

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE DISEÑO DE LA
TRANSMISIÓN DE UN AEROGENERADOR***

DOCUMENTO 5- PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno/Alumna: Hurtado, Taboada, Aingeru

Director/Directora: Santos, Pera, Juan Antonio

Curso: 2017-2018

Fecha: <23, Julio, 2018>

DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 CONDICIONES GENERALES.....	2
5.1.1 Objetivo	2
5.1.2 Fecha de publicación	2
5.1.3 Alcance del proyecto.....	3
5.1.3.1 Documentos del proyecto	3
5.1.4 Normativa de carácter general.....	3
5.2 CONDICIONES PARTICULARES	4
5.2.1 Condiciones técnicas	4
5.2.1.1 Características de los Materiales	4
5.2.1.2 Características de los componentes	8
5.2.1.2.1 Eje de baja velocidad.....	8
5.2.1.2.2 Porta planetas.....	9
5.2.1.2.3 Ejes planeta.....	9
5.2.1.2.4 Engranajes planeta.....	9
5.2.1.2.5 Engranajes corona.....	10
5.2.1.2.6 Engranaje sol y eje 1ª etapa	10
5.2.1.2.7 Engranaje sol y eje 2ª etapa	10
5.2.1.2.8 Eje de alta velocidad.....	11
5.2.1.2.9 Carcasas.....	11
5.2.1.3 Elementos comerciales	11
5.2.1.3.1 Rodamientos.....	11
5.2.1.3.2 Retenes	12
5.2.1.3.3 Tuerca de cierre.....	12
5.2.1.3.4 Chaveta	12
5.2.1.3.5 Tornillos	12
5.2.1.3.6 Anillos deseguridad	13
5.2.1.3.7 Acoplamiento	13
5.2.1.4 Condiciones de ejecución	13
5.2.1.4.1 Dientes	13
5.2.1.4.2 Acabados superficiales.....	14
5.2.1.4.3 Tolerancias geométricas y dimensionales	15
5.2.1.4.4 Tratamientos termoquímicos y térmicos	15
5.2.1.4.5 Montaje.....	15
5.2.1.4.6 Comprobación	16

5.2.4.7 Control de calidad.....	17
5.2.2 Condiciones económicas y administrativas.....	17
5.2.2.1 Planificación.....	17
5.2.2.2 Elaboración del proyecto	18
5.2.2.3 Pago	18
5.2.2.4 Entrega	19
5.2.2.5 Garantía.....	19
5.2.2.6 Patentes y licencias	20
5.2.2.7 Secreto profesional	20
5.2.2.8 Anulación del contrato	20

5.1 CONDICIONES GENERALES

5.1.1 Objetivo

La finalidad del pliego de condiciones es determinar las condiciones técnicas, administrativas, legales y económicas para la correcta realización del presente proyecto.

Mediante este documento se determinan los diferentes procesos de montaje, construcción, funcionamiento y mantenimiento de la transmisión del aerogenerador. Por otro lado, también se determina la relación entre el cliente, el contratista y el director de obra, detallando los derechos, tareas y responsabilidades.

En este mismo documento y en el Documento 4: Planos, se concretarán los materiales empleados y las condiciones que éstos deben cumplir.

Los documentos tienen diferentes objetivos. La memoria tiene carácter puramente informativo. Los cálculos en cambio, sirven para la justificación de las soluciones adoptadas. Los planos tienen como objetivo la correcta interpretación del proyecto y ser la base de la fabricación de los elementos. El presupuesto y estado de mediciones tienen la finalidad de ofrecer una visión clara del coste del producto. Finalmente, el pliego de condiciones indica las condiciones generales y particulares en las que el proyecto se realiza. Es el único documento expuesto a acciones judiciales y es de carácter obligatorio.

5.1.2 Fecha de publicación

El pliego de condiciones referente al diseño de la transmisión de un aerogenerador se ha publicado el día 23 de Julio de 2018 en Bilbao, junto con todos los demás documentos del proyecto.

5.1.3 Alcance del proyecto

Este documento contiene las condiciones técnicas, económicas y administrativas. Las condiciones técnicas a determinar son las siguientes: material, maquinaria, características del equipo utilizado y las obligaciones técnicas necesarias para la correcta realización del proyecto. Las condiciones administrativas y económicas establecen los acuerdos entre los clientes y contratistas.

5.1.3.1 Documentos del proyecto

El proyecto está formado por los siguientes documentos:

1. Documento: Índice general
2. Documento: Memoria
3. Documento: Cálculos
4. Documento: Planos
5. Documento: Pliego de condiciones
6. Documento: Presupuesto
7. Documento: Estudios con entidad propia

5.1.4 Normativa de carácter general

Todos los trabajos que se llevarán a cabo en el proyecto y los materiales que se utilizarán, deben cumplir los últimos códigos, normativas y guías más nuevas publicados hasta la fecha de asignación.

Entre los editores se incluyen los siguientes:

- IEC (International Electrotechnical Comision)
- ISO (International Organization for Standardization)
- ASME (American Society of Engineers)
- DIN (Deutsches Institut für Normung)
- UNE (Una Norma Española)
- AISI (American Iron and Steel Institute)
- AGMA (American Gear Manufactures Association)

En caso de desacuerdo entre ellas, se cumplirá la más restrictiva.

5.2 CONDICIONES PARTICULARES

5.2.1 Condiciones técnicas

Los materiales empleados deberán de cumplir unas condiciones determinadas y condiciones técnicas expuestas en los planos y documentos. En caso de que haya contradicciones entre ellos, se dará como buenas a las expuestas en los documentos. Todos los materiales poseerán los correspondientes certificados de calidad y origen.

Los elementos fabricados para este proyecto deberán cumplir unos requisitos y normas, por eso serán aprobados por el Director del proyecto y homologados por los oficiales correspondientes.

La dirección técnica será la encargada de comprobar los materiales y su calidad. El constructor debe de comprobar las herramientas que se usaran en el proyecto y las sustituirá en caso de estar defectuosas. De esta forma, todos los aspectos del producto serán controlados y fabricados adecuadamente y la idoneidad de los procesos de montaje estará garantizada.

5.2.1.1 Características de los Materiales

La Dirección es la encargada de hacer las pruebas de resistencia, dureza... necesarias tanto a la pieza como a las probetas. Antes de elegir un material, se debe tener en cuenta el tipo de cargas, la función y la vida nominal que debe soportar la pieza.

Después, se tendrán en cuenta los requisitos para la fabricación y el montaje. Y por último, no se deben de olvidar los costes de producción. En general, para este proyecto nos basaremos en experiencias anteriores y se usarán materiales ya empleados en otros proyectos.

En este punto se explica detalladamente los materiales (y las características de éstos) que se han usado para poder realizar este proyecto.

-Acero F-1140 (Tornillos – Tuerca de cierre)

Este acero al carbono según UNE 36011-12 y la norma DIN, se conoce como CK45, es una pieza capaz de soportar grandes cargas, un material con una alta resistencia. Tiene una resistencia media de $\sigma_{yp} = 650 - 800 \text{ N/mm}^2$. Este acero está laminado, forjado y calibrado y su límite de fluencia serán $\sigma_{yp} = 30 \text{ kg/mm}^2$. La dureza Brinell será de 207 HB. Su composición química es la siguiente:

C	Mn	Si	P	S	C Equivalente
0,4-0,5	0,5-0,8	0,15-0,4	<0,035	<0,035	0,55

Tabla 5.1: Composición de acero F-1140

- F112 (AISI 1060 - F1120) - (Porta Planetas - Chaveta)

Acero fácil de conformar según UNE 36011-12. Fabricado en frío, muestra buen comportamiento frente a los trabajos. Es adecuado para soldar, es un material muy duro y con una resistencia mecánica baja, por ello es ideal para maquinaria. Tiene una dureza 111 HB y su esfuerzo de fluencia es 205 MPa y su esfuerzo máximo de 380 MPa .

Según la norma DIN, su nomenclatura es 35NiCr18. Su límite de fluencia es de $\sigma_{yp} = 1.034 \text{ N/mm}^2$ y la tensión última $\sigma_u = 1.160 \text{ N/mm}^2$. Su densidad es de $\rho = 858 \text{ gr/cm}^3$. Su composición química es la siguiente:

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
0,35	0,6	0,25	1,3	4,5	-

Tabla 5.2: Composición de acero F-112

- F3404 (AISI 420) (Anillos de seguridad)

Según la UNE 36011-12 es un laminado de acero inoxidable DIN 17222, son aceros de alta conductividad. Tiene buena resistencia a la corrosión, endurecido, luego molido y finalmente suavizado. Su límite de fluencia es de $\sigma_{yp} = 345 \text{ MPa}$ y la tensión última $\sigma_u = 690 \text{ MPa}$. Su módulo de elasticidad es de 200 GPa y su dureza Brinell de 265 HB. Su composición química es la siguiente en porcentaje (%):

C	Mn	Si	Cr	P	S
0,15	1,00	1,00	12,0 – 14,0	0,04	0,03

Tabla 5.3: Composición de acero F-3404

-AISI 4340 (F-1272) (Eje de baja velocidad – Ejes Planeta)

Según la norma UNE 36-011-75, este acero F-1272 y DIN 17200 se denomina también 40NiCrMo8-4. Este acero tiene un buen nivel de templado y muestra una buena resistencia a fatiga. Se usa en piezas que necesiten una dureza grande por sus cargas. Es capaz de soportar esfuerzos dinámicos altos, por lo tanto es ideal para las piezas que requieran una sollicitud mecánica alta. Su límite de fluencia es de $\sigma_{yp} = 726MPa$ y la tensión ultima $\sigma_u = 1.030 MPa$. Su dureza Brinell de 300/350 HB y su composición química es la siguiente en porcentaje (%):

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
0,38-0,43	0,6-0,8	0,15-0,35	0,7-0,9	1,65-2	0,2-0,3	≤0,035	≤0,04

Tabla 5.4: Composición de acero AISI 4340

-16MnCr5 (F1516 – AISI 5115) (Engranajes)

Es un acero cementado el cual sigue la norma DIN 17210 y se utilizara para la fabricación de los engranajes. Esta aleación de cromo y magnesio, se utiliza en piezas que necesitan una superficie dura. Su límite de fluencia es de $\sigma_{yp} = 60 N/mm^2$ y la tensión ultima $\sigma_u = 1.000 N/mm^2$. Su dureza Brinell de 600 HB. Su composición y propiedades físicas son las siguientes:

Propiedades Físicas.

Densidad	7.76 Kg/dm ³
Modulo de elasticidad	210(10 ⁹ Mpa)
Resistencia eléctrica	0.12 Ωmm ² /m
Conductividad térmica	44 W/mK
Calor específico	431 J/Kg K
Coeficiente de Expansión térmica en estado recocido	
20-100°C	11,5 (10 ⁻⁶ K ⁻¹)
20-200°C	12,5 (10 ⁻⁶ K ⁻¹)
20-300°C	13,3 (10 ⁻⁶ K ⁻¹)
20-400°C	13,9 (10 ⁻⁶ K ⁻¹)

Tabla 5.5: Propiedades físicas de F-1516

C	Si _{máx.}	Mn	P _{máx.}	S _{máx.}	Cr
0,14 - 0,19	0,40	1,00 - 1,30	0,025	0,035	0,80 - 1,10

Tabla 5.6: Composición de acero F-1516

-F-1540 (Carcasa)

Acero de cementación al Ni-Cr utilizado para la fabricación de piezas de gran responsabilidad mecánica que deban presentar en el núcleo, junto con una elevada tenacidad, una buena resistencia ($R_m = 90 \div 120 \text{ Kg/mm}^2$). Conocido también como 15NiCr13. Su límite de fluencia es de $\sigma_{yp} = 120 \text{ N/mm}^2$ y la tensión última $\sigma_u = 200 \text{ N/mm}^2$. Su dureza Brinell de 150 HB. Su composición química es la siguiente:

C	Mn	Si	P	S
0,15	0,5	0,25	0,80	2,75

Tabla 5.7: Composición de acero F-1540

- 72 NBR 902 (Retenes)

Caucho nitrilo (NBR), es un caucho sintético que es un copolímero no saturado que muestra resistencia a aceites, combustibles y otros compuestos químicos. Está fabricado según las normas UE 2011/65 / CE (RoHS) y 2002/95 / CE(RoHS). Funciona en condiciones de 120°C y la resiliencia es muy buena y tiene una muy buena adhesión con metales. Tiene muy buenas propiedades mecánicas, con una alta resistencia a la abrasión.

Propiedades	Unidades	Valores
Composición	Acrilonitrilo Butadieno	
Color	Negro	
Peso específico	1,5 ± 0,05	gr/cm ³
Dureza	65 ± 5	SHORE A
Carga de rotura	≥ 3,5	Mpa
Alargamiento a la rotura	≥ 280	%
Resistencia al desgarr	15	N/mm
Temperatura mínima de servicio	-30	°C
Temperatura máxima de servicio	120	°C
Envejecimiento por aire caliente	72 h x 70°C	
Inc. Dureza	5	SHORE A
Inc. Carga de rotura	-15	%
Inc. Alargamiento	-40	&
Resistencia Química		
Ozono	No recomendada	
Ácidos y Alcalis diluidos	Buena	
Ácidos y Alcalis concentrados	No recomendada	
Hidrocarburos, aceites y grasas	Buena	
Disolventes orgánicos	Moderada	

Tabla 5.8: Propiedades 72 NBR 902

-T-PUR (Acoplamiento)

El material del acoplamiento será este poliuretano termoplástico. En si el acoplamiento será de acero, pero su tela de araña (Spider) es la que tiene la mayor importancia y será de este material. Este tendrá una dureza 64 Sh-D teniendo así una vida nominal muy grande. Proporciona una excelente resistencia a la temperatura y amortiguación de vibraciones. Es capaz de transmitir grandes fuerzas de torsión y el material recomendado para su uso es acero. Para el acoplamiento seleccionado, estas son las propiedades mecánicas.

64 Shore-D Zahnkranz aus T-PUR® und PUR															
ROTEX® Size	max. Speed		Twist angle ϕ bei		Torque [Nm]				Damping power P _{KW} [W] ¹⁾	Relative damp- ing ψ	Resonance factor V _R	Torsion spring stiffness C dyn. [Nm/rad]			
	V=35 m/s GJL	V=40 m/s steel	T _{KN}	T _{K max}	DIN 740 ¹⁾			T _{Kmax} Rated ²⁾				1,0 T _{KN}	0,75 T _{KN}	0,5 T _{KN}	0,25 T _{KN}
					Rated (T _{KN})	Max (T _{K max})	Vibratory (T _{KW})								
140	2050	2350			16000	32000	4180	48000	81,9			2312x10 ³	1929x10 ³	1521x10 ³	1082x10 ³

Tabla 5.9: Propiedades mecánicas-PUR

5.2.1.2 Características de los componentes

5.2.1.2.1 Eje de baja velocidad

El eje de baja velocidad está conectado al rotor y le transmitirá esa rotación a la multiplicadora. El viento generara unas fuerzas en las palas, y estas a su vez generaran una rotación. Esta rotación se transmitirá al eje de baja velocidad mediante una unión con tornillos entre la brida y el rotor. El eje de baja velocidad y la brida son una misma pieza. El material que cumpla estas condiciones es AISI 4340. Como ya se ha mencionado la unión con el porta planetas se hará mediante un eje estriado DIN 5480.

En los asentamientos de los rodamientos habrá un acabado superficial de N7, siendo el general N9. En cuanto a los perdones geométricos tendrá que asegurarse la cilindridad y la redondez en los asentamientos de los rodamientos (ver plano P03 para más detalles).

5.2.1.2.2 Porta planetas

El porta planetas, se conecta mediante un estriado interior DIN 5480 con el eje anterior, y así le transmitirá el giro del eje a los engranajes planeta. Para soportar la torsión y las vibraciones se ha construido con un material resistente AISI 1060. En los puntos donde se colocan los ejes de los planetas el acabado superficial será de N7 con un perdón geométrico H7 para su montaje. Además para un montaje correcto en la cara en la que irán situados los ejes habrá un acabado superficial N5 y se garantizará la perpendicularidad (para más detalles acudir al plano P09).

5.2.1.2.3 Ejes planeta

El eje planeta estará dentro del porta planetas y de del engranaje planeta. Su función es unir estas dos piezas mencionadas con la ayuda de rodamientos. Para los anillos de seguridad que se pondrán para los rodamientos se mecanizarán dos ranuras. Para la superficie que se introducirá en el porta planetas y para la que se le colocaran los rodamientos su acabado superficial será de N7 y la cilindridad estará garantizada. En cuanto al material, se decide utilizar el material que facilita el mecanizado, para fabricar el eje, acero AISI 4340 (Para una vista más detallada de las medidas ver los planos P10 y P11).

5.2.1.2.4 Engranajes planeta

Los engranajes planeta serán de un acero de cementación F-1516 el cual tendrá un proceso de temple, este material es muy usado en la fabricación de engranajes. En el lugar en el que estarán alojados los rodamientos, habrá un acabado superficial de N7 el cual permita que estos queden fijados y no se muevan. También habrá que garantizar la paralelidad entre las dos caras del engranaje y la perpendicularidad con el eje (para una vista más detallada de las medidas ver los planos P10 y P11).

5.2.1.2.5 Engranajes corona

El material del engranaje corona será un acero de cementación F-1516 el cual tendrá un proceso de temple. El engranaje corona estará fijo dentro de la carcasa de la caja multiplicadora y por lo tanto no girará, irá con un perdon dimensional j6 y en cuanto a los geométricos tendrán que garantizar la perpendicularidad con el eje.

Este engranaje tendrá dientes rectos, y su característica es que los dientes los tendrá en el interior y aquí será donde estén los engranajes planeta girando. Su acabado superficial tiene que ser de N7 para que engranen bien, y a su vez introducirlo en la carcasa (para una vista más detallada de las medidas ver los planos P10 y P11).

5.2.1.2.6 Engranaje sol y eje 1ª etapa

El engranaje sol de la 1ª etapa estará compuesto del acero cementado F-1516 y como los demás engranajes con un proceso de temple. En este caso el engranaje sol y el eje de salida son la misma pieza para hacer la unión mediante un eje estriado DIN 5480 con la 2ª etapa. Por lo tanto entre las dos caras del engranaje se tiene que garantizar la paralelidad, también perpendicularidad y el eje tendrá un perdon geométrico de redondez (para una vista más detallada de las medidas ver el plano P12).

5.2.1.2.7 Engranaje sol y eje 2ª etapa

El engranaje sol de la 2ª etapa irá unido al engranaje grande helicoidal de la 3ª etapa y con estos un eje. Estará compuesto del acero cementado F-1516 y como los demás engranajes con un proceso de temple.

Tendrá dos tipos de tallados diferentes, uno para el engranaje sol de dientes rectos de la 1ª etapa y el otro para el engranaje grande de dientes helicoidales de la 3ª etapa.

Además en la tercera etapa los soportes del eje son rodamientos, y necesitarán acabados superficiales de N7 las zonas donde se coloquen, y un N9 general.

Para que los dos engranajes estén bien colocados, hay que vigilar la centricidad, y las caras de los engranajes tienen que garantizar paralelidad entre ellas, y

perpendicularidad con el eje (para una vista más detallada de las medidas ver el plano P13).

5.2.1.2.8 Eje de alta velocidad

Como los engranajes hay que mecanizarlos y tienen que ser resistentes, el material del engranaje y el eje será el acero de cementación F-1516, el cual recibirá un tratamiento de temple. Su tallado en el engranaje será helicoidal y entre las caras se tendrá que mantener la paralelidad. En el lugar donde irán los rodamientos tendrá un acabado superficial de N7. Por otra parte las caras del engranaje garantizarán perpendicularidad con el eje para asegurar un engrane correcto (para una vista más detallada de las medidas ver el plano P12).

5.2.1.2.9 Carcasas

La carcasa tendrá que ser resistente y capaz de aguantar deflexiones y vibraciones, por ello su material será el acero de cementación F-1540. La carcasa se divide en varias piezas para garantizar un montaje correcto. Las carcasas y tapas se unirán entre sí mediante tornillos y en las tapas se colocarán retenes que garantizarán la impermeabilidad.

En los asentamientos que vayan colocados los retenes, engranajes corona y rodamientos habrá un acabado superficial de N7, siendo N9 el general. En el lugar de acople de los engranajes corona habrá un perdón dimensional de H7 para asegurar que se queda fijo y no se mueve facilitando así el correcto funcionamiento de las etapas planetarias (para una vista más detallada de las medidas ver los planos P06, P07 y P08).

5.2.1.3 Elementos comerciales

5.2.1.3.1 Rodamientos

Se utilizarán rodamientos diferentes en toda la transmisión del aerogenerador (para más detalles ver Documento 4: Planos)

Los rodamientos son del catálogo Timken

- Rodamiento de dos hileras y rodillos cónicos: HM256849-HM256810D
- Rodamiento de rodillos cilíndricos: NU1060MA
- Rodamiento cilíndrico 1ª etapa: NU1044MA
- Rodamiento cilíndrico 2ª etapa: NU222EMA
- Rodamiento cilíndrico 3ª etapa: LM770945-LM770910
- Rodamiento de rodillos cónicos eje de alta velocidad: 98335-98788

Para el sistema de orientación, se utilizara un rodamiento de grandes dimensiones, del catálogo Rothe Erde:

- Rothe Erde rodamiento de grandes dimensiones: 062.50.1800.001.49.1504

5.2.1.3.2 Retenes

Los retenes estarán en las tapas, y serán del material 72 NBR. Sus dimensiones serán las siguientes:

- Reten: DIN 3760 A 300 x 340 x 20
- Reten: DIN 3760 A 85 x 110 x 12

5.2.1.3.3 Tuerca de cierre

La tuerca de cierre están para fijar los rodamientos del engranaje grande de la tercera etapa, su material será F-114.

- Tuerca de cierre: DIN 981 HTML 90T

5.2.1.3.4 Chaveta

La chaveta estará en el eje de alta velocidad, y se utilizara para conectar el acoplamiento que unir este eje con el generador. La chaveta es del material AISI 1060.

- Chaveta: DIN 6885 A 22 x 14 x 125

5.2.1.3.5 Tornillos

Los tornillos serán de cabeza hexagonal y de material F-1140. Se utilizaran tornillos diferentes con las siguientes medidas:

- Tornillos: DIN 933 M30 x 140
- Tornillos: DIN 933 M20 x 80
- Tornillos: ISO 4014 M45 x 240
- Tornillos: ISO 4014 M42 x 260
- Tornillos: DIN 933 M45 x 160

5.2.1.3.6 Anillos de seguridad

Los anillos de seguridad se usaran para fijar algunos rodamientos y un retén, su material será F-3404. Sus dimensiones son las siguientes:

- Anillo de seguridad: DIN 471 300 x 5
- Anillo de seguridad: DIN 471 220 x 5
- Anillo de seguridad: DIN 471 110 x 4
- Anillo de seguridad: DIN 471 85 x 3
- Anillo de seguridad: DIN 472 110 x 4

5.2.1.3.7 Acoplamiento

El acoplamiento KTR será de acero y el “Spider” tendrá una dureza de 64 Sh-D, su referencia es la siguiente:

-ROTEX 140 St 64 Sh-D 1-D85 1-D85

5.2.1.4 Condiciones de ejecución

Teniendo en cuenta todos los componentes de una transmisión se pueden diferenciar tres tipos de elementos: piezas que se van a diseñar, elemento normalizados y comerciales. Estos dos últimos son producidos por fabricantes especializados. Solo se tendrá que comprobar que cumplan las condiciones técnicas que se requieran.

5.2.1.4.1 Dientes

Todos los elementos de las piezas que tengan dientes o estriados son de perfil envolvente. Para crear los estriados y los dientes se usa una fresa madre, esta

herramienta no deja marcas en las piezas por eso es de las más usadas, pero también hay otras herramientas.

La mecanización de los dientes empieza en una máquina para tallar engranajes. Con un proceso de cementación y templado se consigue aumentar la dureza y resistencia de los dientes. Después se aplicará un proceso de mecanización por abrasión, con el cual se consigue que los tratamientos termoquímicos y térmicos no provoquen deformaciones en los dientes y quitar imperfecciones. Por último se realizará un control de calidad.

Para los estriados se sigue un proceso muy parecido, la diferencia está en el control de calidad, el cual tiene que ser más riguroso debido al tipo de ajuste que lleve.

5.2.1.4.2 Acabados superficiales

El funcionamiento de las piezas depende del contacto que puede haber entre ellas, por eso las superficies de muchas de estas piezas deben de tener ciertas propiedades y acabados superficiales que beneficien el funcionamiento de ellas.

A continuación se nombran algunas superficies que deben de llevar un acabado superficial:

- Superficies que necesiten una gran precisión.
- Superficies que estén en contacto o que tengan movimiento relativo.
- Estriados que tengan un ajuste de apriete o de holgura.
- Asentamientos de ejes o carcasas.
- Alojamientos externos e internos de un rodamiento.

Las piezas que tengan un acabado superficial especial necesitan un control de calidad y deberán superar las pruebas necesarias para verificar que es apropiado para su uso.

5.2.1.4.3 Tolerancias geométricas y dimensionales

Normalmente, los acabados superficiales deberán de llevar una tolerancia y en este proyecto se ha mantenido este criterio.

En el proceso de fabricación se deberán de respetar todas las cotas y tolerancias indicadas en los planos.

En caso de que una pieza con una tolerancia especial no pase el control de calidad, ésta no podrá pasar a fase del montaje.

5.2.1.4.4 Tratamientos termoquímicos y térmicos

Se aplican tratamientos termoquímicos y térmicos a muchas piezas con intención de mejorar las propiedades de éstas. Los engranajes, los ejes y otras piezas sometidas a cargas se tratarán con procesos de templado y cementación para aumentar la dureza y resistencia de las superficies en contra de la fricción y desgaste.

Las piezas deberán pasar un control de calidad para confirmar que han conseguido las anteriores propiedades.

5.2.1.4.5 Montaje

Una vez fabricadas las piezas y habiendo superado los controles calidad, se procederá a realizar el montaje pero antes se especificaran los pasos e instrucciones necesarias para normalizar el montaje y evitar errores.

Antes de comenzar con el montaje, se debe comprobar que las piezas no tengan marca o defecto. Si hay piezas defectuosas, se deberán corregir o arreglar. Si los defectos o marcas no tienen arreglo se acatarrará la pieza y se sustituirá por otra.

Primero se verificará que se han fabricado todas las piezas y que todos los elementos comerciales han llegado. Todos los elementos deberán de estar en el campo de trabajo, y la unión o ensamblaje se hará de manera progresiva.

El proceso general a seguir es el siguiente:

1. Unir el eje de baja velocidad al buje.
2. Montar los elementos de la caja multiplicadora.
3. Meter los engranajes corona en la carcasa.
4. Montar el porta planetas de la 2ª etapa con los engranajes planeta y sol.
5. Montar el porta planetas de la 1ª etapa con los engranajes planeta y sol
6. Montar la 3ª etapa
7. Montar la multiplicadora al eje de alta velocidad.
8. Montar el acoplamiento entre el eje de alta velocidad y el generador.

Todos estos pasos se tienen que hacer en un taller con las herramientas, máquinas y recursos necesarios.

Se usarán martillos de plástico para evitar marcas o daños en las piezas. En caso de no tenerlos delante del martillo se usará un taco de plástico o madera.

Hay que tener en cuenta que los componentes de una transmisión no tienen vida infinita y que algunos elementos durarán menos que otros, por eso la fabricación y el montaje están diseñados para que, en caso, de tener que hacer un arreglo o sustitución, el desmontaje sea sencillo. Para el desmontaje se seguirán los pasos de montaje pero en el orden inverso para garantizar la seguridad de los elementos.

5.2.1.4.6 Comprobación

Después de terminar la fabricación y el montaje del sistema de transmisión del aerogenerador, el fabricante deberá hacer pruebas y ensayos para la aprobación de dicha transmisión y garantizar al cliente el funcionamiento de ésta.

Los ensayos y pruebas se realizarán en el taller de fabricación. Los ensayos se llevarán a cabo bajo cargas y sin ellas, también se harán con la transmisión lubricada y sin lubricar, por ello, se utilizará una máquina que simule el funcionamiento del aerogenerador. En estos ensayos, se miden varias cosas, el funcionamiento, la velocidad, los pares, el calentamiento del aceite y los componentes de la transmisión...

5.2.4.7 Control de calidad

Como se ha visto en este documento, los controles de calidad se realizan durante todo el proceso de fabricación del producto. Sobre todo a la hora de inspeccionar los materiales, ya que son el elemento más importante. El material es la base de las piezas mecanizadas, por lo que se necesitan los certificados de calidad de los materiales empleados, en el caso de este proyecto, el acero. Se harán varios ensayos y pruebas rigurosas y se aplicarán los tratamientos necesarios para la mejora de las propiedades mecánicas.

Todo lo que se fabrique y se monte y en especial, todo lo que esté especificado en los planos, se medirá. Para ello, se utilizarán los controles necesarios por parte del departamento de metrología. La persona encargada de dicho departamento tendrá que hacer controles de calidad a las dimensiones, acabados superficiales a las tolerancias, etc.

Los resultados de todas las pruebas, ensayos y controles se documentarán, así en caso de errores, se podrá encontrar su origen con mayor facilidad. En los documentos se especificará el lugar, fecha, responsable, el proceso utilizado y la norma que se ha seguido.

5.2.2 Condiciones económicas y administrativas

5.2.2.1 Planificación

1. El fabricante dispone de 15 días para desarrollar y presentar el plan de trabajo para la fabricación de la transmisión del aerogenerador. En este plan se especificará la duración del procedimiento. Los pasos son los siguientes:

- Organización
- Mecanización
- Montaje
- Mantenimiento
- Controles de calidad

- Pruebas y ensayos
 - Entrega
2. En caso de que haya retraso con la entrega, se informará al proyectista y al cliente.
 3. El proyectista y el cliente pueden considerar no válido el retraso, en ese caso, se multará al fabricante con un castigo económico pudiendo ser hasta de un 7% del coste total del producto.

5.2.2.2 Elaboración del proyecto

1. El fabricante debe empezar con el proyecto en la fecha indicada en el contrato.
2. El fabricante no podrá realizar cambios o trabajos que supongan un aumento de coste sin antes consultarlo con el proyectista ni con el cliente.
3. Las pruebas y ensayos que se realizarán en el taller estarán dentro del contrato.

5.2.2.3 Pago

1. Cuando el cliente y el proyectista estén de acuerdo en el precio, el cliente tiene tres plazos para realizar el pago:
 - El 20% del coste total una vez aceptado el pedido.
 - El 55% del coste total una vez puesto en marcha el proyecto.
 - Y el 25 % del coste total transcurridos 60 días de haber empezado el proyecto.
2. Los gastos financieros que surjan con bancos o entidades serán responsabilidad de cliente
3. Si el cliente no paga dentro del plazo, se le multará con una sanción económica y administrativa.

5.2.2.4 Entrega

1. Una vez superados los ensayos y los controles de calidad y haber sido embalado el producto, se trasportará al taller del cliente.
2. El cliente podrá realizar a la transmisión del aerogenerador las pruebas y ensayos que necesite.
3. El montaje de la transmisión con el resto de los elementos del aerogenerador, será responsabilidad del fabricante, es decir, del cliente. A partir de este momento, las marcas, golpes o errores que se puedan dar en la transmisión, serán responsabilidad del cliente y será el encargado de arreglarlo.
4. Una vez terminado el montaje del aerogenerador y su puesta en marcha, la responsabilidad ya no es del fabricante.

5.2.2.5 Garantía

1. Una vez hayan transcurrido los 30 días de prueba del producto, el fabricante tiene 6 meses para arreglar las piezas que tengan fallo.
2. Dentro de la garantía, según los planos y especificaciones, cualquier pieza o subconjunto que tenga error se reemplazará sin problema. En estos casos, se desplazará un técnico y solucionará los problemas del cliente sin coste alguno.
3. Si en las piezas hubiera algún fallo a causa de un mal embalaje, el cliente podrá reclamar el arreglo de éstas dentro de la garantía.
6. En el caso de que dichas piezas hayan sido manipuladas por personal técnico no propuesto por el fabricante, o la reclamación está fuera de fecha, el fabricante no se hará responsable, lo deberá de solucionar el cliente.

5.2.2.6 Patentes y licencias

1. Si el proyectista quiere utilizar otros métodos, patentes, licencias o compañías, deberá conseguir los permisos que se requieran para ello y enseñárselos al cliente si éste se los pide.
2. En caso de que se rompan los derechos por los bienes industriales, y se genere una pérdida de dinero, el fabricante deberá de recompensar económicamente al cliente.

5.2.2.7 Secreto profesional

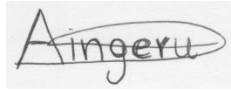
1. Si el cliente cree que el proyectista recibe información confidencial, éste se lo hará saber.
2. El proyectista no podrá enseñar información del proyecto sin el consentimiento del cliente.
3. Lo mismo ocurre con la información técnica confidencial que el proyectista le dará al cliente. El cliente no podrá dar esa información sin el consentimiento del proyectista.

5.2.2.8 Anulación del contrato

Las razones principales por las que un contrato se rompe son las siguientes:

- Incumplimiento de las condiciones fijadas en el contrato.
- Incumplimiento del plazo de tiempo para la fabricación.
- Quiebra o fracaso del fabricante.
- Enfermedad grave o muerte del proyectista.

Firmado:

A handwritten signature in black ink that reads "Aingeru". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping initial 'A' and a horizontal line extending across the rest of the name.

Ingeniero Mecánico

Aingeru Hurtado Taboada

Bilbao, 23 de Julio del 2018