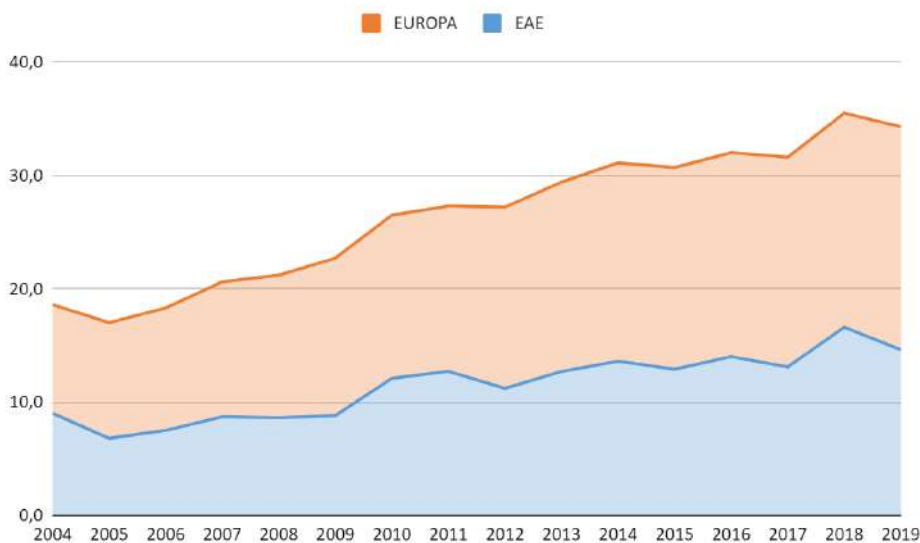
Kontsumo energetikoari dagokionez, etengabe aldatu egiten da, kontsumitzen den energia motaren arabera azterketa egiten badugu, Eustat-en datuetaz lortutako grafikoan ikusi daitekeen bezala. Energia berriztagarrien kontsumoak goranzko joera duela ikusi daiteke, berde kolorea duen lerroari erreparatu egiten badiogu, ikatza eta energia deribatuak gaindituz.



18.Irudia. Energia kontsumoaren bilakaera energia motak kontuan hartuta

Energia berriztagarriak aztertuz gero ikusi dezakegu gaur egun 410 ktep inguruko balioa duela, hau da, estatistikoki horrek esan nahi du 410 kilo tona petrolioren baliokidea dela. Zehatzago esanda, bere kontsumoa $4,79 \cdot 10^6$ Kwh-koa dela zehaztu dezakegu, hau da, kontsumitutako energiaren %8,2 energia berriztagarrietatik dator.

Energia berriztagarrietan zentratuz gero urteroko azkeneko kontsumo gordina aztertzen badugu, 2004-2019 urteen arteko bilakaera honako grafikoarekin aztertuko dugu, Eustat-en datuetaz baliatuz lortu duguna.



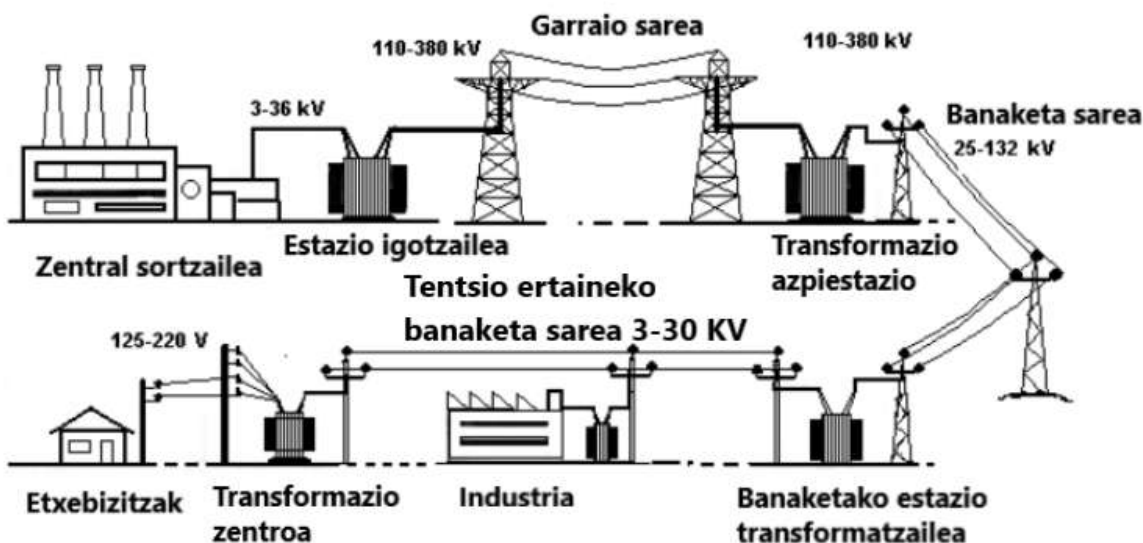
19.Irudia. Energia berriztagarrien kontsumo gordinaren bilakaera

Gaur egun energiaren kontsumo gordinaren %14,6-a energia berriztagarria da, europako bataz bestekoarekin alderatuz, EAE-n kontsumitutako energia berriztagarria %5,1 txikiagoa da, horregatik energia berriztagarriak garatu beharra dago.

7. INSTALAZIO EOLIKOA

Gure kasuan parke eoliko batean dauden atalak aztertuko ditugu soilik, baina beharrezkoa da ulertzea zein den energiaren ibilbidea, sortzetik kontsumitzeraino.

Energia eolikoa sortzen denetik etxebizitzetan edota industrian kontsumitu arte, ibilbide luze bat igaro behar da, hurrengo irudian ikusten den bezala.



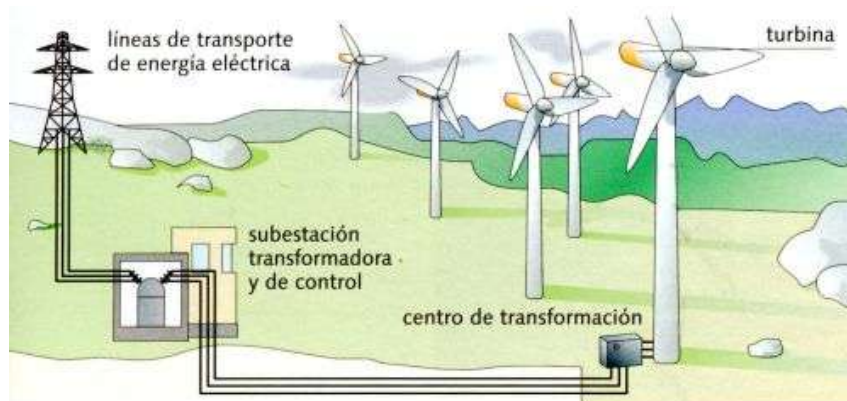
20.Irudia. Energia sortzetik energia kontsumitzeraino egiten den ibilbidearen eskema
 4.-Distribución de la Energía Eólica. - *ENERGÍA EÓLICA. Tecnología y fundamentos.* (n.d.). Sites.google.com.
<https://sites.google.com/site/iesramonarcasmeca3esocgei/home/4-distribucion-de-la-energia-eolica>

Instalazio eoliko batek bere barnean hainbat atal ezberdinez osatuta dago, atalez atal zeintzuk diren eta zertarako balio duten zehaztuko dugu.

Beheko irudian ikusten den bezala bost atal nagusi dituela zehaztu dezakegu:

Aerosorgailuak, transformadoreak, transformazio azpiestazioa, hustuketa linea eta garraio sarea.

Atalez atal horietako bakoitzaren zeregina eta barnean dituzten osagai guztiak zehaztuko ditugu.



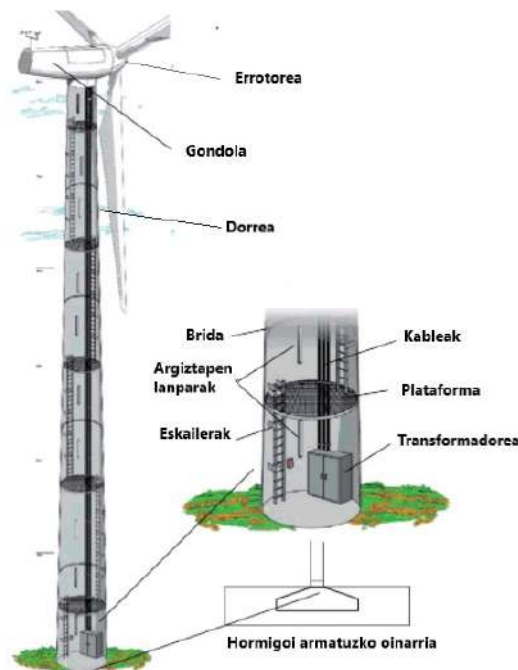
21.Irudia. Zentral eoliko baten atal nagusiak. (2014). Emaze Presentations .<https://app.emaze.com/@ALOTTQOZ#8>- tik aterata

7.1 Atal nagusiak

Instalazio eoliko baten kasuan bost atal nagusi daude: Aerosorgailua, transformazio zentroa, kontrol eta transformaziorako azpiestazio, hustuketa linea eta energia elektrikoko garraio sarea aurkitzen dira. Hurrengo puntuetan atal horiek aztertuko ditugu, bakoitzaren eginkizuna zehaztuz baita bakoitzaren atal ezberdinak.

7.1.1 Aerosorgailua

Ondorengo irudian aerosorgailu baten atal nagusiak zeintzuk diren ikusi daitezke, hauek, errotorea, gondola, dorrea eta hormigoi armatuzko oinarria izanik. Lehenik eta behin errotorearen atal nagusiak zeintzuk diren zehaztuko ditugu.



22.Irudia. Aerosorgailua baten ikuspegia kanpotik
 Nieves, A. A. (2011). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Editorial Vértice.

7.1.1.1 Errotorea

Errotorearen eginkizuna aerosorgailua biraraztea da, energia lortu ahal izateko haizearen indarra aprobetxatuz, horregatik bere diseinua oso garrantzitsua da, ahalik eta aerodinamikoan izateko eta hortaz energiaren sorkuntza optimizatzeko. Errotorea ardatz nagusira dago konektaturik, bere mugimendua transmititu ahal izateko.

Errotorearen atal nagusiak abatza, hegala, hegalaen errodamendua, errotorearen ontzia eta errotorearen kuboaren babesa dira. Atalez atal bakoitza nolako den eta zertarako balio duten zehaztuko dugu.

Abatza edo Bujea

Hegalak eta ardatz nagusia lotzen ditu, hortaz indarraren transmisioa ahalbidetzen du, gondolaren barrualdera. Lotura hori zurruna izan behar da, hegala mugimendu oszilakorra ezeztatzeko.

Irudian bujea ikusi dezakegu eta puntan errotorearen kutxa edo bujearen kutxa ikusi dezakegu, bere eginkizuna bujea estaltzea izanik.



23.Irudia. Bujea eta Bujearen kutxa . Buje de aerogenerador. (2014, otsailak 16). Fuentes de Energía.
<https://triple97.wordpress.com/energia-eolica/aerogeneradores/partes-de-un-aerogenerador/rotor/buje-de-aerogenerador-tik-berreskuratua>

Hegala

Hegalak haizea aprobetxatzeko erabiltzen diren tamaina handiko palak dira, normalean aerosorgailu bakoitza 3 hegalez osatuta dago, bere mugimenduak ardatz nagusia birarazten du, energia mekanikoa lortuz.

Bere diseinua oso garrantzitsua da efizientzia optimizatu ahal izateko, hortaz bere tamaina kontuan hartu behar dugun faktorea da. Tamaina txikiena duten hegalek 30m-ko tamaina izan ohi dute, handienek aldiz, 90m gutxi gorabehera. Esan genezake tamaina handituz gero, sortutako potentzia gero eta handiagoa dela.

Hegalek errodamendu bat daukate barnean, errotorearen ardatza eta hegala lotzen dutena.

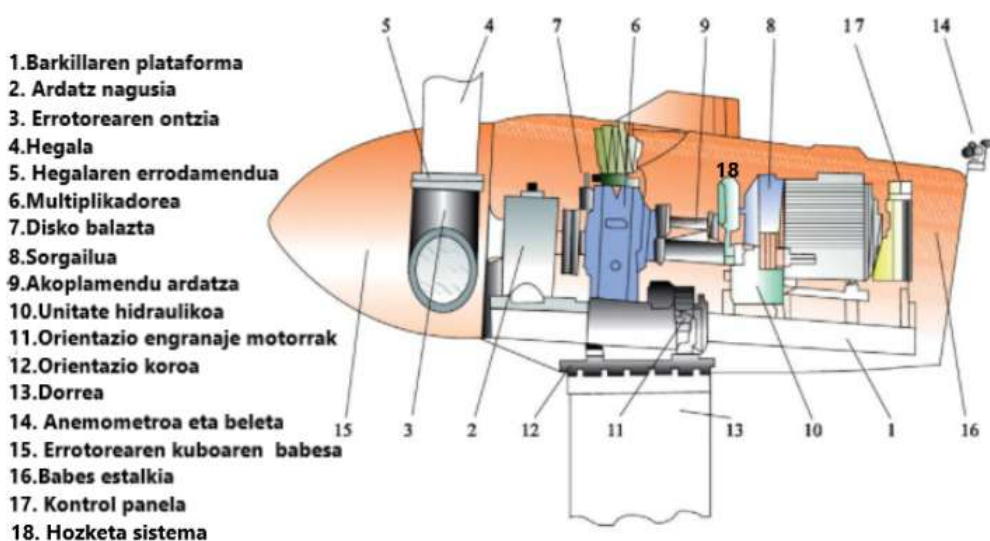


24.Irudia. Hegalaren errodamendua.
Rodamiento de pala para Nordex N90. (2019, azaroaren 19)
<https://www.sparesinmotion.com/es/repuestos/piezas-de-palas/nordex-22989-0-tik-aterata>

7.1.1.2 Gondola

Atal gehienak gondolaren barnean daudela esan genezake, kontroladore elektrikoa, multiplikadorea eta sorgailua bertan kokatzen direlako, energia elektrikoa sortzea bermatuz. Hurrengo irudian gondolaren atal guztiak ikusi daitezke, errotorearen ontzia, hegala, hegala errodamendua eta errotorearen kuboaren babes kenduta.

Hortaz bere osagaiak ondorengoak izango dira: Ardatz nagusia, multiplikadorea, disko balazta, sorgailua, akoplamendu ardatza, unitate hidraulikoa, orientazio engranaje motorrak, orientazio koroa, anemometroa eta beleta, babes estalkia eta kontrol panela.



25. Irudia. Errotorearen eta gondolaren atal nagusiak

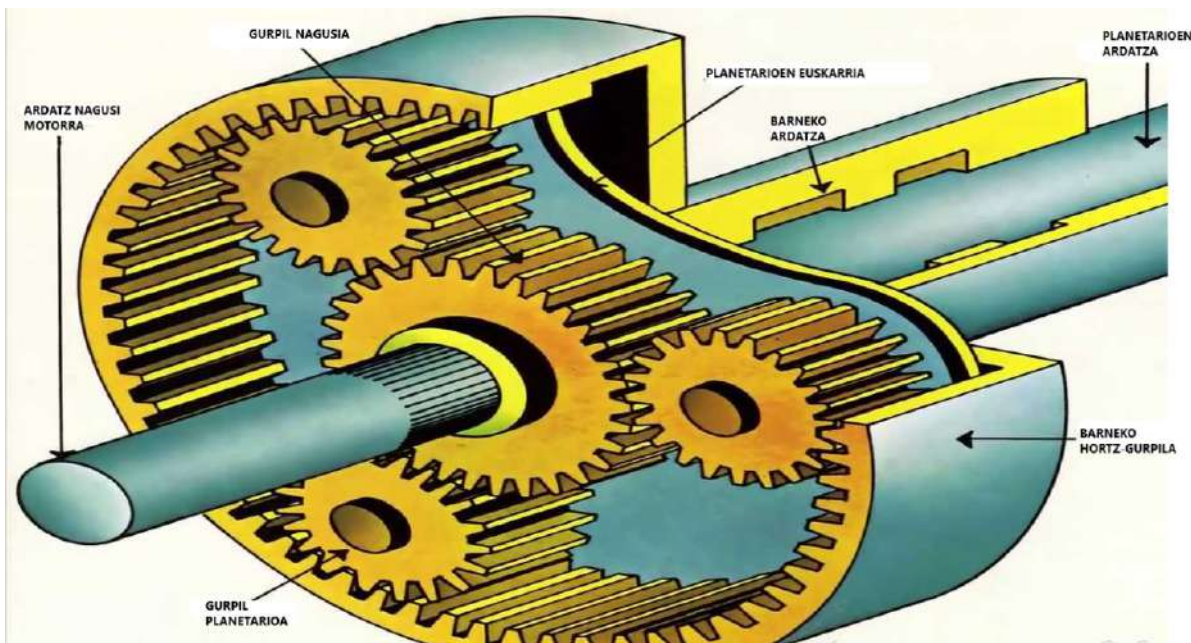
Nieves, A. A. (2011). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Editorial Vértice

Ardatz nagusia

Errotoreari lotuta dagoen altzairu herdoilgaitzez egindako diametro handiko ardatz bat da, errotorearen mugimenduak ardatz nagusia abiarazi egiten du, nahiko astiro biratuz. Horregatik abiadura txikiko ardatza dela esan genezake, potentzia transmititzeaz gain errotorearen pisuari eusten dio. Multiplikadore batera dago lotuta.

Multiplikadorea edo biderkatzailea

Engranaje bidezko sistema bat da, potentzia aldatzeko ahalmena duena, kasu honetan abiadura txikiko eta potentzia handiko egoera batetik, potentzia txikiko eta abiadura handiko egoera batera igaroz. 15-20 bira/min-ko egoera batetik 1300-1500 bira/min-ra igarotzen da gutxi gorabehera.



26.Irudia. Multiplikadore baten itxura barnetik. *Engranajes transmiten fuerza y movimiento.* (2014, urtarilak 8). <https://trucosymanualidades.com/engranajes-fuerza-y-movimiento-tik-berreskuratua>

Disko balazta mekanikoa

Multiplikadorearen eta sorgailuaren artean kokatzen den balazta mekanikoa da, ardatz txiki edo abiadura handiko ardatzera lotuta dagoena. Larrialdi egoeratan erabili egiten da, edota mantentze lanak egin nahi direnean.

Abiadura handiko ardatza

Tamaina txikiko ardatz honen helburua sorgailuari abiadura transmititzea da, energia mekanikoa energia elektrikora transformatu ahal izateko. Bere abiadura normalean 1500 bira/min-koa izan ohi da.

Sorgailu elektrikoa

Normalean indukziozko sorgailua erabiltzen da, hau da, indukzio elektromagnetikoa erabiltzen du, energia elektrikoa sortzeko.

Bobina eroale bat imanen poloetara konektatu eta birarazi egiten da, fluxu magnetikoan aldakuntza bat sortuz eta hortaz indar elektroeragilea lortuz, korrante elektriko alternoa sortzeko kapaza dena. Bere osagai nagusiak alternadorea eta motorra dira, alternadorea energia elektrikoa lortzeaz arduratzen da, motorra aldiz, energia elektrikoa energia mekaniko bihurtzen du, bobina birarazteko. Normalean bere potentzia 500KW eta 1500KW artekoa da.

Hozketa sistema

Errefrigerazio prozesua gauzatzeko erabiltzen da, sorgailuaren ondoan kokatzen da, behealdean, gehiegizko temperaturak lortzen direnean temperatura jaisteko.

Sentsoreak erabiltzen dira, gehiegizko temperaturak detektatzeko, hori gertatzen denean hozketa unitatea aktibatu egingo da, arazoa konponduz.

Kontrol panela

Kontroladore elektriko batez osatuta dago, kasu honetan hainbat ordenagailuz, sorgailu elektrikora konektatuta daudenak, sorgailuaren baldintzak kontrolatzen dituena, baita orientaziorako mekanismoa ere. Azken honekin energiaren optimizazio handiena lortzen da, hau da, ahalik eta energia gehien.

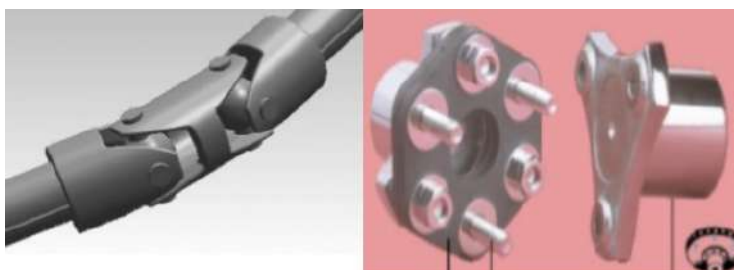
Atal elektriko guztien funtzionamendua egokia dela gainbegiratzeaz arduratzen da eta arazoren bat egotekotan, aerosorgailua gelditzen du automatikoki, kontrol azpiestaziora informazio bidaltzeaz arduratuz, arazoaren berri emateko, konpon dezaten.



27.Irudia. Kontrol panela. Danish wind industry association

Akoplamendu ardatza

Bere eginkizuna biderkatzailea eta sorgailua lotzea da, bi motatakoak izan daitezke kardan loturakoa edo elastikoa. Kardan loturakoak 45 gradutako desbiderapena izan dezake, elastikoa aldiz, soilik 15 gradutakoa.



28.Irudia. Kardan lotura eta lotura elastikoa ezkerretik eskumara

Unitate hidraulikoa

Hegalen biraketa ardatzarekiko eragiten dute, baita errotorearen edota gondolaren balaztak kontrolatzen dituzten elementu laguntzaileak dira.

Orientazio engranaje motorrak

Aerosorgailuen orientazioa aldatzeko behar-beharrezkoa dira orientazio engranaje motorrak, orientazio mugimendua lortzen dutelako. Aerosorgailua mantentze lanetan baldin badago gondola haize korrontetik kanpo orientatuko da.

Orientazio engranaje motorrentzako beste balazta sistema bat erabiltzen da, orientazio motorrak erabili behar ez direnean erabiltzen da eta kontroladore elektriko baten bidez aktibatu egiten da.



© 1998 www.WINDPOWER.org

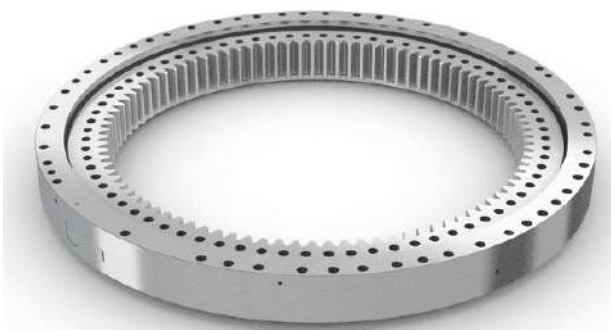
29.Irudia. Orientazio sistema. Mecanismo de orientación. (2021).

<http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wtrb/yaw.htm>-tik berreskuratuta

Irudian kanpoaldean orientazio koroa ikusi dezakegu, horren ondoan orientazio engranaje motorrak eta hauei konektatuta orientazio balaztak.

Orientazio koroa

Bere helburua aerosorgailua biraraztea da, orientazio engranaje motorren laguntzarekin, haizearen indarraren norabide energetikoena aprobeztatu ahal izateko. Orientazio koroa bi eraztunez osatuta dago, barnekoa eta kanpoko, barnekoa engranajedun eraztuna izango da orientazio mugimendua ahalbidetu egingo duena.



30.Irudia. Orientazio koroa. <https://www.skf.com/mx/products/slewing-bearings>-tik berreskuratuta

Anemometroa eta beleta

Anemometroaren eginkizun nagusia haizearen abiadura neurtzea da.

Beletaren eginkizuna ordea, haizearen norabidea neurtzea.

Bi hauen beharra oso garrantzitsua da, jakin ahal izateko zein posizio den egokiena haizearen indarraren aprobeixamendua maximoa izateko.

Hurrengo irudian ezkerreko aldean beleta ikusi dezakegu, eskuman berriz, anemometroa.



31.Irudia. Beleta eta anemometroa. Anemómetro-veleta Wind Sentry. (n.d.). Grupo EIC Iberia. Ekainaren 16, 2021, <https://eiccontrols.com/es/inicio/336-eic-03002-anemometro-veleta-wind-sentry.html>-tik aterata

Hozketa sistema

Errefrigerazio prozesua gauzatzeko erabiltzen da, sorgailuaren ondoan kokatzen da, behealdean, gehiegizko temperaturak lortzen direnean temperatura jaisteko.

Sentsoreak erabiltzen dira, gehiegizko temperaturak detektatzeko, hori gertatzen denean hozketa unitatea aktibatu egingo da, arazoa konponduz.

7.1.1.3. Dorrea

Dorrea normalean altzairuz eginda dago, oso trinkoa izan behar duelako jasan behar duen pisua kontuan hartuta, bere helburua lortu ahal izateko.

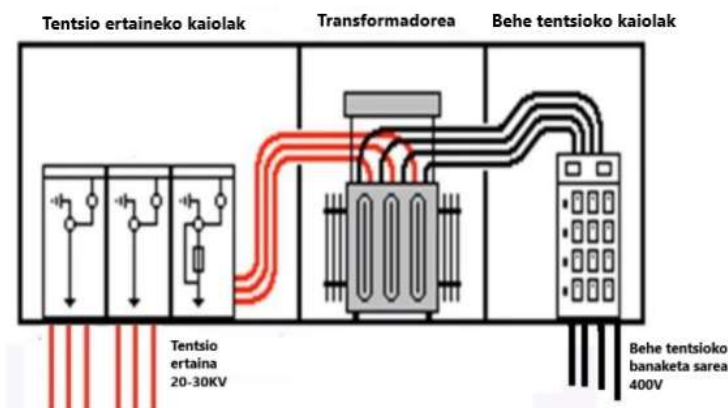
Atal garrantzitsuenetarikoa dela esan genezake, gondola eta errotorearen pisu guztia jasaten duelako, aerosorgailua zutik mantenduz, bere altuera kontuan hartu behar dugun faktore garrantzitsua izango da. Zenbat eta hegal handiagoak erabili, bere tamaina handiagoa izan beharko da, hortaz diseinu aldetik kontuan hartu behar den faktore garrantzitsua izango da.

Bere barnean eroapen kableak, hormigoi armatuzko oinarria, argiztapen lanparak,bridak, plataformak, eskailerak eta lurrerako konexioa daude. Azken honek hutsegite elektriko bat gertatuz gero kalteak gutxitu egingo ditu.

7.1.2. Transformazio zentroa

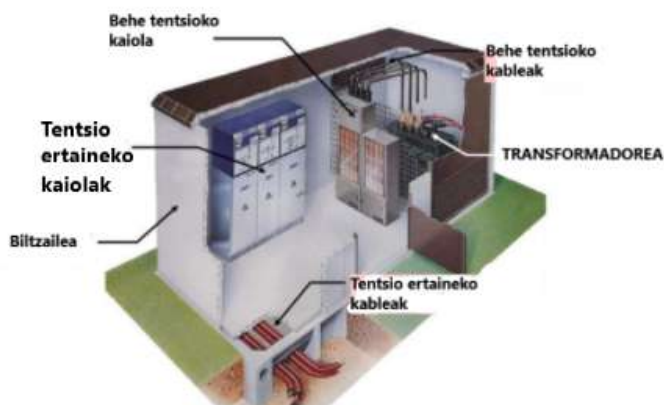
Transformazio zentro bati dagokionez, lurpean edo azalean kokatu daiteke, azken honetan beste eraikin batean kokatu ohi da, hau izango da gure kasuan erabiliko duguna.

Bere helburu nagusia aerosorgailuak sortutako tentsio baxuko voltaia, tentsio ertainera transformatzea da, subestaziora eraman ahal izateko. Transformazio zentro baten atal nagusiak sarrera eta irteera lineak, behe tentsioko kaiolak, transformadorea eta tentsio ertaineko kaiolak dira.



32.Irudia. Transformazio zentroa barnetik. <https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>-tik berreskuratua

Hurrengo irudian hobeto ikusi daiteke nolako itxura daukan transformazio zentroak eta bere atal guztiak.



33.Irudia. Transformazio zentroaren atalak kanpotik ikusita. Nieves, A. A. (2011). Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica. Editorial Vértice

Transformadorea

Transformadorean 400V-ko tentsio baxu batetik 20-30KV-ko tentsio ertain batera aldatzen da eta tentsio ertaineko linea baten bidez,azpiestaziora eramaten da.

Behe tentsioko kaiolak

Behe-tentsioko kaiolak beharrezko babesak, funtzionamendua egokia izateko eta tentsio baxuko barne sarearen jarraipenerako beharrezko diren sareak aztertzeko tresneria eduki beharko dute.



34. Irudia. Behe tentsioko kaiola. <http://ryctel.com-tik> berreskuratua

Tentsio ertaineko kaiolak

Tentsio ertaineko konexio kaiolak transformadorea babesteaz aparte, tentsio ertaineko kable lineara konektatu egiten da.

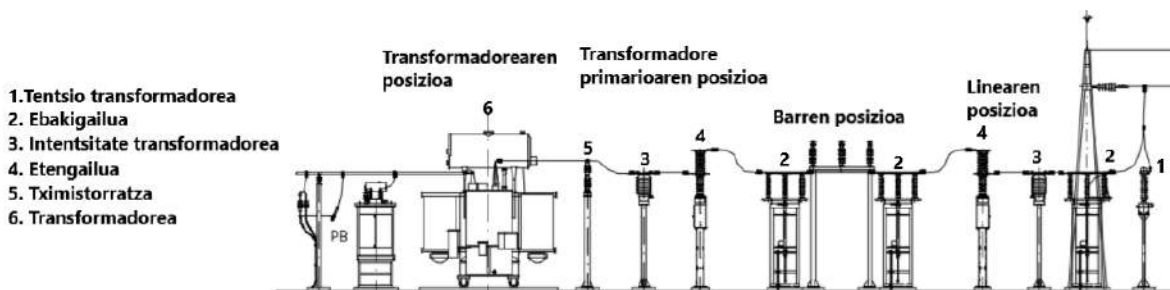


35. Irudia. Tentsio ertaineko kaiolak. <http://tellhow-electric.com-tik> berrekuratua

7.1.3 Kontrol eta transformazio azpiestazioa

Azpiestazioa beharrezko da sortutako energia elektrikoaren ebakuazioa lortu ahal izateko transformazio aldetik. Kontrol aldetik aerosorgailua ondo dabilela ziurtatzeko erabiltzen da eta arazoren bat badago, zein den identifikatzeko eta konpontzeko.

azpiestazioaren helburu nagusia tentsio ertaineko sarearen eta goi tentsioko sarearen artean interkonexio bat sortzea da. Energiaren garraioa edo transmisioa modu seguru batean egitea ahalbidetzen du. Bertan egiten den transformazioan 380KV-ra igoarazten da, garraio lineak energia hori banatu ahal izateko.



36.Irudia. Azpiestazioaren altzatura. Maraver-tik berreskuratuta.

Irudian ikusi daitekeen bezala azpiestazio baten atal nagusiak honako hauek dira: Posizio linea, posizio barra, transformadore primarioaren posizioa eta transformadorearen posizioa dira. Azpiestazio nagusiei dagokionez tentsio transformadorea, ebakigailua, intentsitate transformadorea, etengailua, tximistorratza eta transformadorea aurkitu ditzakegu. Transformadoreak tximistorratza bat ere dauka instalatuta, arazo elektrikoak ekiditeko ekaitz handiko egoeretan.

7.1.3.1 Tentsio transformadorea

Kasu honetan tentsio txikiarazten da, linearen tentsioari proportzionalki, tentsioa neurtu eta babes ekipoen bidez kontrolatu ahal izateko. Neurketa gailuetan eremu magnetikoek sortuzaketen perturbazioak ekiditeko kapazak dira.

7.1.3.2 Ebakigailua

Bere helburua azpi estazioko tarte bat isolatzea da, tarte hori tentsiorik gabe mantenduz, gain-intentsitateak jasan ditzake edota zirkuitu laburrak, azken hau gainditzeko lurrerako konexioa erabiltzen du. Banatzaileak mantentze lanak egin behar direnean, arazo asko ekiditen ditu, ematen duen segurtasunagatik.

Hiru polo independentez osatuta dago, egitura berberera lotuta daudenak, egitura hori hartzatzen bidez, lurrera konektatuta dago.

7.1.3.3 Intentsitate transformadorea

Korrante transformadoreak transformadorearen posizioan eta linearen posizioan kokatzen dira, segurtasun eta neurrirako lineak hornituzko dituzte. Intentsitatea jaisteko erabiltzen dira, neurri aparatua askorentzat handiegia izango litzatekeelako bestela.

Hortaz bi motatako intentsitateak daudela esan genezake intentsitate transformadore neurtzaileak eta babes korrante transformadoreak.

7.1.3.4 Etengailua

Etengailua sakatu gabe dagoenean, hau da, itxita dagoenean korrantea igarotzea ekiditen da, zirkuitua babestuz, arazoaren bat badago. Normalean era automatikoa funtzionatzen du.

7.1.3.5 Tximistorratza

Potentzia azpiestazioa gain-tentsioetatik babestea da bere eginkizun nagusia, gain-tentsio horiek fenomeno meteorologikoen edota zirkuituak berak sor ditzake.

7.1.3.6 Transformadorea

Zentral eoliko batean osagai garestiena dela esan dezakegu, horregatik bere diseinua optimizatu behar da, ahal den eta diru gutxien ordaintzeko.

Tentsio ertainetik goi-tentsiora transformatzea da bere egitekoa, goi tentsioko sarearen bidez energia garraiatu ahal izateko.

7.1.4 Hustuketa linea

Hustuketa lineak sortutako energia transformazio azpiestaziotik goi tentsioko banaketa sarera konektatzen du. Transmisio hori tentsioa-ertainean egiten da, hau da, gehienez 30 KV-ko tentsio batean egiten da hustuketa

7.1.5 Energia elektrikoko garraio sarea

Garraio sarearen eskuragarritasuna zein den jakin beharko dugu, zein konexio puntura konektatu nahi dugun aztertzeko.

Leku bakoitzetik zein motatako lineak igarotzen diren jakin ahal izateko, 2019. urteko Europako interkonexio sarearen mapa erabiliko dugu 1:2.500.000 eskalan, Europako Operadoreen Transmisio Sareko Sistemako (ENTSO-E) kideek kudeatzen dutena. Hau da, eskuragarri dauden garraio sareak aztertuko ditugu, Europako sarea aztertuz.

Argi dago mapa hauek horretaz aparte askoz informazio gehiago ematen dutena: Energia zentralak, subestazioak, eraikitzen hasi diren lineak... etab



37.Irudia.Espainiako transmisio sistemaren sarea.(ENTSO-E).

Euskal Autonomia Erkidegoa aztertu ahal izateko, zein zonaldeek betetzen dituzten baldintzak aztertu beharko dugu, instalatu nahi dugun gure potentziarentzako. Kasu honetan gure potentzia 5Mw-koa izango denez, zein sareen gertu egotea komeni zaigun aztertu beharko dugu.



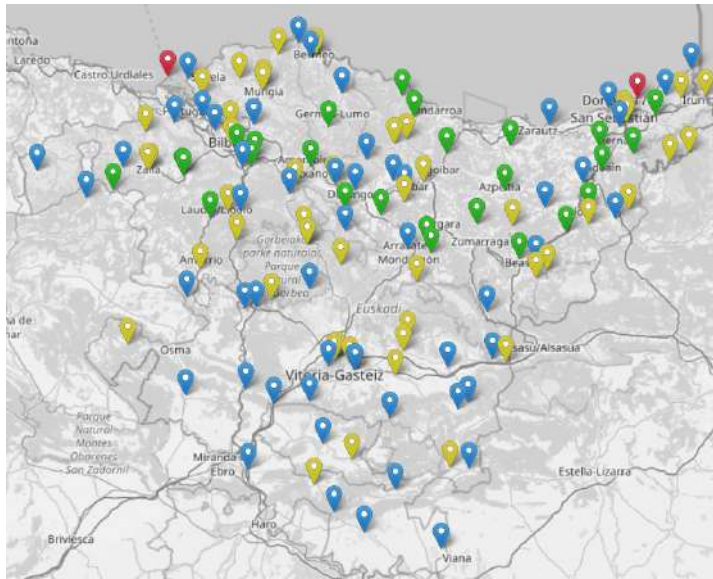
38.Irudia. EAE-ko garraio sarea. ENTSOE

Hortaz geure irudian ikusi ditzazkegun lineak bi dira, berdez ikusten duguna 220-275Kv-ko transmisio linea izango litzateke, gorritz adierazita dagoena aldiz, 380-400 Kv-ko transmisio linea izango litzateke.

7.2 Proiektuaren bideragarritasuna

7.2.1 Tokiaren aukeraketa

Lehen esan bezala tokia aukeratzeko lehenik eta behin mugatu gabeko eremuak zeintzuk diren aztertzea da, hau da, natura irizpideak eta irizpide teknikoak betetzen dituzten eremuen ikerketa egitea da. Horretarako Euskalmet-en estazio neurtzaileak erabiliko ditugu, baita IDAE-ren mapa teknikoa ere, irizpidea betetzen duten eskualdeekin. Ondoren ikusi ditzazkegu, ezkerretik eskumara hurrenez hurren.



39.Irudia. EAE-ko estazio neurtzaileak

Eskuinaldeko mapa ikusita, marfil kolorez adierazitako eremuak baztertu beharko ditugu, ez dituztelako natura irizpideak eta irizpide teknikoak betetzen. Berde kolorez adierazita dauden eremuak aztertzea komeni zaigu, potentzial eoliko gehien duten eremuak direlako. Baldintza hori betetzen duten estazio meteorologikoak aztertuko ditugu, zonalde egokiena zein den aztertu ahal izateko.

Hortaz, hurrengoak izango dira aztertuko ditugun estazioak:

Izena	Lurraldea	Longitudea	Latitudea	Altuera
Orduña	Urduña	-3.03726	42.9837	934 m
Beluntza	Izarra	-2.89361	42.9635	687 m
Kanpezu	Kanpezu	-2.34148	42.67540	550 m
Navarrete	Bernedo	-2.52321	42.638	689 m
Herrera	Lagran	-2.67616	42.5978	1188 m
Paganos	Laguardia	-2.60055	42.5605	577 m.
Moreda	Moreda Araba	-2.41023	42.5303	490 m.

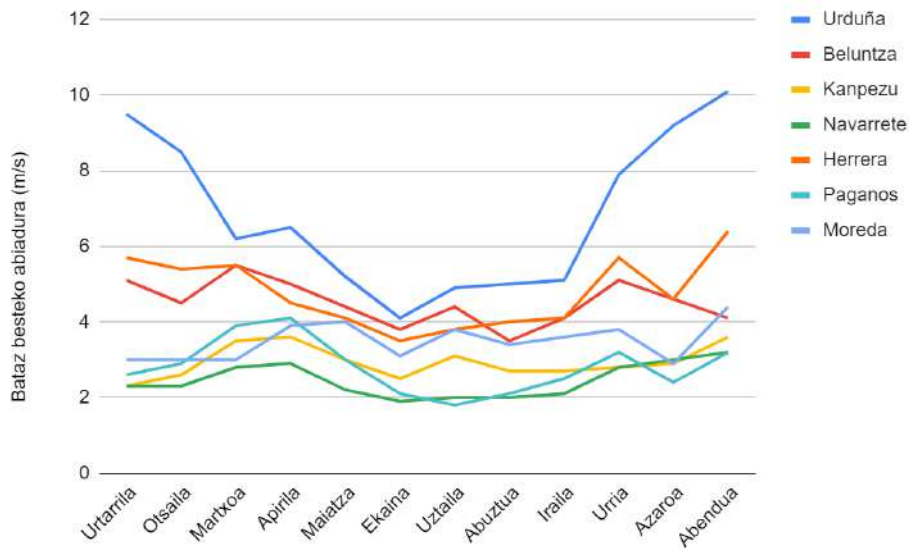
9.Taula. Estazio meteorologikoak

Estazioen arteko konparaketa egiteko, hilabeteroko batez besteko abiadurak aztertuko ditugu urte batean zehar, hona hemen erabilitako datuak taularatuta.

Estazioa	Urtarrila	Otsaila	Martxoa	Apirila	Maiatza	Ekaina	Uztaila	Abuztua	Iraila	Urria	Azaroa	Abendua	Bataz bestekoa
Urduña	9,5	8,5	6,2	6,5	5,2	4,1	4,9	5	5,1	7,9	9,2	10,1	6,9
Beluntza	5,1	4,5	5,5	5	4,4	3,8	4,4	3,5	4,1	5,1	4,6	4,1	4,5
Kanpezu	2,3	2,6	3,5	3,6	3	2,5	3,1	2,7	2,7	2,8	2,9	3,6	2,9
Navarrete	2,3	2,3	2,8	2,9	2,2	1,9	2	2	2,1	2,8	3	3,2	2,4
Herrera	5,7	5,4	5,5	4,5	4,1	3,5	3,8	4	4,1	5,7	4,6	6,4	4,8
Paganos	2,6	2,9	3,9	4,1	3	2,1	1,8	2,1	2,5	3,2	2,4	3,2	2,8

Moreda	3	3	3	3,9	4	3,1	3,8	3,4	3,6	3,8	2,9	4,4	3,4
--------	---	---	---	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

10.Taula. Estazio meteorologikoen batz besteko datuak hilero

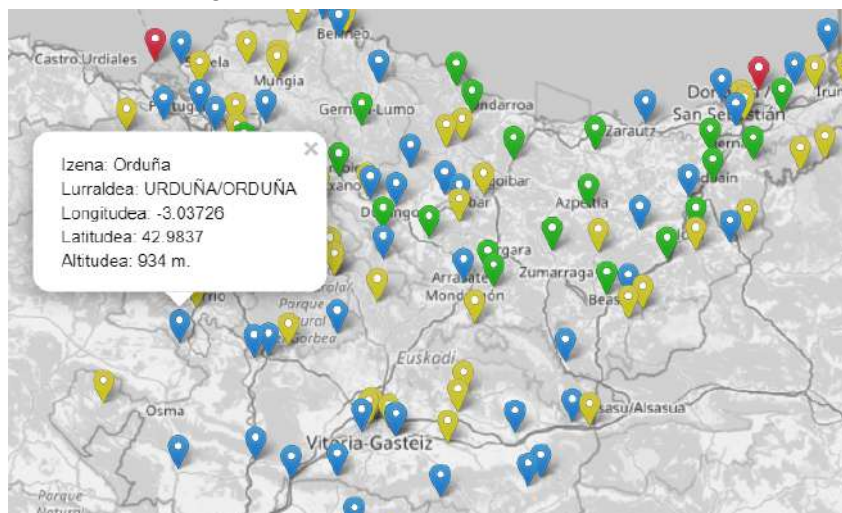


40.Irudia. Estazioen abiaduraren konparaketa grafikoa

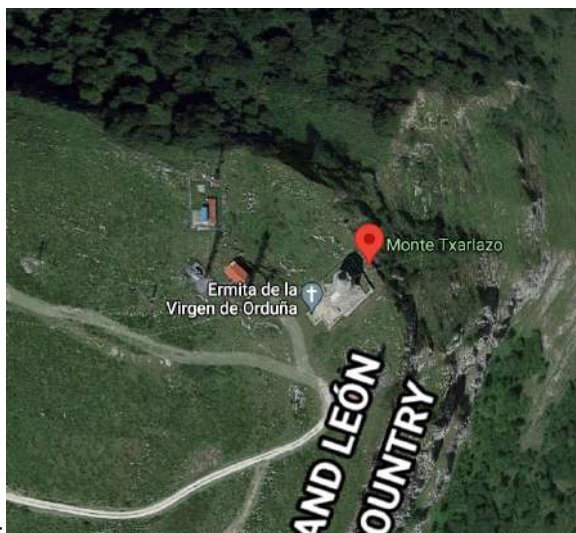
Datuak aztertuta argi dago orduñako estazioak soilik betetzen duela beharrezko abiaduraren baldintza, hortaz hori izango da eskualde aproposena eta sakonki aztertuko duguna.

7.2.2 Tokiaren bideragarritasuna

Proiektua bideragarria izateko, errekurtso eolikoa behar bestekoa dela aztertu beharra dago, horretarako Orduña inguruko Euskalmet-en estazioaren neurketa eolikoak aztertuko ditugu, bertatik gertu, leku apropos bat bilatzeko asmoz. Gure datu bilketa urte oso batekoa izango da, egingo dugun analisia fidagarria izan dadin. Horretarako erabilitako datuak eguneroko batz besteko abiadurak izango dira eta baita norabideak ere.



41.Irudia.Orduñako estazioaren kokapena



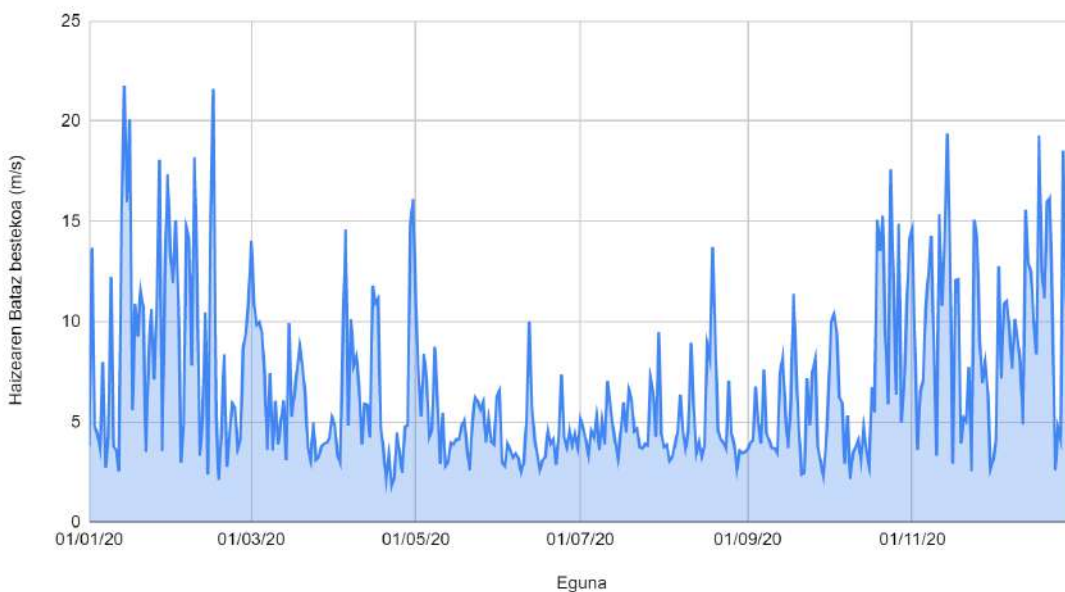
42.Irudia. Orduñako estazioaren kokapenaren ikuspegia

Haizearen abiaduraren analisia

Haizearen abiaduraren analisia egiteko orduan, kontuan izan behar dugu, gure haize beharrak asetzeko haizearen abiadura minimoa 6m/s-koa izan behar dela.

Euskalmet-en datuetaz baliatuz, historiograma bat eraiki dugu, eguneroko batz bestekoak erabiliz, haize beharrak betetzen diren ala ez ikusi ahal izateko.

Haizearen eguneroko batz bestekoa azken urtean

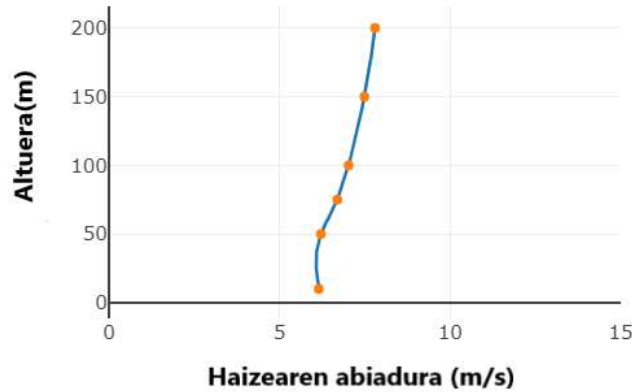


43.Irudia. Eguneroko batz besteko abiadurak

Historiograma analizatuz gero, argi ikusi daiteke helburu hori ia egun guztietan betetzen dela, askotan askoz handiagoa izanik. Bolada handienak aztertzen baditugu, handiegiak ez direla adierazi dezakegu, hortaz bolada maximoak ez ditu askotan gainditzen, hortaz, haizearen energia aprobetxatu dezakegu.

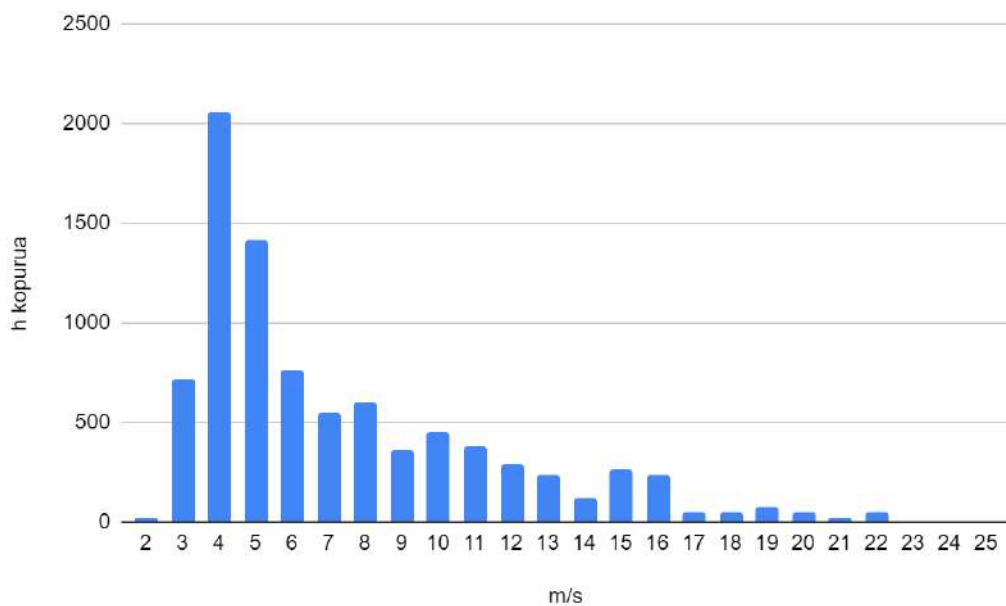
Haizearen profil bertikala

Haizearen abiaduraren eta altueraren arabera konparaketa egingo dugu, Cener-en (Energia berriztagarrien zentro nazionala) mapa eoliko iberikoaren datuetaz baliatuz, bertan 10, 50, 100, 150 eta 200m-ko altueretara zein abiadurak neurtzen diren aztertuko ditugu.



44. Irudia. Haizearen profil bertikala

Haizearen banaketa aztertzen badugu zelako frekuentziarekin jotzen duen gehien aztertu dezakegu, horretarako histograma bat eraiki dugu, bertan ikusi daiteke 4 m/s-ko abiadura dela gehien jotzen duena.



45. Irudia. Haizearen abiadura maila bakoitzerako ordu kopurua urtero

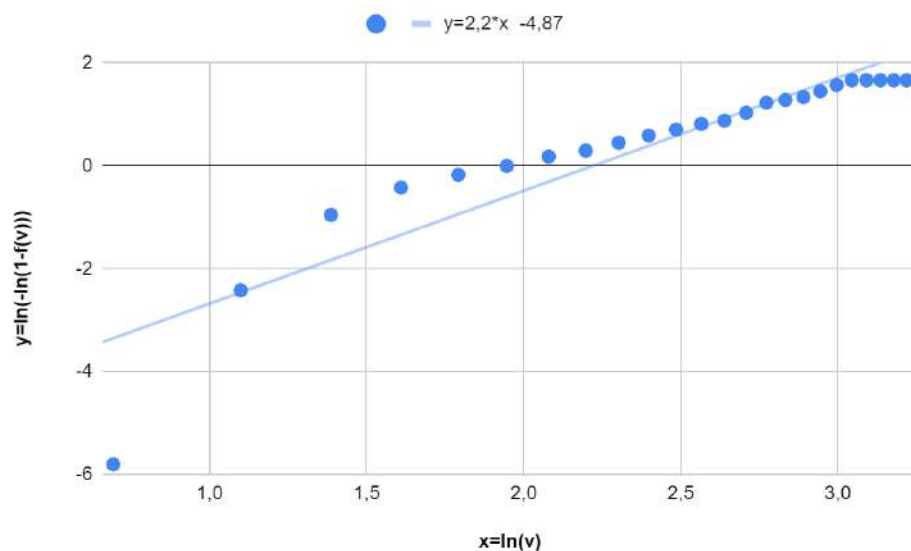
Weibullen banaketa

Lehenik eta behin weibullen konstanteak kalkulatu beharko ditugu, k eta c hain zuzen ere. Horretarako ondorengo taula eraiki dugu, dispentsioko grafiko bat eraiki ahal izateko.

m/s	h kopurua	Frekuentzia (%)	$x=\ln(v)$	F(v) %	F(v)	$y=\ln(-\ln(1-f(v)))$
0	0	0				
1	0	0				
			0,693147180			
2	23,93	0,27	6	0,27	0,003	-5,808
3	718,03	8,2	1,098612289	8,47	0,085	-2,421
4	2058,36	23,5	1,386294361	31,97	0,32	-0,953
5	1412,13	16,12	1,609437912	48,09	0,481	-0,422
6	765,9	8,74	1,791759469	56,83	0,568	-0,175
7	550,49	6,28	1,945910149	63,11	0,631	-0,003
8	598,36	6,83	2,079441542	69,94	0,699	0,183
9	359,02	4,1	2,197224577	74,04	0,74	0,298
10	454,75	5,19	2,302585093	79,23	0,792	0,451
11	382,95	4,37	2,397895273	83,6	0,836	0,592
12	287,21	3,28	2,48490665	86,88	0,869	0,709
13	239,34	2,73	2,564949357	89,61	0,896	0,817
14	119,67	1,37	2,63905733	90,98	0,91	0,879
15	263,28	3,01	2,708050201	93,99	0,94	1,034
16	239,34	2,73	2,772588722	96,72	0,967	1,227
17	47,87	0,55	2,833213344	97,27	0,973	1,284
18	47,87	0,55	2,890371758	97,82	0,978	1,339
19	71,8	0,82	2,944438979	98,64	0,986	1,451
20	47,87	0,55	2,995732274	99,19	0,992	1,574
21	23,93	0,27	3,044522438	99,46	0,995	1,667
22	47,87	0,55	3,091042453	100	1	1,667
23	0	0	3,135494216	100	1	1,667
24	0	0	3,17805383	100	1	1,667
25	0	0	3,218875825	100	1	1,667

11.Taula. Weibullen konstanteak lortzeko datuen taula

Taulako datuak erabilia lortu dugun dispentsio grafikoa ondorengoa izan da, bertan abiadura bakoitzerako datuak dispertsio bidez grafikatu dira, joera lerroa eta bere ekuazioa ere lortu behar izan dugu.



46. Irudia. Dispersio grafikoa

Hortaz, lortu ditugun weibullen konstanteen emaitzak ondorengoak izan dira:

k faktorea	2,2
c faktorea	9,1489 m/s

Konstante horiekin abiaduraren dentsitatearen formula ateratzea lortuko dugu, hasierako formula ondorengoa izango da:

$$\rho(v) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-(v/c)^k}$$

Formula garatzen baldin badugu weibullen dentsitaterako, gure kasurako lortzen dugun formula hurrengoa izango da:

$$\rho(v) = 0,2404 * \left(\frac{v}{9,1489}\right)^{1,2} * e^{-(v/9,1489)^{2,2}}$$

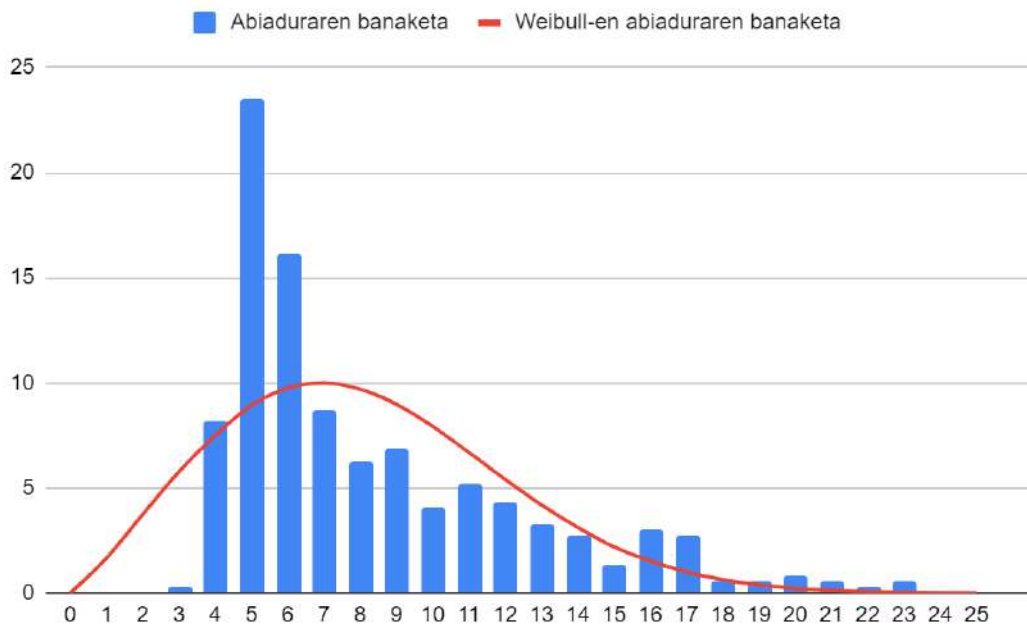
Abiadurak ordezkatzuz lortu ditugun emaitzak ondorengoak izan dira:

v(m/s)	$\rho(v)$
0	0
1	1,67
2	3,74
3	5,78
4	7,5
5	8,93
6	9,75
7	10
8	9,7
9	8,98
10	7,93
11	6,69
12	5,41
13	4,2
14	3,13
15	2,2

16	1,53
17	1,015
18	0,64
19	0,39
20	0,22
21	0,13
22	0,07
23	0,036
24	0,018
25	0,008

12.Taula. abiadura eta weibullen dentsitateen arteko erlazio taula

Lortutako datu hauekin weibullen banaketa grafikoki atera dezakegu, weibull-en banaketa eta abiaduraren banaketa konbinatzen baditugu, hurrengo histograma lortuko dugu.



47.irudia.Histograma

Weibull-en batz besteko abiadura c eskala balorearen bidez lortzen da, kasu honetan bere balioa 9,15 m/s-koa izanik.

Jakinik gure kokalekuan haizearen banaketaren batz besteko abiadura 6,9 m/s-koa dela, abiaduraren baldintza betetzen dela ikusi daiteke.

Haizearen norabidearen analisisia

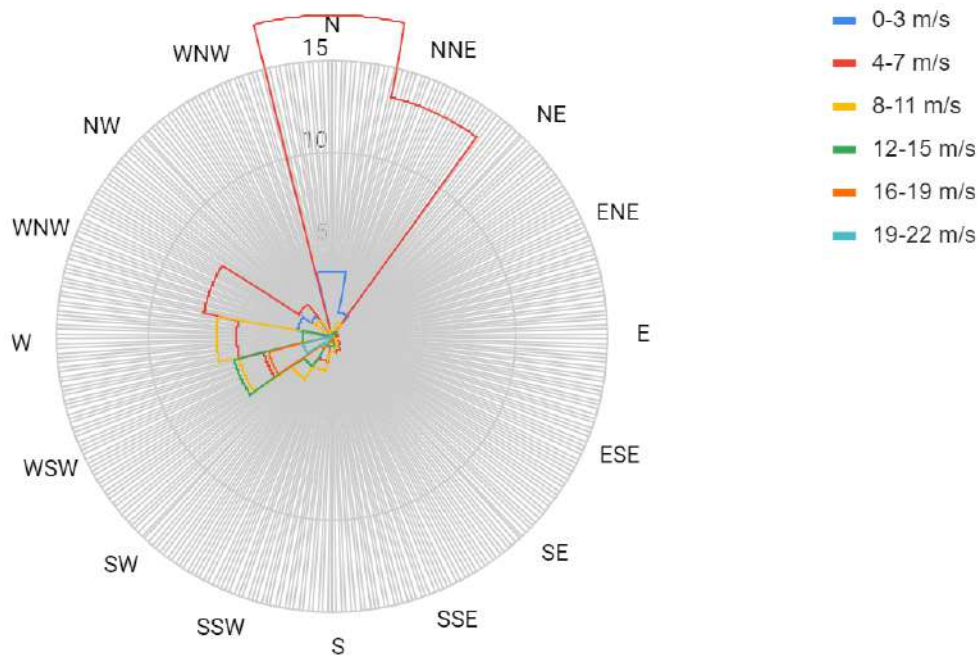
Haizearen norabidearen analisisia egin ahal izateko haizearen abiadura datuak(m/s) eta haizearen norabide datuak erabiliko ditugu, haize arrosa bat eraiki ahal izateko.

Lortutako norabidearen datuak ondorengoak izan dira:

Norabidea	0-3 m/s	4-7 m/s	8-11 m/s	12-15 m/s	16-19 m/s	19-22 m/s	%
N	3,55	17,49	0,27	0	0	0	21,31
NNE	1,37	13,39	0,82	0,27	0	0	15,85
NE	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0,27	0	0	0	0	0,27
E	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0,55	0,27	0	0	0	0,82
SSE	0	0,82	0,55	0	0	0	1,37
S	0	0,55	0,82	0,55	0	0	1,91
SSW	0	1,37	1,91	0,55	0,27	0	4,1
SW	0	1,91	2,73	1,91	0,82	0,55	7,92
WSW	0	3,83	5,19	5,46	3,55	1,64	19,67
W	0,27	5,19	6,28	1,64	0	0	13,39
WNW	1,91	7,1	0,55	0	0	0	9,56
NW	1,37	2,19	1,09	0	0	0	4,64
NNW	0	0	0	0	0	0	0
						GUZTIRA	100

13.Taula. Haizearen frekuentzia norabide guztiarentzat

Haize arrosa eraiki dugu aurreko datuen bidez grafikoa erradial bat sortuz, lortutako grafikoa ondorengoak izan da:



48.Irudia. Haize arrosa

Haize arrosa aztertzen baldin badugu, argi ikusten da norabide nagusiak Iparralde eta Ipar-Ipar ekialdea direla, abiadura 4-7 m/s artean egonik gehienetan. Bolada bortitzenak ere norabide hauetan aurkitzen dira 19-22 m/s artean.

Hortaz errotak norabide horietan orientatzea komeni da, naiz eta errotek biratzeko sistema bat eduki. Mendebaldean eta mendebalde-hego mendebaldean datu interesgarriak lortu dira, haize nabari jotzen duelako 4-7 m/s eta 8-11 m/s-ko abiaduretan, baina ez haize nagusiak izateko modukoak.

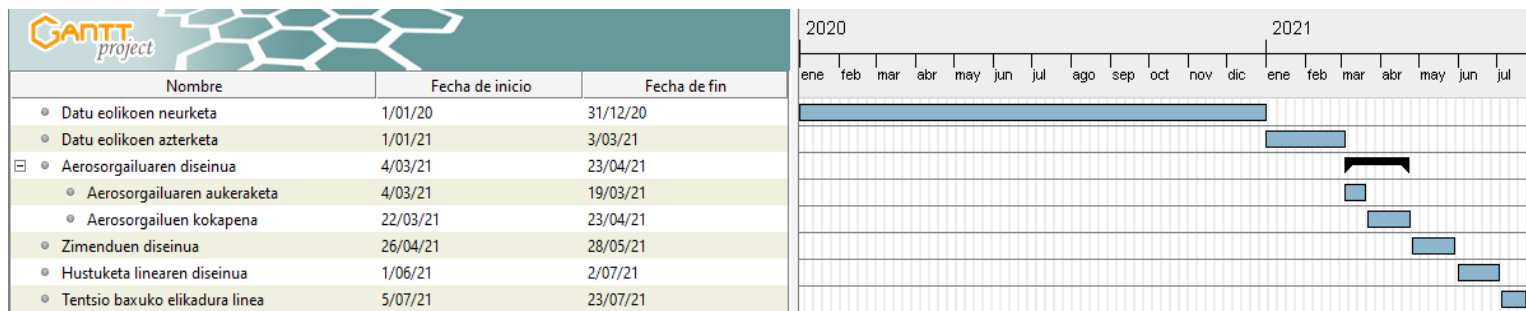
Tentsio altuko lineara konexioa

Lineara konexio bat aurkitzea behar bestekoa da, horretarako EAE-ko lineen mapa aztertu beharko dugu, bideragarria den ala ez ikusteko. Horretarako maila bereziko tentsio altuko lineak aztertu beharko ditugu, hau da, 220 Kv-tik gorakoak. Errazena gertu dauden azpi estazioak aztertzea da, maila bereziko tentsio altuko konexio lineara konektatu daudenak, horietatik zein den konexioa egiteko egokiena jakin ahal izateko. Horretarako gueñes eta Barcina-Garofña lotzen dituen linea aztertzen badugu, ikusi daiteke orduñatik gertu igarotzen dela, hortaz linea horretara konektatuko dugu.

7.3 Diseinu irizpideak

Gure kasuan 2 MW aerosorgailuak ipini nahi ditugu, hortaz potentzia horretaz baliatuz, aerosorgailuaren diseinuari ekingo diogu.

Kronograma bat egin behar izan dugu, egin beharreko pausoak zeintzuk diren ikusi ahal izateko, horretarako Gantt Project programas baliatu gara.



49. Irudia. Diseinu irizpidearen kronograma

7.3.1 Aerosorgailuaren diseinua

Aerosorgailuaren diseinuan bi atal nagusi aztertuko ditugu: Aerosorgailuaren aukeraketa eta aerosorgailuen kokapena.

7.3.1.1 Aerosorgailuaren aukeraketa

Aerosorgailuen mundu mailan liderrak diren hainbat empresa daude baina garrantzitsuena salmenta aldetik vestas empresa denez, empresa danimarkarra aukeratuko dugu gure aerosorgailuentzako.

Aerosorgailuaren aukeraketa egiteko orduan vestas empresaren 2MW-ko hiru eredu ezberdin aztertuko ditugu, kasu honetan V90, V100 eta V110 ereduak.

Kasu honetan egokiena zein den aztertzeko, bereziki kontuan hartu duguna bere lan-tartea abiadurarekiko, baita sortutako energia eta potentzia ere.

Hirurak konparatuz gero argi dago abiadura gehien jasaten duena V90 aerosorgailua dela, jasan dezakeen abiadura maximoa 25 m/s izanik, abiadura hau gainditzekotan aerosorgailua amatu egingo da.

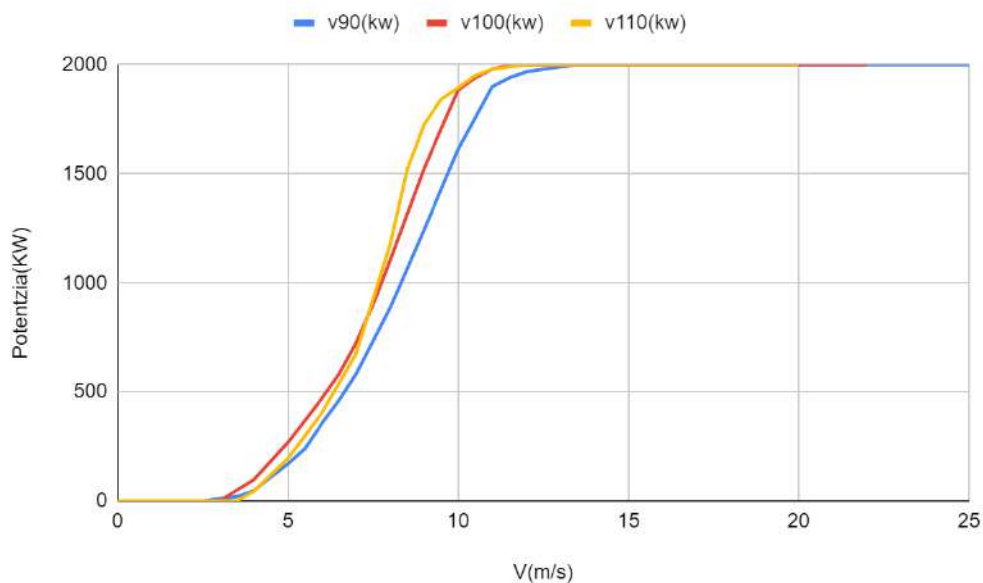
Konparazio horretarako eredu bakoitzaren potentzia kurben konparaketa grafikoa sortu dugu, argiago ikusi ahal izateko.

Horretarako Vestasen hiru ereduaren datuak batu ditugu, abiadura maila bakoitzerako zelako potentzia duen aztertuz.

v(m/s)	v90(kw)	v100(kw)	v110(kw)
0	0	0	0
0,5	0	0	0
1	0	0	0
1,5	0	0	0
2	0	0	0
2,5	0	0	0
3	10	0	0
3,5	20	49	0
4	46	97	44
4,5	110	183	120
5	170	268	195
5,5	240	369	299
6	355	470	403
6,5	460	580	538
7	580	722	673
7,5	732	900	925
8	884	1103	1176
8,5	1065	1315	1520
9	1245	1526	1728
9,5	1428	1705	1841
10	1612	1883	1894
10,5	1756	1940	1950
11	1900	1980	1980
11,5	1940	1995	1990
12	1968	2000	2000
12,5	1980	2000	2000
13	1990	2000	2000
13,5	2000	2000	2000
14	2000	2000	2000
14,5	2000	2000	2000
15	2000	2000	2000
15,5	2000	2000	2000
16	2000	2000	2000
16,5	2000	2000	2000
17	2000	2000	2000

17,5	2000	2000	2000
18	2000	2000	2000
18,5	2000	2000	2000
19	2000	2000	2000
19,5	2000	2000	2000
20	2000	2000	2000
20,5	2000	2000	
21	2000	2000	
21,5	2000	2000	
22	2000	2000	
22,5	2000		
23	2000		
23,5	2000		
24	2000		
24,5	2000		
25	2000		

14. Taula. Aerosorgailua ezberdinek sortzen duten potentzia abiadura ezberdinetan.

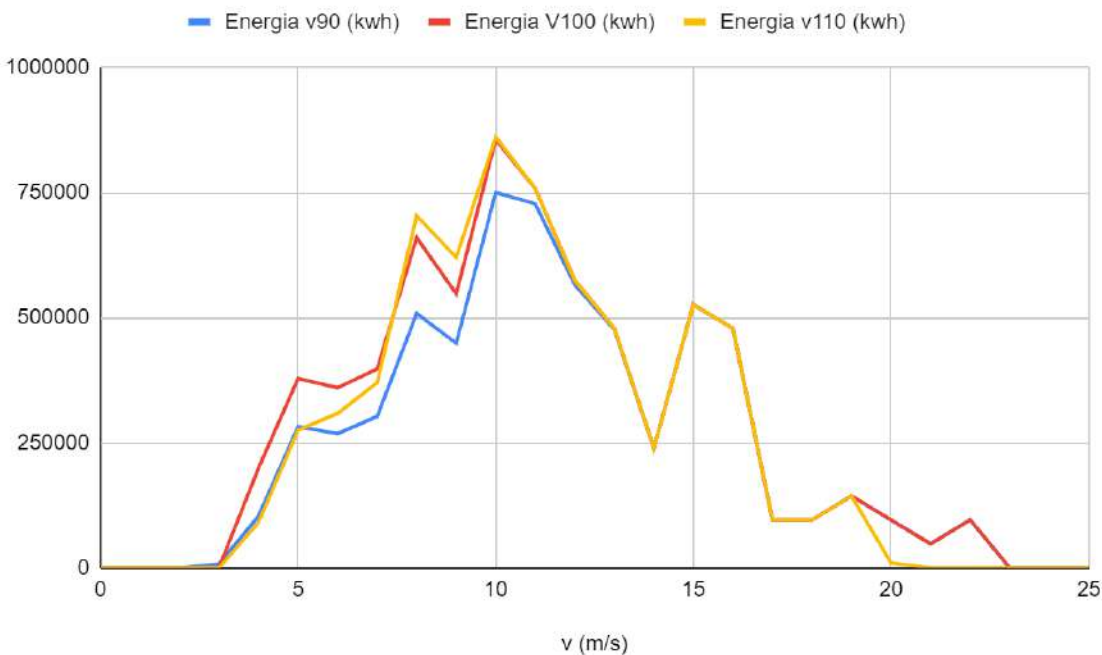


50.Irudia.Vestasen aerosorgailu ezberdinen potentzia kurbak

Abiaduraren arabera aerosorgailu bakoitzak sortzen duen energia aztertzen baldin badugu, honako hau ikusi dezakegu.

Weibullen banaketaz baliatzen bagara, aerosorgailu bakoitzak sortzen duen energia lortuko dugu grafikoki, egokiena zein den aztertuz.

Horretarako potentzia kurbatik abiadura bakoitzean sortzen den potentziaren datuak irakurri ditugu eta datu horiek, abiadura bakoitzerako lan orduekin erlazionatuz, abiadura bakoitzean sortzen den energia kopurua lortuko dugu. Hortaz, horrekin sortutako energia kopuru totala lortuko dugu, aerosorgailu eredu bakoitzerako.



51.Irudia. Aerosorgailu ezberdinek sortzen duten energia abiadurarekiko

Hiru aerosorgailuek sortutako energia grafikoki aztertuz balioak nahiko antzekoak direla ikusi dezakegu, hainbat tarteetan jaingarriz, sortutako energia abiadura batzuetarako berdina delako. Adibidez, V90 aerosorgailua V110-rekin gainjartzen da eta kurbaren azkenengo tarteetan V100-rekin. V100 aerosorgailua v110-rekin gainjarri egiten da zati handi batean.

Gure kasurako egokiena zein den aztertzeko aerosorgailu bakoitzaren produkzio energetiko totala aztertu beharko dugu.

Produkzio energetiko (kwh)=

$$\Sigma(\text{Ordu kopurua} * \text{abiadura bakoitzean sortutako potentzia})$$

Produkzio totalari dagokionez lortutako emaitzak ondorengoak izan dira:

	V90 (KWh)	V100 (KWh)	V110 (KWh)
AEROSORGAILUAREN PRODUKZIOA	6259772,6	7030029,4	6631000
PRODUKZIO TOTALA	18779318	21090088,2	19893000

15.Taula Aerosorgailuen produkzio totala

Produkzio totala aztertuz gero komenigarriena V100 aerosorgailua dela adierazi dezakegu, hortaz hori izango da geure zentralerako aukeratuko dugun aerosorgailua.

Hortaz, hiru aerosorgailuen produkzio totala, 21GWh-koa izango da.

EREDUA	V100/2MW
Hegal kopurua	3
Diametroa	100m
Potentzia	2000 kW
Ekorketa azalera	7 854 m ²
Potentzia dentsitatea	3.93 m ² /kW
Haize mota	IEC IIb
Itsasoan baliagarria	Ez

16. Taula aerosorgailuaren ezaugarri nagusiak

V100 aerosorgailuaren fitxa teknikoa ondorengo izango da:

Operazio datuak

Potentzia	2000kw
Operazio abiadura minimoa	3m/s
Operazio abiadura maximoa	22m/s
Haize ebakitzeko abiadura berria	20m/s
Haize mota	IEC IIB
Operazio temperatura	-20°C-40°C
Temperatura baxuko turbinaren operazio temperatura	-30°C-40°C

SOINUAREN POTENTZIA

Maximoa	105db
---------	-------

ERROTOREA

Diametroa	1000m2
Ekorketa azalera	7854 m2
Aire balazta	3 pausoko zilindroak

ELEKTRIKOA

Frekuentzia	50/60 Hz
Sorgailu mota	4 polo(50Hz)/6 polo(60Hz) bi aldiz elikatutako eraztun kolektorea

ABIADURA KUTXA

Mota	Bi etapa planetario eta etapa helikoidal bat
------	--

DORREA

Mota	Altzairuzko dorre tubularra
Bujearen altuera	80m/95m

GONDOLAREN DIMENTSIOAK

Altuera garraioan	4 m
Altuera instalazioan	5,4 m
Luzeera	10,4 m
Zabalera	3,5 m

BUJEAREN DIMENTSIOAK

Altuera max garraioan	3,4 m
Zabalera max garraioan	4 m
Luzeera max garraioan	4,2 m

HEGALAREN DIMENTSIOAK

Luzeera	49m
Korda maximoa	3,9m
Garraiorako unitateko pisu maximoa	70 tona

17. Taula. Vestas V100 aerosorgailuaren fitxa teknikoa. https://www.vestas.com/en/products/2-mw-platform/v100-2_0_mw#!aep-tik berreskuratua

7.3.1.2 Aerosorgailuen kokapena

Aerosorgailuak kokatzeko orduan bereziki kontutan hartu behar duguna, aerosorgailuen artean mantendu behar den distantzia da, baina baita transformazio zentrorra dagoen distantzia ere.

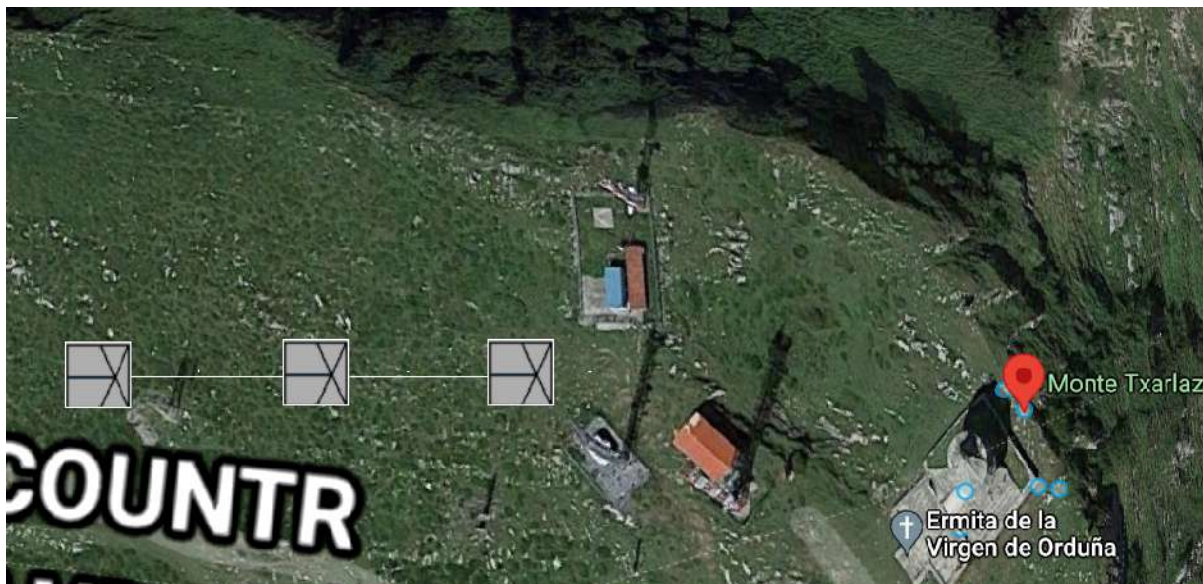
Aerosorgailuen artean mantendu behar den distantziari dagokionez, aerosorgailu bakoitzaren 2-4 aldiz aerosorgailuaren diametroaren baliokoa izan behar du, distantzia hori txikiagoa baldin bada, haien artean haizearen perturbazioak sortuko dira, energiaren produkzioa txikituz edota ezeztatzen helduz.

Hortaz, aerosorgailuaren diametroa gure kasuan 100m-koa denez, gure aerosorgailuen arteko distantzia 200-400 m artean kokatu beharko ditugu, hortaz, badazpada ere hiru aerosorgailuen artean 400 m-ko distantzia mantenduko dugu.

Hona hemen bere kokaleku zehatza eta bere eskema elektrikoaren adierazpen grafikoa:

Aerosorgailuak	Latitudea	Longituea
T1	42.982208	-3.038354
T2	42.982222	-3.038778
T3	42.982258	-3.039157

18.Taula. aerosorgailuen kokapen geografikoa



52.Irudia. Aerosorgailuen eskema elektrikoa kokalekuan

Argi dago aerosorgailuak batu egiten dituen linea elektrikoa, lur-azpikoa izango dela, hortaz horretarako sakonera txikiko indusketa egin beharko dugu.



53.Irudia. Aerosorgailuen lur azpiko linea eta azpiestazio igotzailera konexioa

7.3.2 Aerosorgailuaren zimenduen diseinua

Aerosorgailuen zimenduen diseinua egiterako orduan hainbat faktore hartu behar ditugu kontuan, bereziki kontuan hartu behar ditugunak aerosorgailuaren kokapena eta lursail mota dira.

Altuera handiko aerosorgailuetan, zimenduak aurrefabrikatua izan ohi da, baina gure kasuan guk diseinatuko dugu, jarraitu behar diren pausoak azalduz.

Zimenduaren tamaina, lurzoruaren ezaugarrien, makina eolikoaren tamainaren eta haizeak sortzen dituen ezaugarri mekanikoen menpe dago.

Zimenduetarako erabiltzen den geometria poligonal edo zirkularra izan ohi da, tamaina handiko aerosorgailuetan geometria zirkularrekoak izaten dira. Mota honetakoa izango da erabiliko duguna.

Zimendua sortzeko jarraitzen diren pausoak ondorengoak dira:

1. Belarra moztu eta beharrezko indusketa
2. Lurra hormigoiz estaltzen da
3. Altzairuzko barra metalikoen bidez egitura sortzen da
4. Barra egituraren gainean zapataren egitura sortzen dugu erdialdean.
5. Behin zapata sortuta, barren bidez egitura egonkortzen da.
6. Behin hori eginda hormigoiz betetzen da.
7. Azkenik Lurrez estaltzen da, zapataren goikaldea izan ezik.



54. Irudia. Zimentazio prozesuaren bilakaera. <https://www.c-harbor.com/proyectoseolicos/cimentacion-tik-berreskuratua>

7.3.3. Hustuketa linea

Argi dago kasu honetarako tentsio ertaineko kableak erabili behar ditugula ebakuazio linea eraikitzeko. Hustuketa linea azpiestazio higitzaile batera konektatu beharko dugu, horretarako aerosorgailuetatik azpiestaziora dagoen distantzia kontuan hartu beharko dugu, bere diseinua egiteko.



55.Irudia. Lurpeko hustuketa linea

Aerosorgailuen eta azpiestazioaren arteko distantzia jakiteko, bi puntuen koordinatuak erabiliz, bi puntuen arteko distantzia lortu dugu, kasu honetan emaitza 1,4 km izan da. Hortaz 1,4 km-ko lurrazpiko linea bat eraiki beharko dugu, horretarako erabiliko dugun materiala zein izan den aztertuko dugu.

Gure kasuan iberdrola empresak erabili ohi dituen tentsio ertaineko kableak erabiliko ditugu, HEPRZ1 AL motako kableak hain zuzen.

Kasu honetan bi motatakoak izan daitezke, 12-20KV eta 18-30KV motatakoak, gure kasuan azkenengo motatakoak erabiliko ditugu.

Bere ezaugarri nagusiak honako hauek dira:

Eroalearen sekzio /Pantallaren sekzioa(mm ²)	Isolatzailearen Ø (mm)	Isolamenduaren batz besteko lodiera	Kanpoko Ø (mm)	Estalkiaren lodiera minimoa	Pisua (kg/km)
18-30KV					
95/25	25,6	6,7	34,5	3	1335
150/25	27,2	6,2	36,6	3	1520
240/25	31,4	6,2	40,6	3	1905
400/25	36,4	6,2	45,7	3	2480
630/25	44,7	6,4	54,1	3	3525

19.Taula. HEPRZ1 AL kableen ezaugarriak
<https://es.prysmiangroup.com/MediaTension-AL-Eprotenax-H-Compact-AL-HEPRZ1-tik> berreskuratuta

Gure kasuan 95/25 mm² sekzioak dituen kablea erabiliko dugu, tamaina komenigarriena delako gure instalaziorako.

7.3.4 Tentsio baxuko elikadura linearen diseinua

Tentsio baxuko elikadura lineak, aerosorgailuek energia sortzeko behar duten energia hornitzeaz arduratzen da. Gure kasuan elikadura linearen luzeera totala 1,6 km-ko distantzia izango du.

Kasu honetarako polietilenoz egindako RZ1 AL eredia erabiliko dugu, bere tentsioa 0,6-1Kv artean kokatzen delako.

Bere datu teknikoak ondorengoak izango dira:

Sekzioa (mm ²)	Isolatzaileren lodiera (mm)	Kanpoko diametroa (mm)	Pisua (kg/km)	Eroalearen Erresistentzia (Ω/km)	Intentsitate jasagarria airean (A)	Intentsitate jasagarria lurpean(A)
16	0,7	9,9	144	1,91	76	58
25	0,9	11,5	191	1,2	91	74
35	0,9	12,4	225	0,868	114	90
50	1	13,8	272	0,641	140	107
70	1,1	16	373	0,443	180	132
95	1,1	17,2	445	0,32	219	157
120	1,2	18,8	535	0,253	254	178
150	1,4	20,6	641	0,206	294	201
185	1,6	23	787	0,164	337	226
240	1,7	25,5	988	0,125	399	261
300	1,8	28,2	1248	0,1	462	295

20.Taula. Tentsio baxuko kableen espezifikazio teknikoak. General cable

Datu teknikoak aztertuz eta jakinik gure behe tentsioko kable sarea lurpetik joango direla, intentsitate jasagarria lurpean azertu beharko dugu, balio handiena 300mm²-ko sekzioak duenez, hori da aukeratuko duguna.

8. Aurrekontua

AURREKONTUA			
	Prezioa unitateko	Kantitatea	Prezio finala
MATERIALAK			
Aerosorgailua	2.200.000€	x3	6.600.000€
Zimentazioa			122.020€
Hormigoia	75€	x1340	100.000€
Altzairuzko egitura	7,34€	x3000	22.020€
Kable-sare elektrikoa			132.484,4 €
Hustuketa linea	13,15€	x1400	18.404,4€
Tentsio baxuko kableak	71,3 €	x1600	114.080€
LAN TEKNIKOA			
			220.000€
Irizpide teknikoaren azterketa			30.000€
Datu eolikoaren azterketa			70.000€
Diseinua			120.000€
AZPITOTALA			7.074.504€
BEZ-a		%21	1.485.646€
Guztira			8.414.950€

21.Taula. Proiektuaren aurrekontua

9.Ondorioak

Energia berriztagarrien kontsumo analisisia eginda, asko igo da azken urteetan, baina oraindik europako maila lortzeko bidea gelditzen da, hau da, oraindik %4-a igo beharko genuke europako maila eskuratzeko.

Argi dago zentral eoliko baten diseinurako hainbat faktore tekniko eta ekologiko hartu behar izan ditugula kontuan. Azken hauen garrantzia gero eta garrantzitsuago bihurtzen ari da proiektuak aurrera ateratzeko orduan, EAE-ko lurraldearen zati gehiena ezin dugulako erabili, soilik %13,6-a erabili dezakegu.

Proiektuari dagokionez, hainbat estazio meteorologikoetako datuak aztertu ondoren, urduñako estazioa guretzako egokiena dela lortu dugu, potentzial eoliko gehien sortzen duen lurraldea delako, 6,9m/s-ko batz besteko abiadurarekin.

Urduñako estazioko datu eolikoetaz baliatuz, lortutako potentzial eoliko baliagarria dela zehazteko gai izan gara, horretarako Weibullen banaketaz baliatu gara, baita haize arrosas ere.

Datu eoliko horiek erabiliz, aerosorgailuaren diseinua lortu dugu, Vestasen aerosorgailu ezberdinen konparaketa egin ondoren.

Diseinuari dagokionez gehienbat atal elektrikoetara bideratu dugu diseinua, energiaren ikuspuntutik analizatu nahi izan dugulako diseinua.

Laburbilduz, EAE-ko energia eolikoaren egoera ikusita zentral eoliko berri bat diseinatzeko beharra ikusi dugu, horregatik Urduñako 6MW-ko zentral eolikoaren diseinua egin dugu. Zentrala eraiki ahal izateko, proiektua onartu beharko digute, erakunde publikoetatik beharrezko baimenak lortuz

ERREFERENTZIAK

Manual de energía eólica investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distintos tipos de instalaciones, Escudero López, Jose María, Mundi Prensa, 2004.

EUSKALMET. Estazioen datuak. Hileroko klimatologia.
<https://euskalmet.beta.euskadi.eus/s07-5853x/eu/meteorologia/datos/mapaestac.apl?e=8-tik> berreskuratua

World Wind Energy Association. <https://wwindea.org/>

Wind Europe (2020). <https://windeurope.org>

Energiaren Euskal Erakundea (2021). <https://www.eve.eus/>

Análisis del recurso. Atlas eólico de España (2011)
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e4_atlas_eolico_A_9b90ff10.pdf-tik berreskuratua.

ENTSOE (2019). <https://www.entsoe.eu-tik> berreskuratua.

EUSTAT. Energiaren kontsumo finala sektoreka. https://www.eustat.eus/elementos/ele0000300/consumo-final-de-energia-de-la-ca-de-euskadi-por-sectores-ktep/tbl0000396_c.html -tik berreskuratua.

EUSTAT. Energiaren kontsumo finala. https://www.eustat.eus/elementos/ele0000000/consumo-final-de-energia-de-la-ca-de-euskadi-por-tipos-de-energia-ktep/tbl0000066_c.html-tik berreskuratua.

Eólica (2007)
https://www.aeeolica.org/uploads/documents/ae_publica/AnuarioAEE_Eolica2007esp_n.pdf -tik berreskuratua.

Mur, J.CURSO DE ENERGÍA EÓLICA E I. <https://www.windygrid.org/manualEolico.pdf>-tik berreskuratua.

Cuaderno de aplicaciones técnicas n. o 12 Plantas eólicas(2021).
https://library.e.abb.com/public/ac764cb1be081128c1257a30003c70d7/Cuaderno%20Tecnico_num%2012_Plantas%20eolicas.pdf-tik berreskuratua.

Maraver. Subestaciones.
https://maraver.jimdo.com/app/download/5206262759/aparamenta_subestaciones_electricas.pdf?t=1476359476-tik berreskuratua.

Nieves, A. A. (2011). Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica. Editorial Vértice.

***Vestas V100/2000 - Manufacturers and turbines - Online access - The Wind Power.* (2013). https://www.thewindpower.net/turbine_en_779_vestas_v100-2000.php-tik berreskuratua.**

Vestas(2010).

https://www.vestas.com/en/products/2-mw-platform/v100-2_0_mw#!technical-specifications-tik berreskuratua