



PROYECTO PARQUE EÓLICO CONTREBIA I
Anexo 20 de Medidas de Protección frente a
Incendios



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/validador/ValidadorCSV.aspx?r7CSV=FJHSUMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

ÍNDICE

1.	Objeto y alcance	1
2.	Legislación aplicable	2
3.	Descripción del parque eólico	3
4.	Riesgo de incendio.....	7
4.1.	Riesgo de caída de rayos	7
4.2.	Fallo mecánico e hidráulico.....	13
4.3.	Fallo en las instalaciones eléctricas.....	14
5.	Medidas previstas en los aerogeneradores GE 158-5.5 y GE 130-3.2	16
6.	Medidas preventivas para disminuir el riesgo de incendio.....	18
6.1.	Fase de Ejecución y desmantelamiento	18
6.2.	Fase de Explotación.....	19
7.	Conclusión	21



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cotitaraigon.a-iisando.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

1. Objeto y alcance

Se elabora el presente Anejo con el objeto de describir las medidas de protección frente a incendios que se establecen para las fases de construcción y explotación del proyecto del parque eólico “Contrebia I” y sus infraestructuras asociadas, que se ubica en el término municipal de Épila en la provincia de Zaragoza. Para el funcionamiento de la planta es necesaria la ejecución de una línea de evacuación enterrada que discurre por el mismo término municipal.

Los incendios forestales en Aragón han sufrido un importante incremento en los dos últimos decenios, tanto en su número como en la superficie total afectada por los mismos. Este incremento es imputable no sólo a causas meteorológicas, sino también a diversas causas estructurales y coyunturales.

Así, un fenómeno que era natural en nuestros ecosistemas ha derivado en un importante problema ecológico, social y económico por la importancia de las pérdidas que ocasionan, por su grave repercusión en la protección del suelo contra la erosión y, en general, por su impacto negativo sobre el patrimonio natural de la Comunidad Autónoma de Aragón.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Profesional Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
SANZ OSORIO, JAVIER

2. Legislación aplicable

- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Corrección de errores del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
 INDUSTRIALES DE ARAGÓN
 VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/validador/validadorCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM46W38>

22/9
 2021

Habilitación Profesional Coleg: 6134 (al servicio de la empresa)
 SANZ OSORIO, JAVIER

3. Descripción del parque eólico

El proyecto del Parque Eólico Contrebia I consta de doce (12) aerogeneradores de los cuales once (11) son del modelo General Electric GE-158 de 4,2 MW, 120,90 metros de altura de buje y 158 metros de diámetro de rotor, y uno (1) es del modelo General Electric GE-130 de 3,2 MW, 110 metros de altura de buje y 130 metros de diámetro de rotor. La potencia de los aerogeneradores se controlará vía Scada o software, de este modo se consigue que la potencia instalada, 49,40 MW, se corresponda con la potencia de acceso otorgada en el nudo Maria 220kV.

Los aerogeneradores y sus infraestructuras están situados en el término municipal de Épila en la provincia de Zaragoza. También contará con una torre de medición y una campa de acopio de material.

La línea de evacuación discurre hacia el sur, hasta llegar a la subestación. Ninguno de los elementos interfiere en ningún caso con el suelo urbano de las localidades.

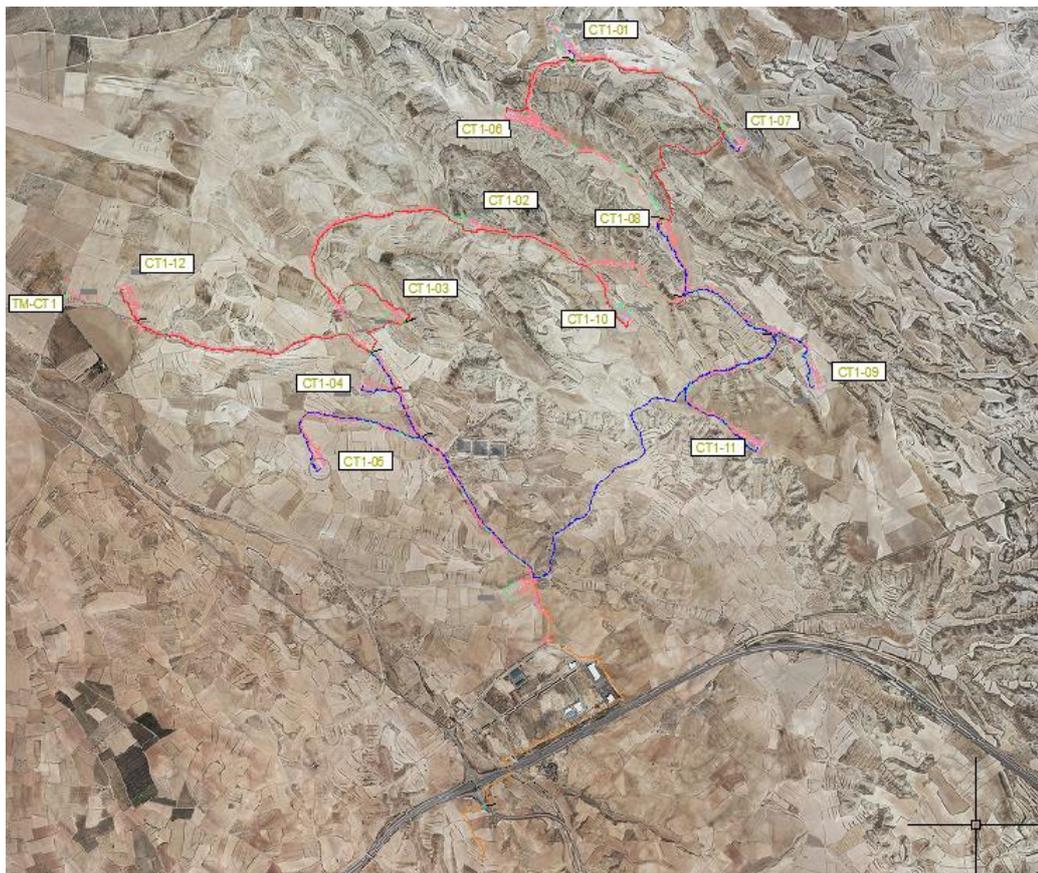


Imagen 1: Ubicación parque eólico, caminos de acceso y línea de evacuación



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
 INDUSTRIALES DE ARAGÓN
 VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/validador/validador.aspx?CSV=FJH5UMDR7ZM46W38>

22/9
 2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
 Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

Las coordenadas donde se ubican los aerogeneradores del parque, en sistema de coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30, son las siguientes:

AEROGENERADOR	UTM X	UTM Y	Cota Z	MODELO AEROGENERADOR
CT1-01	650.267	4.606.287	428,75	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-02	649.698	4.605.167	440,50	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-03	649.263	4.604.603	433,00	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-04	648.989	4.604.181	407,75	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-05	648.724	4.603.663	382,75	Aerogenerador GE130-3,2 MW
CT1-06	649.881	4.605.898	434,25	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-07	651.335	4.605.679	456,00	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-08	650.848	4.605.202	454,75	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-09	651.797	4.604.182	478,75	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-10	650.639	4.604.580	466,75	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-11	651.444	4.603.791	478,50	Aerogenerador GE158-4,2 MW
CT1-12	647.501	4.604.789	368,25	Aerogenerador GE158-4,2 MW

Tabla 1 Coordenadas UTM ETRS89 de los aerogeneradores del Parque Eólico Contrebia I.

Los accesos a los aerogeneradores y a la torre de medición se realizan mediante caminos y viales, cuyo criterio de diseño ha sido aprovechar al máximo los caminos existentes y la correcta evacuación de las aguas de lluvia de la zona. Si bien se han adecuado a los parámetros mínimos de radio de curvatura, anchura y pendientes necesarios para el tránsito de camiones tanto en la fase de construcción del parque como en la fase de explotación del mismo.

El acceso del Parque Eólico Contrebia I se encuentra ubicado en el término municipal de Épila y se realizará desde el polígono industrial El Sabinar, localizado junto a la autovía A-2. Los transportes accederán al polígono por su único acceso recorriendo el vial de entrada hasta el final. Posteriormente los transportes accederán a un camino en el extremo norte del polígono industrial, como se observa en la Figura 2.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cotitarragon.es/validador/validador.csh?aspx?cshv=FJH5UMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER



Figura 2: Acceso desde el polígono El Sabinar

El punto de salida del polígono industrial supone el acceso a un camino existente que ya es utilizado por los propietarios de las parcelas agrícolas colindantes, como se observa en la Figura 2.

Se adecuará el acceso para el paso de los transportes especiales, según se muestra en la imagen adjunta y en los planos de proyecto. Para ello es necesario rectificar la curva de la parte inicial del camino. Este acceso se diseña para un acceso con entrada y salida preferente desde el oeste, tal y como se ha marcado el itinerario de los camiones. Para ello el radio del vial es de 80 metros, como se observa en la Figura 3.

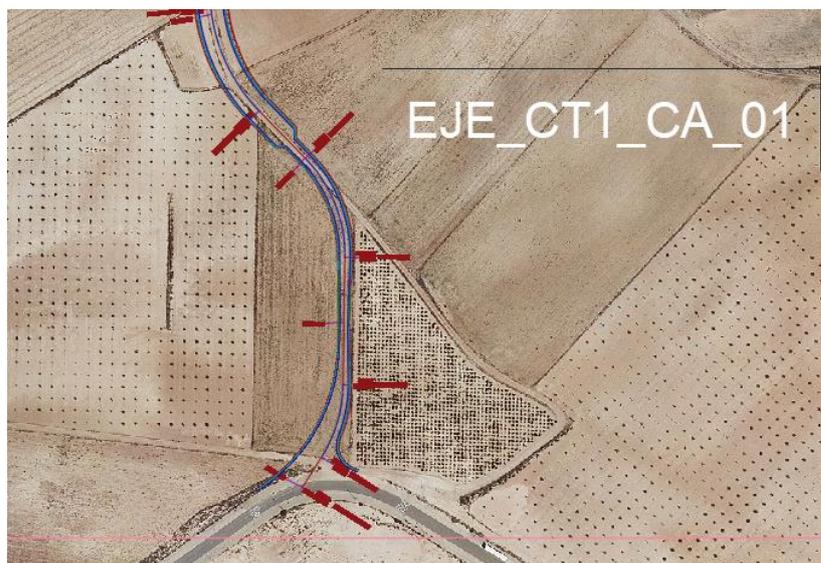


Figura 3: Eje de acceso Parque Eólico Contrebía I



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJH5UMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg: 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

Una vez realizada la conexión, el vial de acceso Eje_CT1_CA_01 da servicio al resto de caminos de acceso al parque. Algunos tramos de estos caminos aprovechan el trazado de otros preexistentes, conformando finalmente la red interior de caminos.

Para la ejecución de las zanjas de la línea de evacuación también se ha primado su trazado a través de caminos existentes con el fin de minimizar las afecciones en el territorio, discurre, en general, en paralelo a los caminos que dan acceso a los aerogeneradores y a caminos existentes.

 COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087 http://cogitaragon.es/validador/ValidadorCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM46W38
22/9 2021
Habilitación Profesional Coleg: 6134 (al servicio de la empresa) SANZ OSORIO, JAVIER

4. Riesgo de incendio

El riesgo de incendio en un aerogenerador tiene variadas causas y orígenes, entre las que destaca:

- **La caída de rayos:** Es la fuente más común de incendios en aerogeneradores.
- **Fallo mecánico e hidráulico:** El fallo mecánico o rotura de maquinaria es otro factor responsable por causar incendios en las turbinas eólicas. Los fallos pueden ocurrir en diversas partes de la turbina y por diferentes razones como el desgaste o daños en engranajes, sobrecalentamiento de cojinetes, fatiga, uso de aceites incorrectos o temperatura de aceite incorrecta, vibraciones, frenados mecánicos del rotor y sobrecarga son algunas de las causas más comunes de incendios por fallo mecánicos.
- **Fallo en las instalaciones eléctricas:** Los fallos en los componentes eléctricos de los aerogeneradores figuran entre las causas más comunes de incendio. Tanto los factores externos como los defectos pueden causar sobrecargas que posteriormente pueden someter estos dispositivos a un sobrecalentamiento y desencadenar un incendio. Otros factores causantes de incendio en los sistemas eléctricos y electrónicos son el fallo en la tierra, cortocircuitos y arcos eléctricos. Entre los componentes que más presentan riesgo en la góndola está los disyuntores, inversores, capacitores, filtro de armónicos, sistemas de control, baterías y transformadores.

4.1. Riesgo de caída de rayos

Aunque las turbinas están dotadas de sistemas de protección contra rayos, estas descargas eléctricas son la fuente más común de incendios en aerogeneradores.

Los sistemas actuales no garantizan una protección segura a las descargas, ya que hay dos factores determinantes que no pueden controlar:

- La polaridad del rayo.
- La intensidad de energía que se generará en la descarga.

En función de la polaridad del rayo, se producen diferentes efectos de carácter electrodinámico, térmico, eléctrico, magnético y electromagnético:

- o En el caso de un rayo de polaridad positiva (el rayo sale desde la pala de la turbina con dirección a la nube) este fenómeno provoca la destrucción física de materiales y no tanta destrucción de equipamiento eléctrico. En este caso, la pala puede salir despedida debido a los efectos del impacto, provocando la desestabilización del rotor y plegando o tumbando lateralmente el aerogenerador.

 COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087 <small>http://cogitaragon.es/Isado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM16W38</small>
22/9 2021
Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa) Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

- En caso de rayo de polaridad negativa, su trayectoria será descendente desde la nube al punto de contacto (pala) y se producirán efectos (directos e indirectos), empezando en la punta de la pala y finalizando en la toma de tierra (donde llegará a evaporarse el agua que ésta pueda contener y los minerales podrán cristalizar por ionización). En este segundo caso, en el punto de impacto del rayo, se produce una fusión instantánea y una pérdida directa de material, con riesgo de incendio.

Seguidamente la corriente del rayo, de alta tensión, genera a su paso la modificación molecular de los materiales con que está construida la pala. Estos efectos provocan a corto plazo la fatiga de los materiales, y algunos llegan a perder su comportamiento de flexibilidad y resistencia mecánica para lo que fueron diseñados pudiendo salir también las palas disparadas. Además, la corriente del rayo, en su recorrido por los conductores de menor resistencia eléctrica, genera alta temperatura y arcos eléctricos y pasa a la góndola por medio de los propios conductores o vía chispa (al eje del rotor y al propio generador).

Por su parte, los efectos electromagnéticos del impacto del rayo y de la corriente a su paso crean acoplamientos e inducciones a la electrónica sensible de navegación y orientación al viento del aerogenerador.

Los efectos del rayo pueden generar una avería directa en parte de la electrónica de la regulación de frenado y el rotor puede aumentar peligrosamente su velocidad, ya que la caída de rayos suele ir asociada a fenómenos tormentosos acompañados de vientos fuertes, coincidiendo en un aumento de las revoluciones al límite de recalentamiento de cojinetes.

Esto puede llegar incluso a transformarse en un incendio del aceite que se usa en la lubricación. Una vez iniciado el incendio del grupo generador, éste se puede extender a la góndola y finalmente acabar incendiando también las palas. Éstas se desprenden, saltan en trozos y la turbina queda destruida en su posición vertical en el mejor de los casos o en el suelo, de forma más frecuente.

En algunos parques eólicos, los aerogeneradores registran múltiples impactos de rayos por año (hasta 10 impactos de rayos en cada pala por año), eventos que en la mayoría de los casos no generan daños importantes debido a los sistemas de protección y toma de tierra que incorporan, pero que en otros pueden llegar a provocar el colapso de la estructura.

Como los rayos tienden a caer en los puntos más altos, por esta razón los aerogeneradores constituyen un blanco natural: a causa tanto de su altura como su elevado emplazamiento. El problema de las descargas atmosféricas en los aerogeneradores es un problema creciente, debido fundamentalmente, por una parte, al aumento en el número de unidades instaladas y, en segundo lugar, y quizás más importante, debido al constante incremento de la altura de las mismas. Por otro lado, con los medios actuales, la posibilidad de combatir los incendios en altura (góndola o rotor) es muy remota, motivo por el cual los incendios, normalmente, concluyen con la destrucción total del aerogenerador.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
 INDUSTRIALES DE ARAGÓN
 VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM46W38>

22/9
 2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
 Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

Para evaluar el riesgo del daño por rayo sobre el aerogenerador y consiguientemente sobre el medio ambiente circundante, consideraremos $\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Magnitud de daño}$.

La probabilidad del suceso tormenta con rayos se ha establecido a partir de los datos estadísticos publicados por AEMET en la publicación “Climatología de descargas eléctricas y de días de tormenta en España” de 2019.

Según los datos de esta publicación, en la zona de implantación del Parque Eólico Contrebia I se producen una media de 17,6 y 20 días de tormenta al año (Figura 4).

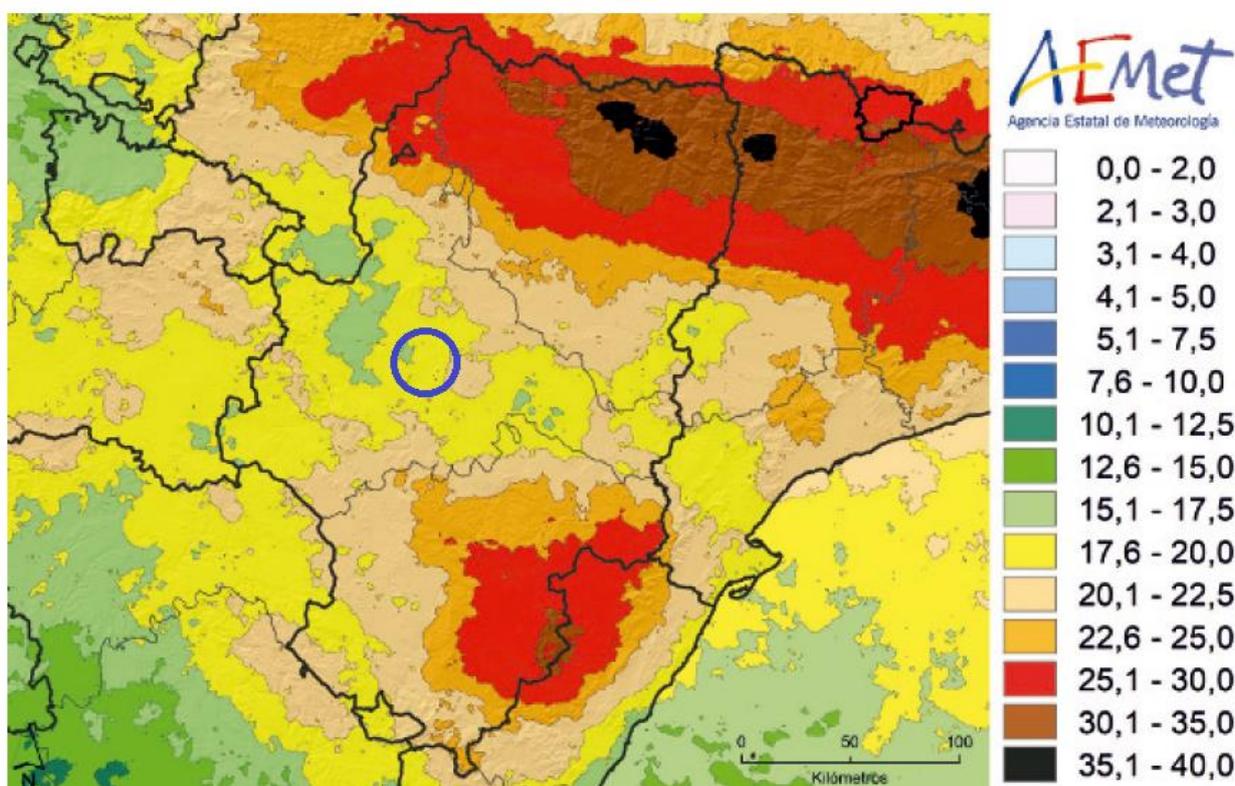


Figura 4. Número medio anual de días de tormenta en Aragón. El círculo marca la localización del Parque Eólico Contrebia I. Fuente: “Climatología de descargas eléctricas y de días de tormenta en España”. AEMET, 2019.

Esta alta ocurrencia de fenómenos tormentosos tiene su consecuente reflejo en el número de descargas, que según esa misma publicación es de 15 descargas por días de tormenta.

De esta forma, estadísticamente, para el periodo comprendido entre los años 2007 a 2016, para la zona de estudio se producen una media de 0,75 a 1,0 descargas/km²/año (Figura 3).

COGITAR

<http://cogitaragon.es/validar.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJH5UMDR7ZM46W38>
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
22/9 2021
 Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
 Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

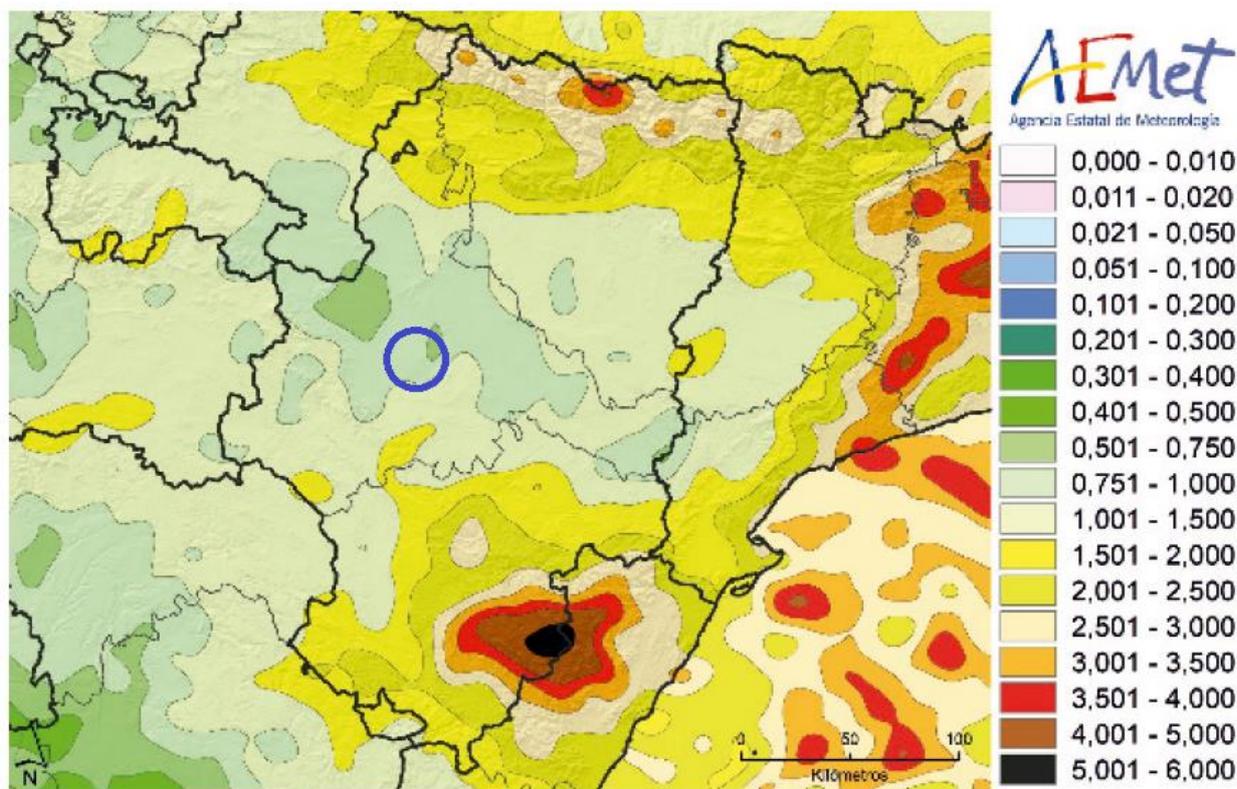


Figura 5: Densidad anual de descargas en Aragón. El círculo marca la localización del P.E. Contrebia I.
Fuente: "Climatología de descargas eléctricas y de días de tormenta en España". AEMET, 2019.

De esta forma, se puede afirmar que la probabilidad de ocurrencia del fenómeno tormenta con alta frecuencia de rayos, es media-baja.

Todos los aerogeneradores del parque estarán equipados con un sistema de pararrayos permanente, desde la carcasa hasta su cimentación, de forma que las descargas eléctricas se deriven a la red de tierra.

Los aerogeneradores a instalar en el Parque Eólico Contrebia I, disponen de protección contra rayos de acuerdo a la Norma IEC 61400-24 "Wind Turbines: Part 24: Lightning protection". Estos aerogeneradores adoptan un sistema de protección de nivel I (NPR I). Es decir, tanto el sistema de captación como de puesta a tierra cumplen los requisitos más exigentes en lo que se refiere a las corrientes que son capaces de conducir, la energía específica y la carga transferida, tal y como se especifica en la Norma IEC-61400-24 (UNE-UNE- EN 61400-24. Aerogeneradores - Parte 24: Protección contra el rayo.)

Esta norma internacional se aplica a la protección contra el rayo de los aerogeneradores y de sus sistemas de potencia y define el ambiente producido por el rayo en los aerogeneradores y la aplicación de este ambiente con el fin de valorar el riesgo en ellos. Define los requisitos para proteger las palas contra los impactos y efectos, directos e indirectos del rayo, otros componentes estructurales y los sistemas eléctricos y de control.

Como con la mayoría de las otras normas internacionales, la IEC 61400-24 está estructurada en una parte normativa principal, que define los problemas específicos para turbinas eólicas y referencias a otras normas a tener en cuenta al diseñar la protección contra rayos para aerogeneradores, y una segunda parte, en forma de anexos informativos con detalles de naturaleza más instructiva.

El resumen de la estructura y el contenido de la norma IEC 61400-24 se recogen en la Tabla 2:

CONTENIDO DE LA NORMA IEC 61400-24
<p>Parte normativa principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición del entorno de iluminación para aerogeneradores. • Procedimiento para la evaluación de la exposición al rayo. • Requisitos para la protección contra rayos de subcomponentes. <ul style="list-style-type: none"> - Palas - Nacelle y otros componentes estructurales. - Tren de accionamiento mecánico y sistema de orientación. - Sistemas eléctricos de baja tensión, sistemas electrónicos e instalaciones. - Sistemas de energía eléctrica de alto voltaje (HV). • Requisitos para la puesta a tierra de aerogeneradores y parques eólicos. • Requisitos en materia de seguridad del personal. • Requisitos para la documentación del sistema de protección contra rayos. • Requisitos para la inspección del sistema de protección contra rayos.
<p>Anexos informativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción del fenómeno de los rayos en relación con las turbinas eólicas. • Guía para la evaluación de la exposición a rayos. • Descripción de los métodos de protección de las palas. • Especificaciones de prueba para palas y componentes • Guía para la aplicación del concepto de Zonas de Protección contra Rayos (LPZ) a una turbina eólica. • Guía para la selección e instalación de una protección SPD coordinada en una turbina eólica. • Información adicional sobre las técnicas de unión y blindaje e instalación. • Guía de sistemas de toma a tierra. • Guía para definir puntos de medición para pruebas de campo de protección contra rayos. • Cuestionario estándar de daños por rayos.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/Visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSHUMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

- Guía de sistemas de monitorización de rayos.
- Directrices para aerogeneradores pequeños: microgeneración.

Tabla 2: Contenido de la norma IEC 61400-24.

Fuente: 29th International Conference on Lightning Protection.

En la Norma IEC-61400-24 (UNE-EN 61400-24), que recoge la IEC 62305-1, se establecen cuatro niveles de protección contra el rayo (siglas de I a IV), fijándose para cada nivel de protección un conjunto de parámetros de corriente máxima y mínima.

Los valores de los parámetros de corriente máxima correspondientes al nivel de protección I (NPR I) no se sobrepasarán con una probabilidad del 99%. Los valores de los parámetros de corriente máximas correspondientes al nivel de protección I (NPR I) se reducen al 75% para el NPR II y al 50% para los NPR III y IV (Tabla 3).

Primer impacto positivo de corta duración			NPR			
Parámetros de la corriente	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Valor de cresta	I	kA	200	150	100	
Carga del impacto de corta duración	Q_{corto}	C	100	75	50	
Energía específica	W/R	MJ/Ω	10	5,6	2,5	
Parámetros de tiempo	T_1/T_2	μs/μs	10/350			
Primer impacto negativo de corta duración ^a			NPR			
Valor de cresta	I	kA	10	75	50	
Pendiente media	di/dt	kA/μs	100	75	50	
Parámetros de tiempo	T_1/T_2	μs/μs	1/200			
Impacto subsiguiente de corta duración ^a			NPR			
Parámetros de la corriente	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Valor de cresta	I	kA	50	37,5	25	
Pendiente media	di/dt	kA/μs	200	150	100	
Parámetros de tiempo	T_1/T_2	μs/μs	0,25/100			
Impacto de larga duración			NPR			
Parámetros de la corriente	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Carga de larga duración	Q_{larga}	C	200	150	100	
Parámetro de tiempo	T_{larga}	s	0,5			
Descarga			NPR			
Parámetros de la corriente	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Carga total	Q_{carga}	C	300	225	150	

^a El uso de esta forma de onda está relacionado sólo con los cálculos pero no con los ensayos.

Tabla 3: Valores máximos de los parámetros de los rayos para los diferentes niveles de protección y que se emplean para el diseño de los componentes de la protección contra los rayos (por ejemplo, sección de los conductores, espesores de las hojas metálicas, capacidad de corriente de los DPS, separación para

COGITIAR
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
http://cogitiaragon.es/visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSHUMDR7ZM46W38

COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
22/9
2021
Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

evitar chispas peligrosas) y para definir los parámetros de ensayo que simulan los efectos del rayo en tales componentes. Fuente: EN 61400-24 y Norma IEC 62305-1.

En los diferentes NPR, los valores mínimos de la amplitud de la corriente se emplean para determinar el radio de la esfera rodante, con el fin de definir la zona ZPR OB que no está expuesta al impacto directo de los rayos. En la tabla 4, se muestran los valores mínimos de los valores de la corriente de los rayos en relación con el radio de la esfera rodante. Estos valores se emplean para posicionar el sistema de captación y definir la zona de protección ZPR OB.

Criterio de intercepción	NPR					
	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Pico de corriente mínimo	I	kA	3	5	10	16
Radio de la esfera rodante	r	m	20	30	45	60

Tabla 4: Valores mínimos de los parámetros del rayo en relación con el radio de la esfera rodante correspondiente a los NPR. Fuente: EN 61400-24 y Norma IEC 62305-1.

Los aerogeneradores disponen de palas mejoradas con receptores de rayos, aspecto que reduce sustancialmente el riesgo frente a caída de rayos.

El nivel de protección I (NPR I) recogido en la en la Norma IEC-61400-24 (UNE-UNE- EN 61400-24) es el que adopta en la fabricación de los aerogeneradores a instalar en el Parque Eólico Contrebia I, por lo que la peligrosidad de los fenómenos tormentosos se reduce hasta valores de riesgo bajo.

4.2. Fallo mecánico e hidráulico

El origen de las averías en los aerogeneradores se puede clasificar en los siguientes puntos:

- Problemas mecánicos: 40 % de los casos.
- Caída de rayos: 20 % de los casos.
- Incendio: 7 % de los casos.
- Rachas de viento: 4 % de los casos.
- Otros: 28,5 % de los casos.

Los tipos de averías que pueden tener lugar en un aerogenerador, cuya frecuencia según el tipo de fallo se puede ver en la Figura 6, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Fatiga de materiales: se trata del desarrollo de fisuras por tensiones variables en materiales metálicos y compuestos. Dentro de este grupo se engloban las grietas en las palas, en la torre, en el bastidor, etc.; daños por compresión o impacto, denominado pitting, en engranajes y rodamientos; fisuras de flexión en raíz de dientes; fisuras de fatiga en ejes, uniones atornilladas, etc.

COGITAR



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

- Fenómenos tribológicos: provocados por cuerpos con movimiento relativo entre sí y sometidos a presión (abrasión, adhesión, desgaste, etc.). Dentro de este grupo cabe destacar el desgaste de engranajes y rodamientos; el de las placas deslizantes del sistema de orientación y el desgaste del borde de ataque de las palas, entre otros.
- Reacciones fisicoquímicas: se trata de la corrosión de materiales, así como del deterioro de polímeros por la radiación ultravioleta, el hidrógeno y el ozono. Estas reacciones traen como consecuencia la corrosión de partes metálicas no protegidas, el deterioro de los latiguillos hidráulicos y las cubiertas de cables, así como de las juntas de goma, entre otros. Se trata de roturas por sollicitaciones mecánicas como pandeos, obturaciones, etc. Pueden provocar la rotura brusca de palas, ejes, tornillería, etc.; además puede dar lugar al pandeo de la torre y de las propias palas; el gripado de los ejes, así como el bloqueo del circuito hidráulico.

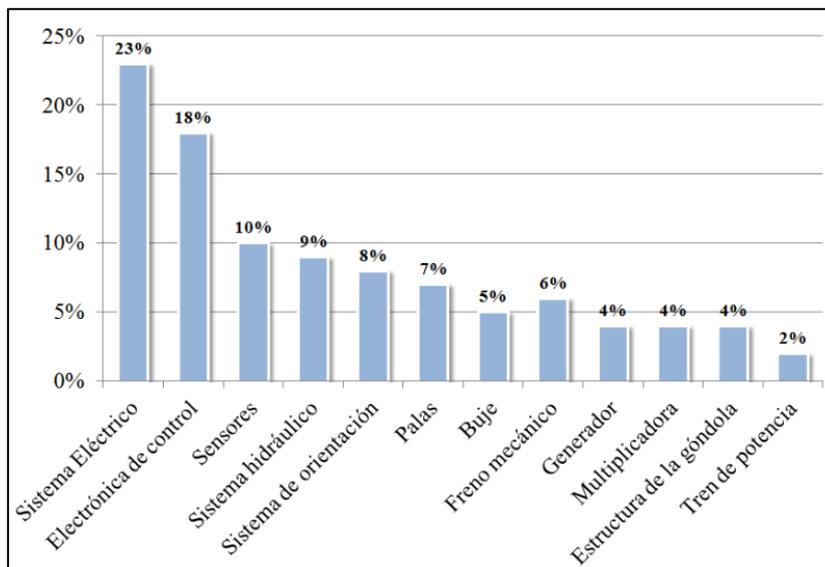


Figura 6: Tipología de fallos y averías en aerogeneradores. FUENTE CENER-ISET.

- Los incendios debidos a fallos mecánicos e hidráulicos pueden ser debidos al sobrecalentamiento de cojinetes, fallos en el sistema de lubricación (un generador cuenta con entre 200 y 400 litros de aceite de lubricación en su interior), cortocircuitos y, especialmente, por chispas durante los trabajos de mantenimiento.

4.3. Fallo en las instalaciones eléctricas

La góndola está provista de cuadros eléctricos de control que gobiernan el funcionamiento del equipo (orientación de la góndola, rotación de las palas, regulación de velocidad, maniobras de enganche y desenganche de la red, ventilación de componentes, etc.).

El foco de incendio en los cuadros eléctricos es originado muchas veces por fallos humanos o falta de mantenimiento, debido a un mal apriete entre uniones, falsos contactos, suciedad, oxidación en la

superficie de los elementos o una insuficiente disipación del calor. Los riesgos más comunes son el sobrecalentamiento de circuitos, los cortocircuitos y el arco eléctrico.

Los transformadores instalados en un aerogenerador están especialmente diseñados para aplicaciones eólicas. Son del tipo trifásico, encapsulados de resina seca o de silicona.

En los aerogeneradores a instalar en el Parque Eólico Contrebia I, el transformador está situado en la parte trasera de la góndola, en un compartimento separado por una pared metálica que lo aísla térmica y eléctricamente del resto de componentes de la góndola. Esta ubicación del transformador en la góndola evita pérdidas eléctricas debido a la reducida longitud de los cables de baja tensión y reduce el impacto visual. En el caso del tipo seco, como en los aerogeneradores instalados, el riesgo de incendio es mínimo. Además, el transformador incluye todas las protecciones necesarias para evitar daños como detectores de arco y fusibles de protección.

La principal causa de un incendio en el transformador es la formación de un arco eléctrico provocado por un defecto (perforación en los aislantes). En estos elementos pueden producirse averías internas que generen calentamientos o arcos locales. Un arco eléctrico descompone el aceite, dando lugar a la aparición de gases combustibles. Este hecho, unido a las altas temperaturas del aceite y a la mezcla con el oxígeno tras salir el aceite al exterior debido a la perforación, puede desembocar en un incendio.

 COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087 http://coigitaragon.es/validar.asp?x=7&csv=FUH5UMDR7ZM46W38
22/9 2021
Habilitación Profesional Coleg: 6134 (al servicio de la empresa) SANZ OSORIO, JAVIER

5. Medidas previstas en los aerogeneradores GE 158-4.2 y GE 130-3.2

Todos los aerogeneradores del parque estarán equipados con un sistema de pararrayos permanente, desde la carcasa hasta su cimentación, de forma que las descargas eléctricas se deriven a la red de tierra.

Los aerogeneradores a instalar en el Parque Eólico Contrebia I tienen protección contra rayos de acuerdo a la Norma IEC 61400-24 “Wind Turbines: Part 24: Lightning protection”. Estos aerogeneradores adoptan un sistema de protección de nivel I (NPR I). Es decir, tanto el sistema de captación como de puesta a tierra cumplen los requisitos más exigentes en lo que se refiere a las corrientes que son capaces de conducir, la energía específica y la carga transferida, tal y como se especifica en la Norma IEC-61400-24 (UNE-EN 61400-24. Aerogeneradores - Parte 24: Protección contra el rayo).

Los aerogeneradores disponen de palas mejoradas con receptores de rayos, aspecto que reduce sustancialmente el riesgo frente a caída de rayos.

El nivel de protección I (NPR I) recogido en la en la Norma IEC-61400-24 (UNE-UNE- EN 61400-24) es el que se adopta en la fabricación de los aerogeneradores a instalar en el Parque Eólico Contrebia I, por lo que la peligrosidad de los fenómenos tormentosos se reduce hasta valores de riesgo bajo.

Las turbinas están equipadas con un sistema de detección y aviso de incendios para reducir daños en caso de que se produzca un incendio. El sistema consta de varios detectores de humo.

Los detectores de humo internos se colocan en los cuadros eléctricos para la detección inmediata de humo en el evento de un error De acuerdo con la norma EN 54, los detectores de humo se colocan en todas las instalaciones eléctricas importantes y están conectados a entradas digitales individuales en el sistema de control de la turbina eólica. El control del sistema monitoriza los detectores de humo y activa todas las unidades de alarma, sirena y baliza si se produce un incendio. Además, se envía una alarma al sistema SCADA que indica la ubicación del evento.

Los circuitos del detector de humo son a prueba de fallos. La extracción de un detector de humo de su base también acciona el circuito de alarma. Cuando se registra una alarma por humo en un panel (o se detecta un fallo en el circuito detector de humo), la turbina se detiene y los ventiladores de refrigeración en todos los cubículos se apagan para reducir la admisión de aire a un posible incendio y para evitar la propagación de humo y gases en la torre y góndola. Además, todos los motores y el disyuntor principal se apagarán. Una alarma del detector de humos en la sala del transformador también hace que se dispare la aparamenta de MT y se apague el transformador.

Los detectores de humo están conectados a entradas digitales individuales y se tratan como detectores de humo estándar. Las alarmas sonoras y visuales se activan en caso de que se detecte humo por uno de los detectores de humo estándar o adicionales y puede silenciarse el uso del terminal manual de servicio.

 <small>http://cogitaragon.es/validar.asp?x=CSV&F=JHSUMDR7ZM46W38</small>	COGITAR COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087
22/9 2021	Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa) Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

El equipamiento estándar de las turbinas de los aerogeneradores del parque disponen de:

- Góndola: la góndola está equipada con detectores de humo y calor.
- Parte superior de la torre: la parte inferior del marco incluye un detector de humo. Este detector está destinado a evitar incendios en los cables de la torre.
- Detectores de humo en todos los paneles eléctricos.
- Unidad transformadora: Detector de humo dentro de la sala del transformador.

Como protección pasiva de incendios, el exceso de grasa y el aceite derramado se recoge en depósitos para limpiarlos durante el Mantenimiento Programado. El sistema de frenos está protegido alrededor de las partes móviles, lo que garantiza que posibles chispas no se extiendan a la góndola. La turbina eólica tiene una protección contra rayos eficiente y como protección adicional contra incendios, se ha evitado el uso de materiales inflamables. Se aplican cables libres de halógenos.

Considerando una probabilidad baja de incendio en el rotor debido a las protecciones antincendios de las que está dotado, se evalúa la magnitud del daño que provocaría el incendio en el rotor y/o la góndola.

Dada la localización del Parque Eólico Contrebia I, la totalidad de los aerogeneradores se localizan sobre áreas de nula cubierta vegetal arbóreo y cobertera vegetal arbustiva y herbácea media a muy clara.

Esto significa que la superficie potencialmente afectable por incendio es reducida en el Parque, por lo que la magnitud del daño que pueda derivarse es también reducida.

Considerando una probabilidad baja de incendio en el rotor – góndola y una magnitud de daño media a baja, el riesgo de daño en el medio ambiente derivado del incendio en alguno de los aerogeneradores se considera de riesgo bajo.

 <small>http://cogitaragon.es/validador/validarCSV.aspx?CSV=FJH5UMDR7ZM46W38</small>	COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087
22/9 2021	Habilitación Profesional Coleg. 6134 (al servicio de la empresa) SANZ OSORIO, JAVIER

6. Medidas preventivas para disminuir el riesgo de incendio

6.1. Fase de Ejecución y desmantelamiento

Durante la ejecución y desmantelamiento del proyecto se tomarán las medidas preventivas establecidas en el Decreto 125/2007, de 5 de octubre, por el que se dictan normas sobre el uso del fuego y se regula el ejercicio de determinadas actividades susceptibles de incrementar el riesgo de incendio forestal, especialmente en cuanto a medidas de prevención durante la época de peligro de incendios forestales, en relación a la utilización de maquinaria y equipos, en terreno forestal y áreas contiguas de prevención, el funcionamiento de las cuales genere deflagración, chispas o descargas eléctricas susceptibles de provocar incendios forestales (o vigente en el momento).

- Habrá un agente forestal encargado de vigilar que las obras se realicen con el menor riesgo posible de incendio. Esta persona se pondrá en contacto con las brigadas de extinción en caso de producirse alguna incidencia de este tipo.
- Limpiar la zona en la que se efectúen actividades en las que se utilice un soplete o elemento similar, en un radio de 3,5 m. Dichas tareas, se efectuarán con un radio mínimo de 10 m de distancia de árboles que posean una circunferencia mayor de 60 cm, medida ésta a 1,20 m del suelo.
- En todas las actuaciones en las que intervengan máquinas, sean automotrices o no, que utilicen materiales inflamables y que puedan ser generadoras de riesgo de incendio o de explosión, se facilitará un extintor (tipo ABC) de 5 Kg a menos de 5 m de la misma.
- En todos los trabajos que se realicen en terrenos forestales, se ha de disponer, para uso inmediato, de extintores de mochila cargados y de las herramientas adecuadas que permitan sofocar cualquier conato de incendio.
- Las máquinas que se utilicen en terrenos forestales o áreas contiguas se han de utilizar extremando las precauciones de uso y haciéndoles un adecuado mantenimiento (se aplicarán métodos de trabajo que eviten la provocación de chispas). El suministro de combustible de esta maquinaria se ha de realizar en zonas de seguridad situadas en claros de combustible vegetal.
- La maquinaria que funcione defectuosamente será inmediatamente parada y reparada o sustituida.
- En todo momento se mantendrán en buen estado de conservación y libres de obstáculos los caminos y pistas forestales afectados por los trabajos, de tal manera que no interrumpa el funcionamiento normal de los medios de prevención y extinción de incendios.
- Los depósitos de material y maquinaria estarán siempre a una distancia mínima de 5 m. del terreno forestal existente y no se dejará ningún residuo vegetal en la zona a la finalización de las obras.
- Se realizará de manera general la mejora de los accesos y del firme para facilitar la llegada de los vehículos de extinción, disponiendo viales interiores para facilitar las tareas de mantenimiento y acceso a los aerogeneradores.

 COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087 http://cotitragon.es/validar/validar.cs?aspx?CSV=FUHSUMDR7ZM6W38
22/9 2021
Habilitación Coleg: 6134 (al servicio de la empresa) Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

- Para el adecuado cumplimiento de las medidas de seguridad, se alertará del riesgo de incendios forestales con la colocación de carteles informativos, en aquellas áreas más susceptibles de sufrir un incendio (masas forestales, matorrales...) además de en los principales accesos del parque eólico.
- Los operarios vinculados a las obras de las instalaciones serán instruidos en la existencia de riesgo de incendio forestal, en las medidas de prevención a adoptar, en las actuaciones inmediatas a efectuar delante de un conato de incendio y conocerán el procedimiento de comunicación en caso de incendio forestal.
- Se facilitará un ejemplar en papel, a cada trabajador del personal de obra, del manual formativo: "Prevención de incendios forestales en trabajos de mantenimiento, conservación y construcción de obras e infraestructuras en el medio rural" del Gobierno de Aragón.
- Se retirarán inmediatamente todos los restos de los desbroces.
- Se prohibirán expresamente cualquier tipo de incineración del material sobrante de las obras y cualquier otra emisión de gases que perjudique a la atmósfera y suponga riesgo de incendios.
- Seleccionar, dentro de las especies adecuadas para la revegetación en esta zona, aquellas menos inflamables.

6.2. Fase de Explotación

Durante la fase de explotación, la presencia de aerogeneradores en terrenos forestales genera una disminución de eficacia de los medios de prevención, al tratarse de obstáculos de gran envergadura, que en caso de incendio pueden estar ocultos por el humo, por lo que las medidas correctoras han de ir dirigidas fundamentalmente al refuerzo de estos medios de tal manera que se compense esta disminución de efectividad. Así pues, en los parques:

- Durante la ejecución, explotación y desmantelamiento del proyecto se tomarán las medidas preventivas establecidas en el Decreto 125/2007, de 5 de octubre, por el que se dictan normas sobre el uso del fuego y se regula el ejercicio de determinadas actividades susceptibles de incrementar el riesgo de incendio forestal, especialmente en cuanto a medidas de prevención durante la época de peligro de incendios forestales, en relación a la utilización de maquinaria y equipos, en terreno forestal y áreas contiguas de prevención, el funcionamiento de las cuales genere deflagración, chispas o descargas eléctricas susceptibles de provocar incendios forestales (o vigente en el momento).
- Se vigilarán así mismo las instalaciones, de manera que éstas estén en perfectas condiciones y no puedan provocar riesgos de incendio. En estas inspecciones periódicas se revisarán fundamentalmente las subestaciones eléctricas y la línea de alta tensión. En esta fase, la vigilancia se llevará a cabo por el personal dedicado al mantenimiento de los parques.
- Se reforzará la vigilancia en la zona de influencia, bien sistemas automáticos de detección de incendios forestales o el personal del parque.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/validador/validador.aspx?CSV=FUH5UMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg. 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

- Se dispondrá de un sistema de vigilancia y alerta de incendios integrado en un sistema que permita, en caso de incendio, la parada de los aerogeneradores y su orientación más adecuada en función de las características y localización del incendio. Así mismo, los aerogeneradores dispondrán de señales y balizamientos que faciliten su detección por medios aéreos.
- Los operarios vinculados a la explotación de las instalaciones serán instruidos en la existencia de riesgo de incendio forestal, en las medidas de prevención a adoptar, en las actuaciones inmediatas a efectuar delante de un conato de incendio y conocerán el procedimiento de comunicación en caso de incendio forestal.
- En el interior de cada uno de los aerogeneradores que componen el Parque Eólico se dispondrá de dos extintores portátiles de incendios de CO₂ de 5 ó 6 kg, uno de ellos en la góndola y otro en la base de la torre, de dos detectores de arco ubicados en el compartimento del transformador, tres sensores para detectar temperaturas anormalmente altas en el transformador, dos alarmas y un detector de humos colocado en el techo de la nacelle del aerogenerador, sobre el generador.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
 INDUSTRIALES DE ARAGÓN
 VISADO : VIZA212087
<http://cogitaragon.es/validador/ValidadorCSV.aspx?CSV=FJH5UMDR7ZM46W38>

22/9
 2021

Habilitación Profesional Coleg: 6134 (al servicio de la empresa)
 SANZ OSORIO, JAVIER

7. Conclusión

El riesgo de incendio en un aerogenerador tiene variadas causas y orígenes, entre las que destaca la caída de rayos, un fallo mecánico e hidráulico o un fallo en las instalaciones eléctricas.

La probabilidad de ocurrencia del fenómeno tormenta con alta frecuencia de rayos en el proyectado Parque Eólico Contrebia I, es media-baja.

Los aerogeneradores GE 158-4.2 MW y GE 130-3.2 a instalar en el Parque Eólico Contrebia I tienen protección contra rayos de acuerdo a la Norma IEC 61400-24 “Wind Turbines: Part 24: Lightning protection”. Estos aerogeneradores adoptan un sistema de protección de nivel I (NPR I). Tanto el sistema de captación como el de puesta a tierra cumplen los requisitos más exigentes. Los aerogeneradores disponen de palas mejoradas con receptores de rayos, aspecto que reduce sustancialmente el riesgo frente a caída de rayos. Teniendo en cuenta estas medidas se considera que la peligrosidad de los fenómenos tormentosos alcanza valores de riesgo bajo.

Además, los aerogeneradores y sus infraestructuras están situados en el término municipal de Épila en la provincia de Zaragoza. También contará con una torre de medición y una campa de acopio de material.

incorporan un transformador de tipo seco, aislado térmica y eléctricamente del resto de componentes de la góndola, lo que reduce sustancialmente el riesgo de incendio.

Las turbinas están equipadas con un sistema de detección y aviso de incendios para reducir daños en caso de que se produzca un incendio. El sistema consta de varios detectores de humo. El control del sistema monitoriza los detectores de humo y activa todas las unidades de alarma, sirena y baliza si se produce un incendio. Además, se envía una alarma al sistema SCADA que indica la ubicación del evento.

Considerando una probabilidad baja de incendio en el rotor – góndola y una magnitud de daño media a baja, el riesgo de daño en el medio ambiente derivado del incendio en alguno de los aerogeneradores se considera de riesgo bajo.

 COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ARAGÓN VISADO : VIZA212087 http://cofitaragon.a-valisado.net/validarCSV.aspx?CSV=FJHSUMDR7M16W38
22/9 2021
Habilitación Coleg: 6134 (al servicio de la empresa) Profesional SANZ OSORIO, JAVIER

Todas las medidas anteriormente descritas y desarrolladas en el presente Anejo están encaminadas a la prevención de incendios tanto en la fase de construcción y desmantelamiento como en la fase de explotación, por lo que la instalación del Parque Eólico se considera compatible.

Zaragoza, Septiembre de 2.021
EL INGENIERO AUTOR DEL PROYECTO



Javier Sanz Osorio
Colegiado 6.134 COITIAR
Al servicio de SISNER Ingenieros S.L.



COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES DE ARAGÓN
VISADO : VIZA212087
<http://coitiaragon.es/visado.nref/ValidarCSV.aspx?CSV=FJH5UMDR7ZM46W38>

22/9
2021

Habilitación Coleg: 6134 (al servicio de la empresa)
Profesional SANZ OSORIO, JAVIER