



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Annex I: Pre-projecte tipus



"APORTACIÓ AL DISSENY DE SISTEMES EÒLICS"

PFC presentat per optar al títol d'Enginyeria Tècnica Industrial especialitat ELECTRÒNICA, ELECTRICITAT per **Anna Mora Sánchez, Pau Sebastián Arcos**

Barcelona, 17 de Juny de 2010

Directors: Jordi de la Hoz Cases
Helena Martín Cañadas
Departament EE (709)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX ANNEX I

| | |
|--|-----------|
| Índex annex I | 7 |
| Capítol 1: Memòria descriptiva del projecte | 11 |
| 1.1. Objecte del projecte..... | 11 |
| 1.2. Promotor del projecte | 12 |
| 1.3. Antecedents | 12 |
| 1.3.1. Evolució sistemes eòlics a Espanya | 12 |
| 1.4. Condicionaments ambientals i de territori | 13 |
| 1.4.1. Adequació a les lleis ambientals | 13 |
| 1.4.2. Adequació a l'ordenació | 14 |
| 1.5. Normativa | 14 |
| 1.6. Instal·lació de generació | 15 |
| 1.6.1. Descripció de la ubicació en el territori | 15 |
| 1.6.2. Descripció de l'aerogenerador escollit..... | 16 |
| 1.6.3. Estudi del recurs eòlic | 21 |
| 1.6.4. Energia generada pel sistema | 26 |
| 1.7. Instal·lació d'interconnexió..... | 27 |
| 1.7.1. Instal·lacions de BT/MT | 27 |
| 1.7.2. Instal·lacions de MT/AT | 28 |
| 1.7.3. Sistemes de protecció | 30 |
| 1.8. Condicions d'accés a la xarxa | 34 |
| 1.9. Obra civil | 34 |
| 1.9.1. Descripció del recinte | 34 |
| 1.9.2. Posta a terra de la instal·lació..... | 35 |
| Capítol 2: Memòria descriptiva dels càlculs justificatius | 37 |
| 2.1. Càlculs justificatius dels sistemes de generació..... | 37 |
| 2.1.1. Càlculs justificatius del recurs eòlic..... | 37 |
| 2.1.2. Càlculs justificatius de l'aerogenerador..... | 40 |
| 2.2. Càlculs justificatius de les instal·lacions d'interconnexió | 41 |
| 2.2.1. Càlculs justificatius de les línies | 42 |
| 2.2.2. Càlculs justificatius dels centres de transformació | 45 |
| 2.2.3. Càlculs justificatius de la subestació | 46 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.2.4. | Càlculs justificatius dels corrents de curtcircuit | 46 |
| 2.3. | Càlculs justificatius de les instal·lacions de posta a terra | 57 |
| 2.3.1. | Característiques del sòl..... | 57 |
| 2.3.2. | Xarxa de terra dels transformadors de BT/MT..... | 57 |
| 2.3.3. | Càlculs de les tensions a l'exterior del C.T..... | 58 |
| 2.3.4. | Càlculs de les tensions a l'interior del C.T. | 59 |
| 2.3.5. | Càlculs de les tensions màximes aplicades | 59 |
| 2.3.6. | Comprovació de les tensions de pas i contacte amb les màximes admissibles | 60 |
| 2.3.7. | Xarxa de terra de la subestació..... | 61 |
| Capítol 3: Pressupost i estudi de viabilitat del projecte | | 65 |
| 3.1. | Pressupost del projecte | 65 |
| 3.2. | Règim econòmic dels sistemes eòlics | 68 |
| 3.3. | Estudi de viabilitat econòmica del projecte..... | 68 |
| 3.3.1. | Preu de l'energia | 69 |
| 3.3.2. | Paràmetres del projecte..... | 69 |
| 3.3.3. | Ingressos anuals | 70 |
| 3.3.4. | Cost inversió..... | 71 |
| 3.3.5. | Cost operació i manteniment | 72 |
| 3.3.6. | Rendibilitat projecte..... | 72 |
| 3.3.7. | Conclusions | 73 |
| Capítol 4: Plec de condicions tècniques..... | | 75 |
| 4.1. | Normativa a seguir | 75 |
| 4.2. | Condicions facultatives | 76 |
| 4.2.1. | Millores i modificacions del projecte | 76 |
| 4.2.2. | Condicions que han de satisfer els materials | 76 |
| 4.2.3. | Ordre dels treballs | 76 |
| 4.2.4. | Diferents classes de treballs | 76 |
| 4.2.5. | Detalls omesos..... | 76 |
| 4.2.6. | Responsabilitats del contractista | 76 |
| 4.2.7. | Observació de la legislació social i del treball..... | 77 |
| 4.2.8. | Direcció dels treballs | 77 |
| 4.2.9. | Còpia autoritzada del projecte | 77 |
| 4.2.10. | Interpretació del projecte..... | 77 |
| 4.2.11. | Ajust de les obres..... | 77 |
| 4.2.12. | Termini d'execució..... | 77 |

| | | |
|-------------------------------------|---|-----------|
| 4.2.13. | Amidaments | 78 |
| 4.2.14. | Valoració..... | 78 |
| 4.2.15. | Pagament de les obres | 78 |
| 4.2.16. | Despeses, accessoris i impostos..... | 78 |
| 4.2.17. | Recepció provisional de les obres | 79 |
| 4.2.18. | Termini de garantia..... | 79 |
| 4.2.19. | Multes i retards | 79 |
| 4.2.20. | Recepció definitiva de les obres | 79 |
| 4.2.21. | Cassos de rescissió no previstos en aquest plec | 80 |
| 4.3. | Obra civil | 80 |
| 4.3.1. | Materials bàsics..... | 80 |
| 4.3.2. | Neteja dels terrenys..... | 80 |
| 4.3.3. | Excavacions..... | 81 |
| 4.3.4. | Rases per a les línies de MT..... | 82 |
| 4.3.5. | Terraplens..... | 82 |
| 4.3.6. | Subbase granular | 83 |
| 4.3.7. | Base granular | 83 |
| 4.3.8. | Paviments de formigó..... | 83 |
| 4.4. | Equips elèctrics | 84 |
| 4.4.1. | Generalitats..... | 84 |
| 4.4.2. | Quadres elèctrics..... | 85 |
| 4.4.3. | Aerogeneradors..... | 85 |
| 4.4.4. | Cables i canalitzacions..... | 85 |
| 4.4.5. | Centres de transformació..... | 86 |
| Capítol 5: Bibliografia..... | | 89 |
| 5.1. | Bibliografia de Consulta | 89 |
| Capítol 6: Plànols | | 91 |
| 6.1. | Contingut | 91 |
| 6.2. | Emplaçament d'instal·lacions..... | 93 |
| 6.3. | Esquema unifilar general | 95 |
| 6.4. | Esquema unifilar aerogenerador i transformador..... | 97 |
| 6.5. | Esquema unifilar subestació | 99 |
| 6.6. | Transformador BT/MT | 101 |
| 6.7. | Cel·les del transformador i detall de les rases..... | 103 |
| 6.8. | Terra de l'aerogenerador | 105 |

CAPÍTOL 1: MEMÒRIA DESCRIPTIVA DEL PROJECTE

1.1. Objecte del projecte

L'objecte d'aquest projecte és descriure les obres i instal·lacions necessàries per l'execució del par eòlic Punago Sud II.

L'obra civil i, amb això, les fonamentacions, l'edifici de control de la subestació i rases queden fora de l'abast de present document. Les referències a aquestes instal·lacions, si n'hi ha, serà per donar a aquest document un caràcter més general.

Les principals característiques del parc eòlic [Punago] Sud II es recullen a continuació:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| • Fabricant (aerogenerador) | GAMESA |
| • Model (aerogenerador) | 2.0 G87-2.0 [MW] |
| • Altura | 78 m |
| • Diàmetre del rotor | 87 m |
| • Potència nominal (aerogenerador) | 2.0 [MW] |
| • Nombre d' (aerogeneradors) | Vint-i-dos (22) |
| • Potència total instal·lada | Quaranta-quatre (44 [MW]) |
| • Tensió línies interiors del parc | 30 [kV] |

- Tensió subestació receptora 30 / 132 [kV]
- Potència posició de transformació 50 [MVA] [ONAN]
- Producció neta anual estimada 100036,86 [MWH]/any
- Hores anuals equivalents 2700 hores

1.2. Promotor del projecte

El peticionari i promotor de la instal·lació objecte d'aquest projecte és Societat d'Energies Renovables de Galícia SA INC A-36579241, domicili Social carrer Rosalía de Castro, 44, CEP 36001, actuant com a representant legal Sr Pedro Antonio Aller romà, domicili a efectes de notificacions al carrer Amio, N ° 122 Polígon Costa Vella, amb el codi Postal 15707 Santiago de Compostela, i Enrique Nores Lariño la persona de contacte.

1.3. Antecedents

1.3.1. Evolució sistemes eòlics a España

Espanya és un dels països del món que ha experimentat un major desenvolupament industrial i tecnològic en el sector eòlic dedicat a la producció d'electricitat. La potència instal·lada ha passat de tenir un caràcter testimonial al començament dels 90s, amb una potència que no arribava al mig centenar de megawatts, a una xifra propera als 5.000 a mitjans del 2003. Espanya en el 2004 se situava en el tercer lloc a nivell mundial en potència instal·lada per darrere d'Alemanya i els Estats Units.

El 2005, el Govern d'Espanya va aprovar una nova llei nacional amb l'objectiu d'arribar als 20.000 MW de producció en 2012. El pla energètic espanyol preveu generar el 30% de la seva energia de les energies renovables fins a arribar als 20,1 GW el 2010 i els 36 GW el 2020. S'espera que la meitat d'aquesta energia provingui del sector eòlic, amb el que s'evitaria l'emissió de 77 milions de tones de diòxid de carboni a l'atmosfera.

A 31 de desembre de 2009 la capacitat d'energia eòlica era de 18.263 MW (18,5% de la capacitat del sistema elèctric nacional), cobrint durant aquest any el 13% de la demanda elèctrica.

Taula 1. Evolució de la potència eòlica instal·lada

| Any | Potència (MW) |
|------|---------------|
| 1996 | 163 |
| 1997 | 407 |
| 1998 | 760 |
| 1999 | 1467 |
| 2000 | 2079 |
| 2001 | 3442 |
| 2003 | 6240 |
| 2004 | 8462 |
| 2005 | 9910 |
| 2006 | 11470 |
| 2007 | 13909 |
| 2008 | 16018 |
| 2009 | 18263 |

1.4. Condicionaments ambientals i de territori

1.4.1. Adequació a les lleis ambientals

Es seguirà la següent normativa en l'àmbit de protecció mediambiental:

- La Directiva 90/313/CEE i la Llei 38/1995, de 12 de desembre sobre el Dret d'Accés a la informació en matèria de Medi Ambient. (BOE núm. 297, de 1995.12.13).
- Llei 4 / 1989, de 27 de març, de Conservació dels Espais Naturals i de la flora i fauna silvestres. (BOE núm. 74, de 1989.03.28).
- Reial Decret 1538/1996, de 21 de juny, pel qual es precisen les competències del Ministeri de Medi Ambient en matèria de conservació de la natura i Parcs Nacionals. (BOE núm. 153, de 1996.06.25).
- Llei 38/1972, de 22 de desembre de Protecció de l'Ambient atmosfèric. (BOE núm. 309, de 1972.12.26).
- Decret 833/1975, de 6 de febrer que desenvolupa la Llei 38/1972, de Protecció de l'Ambient Atmosfèric. (BOE núm. 96, de 1975.04.22).
- Ordre de 18 d'octubre de 1976, sobre prevenció i correcció de la contaminació Atmosfèrica, Industrial. (BOE núm. 290, de 1976.12.03).
- Llei 4 / 1989, de 27 de març, de Conservació dels Espais Naturals i de la Flora i Fauna Silvestres. (BOE núm. 74, de 1989.03.28)
- Reial Decret Legislatiu 1302/1986, de 28 de juny, d'avaluació d'impacte ambiental. (BOE núm. 155, de 1986.06.30)

En particular per la ubicació territorial del present parc eòlic serà de compliment la següent llei particular de Galícia:

- Llei 1/1995, de 2 de gener, de Protecció Ambiental de Galícia

1.4.2. Adequació a l'ordenació

Pel que fa a l'adequació del projecte a la normativa d'ordenació territorial serà d'aplicació la següent normativa:

- Reial Decret Legislatiu 1 / 92, de 26 de juny que aprova el text refós de la Llei sobre el Règim del Sòl i Ordenació Urbana. (BOE núm. 156, de 1992.06.30).
- Llei 10/1995, de 23 de novembre, d'ordenació del territori de Galícia.
- Llei 7 / 1996, de 10 de juliol, de Desenvolupament Comarcal
- Llei de la Comunitat Autònoma de Galícia 6 / 2007, de 11 de maig, de mesures urgents en matèria d'ordenació del territori i del litoral.

1.5. Normativa

Per a aquest projecte seran d'aplicació totes les prescripcions que figuren en les Normes, Instruccions o reglaments oficials que guarden relació amb les obres objecte del projecte, amb les seves instal·lacions complementàries, o amb els treballs necessaris per realitzar-les. A més es contemplen totes aquelles normes que per la pertinença de Espanya a la CEE, siguin d'obligat compliment en el moment de la realització del projecte. Amb aquesta finalitat, s'inclou a continuació una relació no exhaustiva de la normativa tècnica aplicable.

1. Reial Decret 1955/2000, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions de energia elèctrica.
2. Reial Decret 436/2.004, de 12 de març, pel qual s'estableix la metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.
3. Ordre ITC/3519/2009, per la qual es revisen els peatges d'accés a partir de l'1 de gener de 2010 i les tarifes i primes de les instal·lacions en règim especial.

Instal·lació elèctrica :

- Reglament de verificació elèctrica i regularitat en el subministrament d'energia. Decret del Ministeri d'Indústria del 1954.03.12. Modificació articles 2 i 92 B.O.E. 1968.12.27.
- Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió REBT. Decret 842/2002, de 2 d'agost, del Ministeri d'Indústria BOE 18 setembre 2002.
- Modificació del REBT. Addició d'un paràgraf a l'article 2 ° Reial Decret 2295/1985 de 9 d'octubre. del Ministeri d'Indústria i Energia. B.O.E. 12 desembre 1985.
- Reglament sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en centrals elèctriques i centres de transformació. Reial Decret 3275/1982, de 12 de novembre, del Ministeri d'Indústria i energia. B.O.E. 1- Desembre-82. Correcció d'errors. B.O.E. 18-gener-83.

- Instruccions Tècniques Complementàries MIE-RAT del Reglament abans citat. Ordre de 6 de juliol de 1984, del Ministeri d'Indústria i Energia. B.O.E. 25-octubre-84.
- Complement de la Instrucció tècnica complementària MIE-RAT 20. Ordre de 18 d'octubre de 1984, del Ministeri d'Indústria i Energia. I- Agost-84.
- Modificació de les instruccions tècniques complementàries ITC-MIE-RAT 1,2, 7, 9, 15, 16, 17 i 18. Ordre de 23 de juny de 1988, del Ministeri d'Indústria i Energia. B.O.E. 4-octubre -88.
- Actualització de les instruccions tècniques complementàries ITC-MIE-RAT 13 i 14. Ordre de 27 de novembre de 1987, del Ministeri d'Indústria i Energia. B.O.E. 5-Desembre - 87. Correcció d'errors. B.O.E. 3 - març-88.
- Les condicions tècniques del subministrament i desenvolupament dels treballs, s'ajustaran al que disposa la normativa dictada pels organismes oficials i per la companyia elèctrica.
- Normes UNE - REBT, Decret 842/2002 de 2 d'agost B.O.E. n ° 224 de 18 de setembre de 2002 i fulls d'interpretacions annexes.

1.6. Instal·lació de generació

1.6.1. Descripció de la ubicació en el territori

La localització de l'emplaçament es troba a Galícia, concretament a la comarca de "La Sierra de la [Lloba]", a 10Km al sud dels Ponts, entre els municipis de Xermade (LUGO), i Monfero (A CORUNYA), i a una altitud entre 600 - 700m.

Per accedir al parc eòlic (Punago) Sud II s'agafa la carretera C-530 des de Lugo en direcció a la Fonsagrada i, el 27 PK-27 es gira a mà dreta el vial que va el parc eòlic (Punago) Sud I. Travessant tot aquest vial accedim als aerogeneradors del parc eòlic.

El parc eòlic descrit en aquest avantprojecte es denominarà "Parque Eólico [Punago] Sud II", i la seva àrea afectarà als municipis de Castroverde, Baleira i Baralla, de la província de Lugo.

En el quadre següent s'hi mostren les coordenades:

Taula 2. Coordenades emplaçament.

| Coordenades Area Pla Sectorial Eòlic de Galícia | |
|--|---------|
| X | Y |
| 641267 | 4769101 |
| 646400 | 4753400 |
| 642600 | 4751400 |
| 637590 | 4767166 |

En la figura següent es mostra la situació d'aquests punts:



Figura 1. Mapa situació parc eòlic

Com ja s'ha dit, el parc eòlic esta format per 22 aerogeneradors, en el plànol d'emplaçament d'instal·lacions es mostra la seva disposició.

1.6.2. Descripció de l'aerogenerador escollit

El model d'aerogenerador seleccionat es el model G87 2.0MW de Gamesa Eolica.

Els aerogeneradors de la plataforma Gamesa són del tipus tripala i tenen una potència nominal de 2MW.

Els aerogeneradors estan regulars per un sistema de canvi de pas independent en cada pala i amb un sistema d'orientació actiu.

El sistema de control esta format pels sistemes de regulació i supervisió. Aquest primer s'encarrega de seleccionar els valors adequats de velocitat de gir de l'aerogenerador, de l'angle de les pales i de les consignes de potència, modificant-los en cada instant depenent de la velocitat del vent que arriba a la màquina. I el de supervisió s'encarrega de verificar contínuament l'estat dels diferents sensors, així com el del paràmetres interns.

Els aerogeneradors de la plataforma estan equipats amb diversos sensors que controlen de forma permanent diferents paràmetres: recollir senyals externs de l'aerogenerador com la temperatura exterior, la velocitat o la direcció del vent. D'altres s'encarreguen de registrar paràmetres del funcionament de les màquines com la temperatura dels components, nivells de pressió, vibracions o posició de les pales.

Pel què fa a les condicions del vent en un emplaçament, s'especifiquen normalment per una distribució de Weibull. Aquesta ve descrita pel factor d'escala c i el factor de forma k . El factor A és proporcional a la velocitat mitja del vent i el factor k defineix la forma de la distribució per a diferents velocitats

de vent. La turbulència és el paràmetre que descriu les variacions i fluctuacions a curt plaç del vent.

Seguidament es mostren algunes característiques principals, l'annex conté característiques més específiques:

Taula 3. Rotor

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Diàmetre rotor (m) | 87 |
| Area escombrada (m ²) | 5,977,7 |
| Velocitat rotació (rpm) | 9:19 |

Taula 4. Pales

| | |
|------------------|--|
| Material | Matriu orgànica amb fibra de vidre o carboni |
| Longitud | 42,5m |
| Corda de la pala | 3.36m/0.013m |
| Torsió | 15.74° |

Taula 5. Carcassa

| | |
|-------------------|--|
| Dimensions aprox. | 10,6x3,4x3,6m |
| Material | Material orgànic reforçat amb fibra de vidre |

Taula 6. Torre

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Tipus | Troncocònica tubular |
| Material | Acer de carboni estructural |
| Tractament superficial | Pintat |
| Altura | 78 m |

Taula 7. Multiplicadora

| | |
|-------|----------------------------------|
| Tipus | 1 etapa planetària/2 paral·leles |
| Ràtio | 1:100,5(50Hz), 1:120,5 (60Hz) |

Taula 8. Generador

| | |
|------------------|---|
| Tipus | Doblement alimentat amb rotor bobinat i anells lliscant |
| Potència nominal | 2000kW (estator + rotor) |
| Voltatge | 690 Vac |
| Freqüència | 50Hz/60Hz |

Taula 9. Grup hidràulic

| | |
|--------------------|-------------|
| Pressió de treball | 180-200 bar |
|--------------------|-------------|

Taula 10. Sensors de vent

| | |
|-----------------|--|
| Tipus estàndard | 1 anemòmetre ultrasònic 2D amb mesura de velocitat i direcció simultània+1 anemòmetre de cassoletes i penell |
| Numero | 1+1 |

Taula 11. Unitat de control

| | |
|--------------|--|
| Freqüència | 50 Hz/60Hz |
| Voltatge | 24 Vdc |
| PLC | Sistema A/RFC 430 ETH-IB ó Phoenix x Contact |
| Bus de canvi | CAN o Interbus |

Taula 12. Pes aproximat

| | |
|-------------|-------|
| Pes góndola | 70t |
| Pes rotor | 36,9t |
| Torre | 203t |

A continuació, es mostren els paràmetres a tenir en compte per calcular la potència:

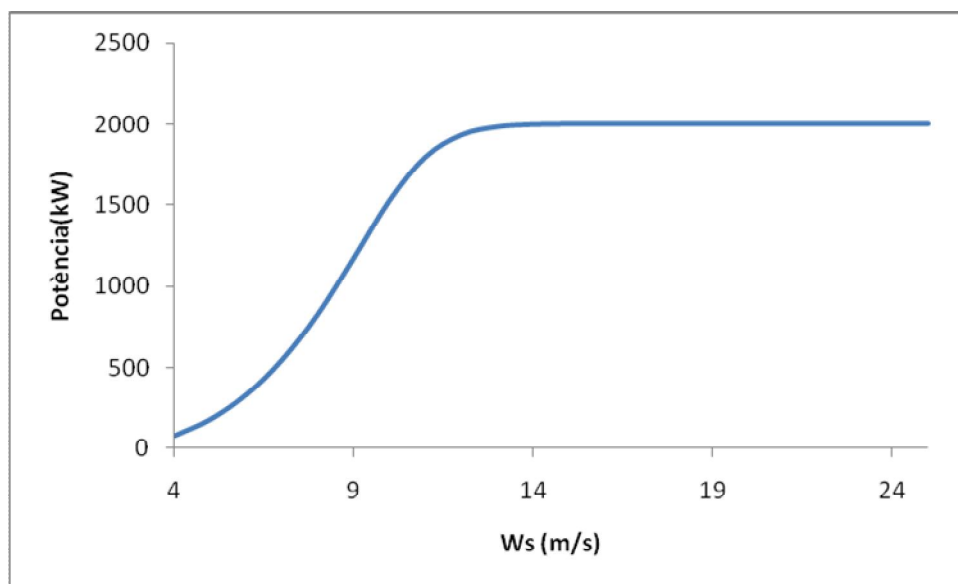
Taula 13. Valors dels paràmetres de càlcul de la corba de potència

| | |
|---------------------------|------------|
| Potència nominal | 2,0 MW |
| Freqüència | 50Hz/60Hz |
| Diàmetre del Rotor | 87 m |
| Intensitat de turbulència | 10% |
| Densitat de l'aire | 1,225kg/m3 |

Les dades de potència de l'aerogenerador segons el vent mitjà es mostren a continuació:

Taula 14. Potència aerogenerador segons vent mitjà

| Ws[m/s] | Potència[kW] |
|---------|--------------|
| 4 | 78,8 |
| 5 | 181,2 |
| 6 | 335,5 |
| 7 | 549,8 |
| 8 | 831,5 |
| 9 | 1174,8 |
| 10 | 1528,3 |
| 11 | 1794,7 |
| 12 | 1931,1 |
| 13 | 1981,0 |
| 14 | 1995,3 |
| 15 | 1998,9 |
| 16 | 1999,8 |
| 17 | 2000,0 |
| 18 | 2000,0 |
| 19 a 25 | 2000,0 |

**Figura 2.** Corba de potència del AEG G87 2.0MW per a una densitat de l'aire de 1,225kg/m³

La taula següent mostra els valors de C_p en funció del vent mitjà.

Taula 15. C_p segons vent mitjà

| W_s [m/s] | C_p |
|-------------|-------|
| 4 | 0,337 |
| 5 | 0,398 |
| 6 | 0,426 |
| 7 | 0,440 |
| 8 | 0,446 |
| 9 | 0,443 |
| 10 | 0,420 |
| 11 | 0,370 |
| 12 | 0,307 |
| 13 | 0,248 |
| 14 | 0,200 |
| 15 | 0,163 |
| 16 | 0,134 |
| 17 | 0,112 |
| 18 | 0,094 |
| 19 | 0,080 |
| 20 | 0,069 |
| 21 | 0,059 |
| 22 | 0,052 |
| 23 | 0,045 |
| 24 | 0,040 |
| 25 | 0,035 |

I a la figura següent es mostra la seva representació:

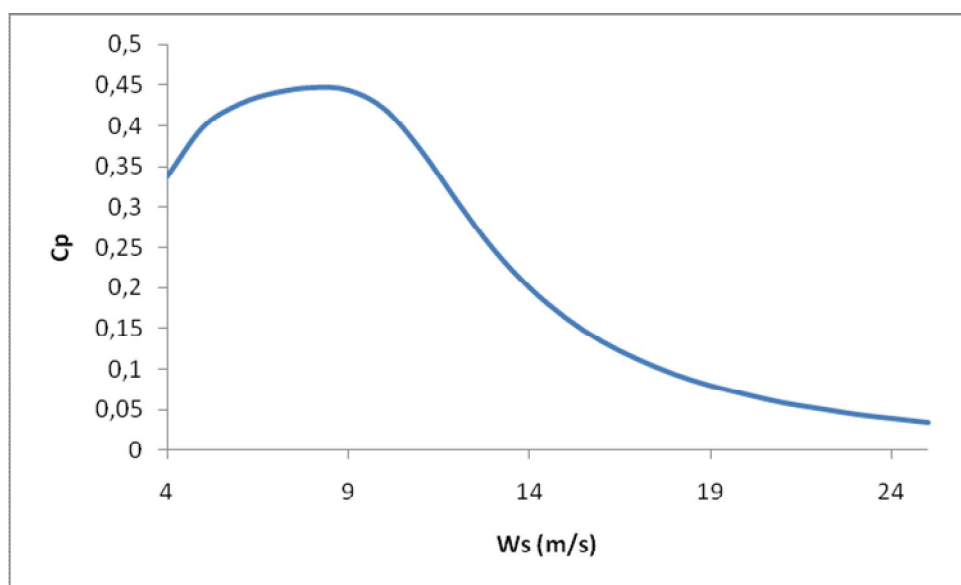


Figura 3. Corba C_p del AEG

1.6.3. Estudi del recurs eòlic

L'objectiu d'aquest apartat és trobar les dades que caracteritzen el vent, en funció de l'alçada de l'aerogenerador.

Val a dir que les tècniques convencionals d'estudi de potencial eòlic requereixen molt temps i sovint depenen de la disponibilitat de costoses torres meteorològiques, tècniques de modelització que ofereixen una solució molt efectiva.

En el nostre cas utilitzarem el càlcul basant-nos amb les dades rebudes, relacionant vent mitjà, alçada, freqüència i rugositat del terreny.

No es tindran en compte els paràmetres d'apantallament entre aerogeneradors, ni l'existència de boscos propers, ni els desnivells topogràfics entre d'altres. S'entén que els valors que obtindrem seran idealment en un terreny pla, sense obstacles.

Es parteix de les dades facilitades per Sotavento, n'obtenim la velocitat mitja i la direcció de cada tram cada hora, durant un període d'un any. A partir d'aquí, es duen a terme varis càlculs com agrupació en sectors, rosa dels vents,...que es detallen a continuació.

Les dades obtingudes s'ordenaran segons la direcció del vent i s'agruparan entre elles segons la seva direcció, la Rosa dels Vents es dividirà en 16 sectors, aquests es mostren a continuació:

- Nord (N)
- Nord Nord-est (NNE)
- Nord-est (NE)
- Est Nord-est (ENE)
- Est (E)
- Est Sud-est (ESE)
- Sud-est (SE)
- Sud Sud-est (SSE)
- Sud (S)
- Sud Sud-oest (SSO)
- Sud-oest (SO)
- Oest Sud-oest (OSO)
- Oest (O)
- Oest Nord-oest (ONO)
- Nord-oest (NO)
- Nord Nord-oest (NNO)
- Distribució de Weibull

El resultat és el següent:

Taula 16. Resultat direcció i freqüència del vent

| Direcció | Freqüència |
|----------|------------|
| N | 26 |
| NNE | 13 |
| NE | 30 |
| ENE | 21 |
| ESE | 43 |
| ESE | 28 |
| SE | 13 |
| SSE | 8 |
| S | 22 |
| SSO | 30 |
| SO | 34 |
| SOS | 42 |
| O | 25 |
| ONO | 19 |
| NO | 8 |
| NNO | 4 |

En els propers apartats caracteritzarem millor aquestes dades. En el nostre cas, al utilitzar un aerogenerador mòbil, es podran utilitzar les direccions principals de cada franja de temps, el rendiment serà més alt que si es tractés d'un aerogenerador fix.

Per realitzar la distribució de Weibull es parteix de les funcions següents:

- Funció de probabilitat de Weibull:

$$f(V_w) = k \cdot \frac{V^{k-1}}{C^k} \exp\left(-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right) \quad (1)$$

- Funció de probabilitat acumulada de Weibull:

$$F(V_0) = P(V_0 < V_w) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{V_0}{C}\right)^k\right) \quad (2)$$

- Càlcul dels paràmetres c i k:

$$k = \left(\frac{\sigma}{V_m}\right)^{-1.086} \quad (1 \leq k \leq 10) \quad (3)$$

$$c = \frac{V_m}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (4)$$

Per realitzar els càlculs s'ha utilitzat el programa desenvolupat, en el què s'ha obtingut el gràfic següent i els paràmetres a una altura de 10m.

$$k=2,47$$

$$c=7,75$$

$$V_m=6.87$$

Aquests paràmetres són adequats per a la construcció d'un parc eòlic ja que:

- 'k' est troba entre 1 i 3
- la velocitat mitja a 10m és 6,87m/s i a 78 m és 10,58, la corba de potència del nostre aerogenerador avarca de 4m/s a 25m/s
- 'c' ve donat tenint el compte la velocitat mitja i el paràmetre 'k'.

A continuació veiem representada la funció de probabilitat(verd) de Weibull i la funció de probabilitat acumulada (blau).

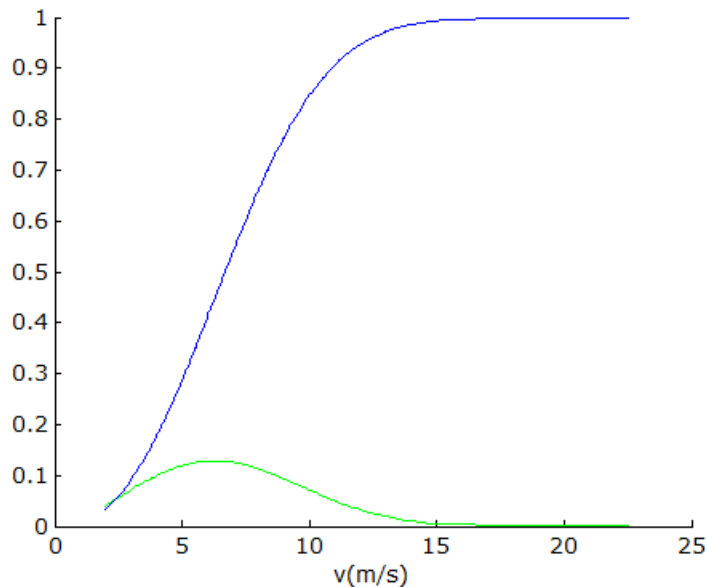


Figura 4. Gràfic distribució de probabilitat i acumulada de Weibull

Segons les dades obtingues anteriorment es dibuixarà la Rosa les Vents. Aquesta mostrarà la direcció predominant dels vents. A partir d'aquí es podrà apreciar quina és la direcció idònia per a col·locar l'aerogenerador.

Val a dir que es podria obtenir una Rosa dels Vents de cada fracció de temps: cada mitja hora, hora dia,...o bé cada moment en que la direcció del vent canviés, per tant veiem que podríem fer infinites representacions.

A continuació veiem la Rosa dels Vents resultant de tot un any, la direcció mostrada serà la majoritària, però no la única. L'aerogenerador utilitzat pot modificar la direcció, no és un aerogenerador fix, per tant es podrà anar girant segons la direcció del vent.

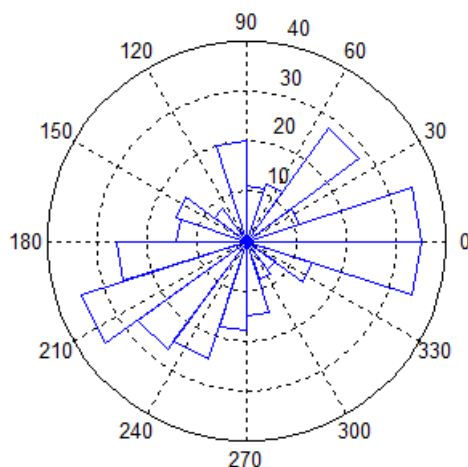


Figura 5. Rosa dels Vents

Com que el aerogenerador seleccionat és mòbil, serà possible obtenir un major rendiment.

Partint de les dades de velocitat i alçada de referència (10m), es realitzen les mitjanes de cada sector. Sabem que l'alçada del nostre aerogenerador és de 78 m.

Per calcular la velocitat del vent segons l'alçada és necessària l'expressió:

$$V_h = V_0 \cdot \left(\frac{h}{h_0} \right)^\alpha \quad (5)$$

V_h = velocitat del vent a l'alçada escollida

V_0 = velocitat del vent a l'alçada de referència (10m)

h = alçada

h_0 = alçada de referència (10m)

α = paràmetre de rugositat

A continuació es presenten les dades de rugositat segons el tipus terreny:

Taula 17. Rugositat del terreny

| Tipus de terreny | Coefficient de rugositat |
|------------------|-------------------------------|
| Gel | 10^{-5} a $3 \cdot 10^{-5}$ |
| Aigua | 10^{-4} a $3 \cdot 10^{-4}$ |
| Herba | 10^{-3} a 10^{-2} |
| Terreny rocós | 10^{-2} a $5 \cdot 10^{-2}$ |
| Pastures | 0,1 a 0,3 |
| Suburbis | 0,5 a 1 |
| Boscós | 0,1 a 1 |
| Ciutats | 1 a 5 |

A la següent taula es mostren els resultats del càlcul del paràmetre α segons la naturalesa del terreny.

Taula 18. Paràmetre α en funció de la rugositat

| Tipus de terreny | Paràmetre α |
|------------------|--------------------|
| Gel | 0,070 a 0,076 |
| Aigua | 0,084 a 0,092 |
| Herba | 0,104 a 0,136 |
| Terreny rocós | 0,136 a 0,175 |
| Pastures | 0,199 a 0,255 |
| Suburbis | 0,293 a 0,367 |
| Boscós | 0,199 a 0,367 |
| Ciutats | 0,367 a 0,897 |

S'ha tingut en compte una rugositat de 0,21. Llavors a una altura de 78 m obtindrem una velocitat de 10,58m/s.

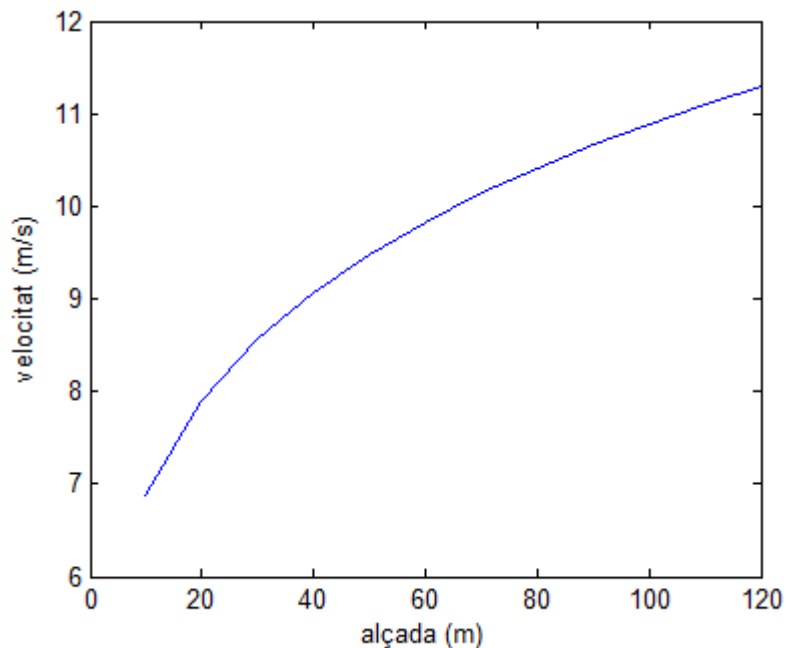


Figura 6. Gràfic de la variació del vent amb l'alçada

Partint de la base que s'utilitzarà l'aerogenerador Gamesa 2.0 G87-2.0 [MW] 50/60Hz, calculem la potència:

$$P = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^{3\alpha} \quad (6)$$

C_p = paràmetre propi de cada aerogenerador segons el vent mitjà, no major a 16/27 (límit de Betz)

ρ = densitat de l'aire: 1,225kg/m³ per defecte

A = area escombrada per les pales. En diàmetre és 87m

v = velocitat mitjana a l'atura on es troba el rotor, segons dades recurs eòlic.

La potència calculada és de 1684,12kW. El valor és major de 1500kW i menor a 2000kW, per tant, l'aerogenerador utilitzat de 2MW és correcte.

1.6.4. Energia generada pel sistema

Per tal de saber el valor teòric de l'energia produïda anualment utilitzarem una fórmula aproximada:

$$E = \text{Hores} \cdot \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (7)$$

Hores = Nombre d'hores anuals de funcionament del aerogenerador

C_p = paràmetre propi de cada aerogenerador, no major a 16/27 (límit de Betz)

ρ = densitat de l'aire: 1,225kg/m³ per defecte

A = àrea escombrada per les pales

v = velocitat mitjana a l'atura on es troba el rotor

En el nostre cas els valors són els següents:

- Hores=2700
- $C_p=0,391$
- Area pales= $\pi \cdot (87/2)^2=5944,68\text{m}^2$
- Velocitat mitjana(10m)=6.87m/s
- Velocitat mitjana(78m)= 10,58 m/s

L'energia obtinguda anualment per un aerogenerador és 4547,13 MWh i la corresponent a tot el parc, 22 aerogeneradors, és 100036,86 MWh.

1.7. Instal·lació d'interconnexió

Les instal·lacions d'interconnexió del parc eòlic són:

- Instal·lació elèctrica de baixa tensió:
Formada pels conductors que uneixen el generador amb el transformador de BT/MT i pel propi transformador.
- Xarxa de mitja tensió:
Formada pels conductors de 30 kV que uneixen entre si el aerogeneradors i amb la subestació.
- Subestació:
On es troba el transformador de MT/AT.

1.7.1. Instal·lacions de BT/MT

La instal·lació elèctrica de baixa tensió la componen els circuits de potència (línies entre generador i transformador) i els circuit de control i serveis auxiliars.

En tota la instal·lació elèctrica de baixa tensió els conductors compliran les següents condicions:

- Els conductors seran de coure o alumini, aïllats, i amb una tensió assignada de 0,6/1kV.
- Els cables seran no propagadors d'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

- La secció dels cables serà uniforme en tot el seu recorregut.
- La màxima caiguda de tensió serà de 1,5%.

La instal·lació principal de Baixa Tensió és la línia que uneix la sortida del generador ubicat a la gòndola, amb l'entrada del transformador de BT/MT.

La línia entre generador-transformador estarà dividida en dos trams, la línia que uneix el generador amb l'armari de control de la maquina (ubicat a la gòndola) i la línia que uneix el quadre de control de la maquina amb el transformador que discorrerà per la torre de l'aerogenerador.

Els conductors a instal·lar seran de coure, tensió nominal 0,6/1 kV, aïllament de polietilè reticulat (XLPE), coberta de policlorur de vinil (PVC).

Per a la línia de connexió del generador amb l'armari de control de la maquina es determina la instal·lació de quatre conductors per fase de 300 mm² sobre bandeja perforada.

La connexió entre l'armari de control de la maquina i el transformador es realitzarà mitjançant 6 conductors per fase de 185 mm² instal·lats sobre bandeja perforada. S'utilitza una secció normalitzada de 185 mm² per tal d'oferir menor resistència al moviment de la gòndola.

1.7.2. Instal·lacions de MT/AT

S'instal·la a l'interior de la torre de cada aerogenerador un centre de transformació amb un nivell d'aïllament de 36 kV, que conte un transformador trifàsic BT/MT i les corresponents celes de mitja tensió.

El transformador serà de tipus sec encapsulat, amb una relació de transformació de 0,69/30 kV, connexió triangle estrella Dy11, i una potencia 2100 kVA segons els càlculs realitzats.

El transformador escollit és del fabricant ABB i les seves característiques es presenten a continuació:

Taula 19. Característiques del transformador.

| | |
|------------------------------------|-------|
| POTENCIA NOMINAL (Sr) KVA | 2100 |
| Pèrdues en buit (Po) W | 5000 |
| Pèrdues de carrega (Pk) 75°C W | 18900 |
| Pèrdues de carrega (Pk) 120°C W | 21000 |
| Impedància en curtcircuit % | 8 |
| Nivell de potència sonora (LWA) dB | 78 |
| Longitud (A) mm | 2120 |
| Amplada (B) mm | 1150 |
| Altura (H) mm | 2280 |
| Pes Kg | 5200 |
| Distancia entre rodes (E) mm | 820 |
| Diàmetre de les rodes mm | 200 |
| Diàmetre de les rodes mm | 70 |

La instal·lació elèctrica de mitja tensió la formen els conductors que uneixen els aerogeneradors entre si i a la subestació del parc.

La distribució elèctrica de mitja tensió del parc es presenta a continuació:

- Circuit I: Línia que uneix l'aerogenerador 8 amb la subestació.
- Circuit II: Línia que uneix l'aerogenerador 9 amb la subestació.
- Circuit 1-2, circuit 2-3, circuit 3-4, circuit 4-5, circuit 5-6, circuit 6,7 circuit 7-8: Línies que uneixen els aerogeneradors aigües avall de l'aerogenerador 8.
- Circuit 9-10, circuit 10-11, circuit 11-12, circuit 12-13, circuit 13-14, circuit 14-15, circuit 15-16, circuit 16-17, circuit 17-18, circuit 18-19, circuit 19-20, circuit 20-21, circuit 21-22: Línies que uneixen els aerogeneradors aigües avall de l'aerogenerador 9

La xarxa de mitja tensió esta formada per conductors reglamentaris per a una tensió nominal de 30 kV.

La xarxa dissenyada és de categoria A de manera que el sistema es desconnecta en un temps inferior a 1 segon en cas de defecte a terra en qualsevol fase, pel que el cable a emprar serà de 18/30 kV de nivell d'aïllament.

Els conductors a utilitzar seran d'alumini RHZ1 18/30 kV i de seccions normalitzades 150, 240 i 400 mm² segons l'apartat corresponent del document de càlculs.

S'utilitzen conductors del fabricant Pirelli tipus Voltalene amb les següents característiques:

- Conductors unipolars d'alumini
- Aïllament de polietilè reticulat (XLPE)
- Cable apantallat
- Coberta exterior de VEMEX
- 18/30 kV de tensió nominal

La màxima caiguda de tensió en els conductors de mitja tensió serà del 5%.

Les canalitzacions de xarxa de Mitja Tensió tindran una profunditat de 1 metre. Seguiran el traçat més rectilini possible i es tindran en compte els radis mínims de curvatura que poden suportar els cables sense deteriorar-se.

La rasa tindrà l'amplada suficient per a permetre el treball d'un home. Sobre el fons de la rasa es col·locarà una capa de sorra o d'un material amb característiques equivalents d'espessor mínim de 5cm. Per sobre del cable es disposarà d'una altra capa de sorra de 10cm d'espessor. Per la rasa també recorrerà el conductor d'unió de les terres dels aerogeneradors.

Els cables de mitja tensió s'instal·laran en tub de polietilè d'alta densitat i doble paret, llisa la interior i corrugada la exterior, de 200 mm de diàmetre, i s'instal·laran les tres fase per un sol tub.

La subestació d'interconnexió de la xarxa de mitja tensió del parc eòlic amb la xarxa d'alta tensió de la companyia serà del tipus mixt interior-intempèrie, prevista per a ampliacions futures. La seva composició és:

- Cables o embarrats de MT
- Cel·les de MT
- Transformador AT/MT
- Aparellatge de AT

El transformador de MT/AT adequa la tensió de sortida del parc eòlic a la de la xarxa elèctrica a la qual es connecta.

Tindrà les següents característiques elèctriques:

- Potència 50 MVA
- Relació de transformació 132/30 kV
- Connexió estrella-triangle Yd11
- Submergit en dielèctric líquid

En la posició del transformador es disposarà amés de 3 parallamps unipolars de 132 kV i 3 parallamps unipolars de 30 kV.

1.7.3. Sistemes de protecció

Els conductors que uneixen el generador situat a la gòndola amb el transformador de potencia situat a la base de l'aerogenerador es protegeixen mitjançant un interruptor automàtic de caixa modelada amb bloc de protecció diferencial inclòs. Es situa al quadre de protecció situat a la base. Per a la protecció del generador es determina la instal·lació d'un interruptor automàtic situat al quadre de protecció i comandament de la maquina a la gòndola.

Pel dimensionament d'aquestes proteccions es tenen en compte les següents premisses:

- La intensitat nominal de l'aerogenerador es de 1673,5A
- La tensió nominal és de 690V.
- El valor del corrent simètric de tall és de 26405,13A

Així es determina el mateix element per a la protecció a la sortida de generador i a la entrada del transformador:

Compact NS2000 del fabricant Merlin Gerin amb les següents característiques:

Taula 20. Rendibilitat projecte(€)

| Intensitat nominal (A) | Tensió nominal (V) | Poder de tall (kA) |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| 2000 | 690 | 75 |

Les cel·les escollides per a la protecció de mitja tensió a l'interior dels aerogeneradors són les celes DVCAS del fabricant MESA (Manufacturas Electricas S.A.). Es selecciona aquest model de cel·les pel següent:

- Les cel·les són compactes i de mida reduïda, el que facilita la seva instal·lació en un espai reduït com és la base de l'aerogenerador.
- L'accés frontal a les cabines permet que estiguin instal·lades contra la paret (respectant unes distàncies mínimes), el que representa una reducció del espai requerit front als equips que necessiten passadís per accés posterior.

Les característiques generals d'aquestes cel·les són:

Taula 21. Característiques de les cel·les de MT

| | |
|--|------|
| Freqüència (Hz) | 50 |
| Tensió nominal (kV) | 36 |
| Nivell d'aïllament | |
| A freqüència industrial (kV) | 70 |
| A onda de xoc tipus raig (BIL-kV) | 170 |
| Nivell de potència sonora (LWA) dB | 81 |
| Intensitat nominal embarrat principal (A) | 630 |
| Intensitat nominal de curta duració (kA/s) | 20/3 |
| Intensitat nominal de tall de curtcircuit (kA) | 20 |
| Capacitat de tall contra curtcircuit (kA cresta) | 50 |
| Resistència front arcs interns IAC AFL (kA/1s) | 20 |
| Aïllament elèctric | SF6 |

L'elecció de les cel·les a instal·lar dependrà en cada cas de la posició de l'aerogenerador a la xarxa de mitja tensió:

- Aerogenerador intermedi:

En el cas d'aquest aerogeneradors per a la protecció del transformador i de la xarxa de mitja tensió s'utilitza el muntatge de cel·les denominat 1L+1A+0L, és a dir, una cel·la d'entrada de línia de l'aerogenerador anterior, una cel·la de protecció del transformador i una cel·la de sortida de línia a l'aerogenerador posterior.

Les cel·les d'entrada de línia 1L tenen els següents components:

- Bastidor metàl·lic

- Compartiment de mecanismes de comandament:
 - o Comandament del interruptor-seccionador
 - o Motor per el comandament
- Compartiment de cables de MT:
 - o Pasatapes per a connexió de cables
- Cuba estanca d'acer inoxidable:
 - o Embarrat
 - o Interruptor-seccionador de tres posicions

Les cel·les moduls de protecció 1A es componen de:

- Bastidor metàl·lic
- Compartiment de mecanismes de comandament i relés:
 - o Comandament del seccionador
 - o Comandament de l'interruptor automàtic
 - o Relè de protecció
- Compartiment de cables de MT:
 - o Pasatapes per a connexió de cables
 - o Tres sensors d'intensitat de fase
- Cuba estanca d'acer inoxidable:
 - o Embarrat
 - o Seccionador de tres posicions
 - o Interruptor automàtic

Les cel·les de sortida de línia OL esta formades per:

- Bastidor metàl·lic
- Detectores de presencia de tensió
- Compartiment de cables de MT:
 - o Pasatapes per a connexió de cables
 - o Brides per a subjecció del cables de MT
- Aerogenerador final de línia:

Per els aerogeneradors de final de línia es segueix l'esquema 1A+OL, és a dir, una cel·la de protecció del transformador amb les característiques exposades anteriorment i una cel·la de sortida de línia.

Les cel·les de mitja tensió de la subestació seran del fabricant MESA (Manufacturas Electricas S.A.) igual que les pertanyents als centres de transformació de cada aerogenerador. Les cel·les a instal·lar són:

- Dues cel·les de protecció de línia
- Una cel·la de protecció del transformador
- Una cel·la de mesura

Cadascuna de les cel·les de protecció de línia esta formada per:

- 1 interruptor automàtic de 630A, 25kA
- 1 seccionador tripolar amb posta a terra 630A
- 3 transformadors d'intensitat
- 1 transformador d'intensitat toroïdal
- Relés per a la realització de les funcions sobre els seus respectius interruptors

La cel·la de protecció del transformador esta formada per:

- 1 interruptor tripolar de 1250A
- 1 seccionador tripolar amb posta a terra 1250A
- 3 transformadors d'intensitat
- 3 transformadors de tensió

La cel·la de mesura la constituïran 3 transformadors de tensió, emprats per a mesures de la subestació.

L'aparellatge d'alta tensió serà del tipus convencional, per a servei en exterior.

Constarà de les següents posicions:

- Una posició de línia
- Una posició de protecció del transformador
- Una posició de barres

La posició de línia esta formada per:

- 1 interruptor automàtic de 1250A, 25kA
- 1 seccionador de 1250A
- 3 transformadors d'intensitat
- 3 transformadors de tensió

La protecció del transformador la forma:

- 1 interruptor tripolar de 630A, 25kA

- 1 seccionador tripolar de 630A amb posta a terra
- 1 transformador d'intensitat toroïdal

La posició de barres consta de:

- 3 transformadors de tensió

1.8. Condicions d'accés a la xarxa

Els procediments per a l'accés i la connexió a la xarxa de transport d'instal·lacions de generació, consum o distribució s'estableixen en el Reial Decret 1955/2000, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica. Els aspectes tècnics d'aquests procediments es desenvolupen en els procediments d'operació PO 12.1 i P.O. 02/12 publicats al BOE de 2005.03.01.

Per a l'accés a la xarxa de transport, l'agent (productor, distribuïdor o consumidor qualificat, directament o a través del comercialitzador) ha de fer la seva sol·licitud a Red Eléctrica, com a operador del sistema i gestor de la xarxa de transport, independentment de l'empresa transportista que sigui propietària del nus en el qual es demana accés.

Per a l'accés a la xarxa de distribució, l'agent es dirigirà al gestor de la xarxa de distribució de la zona en què es demana accés. El gestor de la xarxa de distribució remetrà aquest accés a Red Eléctrica, quan pugui constituir una afecció significativa sobre la xarxa de transport (amb caràcter general, quan la sol·licitud correspongui a generadors o agrupacions d'aquests amb potència instal·lada major de 50 MW la injecció a la xarxa de transport es realitza a través del mateix nus).

Un cop rebuda la documentació completa, Red Eléctrica analitzarà l'acceptabilitat de l'accés demanat.

1.9. Obra civil

Tot i no sent objecte del projecte dur a terme l'estudi de l'obra civil es descriuen breument les característiques de l'obra civil que s'ha de disposar per a la realització del parc.

1.9.1. Descripció del recinte

L'obra civil d'un parc eòlic es necessària per adequar les instal·lacions a l'entorn on es projecte el parc, i es realitza amb especial èmfasis per a garantir les necessitats tècniques de la instal·lació.

S'inclourà en l'obra civil:

- Accessos i vials interiors del parc:

l'accés al parc eòlic es realitzarà a partir de la infraestructura viària ja existent.

Els vials interiors del parc tindran una amplada mínima de 5 metres, amb una base de grava de 20 cm espessor. Als laterals dels vials es col·loquen canalitzacions pel drenatge.

- Cimentacions i plataformes de muntatge:

La plataforma de muntatge anirà ubicada al costat de cada aerogenerador, formant una zona condicionada per a la col·locació dels medis d'elevació necessaris pel muntatge de l'aerogenerador.

Les plataformes son típicament en forma rectangular amb unes dimensions tipus de 40 x 30 m.

La cimentació de cada aerogenerador consistirà en una sabata de formigó massís de dimensions adequades, sobre la que es construirà un pedestal també de formigó massís.

- Canalitzacions:

Les canalitzacions pels conductors d'interconnexió del parc dependran de les especificacions indicades pel projectista en la descripció de les instal·lacions de Mitja Tensió

- Centre de control i edifici de la subestació:

Les característiques del centre de control i de l'edifici de la subestació quedaran marcades per les necessitats en cada cas depenent del transformador a instal·lar a la subestació i les seves proteccions.

Es d'obligat compliment la construcció de tancaments. El recinte es protegirà amb un tancament metàl·lic que impedeixi l'accés a la subestació

- Xarxa de terres:

La xarxa de terres es descriu en més profunditat a l'apartat següent del present document.

1.9.2. Posta a terra de la instal·lació

En la xarxa de terres es diferencien dues instal·lacions:

- Xarxa de terres de protecció:

A la xarxa de terres de protecció es connecten les parts metàl·liques que normalment no estan sotmeses a cap tensió.

- Xarxa de terres de servei:

Posta a terra d'un element determinat del sistema per a permetre el seu funcionament. Principalment comprèn la posta a terra del neutre del transformador i del parallamps.

Les xarxes de terra de la instal·lació estaran formades per conductor nu enterrat i elèctrodes, i compliran amb les següents consideracions:

- Els conductors seran de coure o acer galvanitzat

- Els elèctrodes (piques) estaran constituïts preferentment per barres de coure amb una longitud mínima de 2 metres.
- Els elements de la instal·lació mantindran les seves característiques inalterables.
- La connexió del conductor de terra amb la presa de terra s'efectuarà de manera que no hi hagi perill de afluïxar-se.
- La secció mínima del conductor principal de la terra de protecció serà de 35mm^2 en coure o de 100mm^2 en acer galvanitzat.
- La secció del conductor de la terra de servei serà de 50mm^2 en coure.

Segons els càlculs realitzats i justificats a l'apartat oportú del següent capítol, la **xarxa de terres dels transformadors de BT/MT** estarà formada per una única terra que farà les funcions de terra de protecció i de servei.

La instal·lació estarà formada per conductor de coure nu de 50mm^2 , situat a una profunditat de 0,8 m, que unirà en un anell de 4x4 m, 4 piques de 6 metres de longitud. Les piques tindran un diàmetre de 14 mm.

Per tal d'evitar l'aparició de tensions de contacte elevades a l'exterior de la instal·lació, les portes i reixes metàl·liques que donen a l'exterior del centre no tindran contacte elèctric algun amb masses conductores que siguin susceptibles de quedar en tensió a causa de defectes o avaries.

En el terra del centre de transformació s'instal·larà una malla electrosoldada amb rodons de diàmetre no inferior a 4 mm formant una retícula no superior a 0,30 m x 0,30 m, per a oferir una superfície equipotencial. Aquesta malla es connectarà com a mínim en dos punts oposats de la posta a terra de protecció del centre.

La malla estarà coberta per una capa de formigó de 10cm com a mínim.

Es connectaran a la xarxa de terres dels transformadors mitjançant cable RV 0,6/1 kV de secció 50mm^2 en coure, tots aquells element metàl·lics, del propi transformador i de l'aerogenerador, que puguin quedar sotmesos a tensió per algun defecte, així com el neutre del transformador.

Totes les xarxes de terres dels aerogeneradors es connectaran entre si mitjançant conductor de coure nu de 50mm^2 de secció, que discorrerà pel fons de la rasa dels conductors de mitja tensió, oferint així una única xarxa equipotencial de terres.

La **xarxa de terres de la subestació** estarà formada per una malla soterrada a una profunditat de 0,8m, mitjançant conductor nu de coure de 120mm^2 .

La malla tindrà una longitud total de conductors de 2000 m segons els càlculs realitzats, amb unes dimensions de 40 m x 50 m.

Es connectaran a la xarxa de terres tots aquells element metàl·lics que puguin quedar sotmesos a tensió per algun defecte com poden ser: envoltant de conjunts d'armaris metàl·lics, portes metàl·liques dels locals, balles i cerques metàl·liques, estructures, canonades i conductes metàl·lics, les carcasses dels transformadors, etc...

CAPÍTOL 2: MEMÒRIA DESCRIPTIVA DELS CÀLCULS JUSTIFICATIUS

Per realitzar el càlcul d'aquest projecte s'ha utilitzat el 'Programa parc eòlic'.

En els següents apartats es mostra el valors d'entrada del programa i els resultat obtinguts.

2.1. Càlculs justificatius dels sistemes de generació

2.1.1. Càlculs justificatius del recurs eòlic

Les dades de vent i direcció son facilitades per Sotavento i corresponen a les mitjanes diàries entre el 13/05/2009 i el 13/05/2010. Introduïm 366 dades, 1 dada diària.

El càlcul es realitza amb el 'Programa parc eòlic', concretament en el cap2pag3. S'hi introdueixen les dades de l'apartat anterior i s'obté les dades següents de direcció i freqüència.

Taula22. Resultat direcció i freqüència del vent

| Direcció | Freqüència |
|----------|------------|
| N | 26 |
| NNE | 13 |
| NE | 30 |
| ENE | 21 |
| ESE | 43 |
| ESE | 28 |
| SE | 13 |
| SSE | 8 |
| S | 22 |
| SSO | 30 |
| SO | 34 |
| SOS | 42 |
| O | 25 |
| ONO | 19 |
| NO | 8 |
| NNO | 4 |

Els programa ens genera la gràfica de la distribució de probabilitat(verd) de Weibull i la seva funció acumulada (blau).

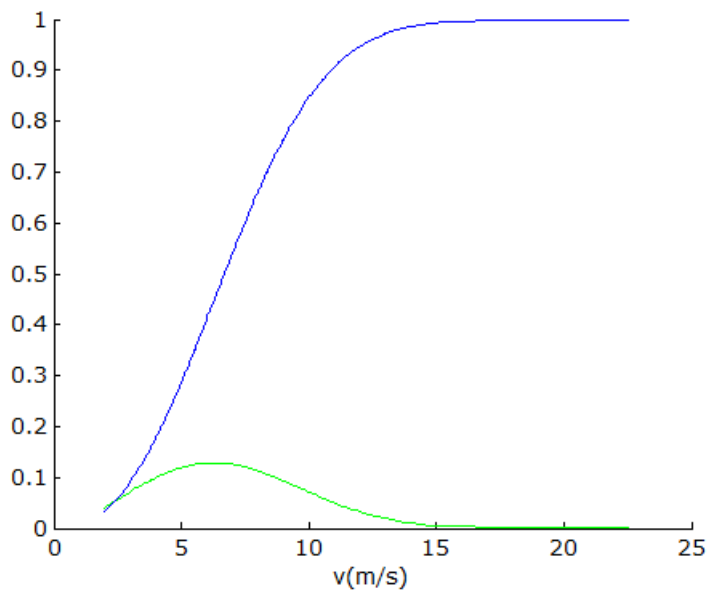


Figura 7. Gràfic distribució de probabilitat i acumulada de Weibull

Els paràmetres obtinguts a 10 m són:

$$k=2,47$$

$$c=7,75$$

$$Vm=6.87$$

La rosa dels vents referent a les direccions obtingudes a 10 m és la següent:

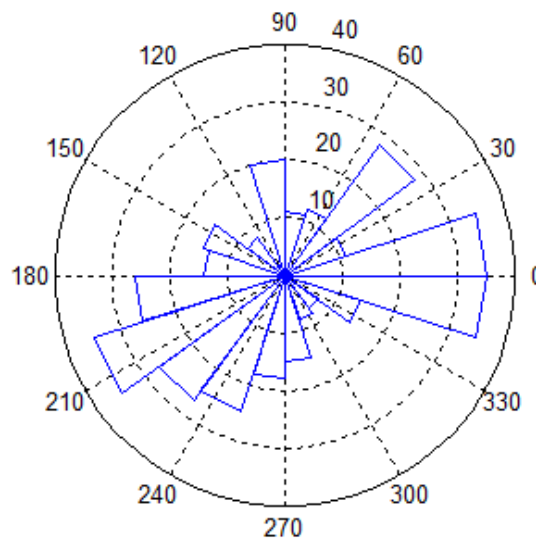


Figura 8. Rosa dels vents

Utilitzem el paràmetre de rugositat de 0,21, per calcular la variació del vent amb l'alçada. El programa obté la taula i la gràfica següents:

Taula 23. Relació altura i velocitat

| Altura | Velocitat (m/s) |
|--------|-----------------|
| 10 | 6,87 |
| 20 | 7,95 |
| 30 | 8,65 |
| 40 | 9,19 |
| 50 | 9,63 |
| 60 | 10,01 |
| 70 | 10,34 |
| 80 | 10,63 |
| 90 | 10,90 |
| 100 | 11,14 |
| 110 | 11,37 |
| 120 | 11,58 |

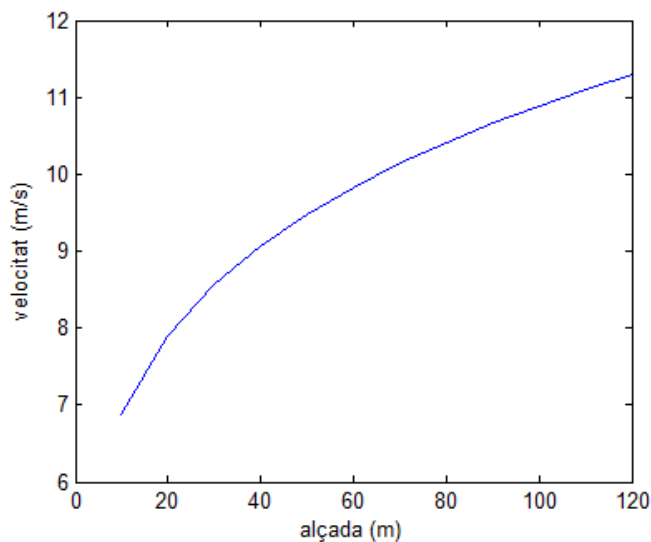


Figura 9. Gràfic de la variació del vent amb l'alçada

2.1.2. Càlculs justificatius de l'aerogenerador

Amb el programa obtenim la velocitat mitja a l'alçada seleccionada , 10,58 m/s

De les característiques de l'aerogenerador obtenim la taula següent:

Taula 24. C_p segons vent mitjà

| Ws[m/s] | C_p |
|---------|-------|
| 4 | 0,337 |
| 5 | 0,398 |
| 6 | 0,426 |
| 7 | 0,440 |
| 8 | 0,446 |
| 9 | 0,443 |
| 10 | 0,420 |
| 11 | 0,370 |
| 12 | 0,307 |
| 13 | 0,248 |
| 14 | 0,200 |
| 15 | 0,163 |
| 16 | 0,134 |
| 17 | 0,112 |
| 18 | 0,094 |
| 19 | 0,080 |
| 20 | 0,069 |
| 21 | 0,059 |
| 22 | 0,052 |
| 23 | 0,045 |
| 24 | 0,040 |
| 25 | 0,035 |

Per interpolació obtenim el valor de Cp:

$$\frac{11-10,58}{0,370-x} = \frac{11-10}{0,370-0,420} \quad (8)$$

Obtenim un valor de Cp=0,391

A partir de:

$$\alpha=0,21$$

$$\text{altura}=78 \text{ m}$$

Obtenim una potència 1684,12kW.

2.2. Càlculs justificatius de les instal·lacions d'interconnexió

La xarxa de potència del parc eòlic esta formada per:

- Instal·lació elèctrica de baixa tensió:
Formada pels conductors que uneixen el generador amb el transformador de BT/MT i pel propi transformador.
- Xarxa de mitja tensió:
Formada pels conductors de 30 kV que uneixen entre si el aerogeneradors i amb la subestació.
- Subestació:
On es troba el transformador de MT/AT.

Per a la determinació de les seccions dels conductors es seguiran els tres criteris reglamentaris:

- Criteri d'intensitat màxima admissible:
La temperatura del conductor del cable, treballant a plena càrrega i en règim permanent, no podrà superar en cap moment la temperatura màxima admissible assignada dels materials utilitzats per l'aïllament del cable. Aquesta temperatura s'especifica a les normes particulars dels cables i acostuma a ser de 70C per a cables amb aïllament termoplàstic i de 90C per a cables amb aïllament termostables.
- Criteri de caiguda de tensió:
La circulació de corrent a través dels conductors, ocasiona una pèrdua de potència transportada pel cable, i una caiguda de tensió o diferència entre les tensions en l'origen i l'extrem de la canalització. Aquesta caiguda de tensió ha de ser inferior als límits marcats pel Reglament en cada part de la instal·lació, per a garantir el funcionament dels receptor alimentats pel cable.

- Criteri de la intensitat de curtcircuit:

La temperatura a la que pot arribar el conductor del cable, com a conseqüència d'un curtcircuit o sobreintensitat de curta durada, no pot sobrepassar la temperatura màxima admissible del cable. Aquesta temperatura s'especifica a les normes particulars dels cables i acostuma a ser de 160C per a cables amb aïllament termoplàstic i 250C per a cables amb aïllament termostable.

2.2.1. Càlculs justificatius de les línies

La línia de baixa tensió que connecta el generador amb el transformador de BT/MT presenta les següents característiques:

- Conductors de coure unipolars.
- Instal·lació en safata perforada amb els conductors en contacte mutu.
- Factor de potència unitari per la regulació de la bateria de condensadors.
- Tensió nominal 0,6/1 kV.
- Aïllament XLPE.
- Temperatura a l'aire (màxima): 50°C.

Com s'ha esmentat a la memòria la línia entre generador-transformador es troba dividida en dos trams:

- 1) Línia entre generador i armari de control

Te una longitud de 5 m i es determina la secció màxima per a instal·lar el menor numero de conductors per fase.

- 2) Línia entre armari de control i transformador

La línia entre l'armari de control de la maquina i el transformador discorre per la torre de l'aerogenerador de manera que a d'oferir una major flexibilitat degut al moviment de la torre. Per això es determina de tal manera que la secció dels conductors no superi els 185 mm². Es considera una longitud de 80 m.

El corrent nominal del generador en els dos trams es calcularà mitjançant:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi} \quad (9)$$

I_n = Intensitat nominal (A)

V_n = Tensió nominal (V)

P_n = Potència nominal (W)

$\cos\varphi$ = Factor de potència

Segons ITC-BT-07 es determina un factor de correcció per temperatura de 0,90, i segons ITC-BT-40 es determina un sobredimensionament de la instal·lació de 125%.

Es determina la caiguda de tensió en cada tram:

$$\Delta V_{III} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (10)$$

R = resistència del conductor a 90°C (Ω/Km)

X = reactància del conductor (Ω/Km)

L = longitud (Km)

I = intensitat (A)

La màxima caiguda de tensió a la línia, segons ITC-BT-40 serà de 1,5% es a dir 10,35V.

La secció mínima segons el corrent de curtcircuit i el temps d'actuació de les proteccions:

$$s = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{37841,7 \cdot \sqrt{0,5}}{142} = 188,4 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

La constant K per a conductors de coure és 142.

Quadre resum amb els resultats dels càlculs:

Taula 25. Conductors baixa tensió

| Circuit | Potència (kW) | Intensitat nominal (A) | Secció (mm ²) | I _{max} (A) | Longitud (km) | ΔV (V) | Pèrdues (kW) |
|---------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|----------------|--------------|
| BT-1 | 2000 | 2091,85 | 4X300 | 2268 | 0,005 | 0,27 | 0,99 |
| BT-2 | 2000 | 2091,85 | 6X185 | 2241 | 0,08 | 4,79 | 17,35 |

La xarxa de mitja tensió la componen els conductors entre els aerogeneradors i la subestació. La distribució de la xarxa és la següent:

- Circuit I: Línia que uneix l'aerogenerador 8 amb la subestació.
- Circuit II: Línia que uneix l'aerogenerador 9 amb la subestació.
- Circuit 1-2, circuit 2-3, circuit 3-4, circuit 4-5, circuit 5-6, circuit 6,7 circuit 7-8: Línies que uneixen els aerogeneradors aigües avall de l'aerogenerador 8.
- Circuit 9-10, circuit 10-11, circuit 11-12, circuit 12-13, circuit 13-14, circuit 14-15, circuit 15-16, circuit 16-17, circuit 17-18, circuit 18-19, circuit 19-20, circuit 20-21, circuit 21-22: Línies que uneixen els aerogeneradors aigües avall de l'aerogenerador 9

S'utilitzaran conductors d'alumini de tensió nominal 18/30 kV, aïllament de polietilè reticulat (XLPE), coberta exterior VEMEX, i de seccions normalitzades:

- 150 mm²
- 240 mm²
- 400 mm²

En els trams que sigui necessari es preveu la instal·lació de dos conductors per fase.

Per a la determinació de la intensitat nominal de cada circuit s'utilitza l'expressió:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi} \quad (12)$$

I_n = Intensitat nominal (A)

V_n = Tensió nominal (V)

P_n = Potència nominal (W)

$\cos\varphi$ = Factor de potència

Les dades facilitades pel fabricant dels conductors es basen en les següents consideracions:

- Instal·lació enterrada (directament o en tub).
- Temperatura del terreny 25 °C
- Una terna de cables unipolars en contacte mutu.
- Resistivitat tèrmica del terreny 1,5 K·m/W.
- Profunditat de la instal·lació 1 m.

Així és necessari aplicar els següents factors de correcció a la intensitat nominal del circuit segons les característiques de la instal·lació:

- Factor de correcció per temperatura 35°C, 0,92.
- Factor de correcció per agrupament de circuits. En el cas que s'instal·lin dos conductors per fase es tindrà en compte un factor de correcció de 0,8.
- Resistivitat tèrmica del terreny 1,5 K·m/W, factor de correcció unitari.
- Profunditat de la instal·lació 1 m, factor de correcció unitari

Es determina la caiguda de tensió de cada circuit:

$$\Delta V_{III} = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos\varphi + X \sin\varphi) \quad (13)$$

R = resistència del conductor a 90°C (Ω/Km)

X = reactància del conductor (Ω/Km)

L = longitud (Km)

I = intensitat (A)

La màxima caiguda de tensió a la xarxa de mitja tensió serà del 5% (1500V).

La secció mínima en les línies de 30 kV segons el corrent de curtcircuit i el temps d'actuació de les proteccions:

$$s = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{7045,5 \cdot \sqrt{0,5}}{93} = 53,57 \text{mm}^2 \quad (14)$$

La constant K per a conductors d'alumini és 93.

Així mateix es calculen les pèrdues de potència mitjançant la següent expressió:

$$P_{PERDUES} = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2 \quad (15)$$

R = Resistència de la línia (Ω/km)

L = Longitud de la línia (km)

I = Intensitat de la línia (A)

A continuació es presenta un quadre resum amb els resultats del càlculs realitzats sobre cada circuit:

Taula 26. Conductors mitja tensió

| Circuit | Potència (kW) | Intensitat nominal (A) | Secció (mm ²) | I _{max} (A) | Longitud (km) | ΔV (V) | ΔV acumulada (V) | Pèrdues (kW) | Pèrdues acumulades (kW) |
|---------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|----------------|--------------------------|--------------|-------------------------|
| I | 16000 | 307,92 | 400 | 381,8 | 0,50 | 27,20 | 358,98 | 14,51 | 149,77 |
| II | 28000 | 538,86 | 2x400 | 610,88 | 0,45 | 21,42 | 332,75 | 19,99 | 167,51 |
| 1-2 | 2000 | 38,49 | 150 | 225,4 | 0,30 | 5,24 | 5,24 | 0,35 | 0,35 |
| 2-3 | 4000 | 76,98 | 150 | 225,4 | 0,30 | 10,48 | 15,72 | 1,40 | 1,75 |
| 3-4 | 6000 | 115,47 | 150 | 225,4 | 0,30 | 15,72 | 31,44 | 3,14 | 4,89 |
| 4-5 | 8000 | 153,96 | 150 | 225,4 | 0,30 | 20,96 | 52,40 | 5,59 | 10,48 |
| 5-6 | 10000 | 192,45 | 150 | 225,4 | 0,30 | 26,20 | 78,60 | 8,73 | 19,21 |
| 6-7 | 2000 | 38,49 | 150 | 225,4 | 0,30 | 5,24 | 83,84 | 0,35 | 19,56 |
| 7-8 | 14000 | 269,43 | 240 | 294,4 | 3,30 | 247,94 | 331,78 | 115,71 | 135,27 |
| 9-10 | 26000 | 500,37 | 2x400 | 610,88 | 0,45 | 19,89 | 311,33 | 17,24 | 147,52 |
| 10-11 | 24000 | 461,88 | 2x240 | 471,04 | 0,30 | 19,32 | 291,44 | 15,46 | 130,28 |
| 11-12 | 22000 | 423,39 | 2x240 | 471,04 | 0,30 | 17,71 | 272,12 | 12,99 | 114,83 |
| 12-13 | 20000 | 384,90 | 2x240 | 471,04 | 0,60 | 32,20 | 254,41 | 21,47 | 101,84 |
| 13-14 | 18000 | 346,41 | 400 | 381,8 | 0,35 | 21,42 | 222,21 | 12,85 | 80,37 |
| 14-15 | 16000 | 307,92 | 400 | 381,8 | 0,33 | 17,95 | 200,79 | 9,57 | 67,52 |
| 15-16 | 14000 | 269,43 | 240 | 294,4 | 0,35 | 26,30 | 182,84 | 12,27 | 57,95 |
| 16-17 | 12000 | 230,94 | 240 | 294,4 | 0,60 | 38,64 | 156,54 | 15,46 | 45,67 |
| 17-18 | 10000 | 192,45 | 150 | 225,4 | 0,60 | 52,40 | 117,90 | 17,47 | 30,22 |
| 18-19 | 8000 | 153,96 | 150 | 225,4 | 0,30 | 20,96 | 65,50 | 5,59 | 12,75 |
| 19-20 | 6000 | 115,47 | 150 | 225,4 | 0,45 | 23,58 | 44,54 | 4,72 | 7,16 |
| 20-21 | 4000 | 76,98 | 150 | 225,4 | 0,45 | 15,72 | 20,96 | 2,10 | 2,45 |
| 21-22 | 2000 | 38,49 | 150 | 225,4 | 0,30 | 5,24 | 5,24 | 0,35 | 0,35 |

2.2.2. Càlculs justificatius dels centres de transformació

El transformador, ubicat a la base de la torre de l'aerogenerador, té una relació de transformació de 0,69/30kV.

La intensitat nominal del secundari es determina:

$$I_{LS} = I_{LP} \cdot \frac{V_{LP}}{V_{LS}} = 1673,47 \cdot \frac{0,69}{30} = 38,49A \quad (16)$$

Per tant, la potencia aparent del transformador:

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{LS} \cdot I_{LS} = \sqrt{3} \cdot 30000 \cdot 38,49 = 2000kVA \quad (17)$$

La potencia aparent normalitzada del transformador serà de

| |
|----------|
| 2100 kVA |
|----------|

2.2.3. Càlculs justificatius de la subestació

Els càlculs relatius a la subestació es centren en la determinació de la potencia aparent del transformador.

El transformador de MT/AT serà del tipus submergit en dielèctric líquid, amb una relació de transformació de 30/132 kV i una connexió Yd11.

La intensitat nominal del secundari es determina:

$$I_{LS} = I_{LP} \cdot \frac{V_{LP}}{V_{LS}} = 846,78 \cdot \frac{30}{132} = 192,45A \quad (18)$$

Per tant, la potencia aparent del transformador:

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{LS} \cdot I_{LS} = \sqrt{3} \cdot 132000 \cdot 192,45 = 43999,98kVA \quad (19)$$

La potencia aparent normalitzada del transformador serà de

| |
|--------|
| 50 MVA |
|--------|

2.2.4. Càlculs justificatius dels corrents de curtcircuit

Per a l'estudi del curtcircuit als diferents nivells de tensió de la instal·lació es partiran de les següents dades inicials:

- Potencia de curtcircuit de la xarxa a la que es connecta el parc:

$$S_{kQ} = 500MVA \quad (20)$$

- Tensió de curtcircuit dels transformadors 30/690 kVA:

$$\varepsilon_{cc30/0,69kV} = 0,06 \quad (21)$$

- Tensió de curtcircuit del transformador de la subestació:

$$\varepsilon_{ccsubestación} = 0,12 \quad (22)$$

- Els generadors asíncrons es tractaran com a motors asíncrons per als càlculs del curtcircuit.
- Les impedàncies de tots els conductors de la instal·lació es consideren com a nul·les. D'aquesta manera el càlcul de corrent de curtcircuit oferirà un valor lleugerament sobredimensionat ja que la impedància del sistema serà menor a la real al no considerar la impedància dels conductors.

Esquema general simplificat és el següent:

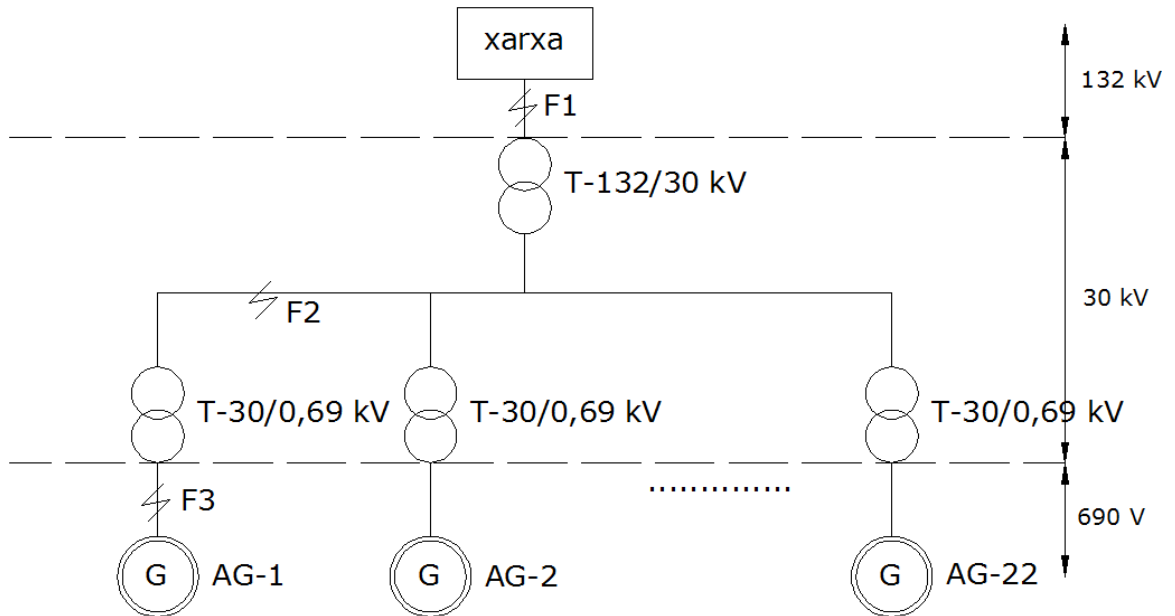


Figura 10. Esquema general simplificat

Impedàncies del sistema:

Xarxa

La impedància de la xarxa a la que es connecta el parc es determina:

$$|Z_{xarxa}| = c \cdot \frac{U_{nQ}^2}{S_{kQ}} \quad (23)$$

c = Factor de tensió. Per a nivells d'alta tensió el seu valor és 1,1

U_{nQ} = Tensió nominal (V)

S_{kQ} = Potència aparent de la xarxa (VA)

Per a calcular R_{xarxa} i X_{xarxa} es té en compte:

$$X_{xarxa} = 0,995Z_{xarxa} \quad (24)$$

$$R_{xarxa} = 0,1X_{xarxa} \quad (25)$$

Els resultats per als diferents nivells de tensió són:

$$Z_{xarxa132kV} = 3,814 + j38,138\Omega \quad (26)$$

$$Z_{xarxa30kV} = 0,197 + j1,97\Omega \quad (27)$$

$$Z_{xarxa690V} = 1,042 \cdot 10^{-4} + j1,042 \cdot 10^{-3}\Omega \quad (28)$$

Transformador de la subestació

$$|Z_{Tsub}| = \frac{U_{kr}}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (29)$$

$$|R_{Tsub}| = \frac{U_{Rr}}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (30)$$

U_{kr} = Tensió de curtcircuit del transformador (12%)

U_{Rr} = Tensió resistiva de curtcircuit del transformador (pèrdues de curtcircuit 0,6%)

U_{rT} = Tensió nominal (V)

S_{rT} = Potència aparent del transformador (50MVA)

Resultats obtinguts:

$$Z_{Tsub132kV} = 2,09 + j41,82\Omega \quad (31)$$

$$Z_{Tsub30kV} = 0,108 + j2,16\Omega \quad (32)$$

$$Z_{Tsub690V} = 5,7 \cdot 10^{-5} + j1,143 \cdot 10^{-3}\Omega \quad (33)$$

Transformador principal de l'aerogenerador

Es segueix la mateixa expressió utilitzada en el transformador de la subestació tenint present que en aquest cas la tensió de curtcircuit del transformador es 6%, i la potencia es de 2100kVA.

Resultats obtinguts:

$$Z_{Tpa132kV} = 49,78 + j497,83\Omega \quad (34)$$

$$Z_{Tpa30kV} = 2,57 + j25,7\Omega \quad (35)$$

$$Z_{Tpa690V} = 1,36 \cdot 10^{-3} + j0,0136\Omega \quad (36)$$

Generador

Com s'ha expressat a la introducció els generadors asíncrons es tracten com a motor asíncrons. La impedància dels motors asíncrons es determina:

$$|Z_G| = \frac{I_{NM}}{I_{aM}} \cdot \frac{U_{NM}^2}{S_{NM}} \quad (37)$$

I_{NM} = Intensitat nominal del motor (A)

I_{aM} = Corrent inicial d'arrencada del motor (A)

U_{NM} = Tensió nominal del motor (V)

S_{NM} = Potència aparent del motor (VA)

Es segueixen les següents relacions:

$$\frac{I_{aM}}{I_{NM}} = 3 \quad (38)$$

$$R_G = 0,1X_G \quad (39)$$

$$X_G = 0,995Z_G \quad (40)$$

Resultats obtinguts:

$$Z_{G132kV} = 288,95 + j2889,5\Omega \quad (41)$$

$$Z_{G30kV} = 14,925 + j149,25\Omega \quad (42)$$

$$Z_{G690V} = 7,895 \cdot 10^{-3} + j0,07895\Omega \quad (43)$$

El curtcircuit a nivell de tensió **690 V** correspon al defecte F3 a la figura 10.

Al depreciar la impedància dels conductors el càlcul és anàleg per a tots els aerogeneradors.

Impedàncies del sistema a 690 V

- Xarxa

$$Z_{xarxa690V} = 1,042 \cdot 10^{-4} + j1,042 \cdot 10^{-3}\Omega \quad (44)$$

- Transformador de la subestació

$$Z_{Tsub690V} = 5,7 \cdot 10^{-5} + j1,143 \cdot 10^{-3}\Omega \quad (45)$$

- Transformador principal de l'aerogenerador

$$Z_{Tpa690V} = 1,36 \cdot 10^{-3} + j0,0136\Omega \tag{46}$$

- Generador

$$Z_{G690V} = 7,895 \cdot 10^{-3} + j0,07895\Omega \tag{47}$$

Esquema equivalent

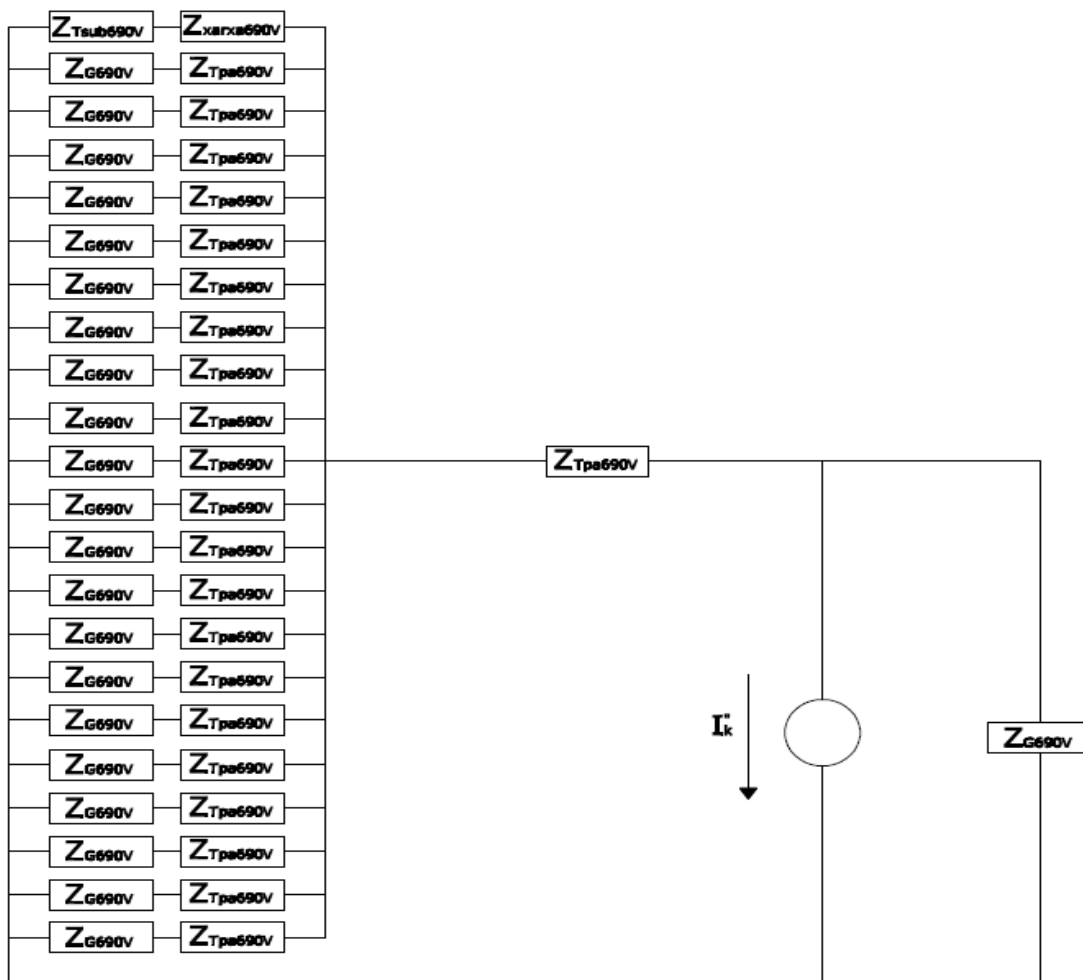


Figura 11. Esquema general simplificat

Font de tensió equivalent

En el punt on es produeix el curtcircuit es col·loca una font de tensió equivalent de valor:

$$\frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}} = \frac{1,05 \cdot 690}{\sqrt{3}} = 418,29V \tag{48}$$

El factor de tensió (c) per a baixa tensió és 1,05.

Corrent inicial simètric de curtcircuit

Es calcula la impedància resultant del circuit equivalent i es divideix pel valor de la font de tensió per a obtenir el corrent inicial simètric de curtcircuit.

El valor de la impedància és:

$$Z_{eq} = 1,088 \cdot 10^{-3} + j0,011 \Omega \quad (49)$$

El resultat del corrent inicial simètric de curtcircuit és:

$$I_k'' = 3724,71 - j37657,95 = 37841,7 \angle -84,4^\circ \text{ A} \quad (50)$$

Corrent màxim asimètric de curtcircuit

Es calcula realitzant el sumatori dels corrents asimètrics del diversos components de la instal·lació.

L'aportació de la xarxa i el transformador de la subestació es calcula:

$$I_{sxt} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kxt}'' = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot (1588,1 - j21525,85) = 4491,8 - j60884,3 \text{ A} \quad (51)$$

x=2 per a X/Z=0,05

L'aportació del generador:

$$I_{sG} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kG}'' = 1,75 \cdot \sqrt{2} \cdot (524,57 - j5245,7) = 1298,24 - j12982,4 \text{ A} \quad (52)$$

x=1,75 per a motors on R/X=0,10

Del altres 21 generadors:

$$I_{saerg} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kaerog}'' = 1,75 \cdot \sqrt{2} \cdot (51,84 - j518,22) = 128,297 - j1282,53 \text{ A} \quad (53)$$

El resultat final del corrent màxim asimètric de curtcircuit és:

$$I_s = I_{sxt} + I_{sG} + 21 \cdot I_{sarg} = 8484,28 - j100799,8 = 101156,24 \angle -85,19^\circ \text{ A} \quad (54)$$

Corrent simètric de tall

Es calculen les aportacions del diversos equips per a, posteriorment, realitzar el sumatori i obtindre el valor del corrent simètric de tall.

L'aportació de la xarxa i el transformador de la subestació es calcula:

$$I_{axt} = I_{kxt}'' = 1588,1 - j21525,85 \text{ A} \quad (55)$$

L'aportació del generador:

$$I_{aG} = \mu \cdot q \cdot I_{kG}'' = 0,85 \cdot 0,35 \cdot (524,57 - j5245,7) = 156,059 - j1560,59 \text{ A} \quad (56)$$

μ=0,85 per a I_k/I_N=2,5 i t>0,25s

q=0,35 per a motors de 2MW.

Dels altres 21 generadors:

$$I_{aaerg} = \mu \cdot q \cdot I_{kaerog}'' = 0,85 \cdot 0,35 \cdot (51,84 - j518,22) = 15,42 - j154,17 A \quad (57)$$

El resultat final del corrent simètric de tall és:

$$I_a = I_{axt} + I_{aG} + 21 \cdot I_{aarg} = 2068,03 - j26324,02 = 26405,13 \angle -85,5^\circ A \quad (58)$$

El curtcircuit a nivell de tensió **30 kV** correspon al defecte F2 a la figura 10.

Impedàncies del sistema a 30 kV

- Xarxa

$$Z_{xarxa30kV} = 0,197 + j1,97\Omega \quad (59)$$

- Transformador de la subestació

$$Z_{Tsub30kV} = 0,108 + j2,16\Omega \quad (60)$$

- Transformador principal de l'aerogenerador

$$Z_{Tpa30kV} = 2,57 + j25,7\Omega \quad (61)$$

- Generador

$$Z_{G30kV} = 14,925 + j149,25\Omega \quad (62)$$

Esquema equivalent

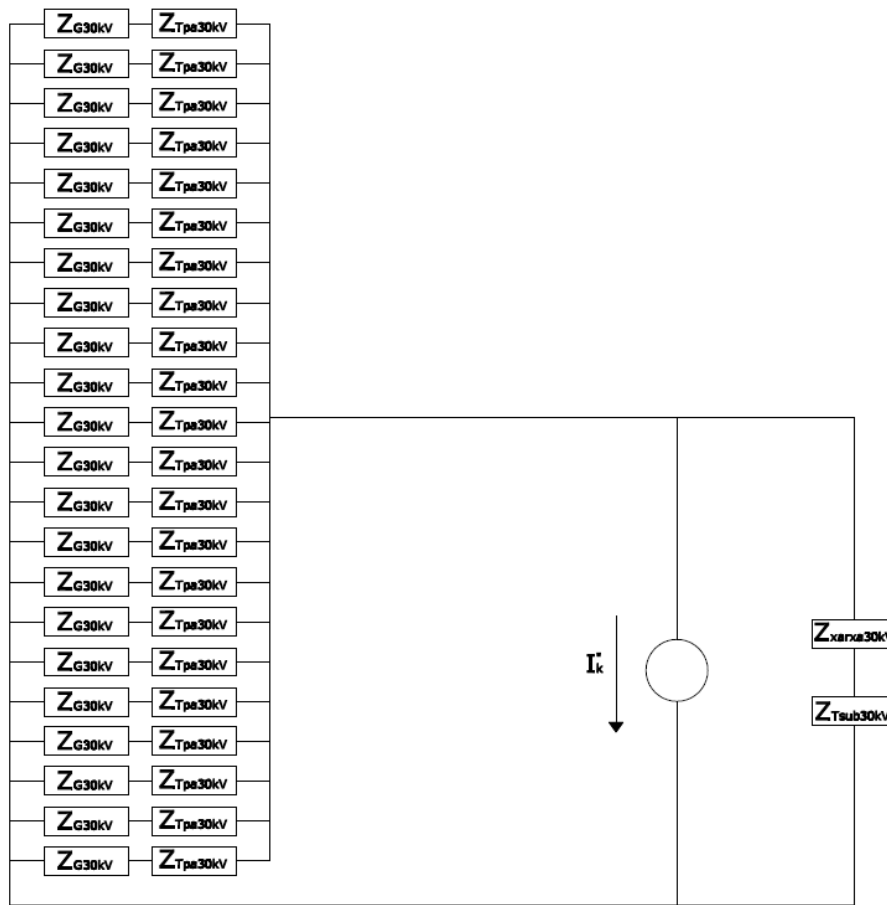


Figura 12. Esquema general simplificat

Font de tensió equivalent

En el punt on es produeix el curtcircuit es col·loca una font de tensió equivalent de valor:

$$\frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}} = \frac{1,1 \cdot 30000}{\sqrt{3}} = 19052,56V \tag{63}$$

El factor de tensió (c) per a alta tensió és 1,1.

Corrent inicial simètric de curtcircuit

El valor de la impedància equivalent en aquest cas és:

$$Z_{eq} = 0,223 + j2,695\Omega \tag{64}$$

Així el valor del corrent simètric de curtcircuit inicial per el nivell de tensió 30 kV és:

$$I_k'' = 581 - j7021,5 = 7045,5 \angle -85,27^\circ A \tag{65}$$

Corrent màxim asimètric de curtcircuit

Es realitza el sumatori de les aportacions dels diversos components per a calcular el corrent màxim asimètric de curtcircuit.

Aportació de la xarxa i el transformador de la subestació:

$$I_{sxt} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{kxt} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot (338,84 - j4588,19) = 958,38 - j12977,36A \quad (66)$$

$x=2$ per a $X/Z=0,05$

Aportació del generador:

$$I_{sG} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{kG} = 1,75 \cdot \sqrt{2} \cdot (11,04 - j110,4) = 27,33 - j273,3A \quad (67)$$

$x=1,75$ per a motors on $R/X=0,10$

El resultat final del corrent màxim asimètric de curtcircuit és:

$$I_s = I_{sxt} + 22 \cdot I_{sG} = 1559,54 - j18988,99 = 19052,9 \angle -85,3^\circ A \quad (68)$$

Corrent simètric de tall

Es calculen les aportacions dels diversos equips per a, posteriorment, realitzar el sumatori i obtenir el valor del corrent simètric de tall.

L'aportació de la xarxa i el transformador de la subestació es calcula:

$$I_{axt} = I''_{kxt} = 338,84 - j4588,19A \quad (69)$$

L'aportació del generador:

$$I_{aG} = \mu \cdot q \cdot I''_{kG} = 0,85 \cdot 0,35 \cdot (11,04 - j110,4) = 3,28 - j32,8A \quad (70)$$

$\mu=0,85$ per a $I_k/I_N=2,5$ i $t>0,25s$

$q=0,35$ per a motors de 2MW.

El resultat final del corrent simètric de tall és:

$$I_a = I_{axt} + 22 \cdot I_{aG} = 411,09 - j5310,76 = 5326,6 \angle -85,57^\circ A \quad (71)$$

El curtcircuit a nivell de tensió **132 kV** correspon al defecte F1 a la figura 10.

Impedàncies del sistema a 132 kV

- Xarxa

$$Z_{xarxa132kV} = 3,814 + j38,138\Omega \quad (72)$$

- Transformador de la subestació

$$Z_{Tsub132kV} = 2,09 + j41,82\Omega \quad (73)$$

- Transformador principal de l'aerogenerador

$$Z_{Tpa132kV} = 49,78 + j497,83\Omega \quad (74)$$

- Generador

$$Z_{G132kV} = 288,95 + j2889,5\Omega \quad (75)$$

Esquema equivalent

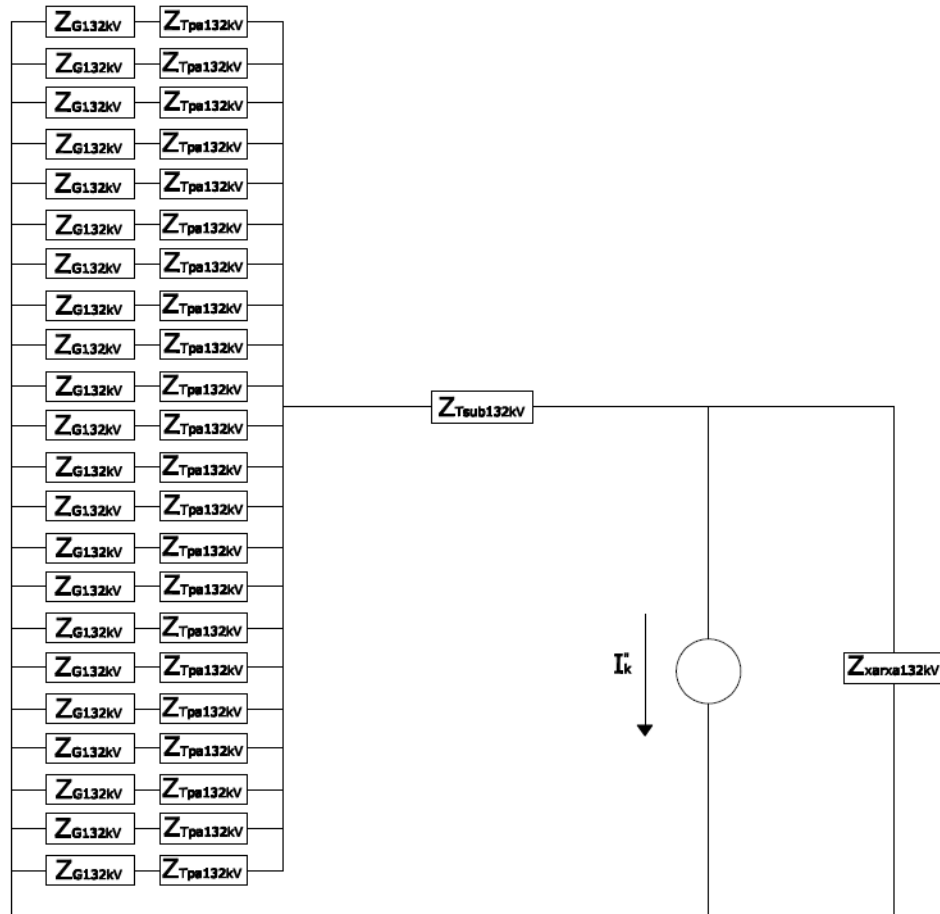


Figura 13. Esquema general simplificat

Font de tensió equivalent

En el punt on es produeix el curtcircuit es col·loca una font de tensió equivalent de valor:

$$\frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}} = \frac{1,1 \cdot 132000}{\sqrt{3}} = 83831,26V \quad (76)$$

Corrent inicial simètric de curtcircuit

El valor de la impedància equivalent en aquest cas és:

$$Z_{eq} = 3,149 + j31,95\Omega \quad (77)$$

Així el valor del corrent simètric de curtcircuit inicial per el nivell de tensió 132 kV és:

$$I_k'' = 256,12 - j2598,58 = 2611,17 \angle -84,37^\circ \text{ A} \quad (78)$$

Corrent màxim asimètric de curtcircuit

Es realitza el sumatori de les aportacions dels diversos components per a calcular el corrent màxim asimètric de curtcircuit.

Aportació de la xarxa:

$$I_{sx} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kxt}'' = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot (217,6 - j2176,33) = 615,47 - j6155,6 \text{ A} \quad (79)$$

Aportació del generador:

$$I_{sG} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I_{kG}'' = 1,75 \cdot \sqrt{2} \cdot (1,965 - j19,65) = 4,86 - j48,63 \text{ A} \quad (80)$$

$x=1,75$ per a motors on $R/X=0,10$

El resultat final del corrent màxim asimètric de curtcircuit és:

$$I_s = I_{sx} + 22 \cdot I_{sG} = 722,46 - j7225,48 = 7261,5 \angle -84,3^\circ \text{ A} \quad (81)$$

Corrent simètric de tall

Es calculen les aportacions del diversos equips per a, posteriorment, realitzar el sumatori i obtindre el valor del corrent simètric de tall.

L'aportació de la xarxa es calcula:

$$I_{ax} = I_{kxt}'' = 217,6 - j2176,33 \text{ A} \quad (82)$$

L'aportació del generador:

$$I_{aG} = \mu \cdot q \cdot I_{kG}'' = 0,85 \cdot 0,35 \cdot (1,965 - j19,65) = 0,55 - j5,5 \text{ A} \quad (83)$$

$\mu=0,85$ per a $I_k/I_N=2,5$ i $t>0,25\text{s}$

$q=0,35$ per a motors de 2MW.

El resultat final del corrent simètric de tall és:

$$I_a = I_{ax} + 22 \cdot I_{aG} = 229,7 - j2297,4 = 2308,8 \angle -84,3^\circ \text{ A} \quad (84)$$

2.3. Càlculs justificatius de les instal·lacions de posta a terra

En cas de produir-se un defecte a terra en una instal·lació d'alta tensió, hi ha una elevació del potencial a través de l'elèctrode pel qual circula el corrent de defecte, i apareix un gradient de potencial en el terreny que absorbeix dit corrent.

Així, a l'hora de dissenyar els elèctrodes de posta a terra cal tenir en compte:

- Seguretat de les persones enfront a les elevacions de potencial.
- Seguretat de les instal·lacions enfront a les sobretensions.
- Ajust de les proteccions, per tal d'assegurar l'eliminació de la falta.

2.3.1. Característiques del sòl

Segons la investigació prèvia del terreny en el que s'instal·larà el parc eòlic es determina una resistivitat mitja de 200 Ωm a la zona dels aerogeneradors i 50 Ωm al terreny on s'instal·larà la subestació.

La resistivitat del formigó que forma el terra dels aerogeneradors i de la subestació es valora en 3000 Ωm .

2.3.2. Xarxa de terra dels transformadors de BT/MT

La xarxa de terres dels transformadors es determina mitjançant el mètode UNESA "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría."

Per el càlcul de la resistència de posta a terra, la intensitat de defecte en xarxes amb el neutre a terra, i la tensió de defecte són necessàries les següents expressions:

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad (85)$$

$$I_d = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (86)$$

$$V_d = R_t \cdot I_d \quad (87)$$

R_t = Resistència del sistema de posta a terra (Ω)

ρ = Resistivitat del terreny (Ωm)

I_d = Intensitat de defecte (A)

R_n = Resistència de posta a terra del neutre (Ω)

V_d = Tensió de defecte (V)

X_n = Reactància de la posta de terres del neutre (Ω)

En el cas més favorable es pot suposar $R_n=0$ i $X_n= 25$, de manera que:

$$I_d = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + 25^2}} \quad (88)$$

La configuració preliminar de terra de protecció serà:

- Codi configuració: 40-40/5/44.
- Configuració: quadrat de 4x4m.
- Secció del conductor: 50 mm².
- Diàmetre de piques: 14mm.
- Longitud de pica: 6 m
- Nombre de piques: 4
- Fondària: 0,8 m
- Kr: 0,075
- Kp: 0,0164
- Kc: 0,0330

Segons aquesta configuració:

$$R_t = 0,075 \cdot 200 = 15\Omega \quad (89)$$

$$I_d = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{15^2 + 25^2}} = 594,1A \quad (90)$$

$$V_d = 15 \cdot 594,1 = 8911,33V \quad (91)$$

Es comprova que la tensió de defecte es menor a 10000V (recomanació UNESA).

Segons les recomanacions de UNESA, quan la tensió de defecte a terra supera els 1000V s'han de separar la terra de protecció de la servei.

En el present projecte no es separaran les terres de protecció i servei ja que en la instal·lació la tensió de defecte no provoca intensitats inadmissibles. Això es degut a que la xarxa subterrània del parc té un nivell d'aïllament de 36/45 KV, molt superior a la tensió de defecte calculada anteriorment.

2.3.3. Càlculs de les tensions a l'exterior del C.T.

Per tal d'evitar l'aparició de tensions de contacte elevades a l'exterior de la instal·lació, les portes i reixes metàl·liques que donen a l'exterior del centre no tindran contacte elèctric algun amb masses conductores que siguin susceptibles de quedar en tensió a causa de defectes o averies.

Amb aquestes mesures de seguretat no es necessari calcular les tensions de contacte a l'exterior ja que seran pràcticament nul·les.

La tensió de pas a l'exterior serà:

$$V_p = 0,0164 \cdot 200 \cdot 594,1 = 1948,65V \quad (92)$$

2.3.4. Càlculs de les tensions a l'interior del C.T.

En el terra del centre de transformació s'instal·larà una malla electrosoldada amb rodons de diàmetre no inferior a 4 mm formant una retícula no superior a 0,30 m x 0,30 m, per a oferir una superfície equipotencial. Aquesta malla es connectarà com a mínim en dos punts oposats de la posta a terra de protecció del centre.

La malla estarà coberta per una capa de formigó de 10cm com a mínim.

Amb aquesta mesura s'aconsegueix que la persona que hagi d'accedir a una part que pugui quedar en tensió, de forma eventual, estarà sobre una superfície equipotencial, amb el que desapareix el risc de tensió de contacte i de pas a l'interior. Així no serà necessari el càlcul de les tensions de contacte i de pas a l'interior de la instal·lació ja que el seu valor serà pràcticament zero.

L'existència d'una superfície equipotencial connectada a terra, fa que la tensió de pas a l'accés sigui equivalent al valor de la tensió de contacte exterior:

$$V_{p(acc)} = 0,0330 \cdot 200 \cdot 594,1 = 3920,98V \quad (93)$$

2.3.5. Càlculs de les tensions màximes aplicades

Segons el MIE-RAT 13 la tensió màxima admissible pel cos humà entre mans i peus es calcula:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} \quad (94)$$

V_{ca} = Tensió aplicada (V)

t = Duració de la falta (s)

K, n = Constants en funció del temps

Les constants K i n es determinen segons la taula següent:

Taula 27. Tensió en funció del temps de falta

| Temps de falta (s) | K | n | V_{ca} (V) |
|--------------------|------|------|--------------------------|
| $0,9 \geq t > 0,1$ | 72 | 1 | $V_{ca} = \frac{K}{t^n}$ |
| $3 \geq t > 0,9$ | 78,5 | 0,18 | $V_{ca} = \frac{K}{t^n}$ |
| $5 \geq t > 3$ | | | 64 |
| $t > 5$ | | | 50 |

Així, per a un temps d'eliminació de la falta de 0,5s la tensió màxima admissible és:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{72}{0,5^1} = 144V \quad (95)$$

Les tensions màximes de pas i de contacte admissibles a la instal·lació es determinen amb les següents expressions:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1000} \right) \quad (96)$$

$$V_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) \quad (97)$$

V_c = Tensió de contacte (V)

V_p = Tensió de pas (V)

ρ = Resistivitat del terreny (Ωm)

Per a un temps d'eliminació de falta de 0,5s:

$$V_c = \frac{72}{0,5^1} \left(1 + \frac{1,5 \cdot 200}{1000} \right) = 187,2V \quad (98)$$

$$V_p = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \left(1 + \frac{6 \cdot 200}{1000} \right) = 3168V \quad (99)$$

La tensió de pas a l'accés es determina:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \left(1 + \frac{3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 15264V \quad (100)$$

2.3.6. Comprovació de les tensions de pas i contacte amb les màximes admissibles

Es comprova que la tensió de pas a l'exterior de la instal·lació i la tensió de pas a l'accés són menors als màxims fixats anteriorment:

$$V_p = 1948,65V < 3168V \quad (101)$$

$$V_{p(acc)} = 3920,98V < 15264V \quad (102)$$

De manera que es reafirma la instal·lació de terres dissenyada inicialment:

- Codi configuració: 40-40/5/44.
- Configuració: quadrat de 4x4m.
- Secció del conductor: 50 mm².
- Diàmetre de piques: 14mm.
- Longitud de pica: 6 m
- Nombre de piques: 4
- Fondària: 0,8 m

2.3.7. Xarxa de terra de la subestació

La xarxa de terres de la subestació estarà formada per una malla de conductor nu de coure.

La intensitat màxima de falta a terra de la subestació serà segons els càlculs de l'estudi de curtcircuit:

$$I_{cc} = 7261,5A \quad (103)$$

La secció del conductor a utilitzar es determina mitjançant:

$$S = \frac{I_{cc}}{I_{sth}} \quad (104)$$

S = Secció del conductor (mm²)

I_{sth} = Màxima densitat de corrent d'acord amb MIE-RAT 13 (A/mm²)

En el present projecte:

$$S = \frac{7261,5}{160} = 45,38mm^2 \quad (105)$$

La secció normalitzada del conductor serà de 120 mm² per tal de reduir les dimensions de la malla.

La longitud total del conductor a instal·lar es determina:

$$L = \frac{K_m \cdot K_i \cdot \rho \cdot I \cdot t^n}{K \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1000}\right)} \quad (106)$$

L = Longitud total del conductor (m)

ρ = Resistivitat del terreny (Ω m)

I = Intensitat de defecte (A)

K_m = Coeficient que considera l'efecte que té el nombre de faltes, la distància D , el diàmetre d i la profunditat h dels conductors enterrats.

K_i = Factor de correcció per la irregularitat del flux de corrent del conductor a terra

Per al càlcul de K_m i K_i :

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D+2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}} \cdot \ln \frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \quad (107)$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n \quad (108)$$

D = Distància mitja entre conductors de la xarxa (m)

d = Diàmetre del conductor (m)

h = Profunditat (m)

n = Nombre de conductors paral·lels en una direcció

Es preveu la instal·lació de 25 conductors en el sentit transversal, a una profunditat de 0,8 m, i una distància entre conductor de 2 m.

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\ln \left(\frac{2^2}{16 \cdot 0,8 \cdot 0,0131} + \frac{(2+2 \cdot 0,8)^2}{8 \cdot 2 \cdot 0,0131} - \frac{0,8}{4 \cdot 0,0131} \right) + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0,8}{1}}} \cdot \ln \frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot 25 - 1)} \right) = 0,3265 \quad (109)$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot 10 = 2,124 \quad (110)$$

$$L = \frac{0,3265 \cdot 2,124 \cdot 50 \cdot 8750 \cdot 0,5}{72 \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot 50}{1000} \right)} = 1959,9m \quad (111)$$

Es determina la instal·lació d'una malla de 40 m x 50 m, amb 25 conductors en el sentit transversal d'una longitud de 40 m i 20 conductors en el sentit longitudinal d'una longitud de 50 m, amb una longitud total de conductor de 2000 m superior a la calculada anteriorment.

La resistència total de la malla es calcula:

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L} \quad (112)$$

r = Radi del cercle equivalent a l'àrea ocupada per l'elèctrode (m)

L = Longitud del conductor (m)

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (113)$$

En el present projecte:

$$r = \sqrt{\frac{2000}{\pi}} = 25,23m \quad (114)$$

$$R = \frac{50}{4 \cdot 25,23} + \frac{50}{2000} = 0,52\Omega \quad (115)$$

CAPÍTOL 3: PRESSUPOST I ESTUDI DE VIABILITAT DEL PROJECTE

3.1. Pressupost del projecte

El pressupost preliminar del projecte es resumeix a continuació:

Taula 28. Pressupost per capítols del projecte

| | |
|---|-----------------|
| CAPITOL 1: GENERACIÓ | |
| 1.1 Aerogeneradors | 36.575.568,92 € |
| Total capítol 1: 36575568,92 € | |
| CAPITOL 2: OBRA ELECTRICA | |
| 2.1 Rasses comuns Obertura de rasses per mitjans mecànics de 0,6 m d'amplada i 1 m de profunditat | 1.972.826,19 € |
| 2.2 Rasses sota plataformes Obertura de rasses per mitjans mecànics de 0,8 m d'amplada i 1,3 m de profunditat per a connexió d'entrada a l'aerogenerador | |

| | |
|--|----------------|
| | 422.748,47 € |
| 2.3 Instal·lació de posta a terra dels transformadors de BT/MT | 1.585.306,76 € |
| 2.3 Instal·lació de posta a terra del transformador de la subestació | 528.435,58 € |
| Total capítol 2: 4509317 € | |
| CAPITOL 3: SISTEMA COL·LECTOR | |
| 3.1 Conductors interiors dels aerogeneradors cables unipolars de coure 1x185 mm ² | 144.407,17 € |
| 3.2 Conductors interiors dels aerogeneradors cables unipolars de coure 1x300 mm ² | 72.203,58 € |
| 3.3 conductors de Mitja Tensió Al 3(1x150)mm ² Terna de cables d'alumini formada per tres cables RHZ1 unipolars de polietilè reticulat de 150 mm ² de secció nominal i aïllament 18/30 kV | 288.814,33 € |
| 3.4 conductors de Mitja Tensió Al 3(1x240)mm ² Terna de cables d'alumini formada per tres cables RHZ1 unipolars de polietilè reticulat de 240 mm ² de secció nominal i aïllament 18/30 kV | 433.221,50 € |
| 3.5 conductors de Mitja Tensió Al 3(1x400)mm ² Terna de cables d'alumini formada per tres cables RHZ1 unipolars de polietilè reticulat de 400 mm ² de secció nominal i aïllament 18/30 kV | 675.103,51 € |
| 3.6 Conducció de PE 200mm tub de polietilè d'alta densitat i doble paret, de 200 mm de diàmetre per la instal·lació dels circuits de MT | 119.135,91 € |
| 3.7 Transformadors de BT/MT 2100kVA | 393.196,00 € |

| | |
|--|----------------|
| 3.8 Cel·les dels transformadors | 960.200,00 € |
| 3.9 Transformador de la subestació 50MVA | 480.000,00 € |
| 3.10 Aparamenta de la subestació | 442.000,00 € |
| Total capítol 3: 4008282 € | |
| CAPITOL 4: OBRA CIVIL | |
| 4.1 Condicionament dels terrenys | 1.169.082,13 € |
| 4.2 Plataformes dels aerogeneradors | 2.505.176,00 € |
| 4.3 Edifici de la subestació | 1.336.093,87 € |
| Total capítol 4: 5010352 € | |
| CAPITOL 5: GESTIONS I LLICENCIES | |
| 5.1 Restauració mediambiental | 2.899.946,59 € |
| 5.2 Gestió i direcció d'obra | 9.666.488,64 € |
| 5.3 Llicències i permisos | 4.833.244,32 € |
| Total capítol 5: 17399679,6 € | |

Taula 29. Taula resum del pressupost

| Capítol | Denominació | Cost (€) |
|---------|-----------------------|-----------------|
| 1 | Generació | 36.575.568,92 € |
| 2 | Obra electrica | 4.509.317,00 € |
| 3 | Sistema col·lector | 4.008.282,00 € |
| 4 | Obra civil | 5.010.352,00 € |
| 5 | Gestions i llicències | 17.399.679,60 € |
| 6 | Altres | 2.505.176,00 € |

Total..... 69.969.551,05€

3.2. Règim econòmic dels sistemes eòlics

Dins dels sistemes eòlics es preveu la venda d'energia al mercat en dues modalitats:

- Venda d'energia a tarifa regulada
- Venda d'energia al mercat liberalitzat

Segons la modalitat de venda d'energia a tarifa regulada es marca el preu del KWh aportat a la xarxa en un valor fix marcat per l'estat.

En el cas de venda d'energia al mercat liberalitzat, s'estableixen uns valors de límit superior i inferior dintre dels quals l'entitat generadora pot realitzar les seves ofertes en el mercat diari, segons la potencia que tingui previst aportar a la xarxa.

En qualsevol cas l'oferta d'energia eòlica es prioritària així com la resta d'energia renovables.

3.3. Estudi de viabilitat econòmica del projecte

L'estudi econòmic conté varis apartats, que s'han subdividit com es mostra a continuació:

- Dades producció
- Preu energia
- Ingressos anuals
- Cost inversió
- Cost operació i manteniment
- Paràmetres projecte
- Rendibilitat projecte

3.3.1. Preu de l'energia

El Real Decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial, en l'article 2 classifica les instal·lacions en funció del combustible utilitzat com a matèria primera.

- L'article 24 preveu dues modalitats a l'hora de vendre la energia elèctrica:
- Mitjançant una tarifa regulada, expressada en cèntims d'€ per kW.
- Vendre l'electricitat en el mercat de producció. En aquest cas el preu de venda a aplicar es el resultant del mercat organitzat, complementat amb una prima en cèntims d'€ per kW.

1) Tarifa regulada:

- 7,7471 cèntims d'€/kWh (els primers 20 anys).
- 6,4746 cèntims d'€/kWh (la resta d'anys).

2) Tarifa de mercat:

- Límit superior 8,8966 cèntims d'€/kWh.
- Límit inferior 7,5405 cèntims d'€/kWh.
- Prima de 3,0988 cèntims d'€/kWh (els 20 primers anys).

En l'apartat de càlculs s'ha realitzat un estudi per tal d'escollir la millor tarifa pel nostre projecte.

3.3.2. Paràmetres del projecte

Les consideracions prèvies tingudes en compte en l'estudi econòmic són les següents:

- Es té en compte que no existeixen desviacions en la generació de l'energia, és a dir, que la generació diària és lineal i no es produeixen falles d'energia.
- No es consideren penalitzacions per incompliment d'energia generada.
- En cas de venda a mercat el preu pactat es trobarà entre el límit superior i inferior, i se li afegirà la prima.

S'han de tenir en compte diversos paràmetres per tal de calcular els fluxos de caixa i la rendibilitat del projecte. En primer lloc es decidirà quina part del cost d'inversió es pot aportar, concretament s'ha establert segons la informació recollida que una aportació d'un 20% del capital es viable per ser aportat. Els valors de cost aportat i finançat es divideixen així:

- Cost inversió: 69.969.551,05€
- Capital aportat (20% cost inversió): 13993910,21€
- Capital finançat(80% cost inversió): 55975640,84€

A continuació es mostra un taula resum dels paràmetres utilitzats:

Taula 30. Paràmetres casos A, B i C

| | Cas A | Cas B | Cas C |
|---|-----------------|---------|---------|
| Cost inversió | 69.969.551,05 € | | |
| Capital aportat (20% cost inversió) | 13.993.910,21 € | | |
| capital finançat (80% cost inversió) | 55.975.640,84 € | | |
| Cost operació i manteniment | 2.205.176,00 € | | |
| Inflació | 2% | | |
| Període amortització | 8 anys | | |
| Període retorn | 20 anys | 15 anys | 15 anys |
| Taxa interès | 5% | 6,5% | 8,0% |
| Taxa descompte | 5,0% | 8,0% | 12,0% |

Segons la bibliografia consultada els valors de taxa de descompte varien entre 5 i 12%. La inflació es fixa en un valor del 2% ja que es el nivell que s'intenta mantenir constant. La taxa d'interès dependrà de la entitat bancària, s'han pres aquest tres valors com a representatius. Pel què fa el període d'amortització és constant per a tot els parca eòlic, és el valor més usual. I per últim, la proporció entre capital aportat i finançat s'han pres un percentatge de 20% capital aportat i 80% capital finançat.

3.3.3. Ingressos anuals

Els càlcul dels ingressos anuals s'obtenen del producte entre el preu tarifa i la potència total generada. És a dir, la potència obtinguda la multiplicarem pels diferents preus de l'energia.

1) Tarifa regulada:

- 7,7471 cèntims d'€/kWh (els primers 20 anys). x potència generada
- 6,4746 cèntims d'€/kWh (la resta d'anys). x potència generada

2) Tarifa de mercat:

- Límit superior 8,8966 cèntims d'€/kWh x potència generada.
- Límit inferior 7,5405 cèntims d'€/kWh x potència generada.
- Prima de 3,0988 cèntims d'€/kWh (els 20 primers anys) x potència generada.

Es realitzarà un estudi pels tres casos mencionats:

Taula 31. Cas A, B i C: Ingressos anuals dels 20 primers anys

| Ingressos dels 20 primers anys en milions d'€ | | |
|---|----------------|----------------|
| Tarifa regulada | Tarifa mercat | |
| | Límit superior | Límit inferior |
| 7,75 | 12,00 | 8,90 |
| 7,90 | 12,24 | 9,08 |
| 8,06 | 12,48 | 9,26 |
| 8,22 | 12,73 | 9,44 |
| 8,39 | 12,99 | 9,63 |
| 8,56 | 13,25 | 9,83 |
| 8,73 | 13,51 | 10,02 |
| 8,90 | 13,78 | 10,22 |
| 8,08 | 14,06 | 10,43 |
| 9,26 | 14,34 | 10,64 |
| 9,45 | 14,63 | 10,85 |
| 9,65 | 14,92 | 11,07 |
| 9,83 | 15,22 | 11,29 |
| 10,03 | 15,52 | 11,51 |
| 10,23 | 15,83 | 11,74 |
| 10,43 | 16,15 | 11,98 |
| 10,64 | 16,47 | 12,22 |
| 10,85 | 16,80 | 12,46 |
| 11,07 | 17,14 | 12,71 |
| 11,29 | 17,48 | 12,97 |

3.3.4. Cost inversió

En aquest apartat es gestionaran els diferents costos d'inversió, es tindran en compte els paràmetres següents:

Pressupost d'execució material (PEM):

- Generació=36.575.568,92€
- Obra civil=5.010.352,00€
- Sistema col·lector=4.008.282,00€
- Obra elèctrica MT=4.509.317,00€
- Altres=2.505.176,00€

Total PEM=52.608.685,00€

- Restauració mediambiental=2.899.946,59€ (3% PEM)
- Gestió i direcció d'obra=9.666.488,64€ (10% PEM)
- Llicències i permisos=4.833.244,32€ (5% PEM)

El cost total de la inversió serà de 69.969.551,05€

Aquest valor serà el que cost el parc el primer any quan es dugui a terme la construcció, sense tenir en compte el manteniment.

3.3.5. Cost operació i manteniment

Aquest cost és el relatiu als anys successius a la posada en marxa del parc. El preu d'operació i manteniment és de 2.205.176€, aquest engloba els sous dels treballadors, reparacions del parc, entre d'altres, inicialment i és veu incrementat pel valor de l'IPC.

Taula 32. Cas A, B i C: Cost operació i manteniment dels 20 primers anys

| Cost operació i manteniment en milions d'€ |
|--|
| 2,25 |
| 2,29 |
| 2,34 |
| 2,34 |
| 2,39 |
| 2,35 |
| 2,53 |
| 2,58 |
| 2,63 |
| 2,68 |
| 2,74 |
| 2,80 |
| 2,85 |
| 2,90 |
| 2,97 |
| 3,03 |
| 3,09 |
| 3,15 |
| 3,21 |
| 3,28 |

L'evolució del cost d'operació i manteniment varia amb el valor de la inflació .

3.3.6. Rendibilitat projecte

Es realitzarà un estudi econòmic financer,

El VAN calcula el valor actual net dels fluxos de caixa generats pel projecte i mesura la rendibilitat de les inversions realitzades.

En aquest sentit, el VAN és la suma de valors positius (ingressos) i de valors negatius (costos) que es produeixen en diferents moments.

Així doncs, es tracta d'un criteri de selecció d'inversions que té en compte el valor del diner en el temps. Donat que el valor del diner varia amb el temps, és necessari descomptar de cada període un percentatge anual estimat com a valor perdut pel diner durant el període d'inversió. Un cop descomptat aquest percentatge, es poden sumar els fluxos positius i negatius. Si el resultat és major de zero, significarà que el projecte és rendible. Si és menor de zero, no ho serà.

La fórmula per calcular el VAN és la següent:

$$VAN = -Q_0 + \frac{Q_1}{1+k} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t} \quad (116)$$

Fórmula de la TIR:

$$VAN = -Q_0 + \frac{Q_1}{1+TIR} + \frac{Q_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+TIR)^n} = \sum_{i=0}^n \frac{Q_i}{(1+TIR)^i} = 0 \quad (117)$$

Utilitzant el programa obtenim els resultats resumits en les taules següents:

Taula 33. Cas A: Rendibilitat projecte(M€)

| | Tarifa | | |
|------------|----------|----------------|----------------|
| | Regulada | Mercat | |
| | | Límit inferior | Límit superior |
| VAN | 0,33 | 18,87 | 27,57 |
| TIR | 5,12% | 9,58% | 10,87% |

Taula 34. Cas B: Rendibilitat projecte(M€)

| | Tarifa | | |
|------------|----------|----------------|----------------|
| | Regulada | Mercat | |
| | | Límit inferior | Límit superior |
| VAN | -5,80 | 4,76 | 9,71 |
| TIR | 5,15% | 9,59% | 10,88% |

Taula 35. Cas C: Rendibilitat projecte(M€)

| | Tarifa | | |
|------------|----------|----------------|----------------|
| | Regulada | Mercat | |
| | | Límit inferior | Límit superior |
| VAN | -10,52 | -5,42 | -3,03 |
| TIR | 4,46% | 9,29% | 10,64% |

3.3.7. Conclusions

Segons els càlculs realitzats el Cas A seria viable en les diferents modalitats de ventat d'energia. En el cas de venda amb el límit superior s'obtindria el major benefici.

Pel que fa el Cas B, seria viable venent energia en el mercat lliure, i en canvi en la modalitat de tarifa regulada no, ja que el valor del VAN és negatiu. Els valors utilitzats són l'estimació més aproximada que podríem tenir actualment pel que fa els valors d'amortització, retorn, interès, inflació i descompte.

I per últim, el Cas C seria un cas inviable ja que els valors del VAN són negatius en tots els casos de venda d'energia.

CAPÍTOL 4: PLEC DE CONDICIONS TÈCNIQUES

El present Plec General de tècniques té com a finalitat regular l'execució de les obres fixant-ne els nivells tècnics i de qualitat exigibles i precisen les intervencions que corresponen, segons el contracte i d'acord amb la legislació aplicable, al Promotor o propietari de l'obra, al Contractista o constructor de l'obra, als seus tècnics i encarregats, a l'Enginyer Tècnic, així com les relacions entre ells i les seves obligacions corresponents en ordre al compliment del contracte d'obra.

4.1. Normativa a seguir

El disseny de la instal·lació elèctrica estarà d'acord amb les exigències dels següents documents:

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió
- Reglament d'Alta Tensió
- Normes UNE
- Publicacions del Comitè Electrotècnic Internacional(CEI)
- Pla Nacional i Ordenança General de Seguretat i Higiene en el treball

4.2. Condicions facultatives

4.2.1. Millores i modificacions del projecte

Solament seran considerables com a millores i modificacions del projecte objecte d'aquesta contracta, aquelles que hagin estat ordenades per la direcció facultativa de les obres.

4.2.2. Condicions que han de satisfer els materials

No es procedirà a la utilització de materials sense que aquests siguin examinats i acceptats en els termes que prescriuen les respectives condicions establertes per a cada tipus de material en el Plec de Condicions de l'Edificació Pública per la Direcció General d'Arquitectura.

4.2.3. Ordre dels treballs

La direcció de les obres fixarà l'ordre amb que hauran de dur-se a terme els treballs i el contractista es trobarà obligat a complir exactament tot allò que es disposi sobre aquest particular.

4.2.4. Diferents classes de treballs

Cada una de les classes d'obra que integren aquest projecte es faran amb estricta subjecció a allò establert en el Plec de Condicions de l'Edificació publicat per la Direcció General d'Arquitectura.

4.2.5. Detalls omesos

Tots els detalls que per la seva minuciositat poder haver-se omès en aquest Plec de Condicions i que corresponguin a una construcció acurada, ja siguin conseqüència d'allò dibuixat en els plànols i d'allò contingut en aquest Plec i en els quadres d'unitats d'obra, ja resultin necessaris per a l'acoplament i perfecte acabament de les obres, queda a la determinació exclusiva de la direcció de les obres quan s'escaigui, i el contractista es veurà obligat a la seva execució i compliment sense dret a fer cap reclamació.

4.2.6. Responsabilitats del contractista

El contractista serà l'únic responsable de l'execució de les obres objecte de la contracta, no tenint dret a cap tipus d'indemnització per major preu que poguessin costar-l'hi, per augment dels jornals o materials, i per error que pogués cometre, essent tot a compte i risc i independent del propietari contractant de les obres.

Així mateix el contractista serà responsable davant els tribunals dels accidents que poguessin ocórrer.

El contractista serà l'únic responsable en l'execució dels treballs en tot moment.

4.2.7. Observació de la legislació social i del treball

El contractista està obligat al compliment de tots els preceptes legals establerts o que s'estableixin durant l'execució de les obres.

El contractista haurà de tenir a l'obra el nombre d'operaris convenients per al degut desenvolupament dels treballs i amb l'aptitud necessària per a l'acurada execució de les obres.

La direcció de les obres tindrà dret a exigir del contractista que sigui acomiadada qualsevol de les persones que hi intervinguin, per incapacitat, insubordinació, immoralitat, embriaguesa o d'altres causes que influeixin en la bona execució i ordre dels treballs.

4.2.8. Direcció dels treballs

El director encarregat de la inspecció de les obres constitueix la Direcció Tècnica i, com a tal, executarà tots els treballs de desenvolupament del projecte i detalls necessaris per a la seva realització, assumint, per tant, tota la responsabilitat pel que fa a plànols i instrucció tècnica.

4.2.9. Còpia autoritzada del projecte

L'adjudicatari tindrà a l'obra una còpia autoritzada del projecte que traurà pel seu compte, servint-li aquesta de norma per als treballs així com per aclarir quants dubtes poguessin sorgir.

4.2.10. Interpretació del projecte

La interpretació del projecte correspon exclusivament al director de les obres, el qual resoldrà tots els dubtes que poguessin sorgir sobre aquest particular.

El contractista no podrà fer per si mateix cap alteració de les parts del projecte, sense autorització escrita de la direcció de les obres. L'adjudicatari queda obligat a desfer i tornar a executar a compte seu tota aquella part de l'obra que, a judici de la direcció facultativa, no s'ajusti al projecte o a les ordres donades en qualsevol moment que fos advertida la falla, no tenint per aquesta causa el contractista dret a sol·licitar cap indemnització.

4.2.11. Ajust de les obres

S'abonarà al contractista l'obra que realment executa amb subjecció al projecte que serveix de base per a executar aquesta construcció o les modificacions del mateix projecte autoritzades o a les ordres que li hagin estat comunicades per la direcció de les obres.

4.2.12. Termini d'execució

Les obres hauran de quedar totalment acabades en el termini de dotze mesos, a comptar des del dia que comencin els treballs. Si per qualsevol causa al contractista no li fos possible començar els treballs en el temps prefixat o hagués de suspendre'ls per causa independent a la seva voluntat, se li concedirà la pròrroga estrictament necessària que es determini, previ informe de la direcció facultativa, i si un cop acabada l'esmentada pròrroga no comencés o reprengués

els treballs s'imposarà al contractista per part del propietari la multa que es pacti per cada dia de demora, i si transcorreguts vint dies no comencés o reprengués els treballs sense que es doni causa de força major lliurement apreciada, després d'escolar a la direcció facultativa es considerarà aquest fet com a causa suficient per la rescissió del contracte amb pèrdua de la fiança.

4.2.13. Amidaments

Els amidaments de les diferents unitats d'obres es faran amb tota exactitud per part del director de les obres o persona en qui delegui, conforme a l'estat d'amidaments que s'indica.

4.2.14. Valoració

La valoració de les obres executades pel contractista, es faran aplicant el resultat de l'amidament general fet segons la forma establerta a l'article anterior i a l'estat d'amidaments, els preus assenyalats al pressupost per a cada unitat d'obra, tenint present que tots aquells treballs executats per administració directament, o els aprofitats, o subministrats pel propietari, seran descomptats pel preu unitari que assenjala el quadre de descomposició de preus.

S'entén que en els preus unitaris queden incloses totes les despeses generals de la contracta relatives a personal, materials de totes classes, drets, impostos, eines, bastides i mitjans auxiliars, així com els transports, elevacions, despeses d'escriptura, honoraris facultatius, augment per raó dels materials, assegurances, etc., i en general totes aquelles que impliquin la completa execució dels treballs.

El contractista no tindrà dret a fer cap reclamació fonamentada en la insuficiència, error o omissió dels preus dels quadres o en omissions de qualsevol dels elements que constitueixen els esmentats preus, i, per tant, el contractista no podrà reclamar sota cap concepte una altra forma anteriorment detallada, els preus fixats en el quadre corresponent.

A la valoració d'aquesta forma obtinguda, s'augmentarà el catorze per cent de la contracta.

4.2.15. Pagament de les obres

El pagament de les obres es farà per liquidacions parcials que es practicaran mensualment, aquestes liquidacions contindran solament les unitats d'obra totalment acabades, que s'haguessin executat en el termini a què es refereixen.

El director de les obres signarà les relacions valorades de les obres, podent el contractista presenciar els amidaments necessaris per estendre aquestes relacions, i tindran un termini de deu dies per examinar-les, havent de consignar dins aquest termini la seva conformitat o, en cas contrari, fer les reclamacions que considerin oportunes.

4.2.16. Despeses, accessoris i impostos

Aniran a compte del contractista totes les despeses accessoris per a l'execució de les obres i els impostos existents o que poguessin crear-se en el transcurs d'aquestes per l'estat, i altres administracions competents.

4.2.17. Recepció provisional de les obres

Almenys vint dies abans d'acabar-se les obres, el contractista comunicarà a la direcció facultativa per ofici, la proximitat del seu acabament, amb l'objecte de procedir a la recepció provisional de les mateixes obres. Aquest es durà a terme a presència del director de les obres i contractista o el seu representant legal. Del resultat de la recepció s'aixecarà acta per triplicat que serà signada pels assistents. Si es troben les obres en bon estat i conforme a condicions, es donaran per rebudes provisionalment i es començarà a comptar el termini de garantia.

Quan les obres no es trobin en estat d'ésser rebudes, es farà constar així a l'acta i es donaran per part del director de les obres al contractista, les instruccions precises i detallades per resoldre els defectes observats donant-li un termini per a efectuar-les, expirat aquest es farà un nou reconeixement per a la recepció de les obres en qüestió. Si el contractista no hagués complert, es declararà rescindida la contracta amb pèrdua de la fiança llevat que la propietat cregui prudent concedir-li un nou termini que serà improrrogable.

4.2.18. Termini de garantia

Una vegada rebudes les obres, començarà a córrer el termini de garantia, que serà de sis mesos a comptar des de la recepció provisional.

Durant el termini de garantia, el contractista atindrà a la revisió i conservació de les obres i anirà a compte seu la reparació de tots els desperfectes que s'hi manifestin per la mala qualitat dels materials o per causa d'execució defectuosa; a l'obra no podrà haver-hi més útils, eines, materials, mobles, etc., que els necessaris per a la guarderia i neteja i per a les obres que s'executin cas d'ésser necessari.

Així mateix durant aquest termini de garantia es procedirà per la direcció de les obres al seu amidament general i definitiu amb la precisa assistència del contractista o el seu representant legal.

4.2.19. Multes i retards

Si el contractista no acaba l'obra en el termini convingut incorrerà en una multa diària que es pactarà, i que s'haurà de retenir de la fiança o de les certificacions a realitzar.

4.2.20. Recepció definitiva de les obres

Acabat el termini de garantia, es procedirà a la recepció definitiva de les obres objecte del present document amb les formalitats assenyalades per al cas de recepció provisional, amb assistència precisa del director de les obres i el contractista o el seu representant legal i si es troben en estat perfecte de conservació es donaran per rebudes. El contractista quedarà, no obstant això, subjecte a les responsabilitats establertes en el Codi Civil i disposicions relatives a les garanties en l'edificació.

En cas que no es trobin les obres en estat d'ésser rebudes, es procedirà en els mateixos termes subscrits per a la recepció provisional, sense abonar al contractista cap quantitat en concepte d'ampliació del termini de garantia i

essent obligació del mateix contractista continuar encarregat de l'observació de les obres.

4.2.21. Cassos de rescissió no previstos en aquest plec

Els casos de rescissió i en general tots aquells casos no previstos en aquest plec de condicions es regiran per tot allò que s'estableixi al Plec General de Condicions de les Obres anomenades construccions civils de la Direcció General d'Arquitectura.

4.3. Obra civil

4.3.1. Materials bàsics

Els materials que s'utilitzaran en la construcció del centre de control, rases i centres de transformació compliran les prescripcions generals del document MIE-RAT 14, així com la primera instrucció del reglament de seguretat en centrals elèctriques, pel que fa a la inaccessibilitat, passos, accessos, conduccions i emmagatzematge de fluids combustibles, així com canalitzacions d'aigua, clavegueram, línies elèctriques, senyalització d'emergència etc...

4.3.2. Neteja dels terrenys

Es defineix com a neteja dels terrenys, el treball consistent en extreure i retirar, de les zones designades, tots els arbres, soques, plantes, malesa, brossa, runes, escombraries, o qualsevol altre material no desitjable.

Les operacions d'excavació s'efectuaran amb les precaucions necessàries, per a aconseguir unes condicions de seguretat suficients, i evitar damnatge a les estructures existents, d'acord amb el que sobre això, ordeni l'encarregat Facultatiu de les obres, el qual designarà i marcarà els elements que calgui conservar intactes.

Per a disminuir al màxim el deteriorament dels arbres que calgui conservar, es procurarà que els que s'han d'aterrar caiguin cap el centre de la zona objecte de neteja. Quan sigui necessari evitar damnatges a d'altres arbres, en el tràfic per carretera o ferrocarril, o estructures properes, els arbres s'aniran trossejant per llur branca i tronc progressivament. Si per tal de protegir aquests arbres o altre vegetació destinada a romandre en un lloc, es precisa aixecar barreres o qualsevol altre mitja, els treballs corresponents s'ajustaran al que, sobre el particular, ordeni l'encarregat Facultatiu de les Obres.

Els treballs s'executaran de forma que produeixin la menor molèstia possible als ocupants de les zones properes a les obres.

Cap fita-marca de propietat o punt de referència de dades topogràfiques, de qualsevol classe, Sara feta malbé o desplaçada, fins que un agent autoritzat hagi referenciat d'alguna altra forma la seva situació o aprovat el seu desplaçament.

La retirada dels materials objecte d'aclariment i esbrossada es farà com es diu a continuació:

Tots els subproductes forestals, excepte la llenya de valor comercial, seran cremats d'acord amb el que, sobre això, ordeni el Facultatiu encarregat de les

obres. Els materials no combustibles seran retirats pel Contractista de la manera i als llocs que assenyali el Facultatiu encarregat de les obres.

Aquesta unitat es mesurarà i abonarà per metre quadrat (m^2) realment executat mesurat en projecció horitzontal. S'inclouen en aquesta unitat la demolició de fermes de qualsevol tipus, i el aixecat i retirada de tanques i filats, així com la part proporcional del replantejament de rases.

4.3.3. Excavacions

Les excavacions s'executaran d'acord amb els plànols del projecte. L'equip necessari per a l'execució de les obres haurà de ser aprovat per la Direcció Facultativa de les mateixes i haurà de mantenir-se, en tot moment, en condicions de treball satisfactori.

Les obres d'excavació es realitzaran d'acord amb les alineacions, pendents, dimensions i altres informes assenyalats en els plànols, i amb el que, sobre el particular assenyali la Direcció Facultativa de les mateixes. La terra vegetal extreta es disposarà separada de la resta dels productes excavats.

Tots els materials que s'obtinguin de l'excavació s'utilitzaran, fins on sigui possible, en la formació de terraplens i altres usos fixats en els plànols i Plec de condicions o que assenyali la Direcció Facultativa de les obres, i es transportaran directament a les zones previstes en aquests documents o si no, les que assenyali l'esmentada Direcció.

Quan s'indiqui l'existència de material inadequat, dins dels límits de l'excavació fixada en els plànols, el constructor remourà aquest material fins a la cota que s'assenyali per la direcció facultativa de les obres, i si escau, els volums excavats s'han d'omplir amb material adequat.

En qualsevol cas, no es rebutjarà cap material excavat sense prèvia autorització de la Direcció Tècnica. Si durant les excavacions es trobessin materials d'usos més nobles que els previstos en el projecte, es transportaran als dipòsits que amb aquesta finalitat s'assenyalen per a la posterior utilització.

Els fragments de roques i boles de pedres que s'obtinguin en l'excavació i que no hagin de ser utilitzades directament en les obres, es recolliran i compliran si escau, en la protecció de talussos o canalitzacions d'aigua que es realitza contra la possible erosió de zones vulnerables, o qualsevol altre fi, que assenyali la Direcció Facultativa de les obres. Les roques o boles de pedra que apareguin a l'esplanada, s'hauran d'eliminar si no és que el constructor prefereixi triturar a la mida que se li ordeni.

Es mesurarà i abonarà per metres cúbics (m^3), realment excavats, mesurats per diferència entre els perfils presos abans i després dels treballs.

No son abonables els despreniments o els augments de volum sobre les seccions que prèviament s'hagin fixat en aquest Projecte.

A efecte dels amidaments de moviment de terres, s'estén per metre cúbic d'excavació el volum corresponent a aquesta unitat, referida al terreny tal com es trobi on s'hagi d'excavar.

S'entén per volum de terraplè, o replè al que correspon a aquestes obres, després d'executades i consolidades, segons el que es preveu en aquestes condicions.

4.3.4. Rases per a les línies de MT

Els cables aniran sota tub i enterrats en llit de sorra sota camí i en rasa formigonada en els passos sota plataformes, camins i rierols, i portaran cinta de senyalització.

Com a norma general les rases tindran una profunditat de 1 m. L'amplada dependrà del nombre de ternes de cables de mitja tensió que transportin, així es tindrà una amplada de 0,6 m per al cas d'una o dues ternes i de 0,8 m per a tres ternes.

En el fons de la canalització subterrània es col·locarà el conductor de terra i sobre el s'estendrà una capa de sorra fina rentada de 10 cm de gruix. A continuació es disposaran els cables de mitjana tensió i el cable de control i comunicacions. Un cop esteses, es procedirà a estendre una altra capa de sorra fina rentada de 15 cm. de gruix, que es compactarà convenientment, i sobre la que es col·locarà, en tot el seu recorregut, una protecció mecànica per mitjà d'una placa plàstica de senyalització i protecció, d'acord amb la recomanació UNESA 0206, la qual realitza simultàniament les funcions de protecció mecànica i d'advertiment de l'existència de cables elèctrics de mitjana tensió per sota d'ells.

Sobre la protecció mecànica dels cables de mitjana tensió s'estendrà una altra capa de sorra fina rentada de 20 cm. de gruix i es procedirà a estendre una última capa de sorra compactada de 15 cm. de gruix, sobre la qual es muntés, en tot el seu recorregut, la placa per a senyalització i protecció de cables subterranis, igual a la utilitzada per els cables de mitja tensió.

Finalment, i un cop muntada la protecció mecànica dels cables de comunicacions, es procedirà al farcit de la canalització subterrània, en tongades de 40 cm. que es compactaran convenientment, amb productes procedents de l'excavació, nets de pedres, branques i arrels.

La explanació es realitzarà sempre amb pendent cap a una de les arquetes de manera que es possibiliti l'evacuació d'una eventual entrada d'aigua.

4.3.5. Terraplens

L'equip necessari per a la seva compactació es determinarà per l'encarregat Facultatiu, en funció de les característiques del material a compactar segons el tipus d'obra.

El fonament del replè es prepararà de forma adequada, per tal de suprimir discontinuïtats a les superfícies, efectuant els treballs necessaris de repàs i compactació.

A continuació, s'estendrà el material en tongades de gruix uniforme i suficientment reduït per a que, amb els mitjans disponibles, s'obtingui, en tot el seu gruix, el grau de compactació exigít. Els materials de cada tongada seran de característiques uniformes, i si no ho fossin s'aconseguirà barrejant-los convenientment amb els mitjans adequats per això.

No s'estendrà cap tongada mentre no s'hagi comprovat que la superfície subjacent acompleixi les condicions exigides, i, per tant, sigui autoritzada la seva estesa per l'encarregat Facultatiu.

En cas que la tongada subjacent s'hagi reblanit per una humitat excessiva, no s'estendrà la següent.

S'amidaran i abonaran per metre cúbic (m³) realment executat i compactat al seu perfil definitiu, mesurat per diferència entre perfils, presos abans i després dels treballs.

El material a utilitzar serà en algun cas, provinent de l'excavació a la traca; en aquest cas, el preu del replè inclou la carrega, transport, estesa, humectació, compactació i anivellació.

En cas que el material provingui de préstecs, el preu corresponent inclou l'excavació, carrega, transport, estesa, humectació, compactació, anivellació i cànon de préstec corresponent.

4.3.6. Subbase granular

Els materials a utilitzar a les subbases granulars seran àrids naturals o procedents del picament i trituració de pedra de pedrera o grava natural, sorres, escòries, sols seleccionats o materials locals exempts d'argila, marga o altres matèries estrangeres.

Abans de col·locar la subbase granular es comprovarà, amb especial atenció, la qualitat dels treballs de repàs i compactació de l'esplanada, i s'executaran els assaigs necessaris.

Els percentatges d'humitat del material i l'esplanada seran els correctes, i es comprovaran els pendents transversals de la plataforma.

Es mesurarà i abonarà per metres cúbics realment executats i compactats.

El preu inclourà la preparació de la superfície d'assentament, el cànon d'extracció, carrega, transport a qualsevulla distància i la resta d'operacions necessàries per a deixar completament acabada la unitat.

4.3.7. Base granular

Abans de col·locar la capa de base granular es comprovarà amb especial atenció, la qualitat dels treballs de repàs i compactació de la capa de subbase, i s'executaran els assaigs necessaris.

Els percentatges d'humitat del material i de la superfície de subbase seran els correctes, i es comprovaran els pendents transversals.

Es mesurarà i abonarà per metre cúbic realment executat i compactat.

El preu inclourà el cànon d'extracció, carrega, transport a qualsevulla distància i la resta d'operacions necessàries per a deixar completament acabada la unitat.

4.3.8. Paviments de formigó

Abans de procedir a l'estesa de la capa del ferm immediatament superior a la capa de la base, es comprovarà amb especial atenció la qualitat dels treballs de repàs i compactació de l'esmentada capa base i s'executaran els assaigs necessaris. Els percentatges d'humitat del material i de la superfície de base seran els correctes i es comprovaran els pendents transversals.

Els formigons vindran definits per la seva resistència a flexotracció, expressada a 28 dies. En aquest Plec considerarem els formigons HP-35 i HP-40, amb resistències característiques a flexotracció de 35 i 40 kp/cm², respectivament.

Sempre que sigui possible, la sorra serà silícia per tal de millorar la resistència superficial al desgast del paviment acabat.

En qualsevol cas, la relació aigua/ciment no serà superior a 0,55.

No es permetrà afegir aigua al formigó per a facilitar la seva posta en obra. Si cal augmentar-ne la plasticitat, es farà mitjançant la incorporació d'additius plastificants que hauran d'esser acceptats per la Direcció Facultativa.

La instal·lació de transport i posta a l'obra es farà de tal forma que el formigó no perdi capacitat ni homogeneïtat.

No es podrà abocar lliurement el formigó des d'una alçada igual o superior a un metre cinquanta centímetres, ni distribuir-ho amb pala a gran distancia.

Queda prohibit l'ús de canaletes o trompes pel transport o per la posta a l'obra del formigó, sense l'autorització del Facultatiu encarregat.

No es podrà formigonar quan l'aigua pugui perjudicar la resistència o qualsevulla de les característiques del formigó. Per al formigonament, en temps fred o calorós, es seguiran les prescripcions de l'EH-82.

Mai no es col·locarà formigó sobre un terreny que estigui gelat.

Es mesuraran i abonaran per metres quadrats (m²) de paviment executat.

Els preus inclouran l'execució dels encofrats laterals, quan calguin, i de tota l'obra de pavimentació, àdhuc el transport, fabricació, estesa, compactació i els materials (àrids, lligants, i possibles additius.)

4.4. Equips elèctrics

4.4.1. Generalitats

L'ofertent serà el responsable del subministrament del material elèctric i equips elèctrics, que tindran com a mínim de protecció IP54, segons DIN40050.

Totes les línies estaran protegides contra sobrecarregues i curtcircuits, així com contra fugues a terra o contactes indirectes.

Per determinar els dispositius de protecció que haurà de incorporar la instal·lació s'haurà de tenir en compte les següents característiques:

- Tensió màxima suportada pel material
- Intensitat nominal de la línia
- Poder de tall de l'aparell de protecció
- Selectivitat a considerar respecte les proteccions situades aigües amunt

La secció dels cables es calcularà tenint en compte les prescripcions tècniques respecte a la caiguda de tensió màxima admissible, així com també segons la intensitat nominal que haurà de suportar la línia. També es verificarà que la secció del cable suporti els esforços tèrmics produïts per un curtcircuit.

Els càlculs de les instal·lacions de terra es realitzaran segons el mètode de càlcul d'UNESA, tenint en compte les tensions màximes de contacte permeses per la ITC BT-24.

Els conductors elèctrics utilitzaran els colors distintius segons la normes UNE i seran etiquetats per a facilitar la seva localització, tant als plànols com a la instal·lació.

4.4.2. Quadres elèctrics

Per a la centralització d'elements de mesura i protecció, es disposarà de quadres elèctrics construïts d'acord amb els esquemes elèctrics. Tots els armaris incorporaran els següents elements:

- Ventilació forçada
- Il·luminació interior

4.4.3. Aerogeneradors

L'empresa subministradora dels aerogeneradors serà l'encarregada de realitzar la instal·lació i el subministrament de tots els elements necessaris per a la construcció, muntatge, posada en servei i proves de verificació del correcte funcionament, així com els elements de control i monitorització. A més haurà de proporcionar la formació i la documentació necessària per la correcta utilització dels equips. La documentació haurà d'incloure:

- Memòria descriptiva de tots els elements
- Descripció del funcionament complet dels sistemes de control i monitorització
- Esquemes i plànols del totes les instal·lacions
- Pressupost detallat de la instal·lació i muntatge

A més l'empresa subministradora haurà de garantir mitjançant les tècniques de comprovació pertinents el correcte funcionament de tot el sistema.

4.4.4. Cables i canalitzacions

Els conductors soterrats utilitzats en la distribució d'energia en mitja tensió seran d'aïllament 18/30KV.

S'utilitzaran conductors d'alumini, segons Norma UNE 21123 (novembre 1.981), Recomanacions UNESA 3305 (juliol 1982) i complement (desembre 1985) a aquesta recomanació, sobre fabricació de cables per triple extrusió. Aquestes normes compleixen amb les especificacions recomanades per la Comissió Electrotècnica Internacional (CEI), publicacions 502 i 540. Les seves característiques seran les següents:

- Secció: Segons projecte
- Forma de conductor: Unipolar
- Designació UNE: RHZ1 18/30KV
- Aïllament: XLPE
- Tipus: Sec termostable

Els conductors s'instal·laran en rases de 1m de profunditat sota tub de polietilè d'alta densitat, i no s'instal·larà més d'un circuit per tub.

El traçat de les rases haurà d'esser el mes rectilini possible, i s'haurà de tenir en compte el radi mínim que cal deixar a les corbes, segons el diàmetre dels cables que s'hagin de canalitzar.

La distancia mínima que hi haurà d'haver entre els cables de transport d'energia i els de telecomunicacions serà de 0,20m en cas de distribució en baixa tensió i de 0,25m en alta tensió.

En els casos de creuament i paral·lelismes amb canalitzacions d'aigua i gas s'haurà de deixar una separació mínima de 0,25m.

En el cas d'encreuament amb una via els cables hauran d'anar recoberts de formigó.

Els cables de distribució d'energia a 30KV hauran de tenir els nivells d'aïllament estipulats per la ITC-MIE-RAT-12. Segons les normes de la companyia hauran d'esser unipolars.

Les línies de 30KV comptaran amb les proteccions següents:

- Protecció contra sobreintensitats:

Les línies hauran d'estar protegides contra els possibles efectes tèrmics i dinàmics originats per una possible sobreintensitat en qualsevol punt de la instal·lació.

- Protecció contra sobrecarregues:

Per garantir la vida útil d'un cable, es recomanable que un cable en servei permanent no tingui una sobrecarrega d'un 25% durant una hora, així mateix que dues sobrecarregues successives no es produeixin en menys de 6 hores i que com a màxim se'n produeixin 100 a l'any o be menys de 500 durant la vida del cable.

- Protecció contra defectes:

Les proteccions hauran de garantir que les faltes seran extingides en un temps tal que la temperatura no malmeti el cable.

- Protecció contra sobretensions:

Els cables hauran d'estar protegits contra sobretensions a traves de parallamps de característiques adequades. El marge de protecció entre el nivell d'aïllament del cable i el nivell de protecció del parallamps serà com a mínim del 80%. Els parallamps estaran col·locats en els punts que puguin veure's afectats per sobretensions, com per exemple en canvis bruscos d'impedància, com son transformadors, motors, generadors, etc...

4.4.5. Centres de transformació

Tot aparellatge utilitzat serà de primera qualitat de marques homologades.

Estaran protegits contra sobretensions atmosfèriques mitjançant parallamps o autovalvules.

En general el centres compliran la normativa de la companyia subministradora així com les condicions tècniques i de seguretat en centres de transformació que dicta el RD 3275/1982 del 12 de novembre i publicat l'1 de desembre de 1982.

Els centres de transformació hauran d'estar protegits en alta tensió mitjançant seccionadors en carrega auto-pneumàtics com a mínim segons la normativa de la companyia.

Es definirà el nombre d'interruptors per línia, que en principi, seran de un per transformador.

S'hauran de definir marques i característiques d'interruptors i seccionadors així com els seus aïllaments i assajos.

Les proteccions que s'hauran d'incloure com a mínim en un centre de transformació son les següents:

- Sobre tensió
- Contra descarregues atmosfèriques
- De línies interiors: sobrecarrega i curtcircuit
- De transformador: sobrecarrega i curtcircuit

El transformador complirà amb les normes CEI i les pròpies de la companyia subministradora, i s'indicaran com a mínim les següents característiques: Marca, relació de transformació, sistema de refrigeració, potencia nominal, tensió, grup de connexió, freqüència, tensió de curtcircuit i dimensions de les cabines metàl·liques.

Els transformadors seran del tipus sec encapsulat i tindran les següents característiques:

Taula 36. *Característiques del transformador.*

| | |
|------------------------------------|-------|
| POTENCIA NOMINAL (Sr) KVA | 2100 |
| Pèrdues en buit (Po) W | 5000 |
| Pèrdues de carrega (Pk) 75°C W | 18900 |
| Pèrdues de carrega (Pk) 120°C W | 21000 |
| Impedància en curtcircuit % | 8 |
| Nivell de potència sonora (LWA) dB | 78 |
| Longitud (A) mm | 2120 |
| Amplada (B) mm | 1150 |
| Altura (H) mm | 2280 |
| Pes Kg | 5200 |
| Distancia entre rodes (E) mm | 820 |
| Diàmetre de les rodes mm | 200 |
| Diàmetre de les rodes mm | 70 |

Les cel·les d'aparellatge seran prefabricades amb carcassa metàl·lica amb aïllament de SF₆, podran esser modulars o be compactes, estaran motoritzades, i incorporaran relés de pas de falta o indicadors de curtcircuit. Presentaran les següents característiques:

Taula 37. *Característiques de les cel·les de MT*

| | |
|--|-----------------|
| Freqüència (Hz) | 50 |
| Tensió nominal (kV) | 36 |
| Nivell d'aïllament | |
| A freqüència industrial (kV) | 70 |
| A onda de xoc tipus raig (BIL-kV) | 170 |
| Nivell de potència sonora (LWA) dB | 81 |
| Intensitat nominal embarrat principal (A) | 630 |
| Intensitat nominal de curta duració (kA/s) | 20/3 |
| Intensitat nominal de tall de curtcircuit (kA) | 20 |
| Capacitat de tall contra curtcircuit (kA cresta) | 50 |
| Resistència front arcs interns IAC AFL (kA/1s) | 20 |
| Aïllament elèctric | SF ₆ |

CAPÍTOL 5: BIBLIOGRAFIA

5.1. Bibliografia de Consulta

- Rodriguez Amenedo, José Luis, Burgos Diaz, Juan Carlos, Arnalte Gomez, Santiago. Sistemas eolicos de producción de energia electrica. Rueda 2003.
- Gutiérrez Montes, José Luis, García Marí, Eugenio, Adrados Blaise-Ombrecht, Carlos, Gutiérrez Colomer, Rosa Penélope. El proyecto del centro de transformación. Universidad Politécnica de Valencia 2006.
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales i Tecnológicas. *Principios de conversión de la energia eólica*. Madrid, 2005. 1ª ed. 84-7834-492-6
- T.V. Ramachandra, K.J Rajeev. 'WEPA: Wind energy potential assessment -spatial decision support system'. <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/paper/wepa/a.pdf>
- Fawzi A.L. Jowder . 'Wind power analysis and site matching of wind turbine generators in Kingdom of Bahrain'. <http://www.elsevier.com/locate/apenergy>
- Williams College, Williamstown, Massachusetts. Samuel M. Arons. 'Energy Yield and Visual Impact Studies of the Berlin Wind Project'
- University of Oradea, Faculty of Environmental Protection. Monica Costea. 'Aeolian potential estimation in areas with complex orography'
- ALSTOM <http://www.ecotecnia.es>
- Natural resources Canada <http://www.retscreen.net/es/home.php>
- Portal d'accés obert al coneixement de la UPC <http://upcommons.upc.edu/>
- Red electrica española <http://www.ree.es>
- Servei Meteorologic de Catalunya <http://www.meteocat.net>
- Siemens <http://www.siemens.com>
- Web de l'estadística oficial de Catalunya <http://www.idescat.es>
- Ministerio de Industria, Turismo y comercio. <http://www.mityc.es/es-ES/Paginas/index.aspx>
- Ministerio de Economía y Hacienda. <http://www.sedecatastro.gob.es>
- Parque eólico experimental Sotavento <http://www.sotaventogalicia.com/index.php>
- Agencia Estatal de meteorología. <http://www.aemet.es>

CAPÍTOL 6: PLÀNOLS

6.1. Contingut

A continuació es presenten els plànols bàsics per la definició de les instal·lacions projectades:

Taula 37. *Característiques del transformador.*

| Descripció | Número plànoi |
|---|----------------------|
| Emplaçament d'instal·lacions | 1 |
| Esquema unifilar general | 2 |
| Esquema unifilar aerogenerador i transformador | 3 |
| Esquema unifilar subestació | 4 |
| Transformador BT/MT | 5 |
| Cel·les del transformador i detall de les rases | 6 |
| Terra de l'aerogenerador | 7 |