

# Proyecto Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

# ANÁLISIS DE FALLOS DE PARQUES EÓLICOS

Autor: Cristina Ariadna Jiménez Pariente

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

**Dep. Termodinámica**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2016



---

Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de Telecomunicación

# **ANÁLISIS DE FALLOS DE PARQUES EÓLICOS**

Autor:

Cristina Ariadna Jiménez Pariente

Tutor:

Isidoro Lillo Bravo

Dep. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016

Proyecto Fin de Carrera: ANÁLISIS DE FALLOS DE PARQUES EÓLICOS

Autor: Cristina Ariadna Jiménez Pariente

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

---

*A todo aquel que ha confiado*

*En mi*

# Resumen

---

**E**N el presente proyecto se va a estudiar el comportamiento de tres parques eólicos durante los años 2013, 2014 y 2015. El objetivo será ver cuáles han sido los principales fallos en cada parque eólico y con cuánta frecuencia se han producido para posteriormente poder crear líneas de trabajo que ayuden a la mejora del mantenimiento de estos parques, así como para evaluar su correcto funcionamiento en función del emplazamiento, las condiciones ambientales, etc.

Cada parque eólico será analizado de forma individual para después generar una comparativa entre parques, y así poder estudiar los principales fallos de cada parque y las condiciones en las que se encuentran.

---

# Índice

---

<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>Índice</b>	<b>6</b>
Índice de Gráficas	7
<b>1 Introducción</b>	<b>9</b>
<b>2 Análisis de la situación actual</b>	<b>11</b>
2.1. Análisis de fallos	12
<b>3 Componentes de un aerogenerador</b>	<b>15</b>
3.1 Definición de aerogenerador	15
3.2 Componentes de un aerogenerador	15
3.2.1 Cimentación y Torre	15
3.2.2 Rotor eólico	16
3.2.3 Tren de potencia	16
3.2.4 Multiplicadora	16
3.2.5 Freno mecánico	16
3.2.6 Mecanismo de orientación.	16
3.2.7 Generador eléctrico	17
3.2.8 Veleta y anemómetro	17
<b>4 Clasificación de incidencias</b>	<b>18</b>
<b>5 Análisis de los parques eólicos</b>	<b>22</b>
5.1 Palomarejo	22
5.1.1 Horas de Parada	22
5.2 La Tella	32
5.2.1 Horas de parada	32
5.3 Resko	42
5.3.1 Horas de parada	42

# Índice de Gráficas

---

Gráfica 1. Horas de parada total por aerogenerador, Palomarejo	23
Gráfica 2. Horas de parada por aerogenerador y por sistema, Palomarejo	23
Gráfica 3. Porcentaje de paradas por sistema, Palomarejo	24
Gráfica 4. Porcentaje paradas en el Sistema Eléctrico, Palomarejo	25
Gráfica 5. Horas Parada en el Sistema Eléctrico por aerogenerador, Palomarejo	25
Gráfica 6. Horas parada Red Eléctrica por aerogenerador, Palomarejo	26
Gráfica 7. Horas parada Limitación REE por aerogenerador por año, Palomarejo	26
Gráfica 8. Porcentaje paradas Limitación REE por año, Palomarejo	27
Gráfica 9. Horas parada en el Equipo de Control por aerogenerador, Palomarejo	27
Gráfica 10. Horas de parada en el Sistema de Refrigeración por aerogenerador, Palomarejo	28
Gráfica 11. Porcentaje de paradas en Operación y Mantenimiento, Palomarejo	28
Gráfica 12. Horas de parada en Operación y Mantenimiento por aerogenerador, Palomarejo	29
Gráfica 13. Horas de parada debido a problemas Ambientales por aerogenerador, Palomarejo	30
Gráfica 14. Porcentaje de paradas en el Sistema Mecánico, Palomarejo	30
Gráfica 15. Horas de parada en el Sistema Mecánico por aerogenerador, Palomarejo	31
Gráfica 16. Horas de parada en el Grupo Hidráulico por aerogenerador, Palomarejo	31
Gráfica 17. Horas de parada en la Multiplicadora por aerogenerador, Palomarejo	32
Gráfica 18. Horas de parada total por aerogenerador, La Tella	33
Gráfica 19. Porcentaje de paradas por sistema, La Tella	33
Gráfica 20. Horas de parada por aerogenerador por sistema, La Tella	35
Gráfica 21. Porcentaje de paradas en el Sistema Eléctrico, La Tella	36
Gráfica 22. Horas de parada en el Sistema Eléctrico por aerogenerador A1-A12, La Tella	37
Gráfica 23. Horas de parada en el Sistema Eléctrico por aerogenerador A13-A25, La Tella	37
Gráfica 24. Porcentaje paradas debido a la Red Eléctrica, La Tella	38
Gráfica 25. Porcentaje de paradas por Limitación REE por año., La Tella	38
Gráfica 26. Porcentaje de paradas Operación y Mantenimiento, La Tella	39
Gráfica 27. Porcentaje paradas Sistema Mecánico, La Tella	39
Gráfica 28. Horas parada Sistema Mecánico por aerogenerador, La Tella	40
Gráfica 29. Horas parada Grupo Hidráulico A20 y A21, La Tella	40
Gráfica 30. Horas parada Sistema Captación por aerogenerador, La Tella	41
Gráfica 31. Horas parada Sistema Captación A12 y A23, La Tella	41
Gráfica 32. Horas parada total por aerogenerador Resko	42
Gráfica 33. Porcentaje paradas por sistema Resko.	42

---

Gráfica 34. Horas parada por sistema por aero Resko.	43
Gráfica 35. Horas parada Sistema Eléctrico por aerogenerador Resko	44
Gráfica 36. Horas parada Generador por aerogenerador Resko	44
Gráfica 37. Horas parada Operación y Mantenimiento Resko	45
Gráfica 38. Porcentaje paradas por aerogenerador Resko	45
Gráfica 39. Horas parada Ambiente Resko	46



# 1 INTRODUCCIÓN

---

La energía eólica trata de aprovechar la fuerza del viento que circula por la atmósfera debido a la diferencia de presión de ésta, provocada, en la mayoría de los casos, por las variaciones de temperatura. La circulación del aire en la atmósfera es de dos tipos: Circulación planetaria, producida por la emisión de los rayos solares sobre la tierra y por el efecto de rotación de ésta, y la circulación a pequeña escala, que es de la que se consigue el aprovechamiento del viento. Esta circulación ha de tener en cuenta los efectos producidos por el mar, las montañas, y todos aquellos que derivan del relieve del terreno. Por tanto, las variables que definen el régimen de los vientos en una ubicación determinada son: la situación geográfica, la orografía puntual de la zona y la altura sobre el nivel del suelo.

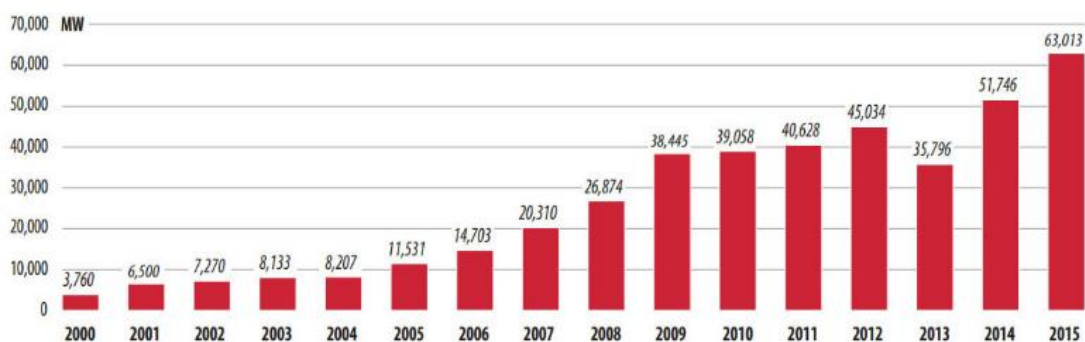
Se define parque eólico, como central eléctrica formada por agrupaciones de aerogeneradores de mediana potencia conectados entre sí, que canalizan la producción de energía hacia una red general del parque. El desarrollo de estas tecnologías se lleva a cabo con potencias del rango de MW



## 2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

De entre todas las energías renovables, a día de hoy, la eólica es la que ha alcanzado mayor grado de desarrollo y madurez tecnológica. En 2015, la energía eólica instalada en el mundo creció un 17% hasta situarse en 432.419 MW, según datos del Global Wind Energy Council (GWEC). China, Estado Unidos, Alemania, India y España son los primeros productores mundiales.

Potencia eólica anual instalada en el mundo. 2000-2015



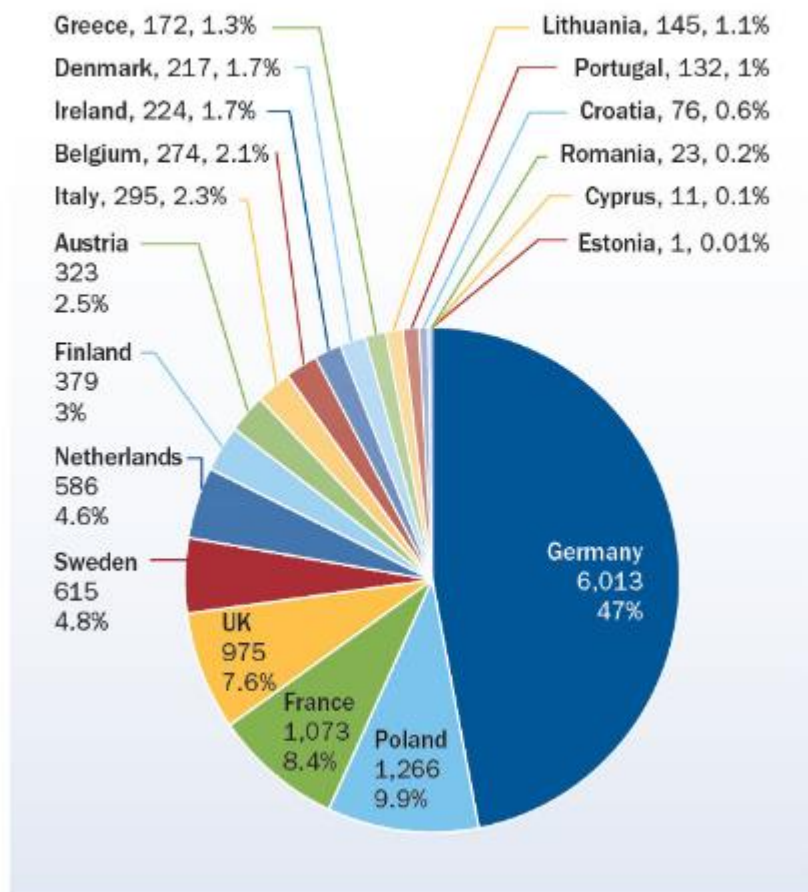
Fuente: GWEC

Ilustración 1

En la ilustración 1 puede apreciarse la evolución que ha desarrollado la potencia eólica instalada en el mundo entre los años 2000 y 2015.

## Reparto de nueva potencia eólica instalada de los países de la UE a 31/12/2015

Total 12.800 MW



Fuente: EWEA

Ilustración 2

En la ilustración 2 se detalla el reparto de la potencia eólica instalada en los países de la Unión Europea a 31/12/2015.

En España, la energía eólica ha sido la tercera fuente de generación eléctrica en 2015, contando con casi 23 GW de potencia eólica instalada a finales del mismo año.

### 2.1. Análisis de fallos

La configuración, la tecnología y el tamaño de los aerogeneradores han ido cambiando los últimos años. Los aerogeneradores de gran potencia (> 2 MW), que cuentan con la incorporación de nuevas tecnologías, están siendo instalados en lugares donde el acceso para el mantenimiento de los mismos es restringido, por ejemplo, en medio del mar.

Esto está aumentando la necesidad de realizar predicciones de la fiabilidad de los aerogeneradores, así como de su disponibilidad y su vida útil, ya que cualquier parada de la máquina debido a causas que pueden ser fácilmente evitables pueden suponer elevados costes por desconexión de la línea de evacuación a la red. Estos fallos podrían poner en compromiso toda la instalación, y el futuro funcionamiento de esta.

Tan importante como analizar la fiabilidad es analizar los fallos que originan paradas en la máquina, para poder así determinar qué condiciones son las más óptimas para la ubicación y el mantenimiento del parque.

Actualmente se han realizado diversos estudios sobre el comportamiento de los parques eólicos, así como estudios comparativos entre parques para analizar las partes más problemáticas del aerogenerador.

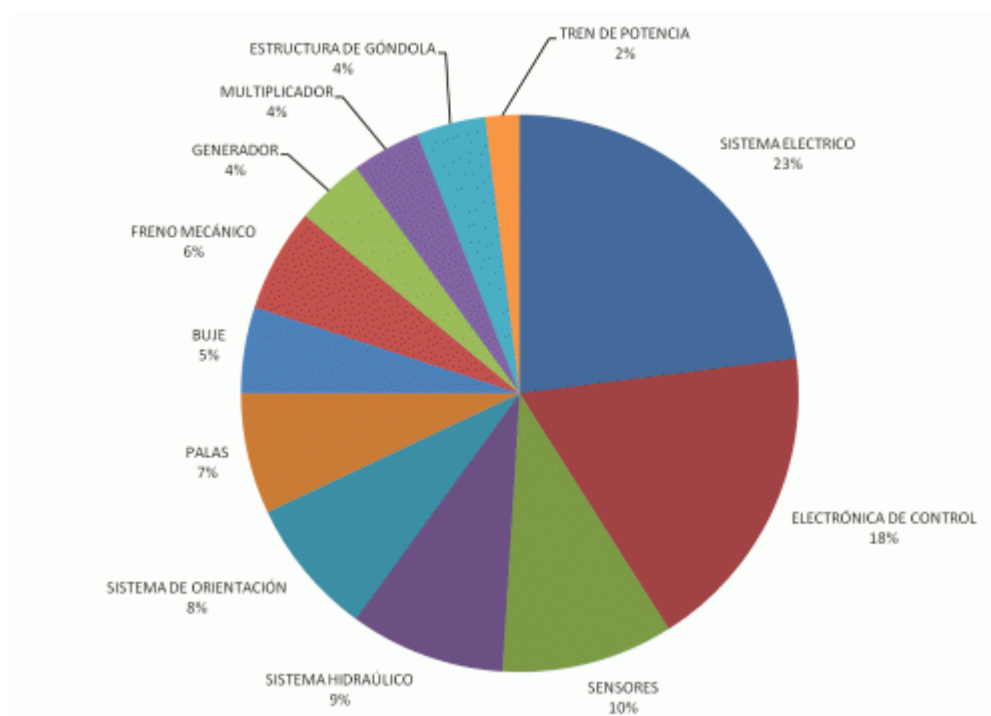


Ilustración 3

En la ilustración 3 se detallan las averías que con más frecuencia afectan a los aerogeneradores, según un estudio realizado por Wordpress.

El mismo estudio afirma que estos datos pueden llegar a ser engañosos ya que se refieren a una tasa anual de fallos, los principales están generador por el sistema eléctrico y la electrónica de control. Sin embargo, estos desperfectos se solucionan relativamente rápido. Por el contrario, los problemas causados por el generador o por la multiplicadora, necesitan de más tiempo para que puedan solucionarse. Aunque la frecuencia de las averías en estos componentes sea menor, paralizan la actividad de los aerogeneradores casi tanto tiempo como otras averías más habituales.

Por otro lado, la revista Wind Energy, realizó un estudio sobre la fiabilidad de los parques eólicos situados en Alemania y en Dinamarca, utilizando los datos extraídos de Windstats<sup>1</sup>. El artículo concluyó que las tasas de fallos en los distintos subconjuntos del aerogenerador eran distintas para cada país, sin embargo, sí podían encontrarse algunos subconjuntos, como por ejemplo el eje principal o el freno mecánico, que tenían una tasa de fallos similar. En la ilustración 4 puede observarse la variación de los fallos por subconjuntos de los dos parques eólicos.

<sup>1</sup> Windstats es una revista comercial para la industrial eólica y contiene los detalles de operación de parques eólicos en varios países.

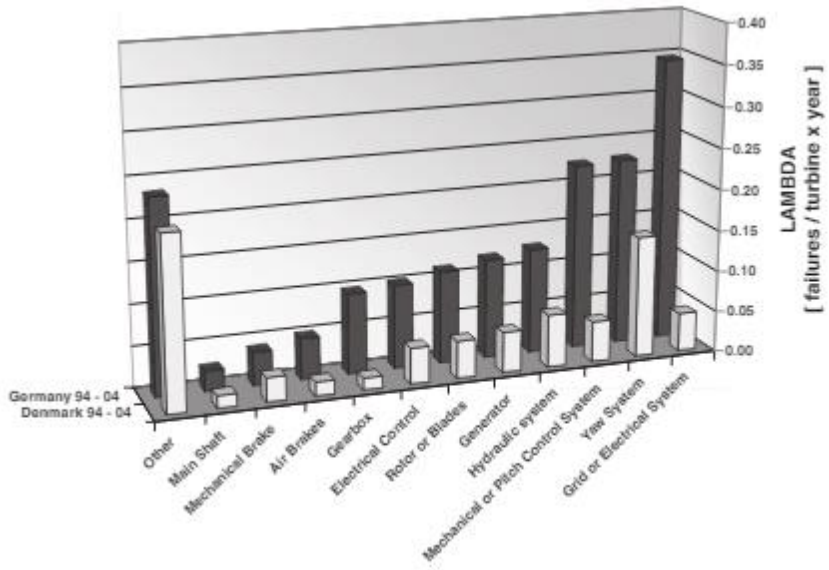


Ilustración 4

# 3 COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR

---

Un Parque Eólico es una central eléctrica donde la producción de la energía se consigue a partir de la fuerza del viento, mediante aerogeneradores que aprovechan las corrientes de aire.

De forma abreviada se puede afirmar que un parque eólico de generación eléctrica consiste en una serie de instalaciones que transforman la energía cinética del flujo del viento en energía eléctrica. Y, debido a las peculiares características de los vientos, de comportamiento irregular en su intensidad y dirección, el aprovechamiento de esta energía exige una tecnología compleja, con mecanismos de regulación y orientación. En ello consisten los equipos más relevantes de un parque eólico, los aerogeneradores.

## 3.1 Definición de aerogenerador

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento (turbina eólica). Sus precedentes directos son los molinos de viento que se empleaban para la molienda y obtención de harina. En este caso, la energía eólica, en realidad la energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

## 3.2 Componentes de un aerogenerador

Para entender el papel fundamental de cada parte del aerogenerador es importante hacer notar cuál es el principio de funcionamiento de estos sistemas y como es el proceso de conversión de la energía que se produce en ellos.

Cuando la velocidad del viento que incide sobre un aerogenerador aumenta, lo hacen también las fuerzas que se producen sobre las palas. Estas fuerzas desarrollan par mecánico y esfuerzos sobre los elementos mecánicos del aerogenerador. El par mecánico desarrollado por la turbina, cuando está girando a una determinada velocidad, produce una potencia mecánica que se transmite al generador y se convierte finalmente en energía eléctrica. En este proceso de conversión de energía intervienen fundamentalmente: el rotor eólico que es el elemento que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica. El tren de potencia, que transmite la potencia mecánica desarrollada por la turbina al generador eléctrico mediante una caja de multiplicación de velocidad conocida como multiplicadora. Y por último, el generador eléctrico que es el dispositivo encargado de transformar la energía mecánica en eléctrica.

### 3.2.1 Cimentación y Torre

Los aerogeneradores actuales de eje horizontal están constituidos por una cimentación subterránea de hormigón armado, adecuada al terreno y a las cargas del viento, sobre la cual se levanta la torre.

La torre de un aerogenerador es el elemento estructural que soporta todo peso del aerogenerador y mantiene elevadas del suelo las palas de la turbina. Están hechas de acero y huecas por dentro

---

para poder permitir el acceso a la góndola. Elevan al aerogenerador lo suficiente como para que sea capaz de acceder a velocidades de viento mayores.

### **3.2.2 Rotor eólico**

Es el conjunto de componentes del aerogenerador que giran fuera de la góndola. Estos componentes son las palas, el buje y el mecanismo de cambio de paso de la pala.

### **3.2.3 Tren de potencia**

Lo contribuyen todos los elementos y componentes de la turbina que transmiten par mecánico al eje de giro. Es frecuente que la velocidad de giro de la turbina no se corresponda con la velocidad de giro del aerogenerador, por lo que es necesario incluir una caja multiplicadora. El cuerpo de baja velocidad de este elemento se acopla al rotor eólico a través del eje primario o eje lento y el cuerpo de alta velocidad al generador eléctrico mediante el eje secundario o eje rápido. En el tren de potencia se incluyen los apoyos del sistema de giro con la estructura de la góndola y el freno mecánico, cuya función es bloquear la turbina en operaciones de mantenimiento y eventualmente contribuir a paradas de emergencia.

### **3.2.4 Multiplicadora**

El multiplicador es una caja de engranajes que convierte la baja velocidad de giro y alta potencia del eje principal en una velocidad de giro adecuada para el funcionamiento del motor a costa de la potencia. El giro se transmite del multiplicador al motor mediante el eje secundario, de menor diámetro que el principal.

### **3.2.5 Freno mecánico**

La función principal del freno mecánico es mantener bloqueado el eje de giro durante las operaciones de puesta en marcha y mantenimiento del aerogenerador. Además del freno mecánico, es práctica habitual durante los periodos de reparación impedir el giro del rotor eólico mediante los pernos colocados entre elemento y la góndola.

### **3.2.6 Mecanismo de orientación.**

El mecanismo de orientación es el dispositivo que se emplea para girar automáticamente el rotor eólico y la góndola de tal forma que la dirección del viento incidente sea lo más perpendicular posible al plano de giro de las palas.

Este sistema de orientación es activo ya que utiliza motores eléctricos o sistemas hidráulicos para efectuar el movimiento del rotor, a diferencia de otros sistemas denominados pasivos, donde las propias fuerzas aerodinámicas realizan las funciones de orientación.

Habitualmente los sistemas de orientación disponen de dos motores, uno de giro a derechas y otro de giro a izquierdas. Estos motores accionan un piñón que mueve el engranaje tipo corona sobre el que está unido rígidamente la góndola. Para evitar que los motores eléctricos soporten el momento de orientación originado por las fuerzas aerodinámicas durante la maniobra de giro o cuando el viento cambia de orientación bruscamente, es habitual incorporar en el sistema unos frenos.



### **3.2.7 Generador eléctrico**

El generador es el elemento central del sistema eléctrico de los aerogeneradores y el componente a partir del cual se dimensionan los restantes elementos y sistemas de control y supervisión. En él se realiza la conversión de la energía mecánica disponible en el eje del rotor del aerogenerador, en energía eléctrica.

Los generadores se pueden clasificar en tres tipos:

- Asíncrono (jaula de ardilla)
- Asíncrono con rotor bobinado
- Síncrono (multipolo)

Suelen utilizarse generadores asíncronos de jaula de ardilla, junto con batería de condensadores para mejorar su factor de potencia. La conexión a la red puede ser directa o indirecta a la red, dependiendo de si la turbina trabaja a velocidad constante o variable. Trabajando conectado de forma indirecta a la red conseguimos aprovechar los picos de velocidad del viento, pero el generador produce energía de frecuencia variable por lo que se necesitan equipos de adecuación para volcar la energía en la red. En la forma directa de conexión, la propia red limita la velocidad de giro del generador, por lo que no aprovecha los picos de mayor energía del viento.

### **3.2.8 Veleta y anemómetro**

Todos los aerogeneradores están provistos de una veleta y un anemómetro que se encuentran ubicados en la parte superior de la góndola.

El anemómetro sirve para medir la velocidad del viento y la veleta indica su dirección.

Los datos recogidos del anemómetro y de la veleta pasan al ordenador de control que según un algoritmo determinado decidirá como deberá mover la góndola gracias al sistema de corona dentada y motor de giro instalados en la base de la góndola en su unión con la torre.

# 4 CLASIFICACIÓN DE INCIDENCIAS

---

Los tiempos de paradas en un aerogenerador pueden ser debido a diversas causas. Dichas causas pueden ser externas al aerogenerador, por lo que, aún afectando a la producción, no estarían relacionadas con el buen funcionamiento de la máquina, pueden ser debidas a trabajos de mantenimiento, o pueden ser causadas por fallos de la propia máquina. Las paradas pueden afectar, o no, a la disponibilidad del aerogenerador. Es por ello que se ha realizado una clasificación de todas las alarmas, para poder estudiar aquellas que son causadas por fallos propios del aerogenerador, afectando así a su disponibilidad.

A continuación se adjunta una lista de todas las incidencias registradas en los parques de Palomarejo, La Tella y Resko, agrupadas según la zona afectada del aerogenerador.

- Sistema de captación:
  - Palas:
    - Error medida posición palas
    - Diferencia entre dos palas alta
  - Orientación:
    - Alineación sónico
    - Error cableado sensor Yaw
    - Fallo motor CCW
    - Fallo motor CW
  - Buje:
    - Disparo serie emergencia HUB
    - Fuga en el HUB
  - Rotor:
    - Alta v rotor
    - Fallo lectura v rotor
  - Anemómetro y veleta
    - Fallo anemómetro
  
- Sistema Mecánico
  - Multiplicadora:
    - Alta T aceite multiplicadora
    - Baja P multiplicadora
    - Bajo nivel aceite multiplicadora
    - Fuga aceite multiplicadora
  - Tren de potencia:
    - Alarmas filtros DTD
  - Sistema de Freno:
    - Baja P circuito freno

- Góndola:
  - Alta T góndola
- Protecciones:
  - Disparo protecciones GH
  - Disparo serie emergencia HUB
- Grupo Hidráulico:
  - Baja P aceite GH
  - Baja T
  - Bajo nivel aceite GH
  - Fallo accionamiento bomba GH
  - Fallo GH
  - Máximo tiempo bombeo
- Torre y Cimentaciones:
  - Cimentaciones
- Otros:
  - Desenrollamiento
- Sistema Eléctrico
  - Convertidor
    - Actualización firmware
    - Error comunicación PLC-Convertidor
    - Error rectificador
    - Fallo contactor estator
    - Fallo magnetotérmico estator
    - Falta ensayo polo
    - Fuera rango deslizamiento
    - Máquina no desacopla
    - Mov rotor ensayo
  - Equipo de control
    - Automáticos no ok
    - Baja calidad fibra
    - Error bus-interbus
    - Error feedback serie emergencia
    - Fallo batería
    - Fallo módulo medida T
    - Fallo módulos PLC
    - Seta emergencia
  - Sistema del pitch

- 
- Error accionamiento pitch
    - Cambio cilindro
  - Generador
    - Alta T cuerpo anillos
    - Alta v generador
    - Discrepancia generador-rotor
  - SET
    - Descargo SET
    - Trabajos SET
  - Protecciones
    - Disparo protección línea
    - Disparo magnetotérmico
    - Disparo descargo endesa
    - Disparo SET
    - OGS
  - Sistema de refrigeración
    - Fallo actuadores refrigeración
    - Fallo sistema refrigeración
    - Alta T refrigerante entrada
    - Baja P refrigerante
  - Otros
    - Fallo UPS
  - Red
    - Fallo tensión red
    - Limitación REE
  - Comunicación
    - Error de comunicación
    - Fallo comunicación telemando
  - Operación y mantenimiento
    - Correctivos
    - Preventivos
    - Trabajos pendientes
    - Revisiones y reparaciones
    - Mantenimientos
    - Inspecciones
  - Ambientales
    - Alta T ambiente

- Alta v viento
- Fuerza Mayor
- Parada Medio Ambiental
- Otros
  - Aero en emergencia
  - Curso descensor emergencia ORGA
  - ND
  - Parada Cliente

Todas estas paradas han sido clasificadas según la zona afectada del aerogenerador, sin embargo, otro criterio distinto de clasificación, será ver si tienen origen interno o externo, es decir, si dicha alarma es causada por un error propio del aerogenerador, del emplazamiento o por causas externas

# 5 ANÁLISIS DE LOS PARQUES EÓLICOS

---

## 5.1 Palomarejo

El parque bajo estudio cuenta con 15 aerogeneradores G90-2.0 MW de la marca GAMESA, de 2.0 MW de potencia cada uno, lo que da una potencia al parque de 30 MW.

Los aerogeneradores son del tipo rotor tripala a barvolento. La plataforma está formada por 4 modelos de aerogeneradores con diámetros de rotor de 80 m, 83 m y 90 m, siendo el resto de componentes mecánicos, eléctricos y de control comunes a todos ellos. Los diferentes modelos están diseñados para operar en diferentes condiciones de viento.

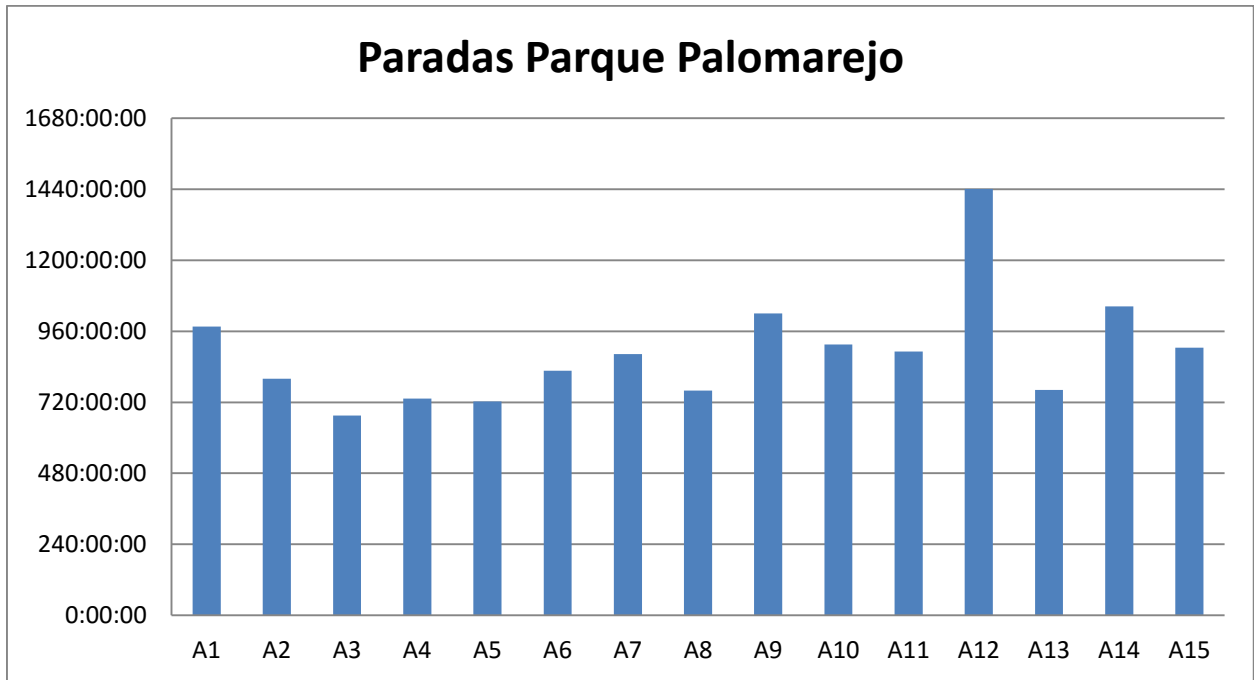
Los aerogeneradores de la plataforma están regulados por un sistema de paso independiente en cada pala y con un sistema de orientación activo. El sistema de control permite operar el aerogenerador a velocidad variable maximizando en todo momento la potencia producida y minimizando las cargas y el ruido.

Los centros de transformación internos de cada aerogenerador estarán conectados entre sí mediante líneas eléctricas subterráneas de 20 kV hasta la subestación eléctrica de 20/66 kV ubicada en el recinto.

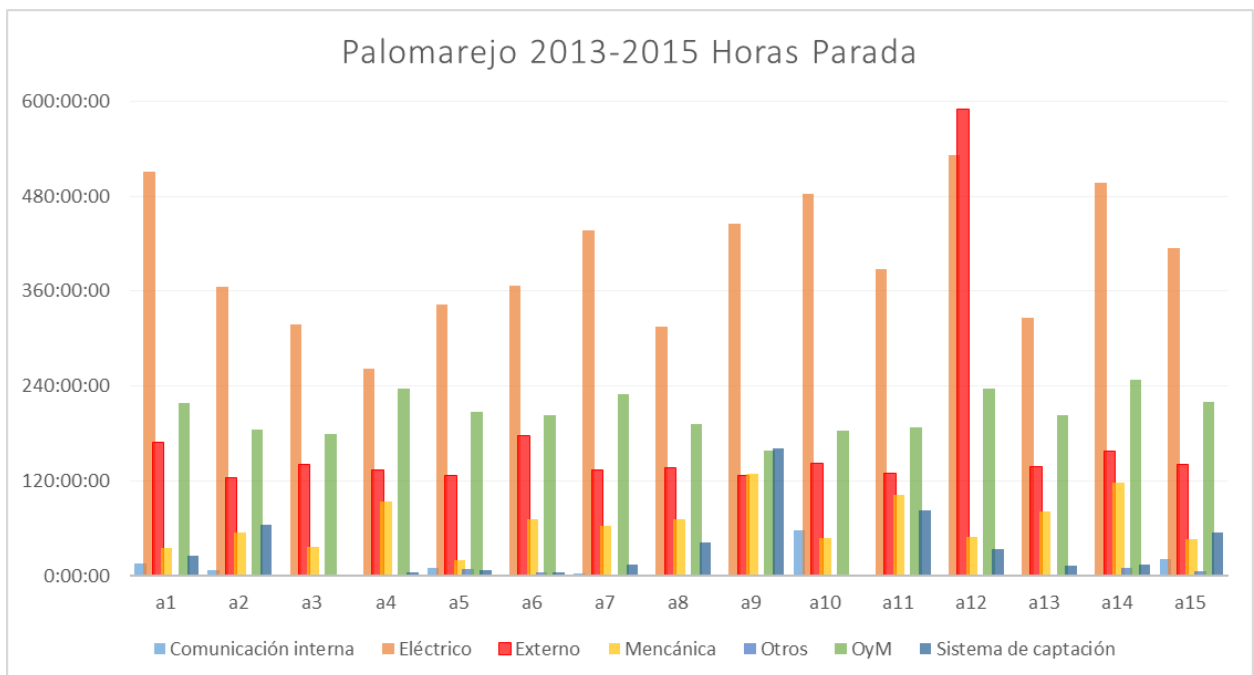
La línea de evacuación que parte de la subestación del parque eólico posee una longitud de 8.651 km, transporta la energía generada a una tensión de 66 kV y desemboca en la subestación de Villanueva del Rey, de Endesa Distribución, en el término municipal de Écija.

### 5.1.1 Horas de Parada

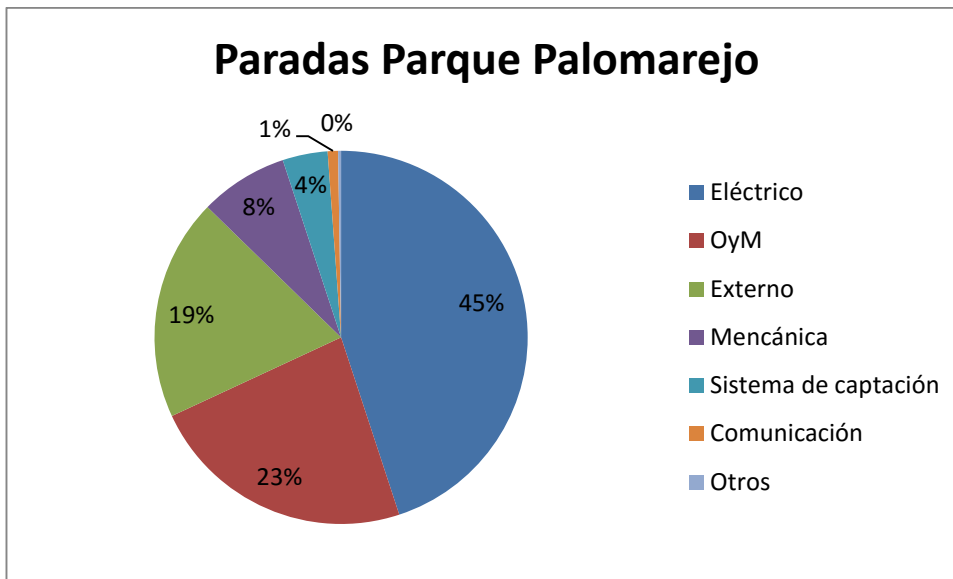
A continuación detallaremos las paradas que han tenido lugar en el parque de Palomarejo durante los tres años de funcionamiento.



Gráfica 1. Horas de parada total por aerogenerador, Palomarejo



Gráfica 2. Horas de parada por aerogenerador y por sistema, Palomarejo



Gráfica 3. Porcentaje de paradas por sistema, Palomarejo

En la gráfica 1 se puede encontrar una gráfica que muestra la cantidad total de horas que el parque de Palomarejo ha estado parado durante los años 2013-2015. Dicha gráfica está agrupada por aerogeneradores. Se puede observar que el aerogenerador 12 es el que más horas de parada ha acumulado, alcanzando las 1440 horas en tres años. En la gráfica 2, se pasa a detallar las horas de parada según el sistema afectado. En esta gráfica observamos que las mayores paradas del aerogenerador 12 han sido causadas por problemas Ambientales y por problemas en el sistema eléctrico. Asimismo, en la gráfica 3 se detalla el porcentaje de horas de parada de cada grupo. De acuerdo con la figura 6, el orden de mayor a menor duración de parada sería:

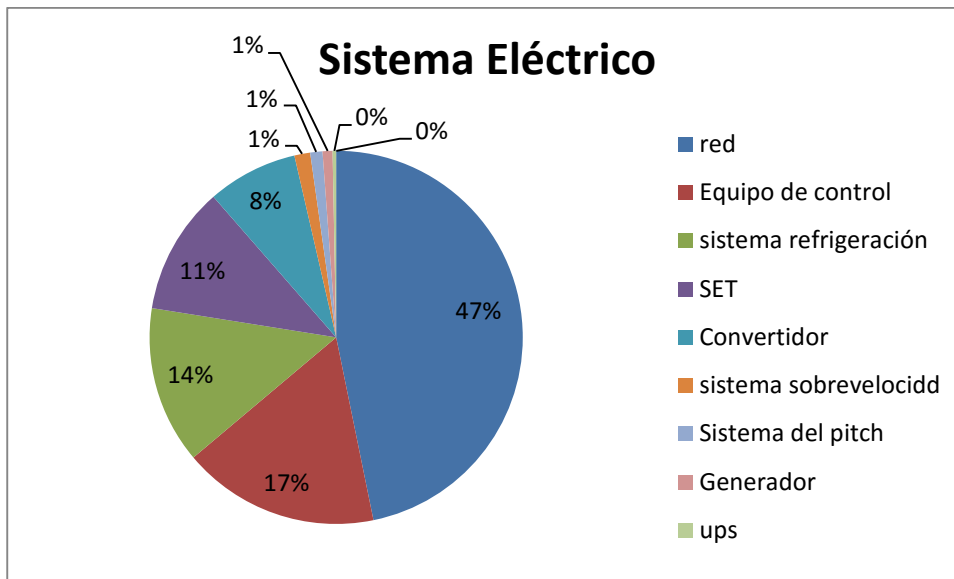
1. Problemas en el sistema eléctrico
2. Labores de operación y mantenimiento
3. Problemas de origen ambiental
4. Problemas en el sistema mecánico
5. Problemas en el sistema de captación
6. Problemas en los sistemas de comunicación
7. Otros

Pasaremos analizar cada sistema, para saber debido a que se han producido las mayores paradas.

#### 5.1.1.1 Sistema electrico

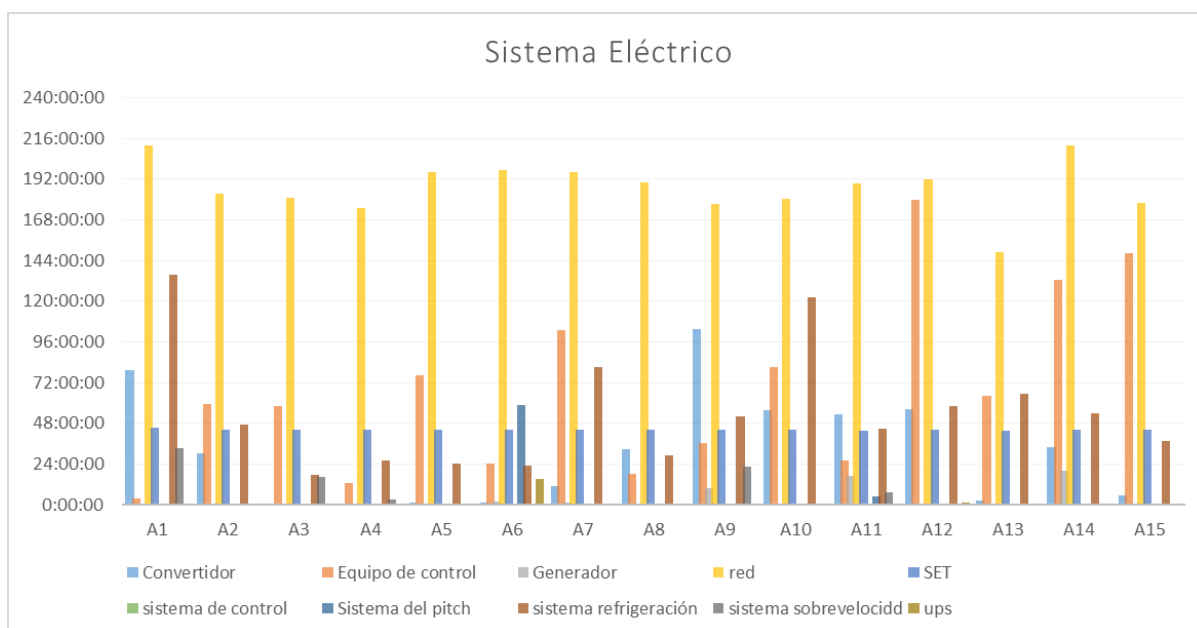
El 45% de las horas de parada del parque de Palomarejo han sido debidas a fallos en el Sistema Eléctrico.





Gráfica 4. Porcentaje paradas en el Sistema Eléctrico, Palomarejo

En la gráfica 4 se puede ver un resumen porcentual de las paradas sufridas debido a fallos eléctricos en todo el parque. Casi la mitad de dichas paradas han sido debidas a problemas en la red Eléctrica.



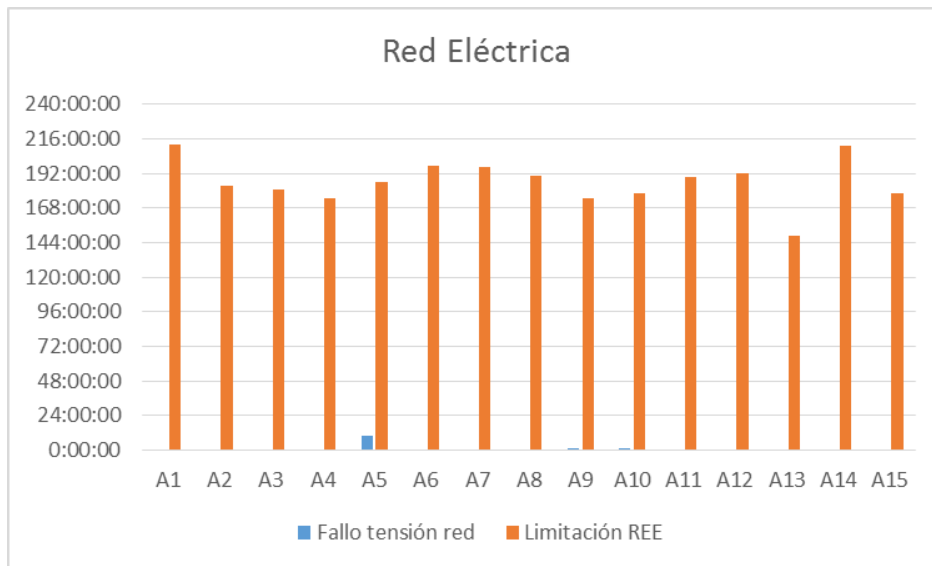
Gráfica 5. Horas Parada en el Sistema Eléctrico por aerogenerador, Palomarejo

En la gráfica se detallan las horas de parada por aerogenerador que han sido ocasionadas por problemas eléctricos. Los problemas debidos a la red Eléctrica han afectado a todos los aerogeneradores del parque.

Aunque los fallos debidos al equipo de control han sido solo un 17% de las paradas que ha sufrido el parque debido a problemas eléctricos, cabe destacar que los aerogeneradores A12, A14 y A15 han estado parado durante un largo periodo de tiempo con respecto al resto.

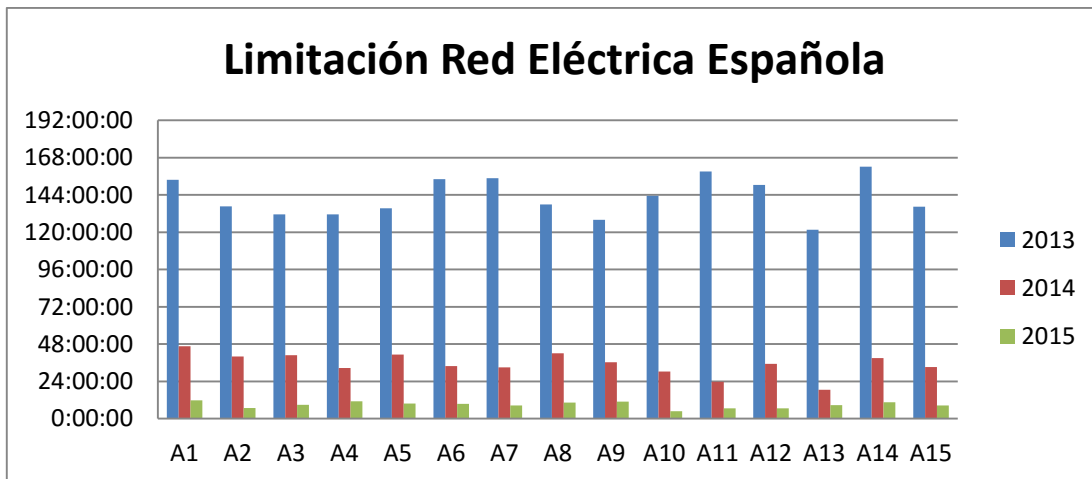
Los fallos debido al Sistema de Refrigeración representan un 14% de las paradas, siendo los aerogeneradores A1 y A10 los que más horas de parada han registrado.

- Red Eléctrica

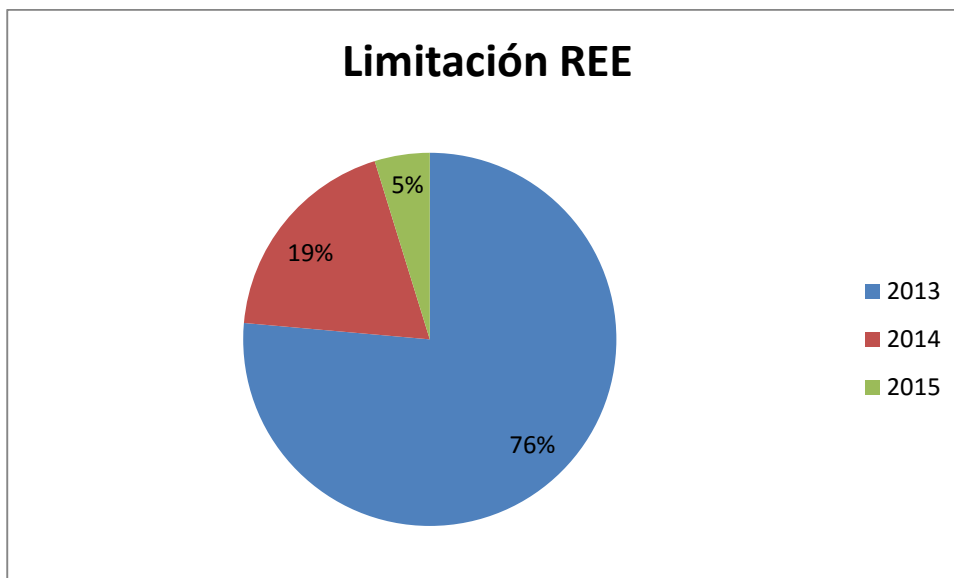


Gráfica 6. Horas parada Red Eléctrica por aerogenerador, Palomarejo

Los problemas debidos a la red Eléctrica se deben a una limitación de potencia. Todos los aerogeneradores han sufrido dichas paradas, habiendo estado parados entre 144 y 212 horas.



Gráfica 7. Horas parada Limitación REE por aerogenerador por año, Palomarejo



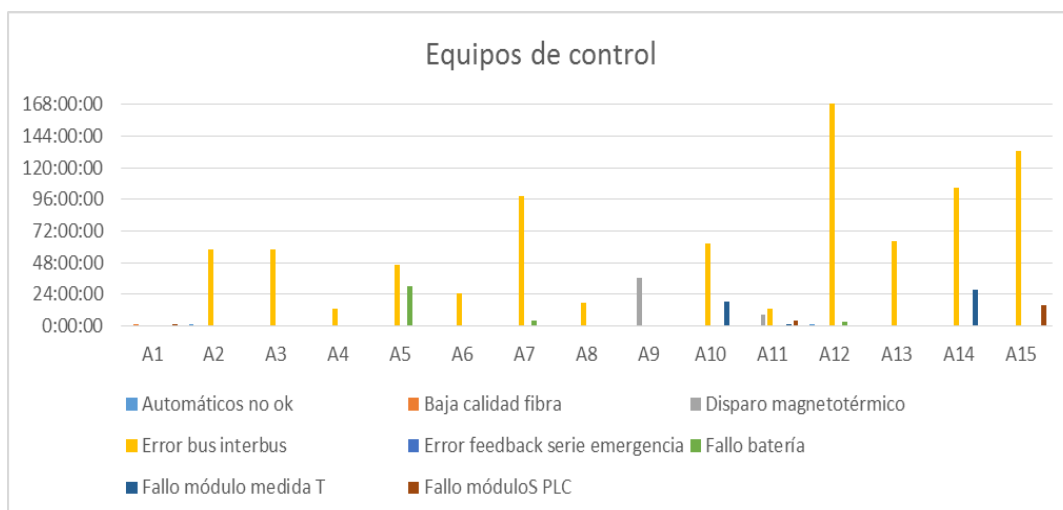
Gráfica 8. Porcentaje paradas Limitación REE por año, Palomarejo

En la gráfica 7 se puede ver las horas de parada por Limitación de la Red Eléctrica por año.

De la cantidad total de horas de paradas debido a Limitaciones en la Red, el 76% ocurrieron en 2013, el 19% en 2014 y en 2015 solo el 5%. Puede observarse como se han ido reduciendo las horas de parada por este motivo.

Como se comentó al principio, los mayores tiempos de parada en el parque de Palomarejo han sido por problemas debido a la Red Eléctrica, y como acabamos de ver estos problemas se deben a Limitaciones de potencia, por lo que es bueno saber que las mayores paradas no han sido por fallos en la máquina sino por factores externos.

- Equipos de control

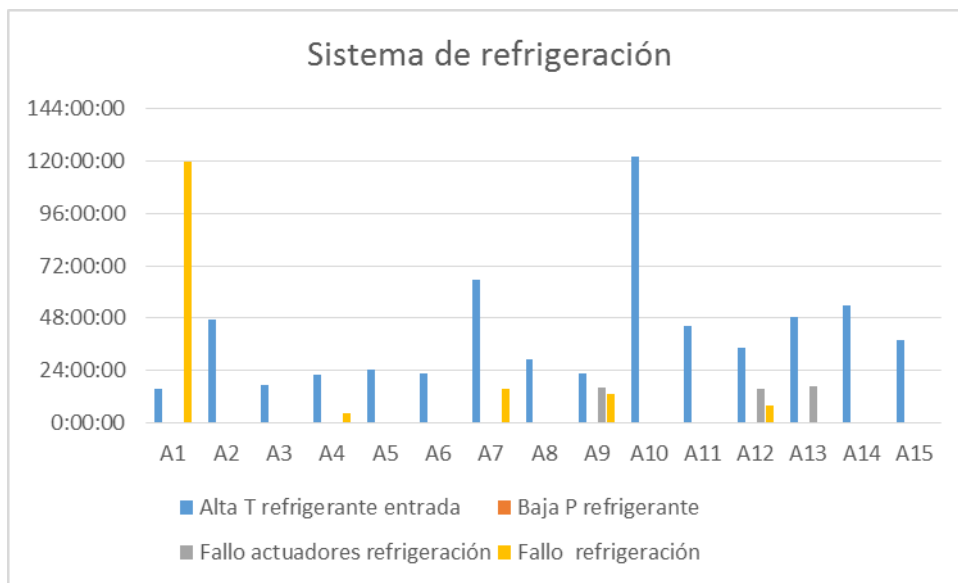


Gráfica 9. Horas parada en el Equipo de Control por aerogenerador, Palomarejo

Como ya se ha comentado, los aerogeneradores A12, A13 y A15 son los que más paradas han sufrido debidos a problemas en el equipo de control. Estos han sido ocasionados por una parada

del BUS interbús.

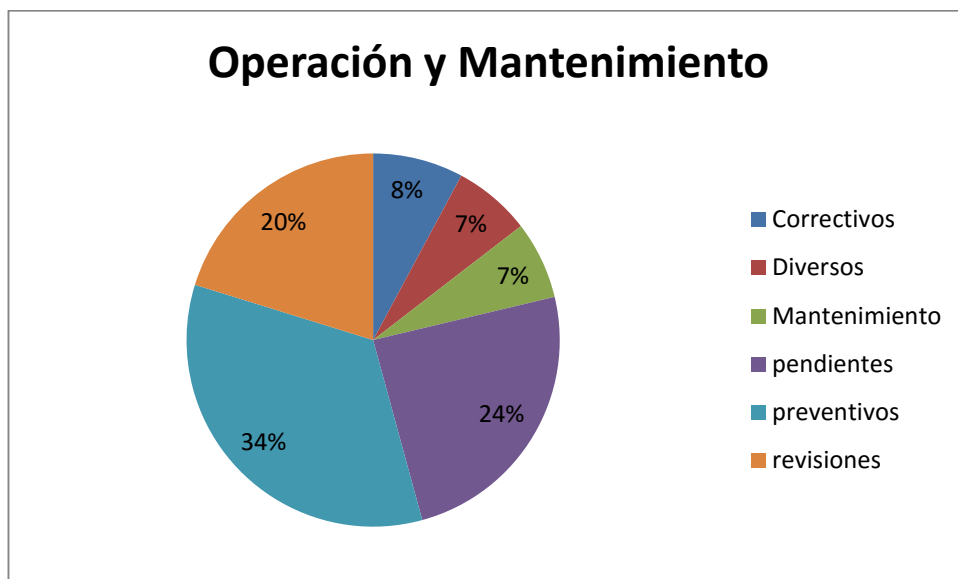
- Sistema de refrigeración



Gráfica 10. Horas de parada en el Sistema de Refrigeración por aerogenerador, Palomarejo

Los aerogeneradores A1 y A10 son los que más horas de parada han registrado en problemas en el sistema de refrigeración. Estos han sido ocasionados por fallos del refrigerante y por una alta temperatura de éste a la entrada del circuito de refrigeración.

#### 5.1.1.2 Labores de operación y mantenimiento

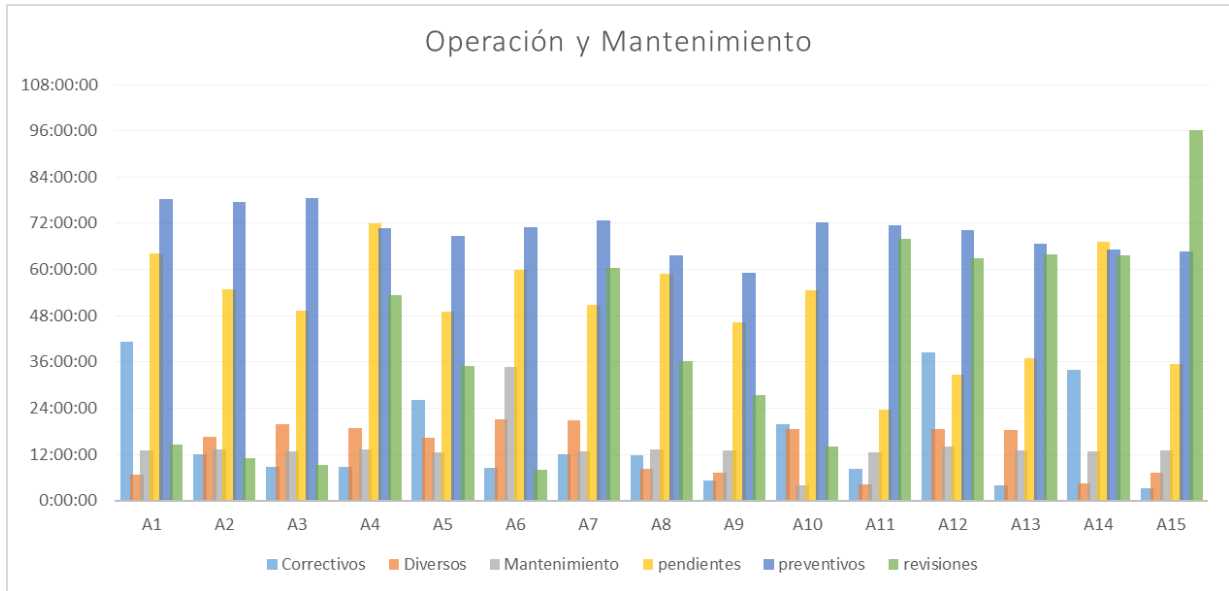


Gráfica 11. Porcentaje de paradas en Operación y Mantenimiento, Palomarejo

En la gráfica 11 se detalla el porcentaje de paradas que ha sufrido el parque de Palomarejo por

labores de Operación y Mantenimiento.

El 34% de dichas paradas han sido debidas a la realización de trabajos preventivos, el 24% por trabajos pendientes de realización, que son aquellos que han estado programados y deberían de haberse realizado, pero por diversos motivos han tenido que ser pospuestos, dejando al aerogenerador en parada.



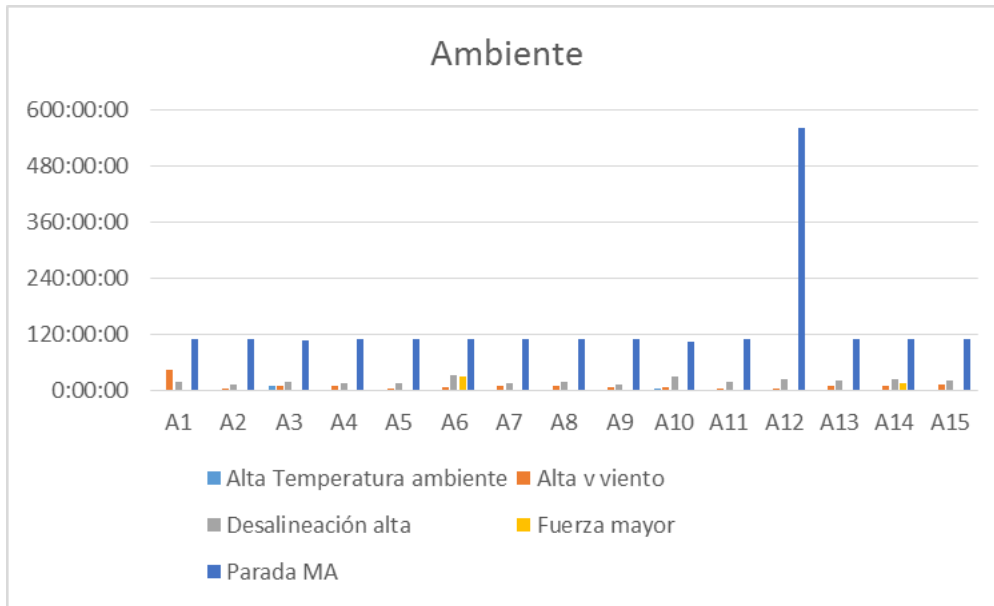
Gráfica 12. Horas de parada en Operación y Mantenimiento por aerogenerador, Palomarejo

En la gráfica 12 se detalla como cada trabajo de operación y mantenimiento ha afectado a cada uno de los aerogeneradores.

El más llamativo es el aerogenerador A15 que estuvo parado 96 horas a causa de revisiones realizadas en él.

De las 96 horas de parada, 60 horas ocurrieron en 2015.

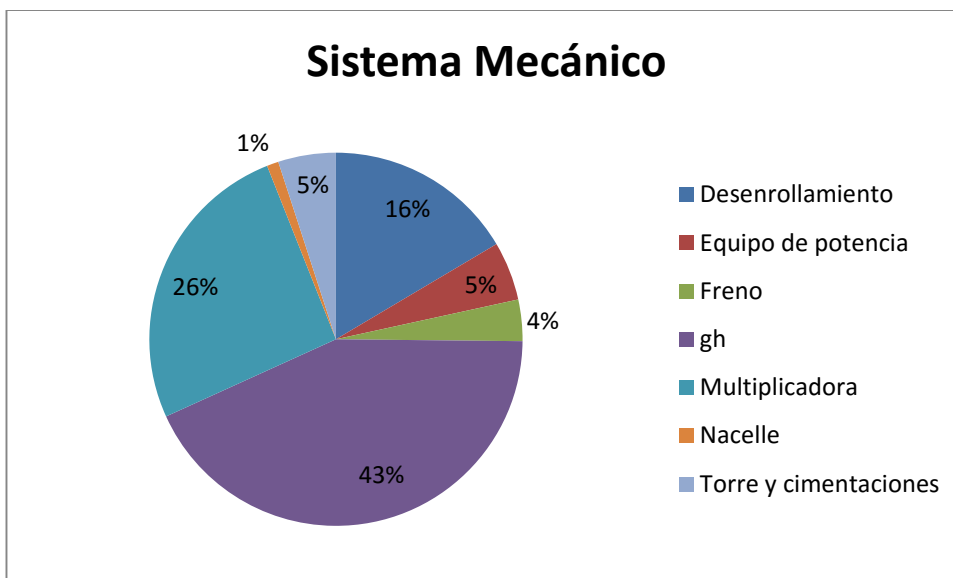
### 5.1.1.3 Problemas Ambientales



Gráfica 13. Horas de parada debido a problemas Ambientales por aerogenerador, Palomarejo

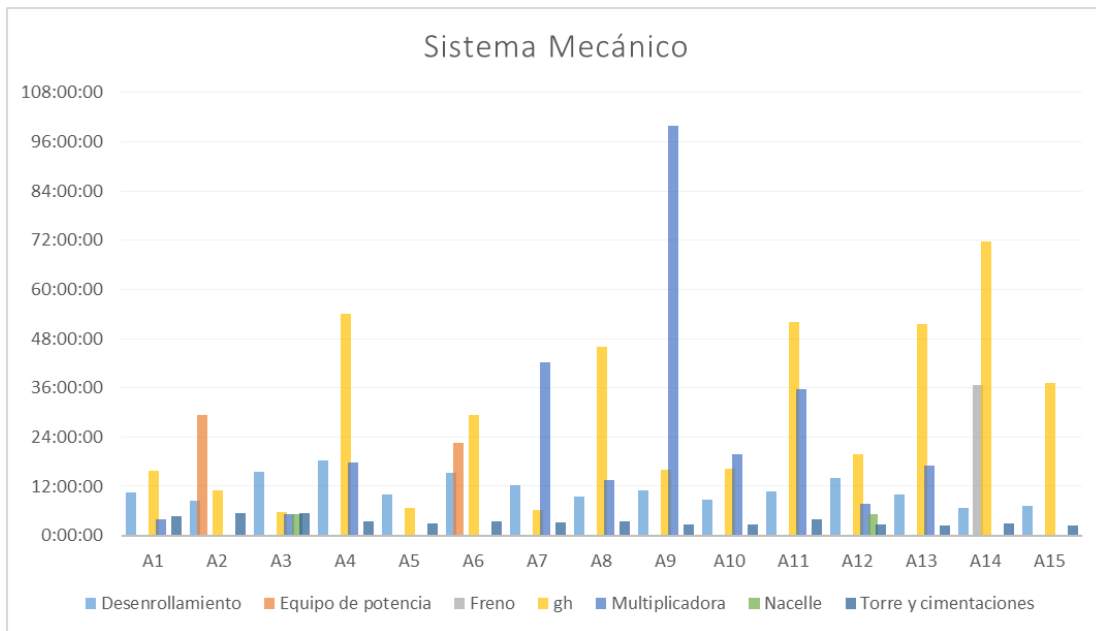
De acuerdo a la figura 19 se observa que las paradas Medio Ambientales son las más frecuentes dentro de esta categoría. El parque de Palomarejo se encuentra en cercanía a poblaciones permanentes y estacionales de aves esteparias, entre las que destaca por su importancia la avutarda, especie catalogada en peligro de extinción. Es por ello que, en el mes de Junio, todos los aerogeneradores deberán de parar un número determinado de horas al día para no afectar la fauna del lugar. El aerogenerador A12 se encuentra en una zona estratégica de paso de dichas aves, por lo que se ve obligado a parar un mayor número de horas que el resto.

#### 5.1.1.4 Problemas en el Sistema mecánico



Gráfica 14. Porcentaje de paradas en el Sistema Mecánico, Palomarejo

De acuerdo a la gráfica 14, el mayor número de horas de parada por problemas mecánicos ocurren en el Grupo Hidráulico, el 43%, seguido por fallos en la multiplicadora, 26%.

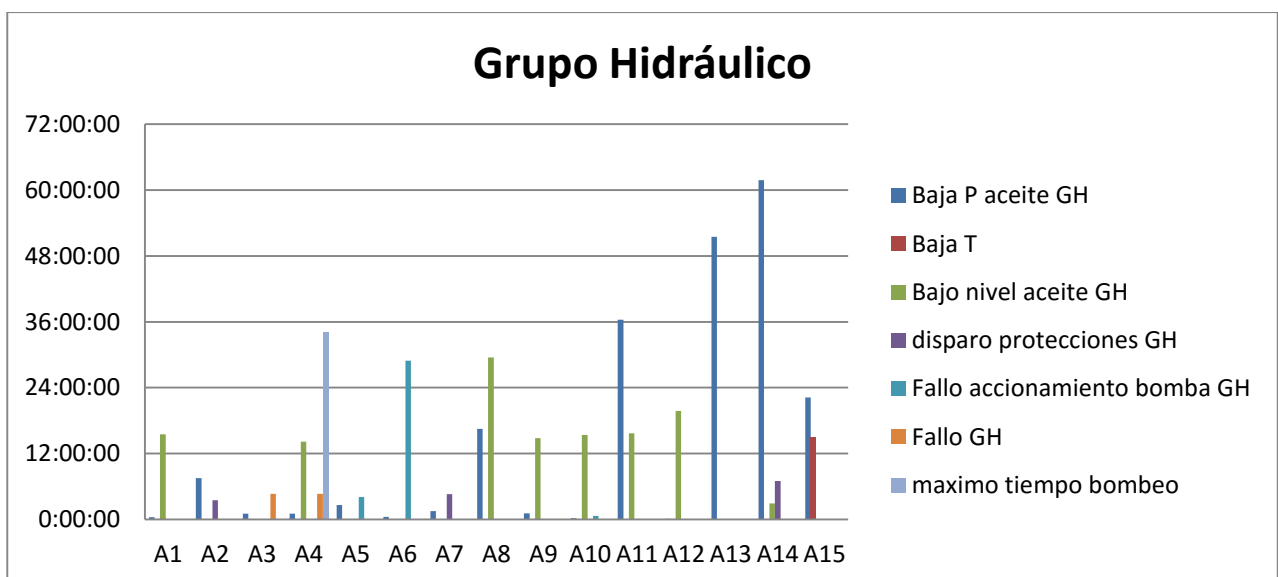


Gráfica 15. Horas de parada en el Sistema Mecánico por aerogenerador, Palomarejo

La figura 15 muestra las paradas por aerogenerador por problemas mecánicos.

Como ya se ha comentado los mayores problemas se deben a fallos en el grupo Hidráulico. Sin embargo, cabe destacar, que el aerogenerador A9 es el que más horas de parada ha registrado por problemas en la multiplicadora.

- Grupo Hidráulico

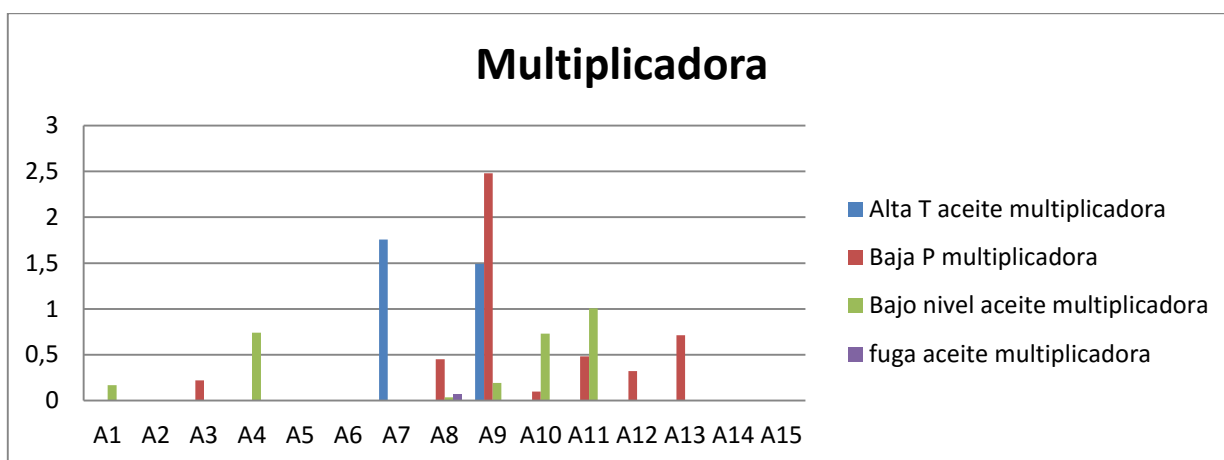


Gráfica 16. Horas de parada en el Grupo Hidráulico por aerogenerador, Palomarejo

El mayor número de horas de paradas debido a problemas en el grupo hidráulico se deben a una baja presión del aceite. Los aerogenerador A11, A13 y A14 son los que más horas han

acumulado de parada.

- Multiplicadora



Gráfica 17. Horas de parada en la Multiplicadora por aerogenerador, Palomarejo

Como ya se comentó, el aerogenerador A9 es el que más horas de parada ha sufrido debidos a problemas mecánicos, más concretamente por fallos en la multiplicadora.

En total suman casi 100 horas de parada, entre los cuales, los más acusados son debido a una alta temperatura del aceite y una baja presión de éste.

## 5.2 La Tella

El parque eólico de La Tella consta de 25 aerogeneradores del modelo G-97/2.0 MW, con una potencia nominal de 50 MW.

El aerogenerador Gamesa G97-2.0 MW es del tipo de rotor tripala a barvolento y produce una potencia nominal de 2 MW.

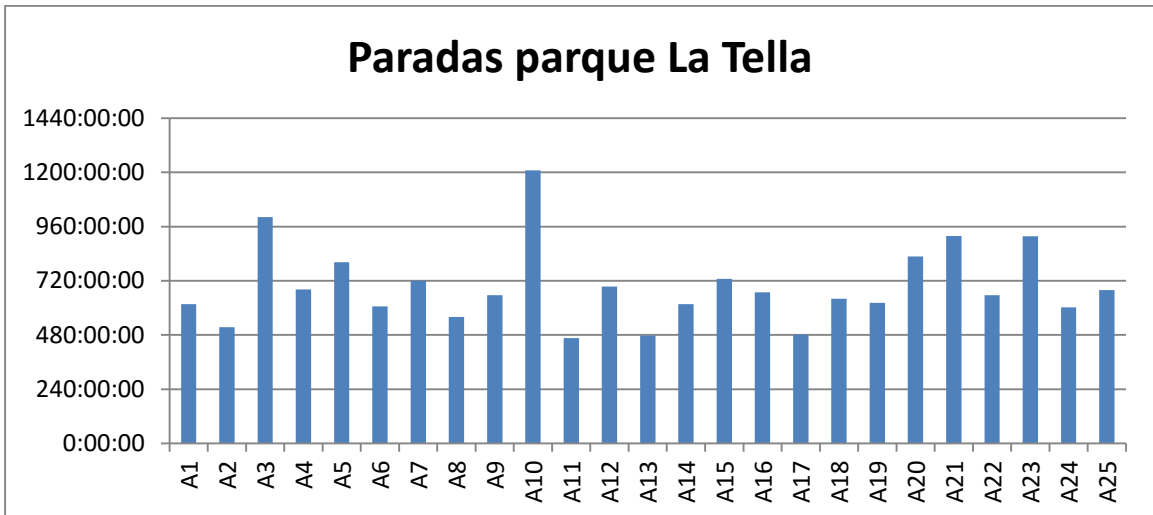
Este modelo de aerogenerador tiene un diámetro de rotor de 97 m y alturas de buje de 78 m y 90 m. Está diseñado para operar en emplazamiento de vientos bajos.

El aerogenerador G97-2.0 MW está regulado por un sistema de cambio de paso independiente en cada pala y cuenta con un sistema de orientación activo. El sistema de control permite operar el aerogenerador a velocidad variable maximizando en todo momento la potencia producida y minimizando las cargas y el ruido.

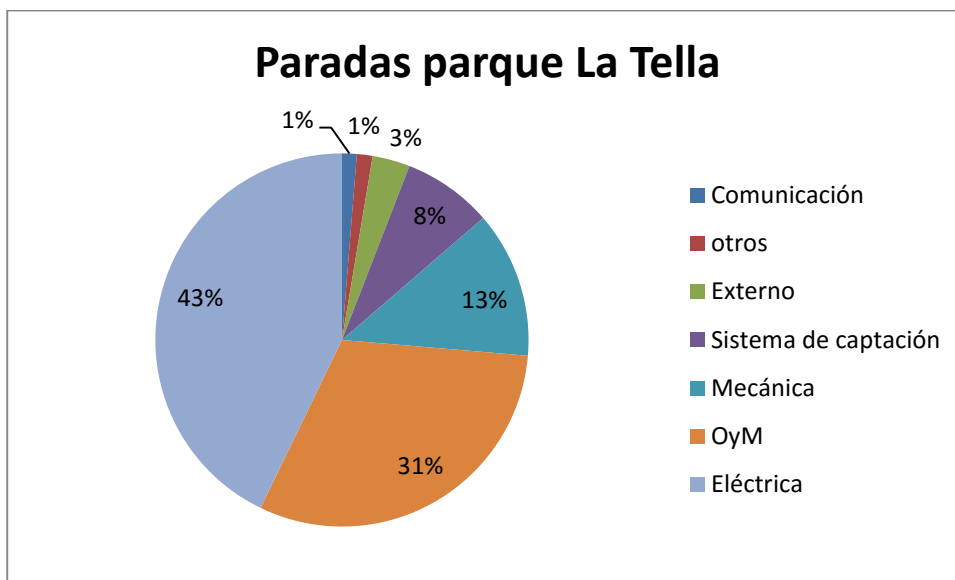
Los centros de transformación internos de cada aerogenerador estarán conectados entre sí mediante líneas eléctricas subterráneas de 20 kV hasta la subestación eléctrica de 20/66 kV ubicada en el recinto.

### 5.2.1 Horas de parada





Gráfica 18. Horas de parada total por aerogenerador, La Tella

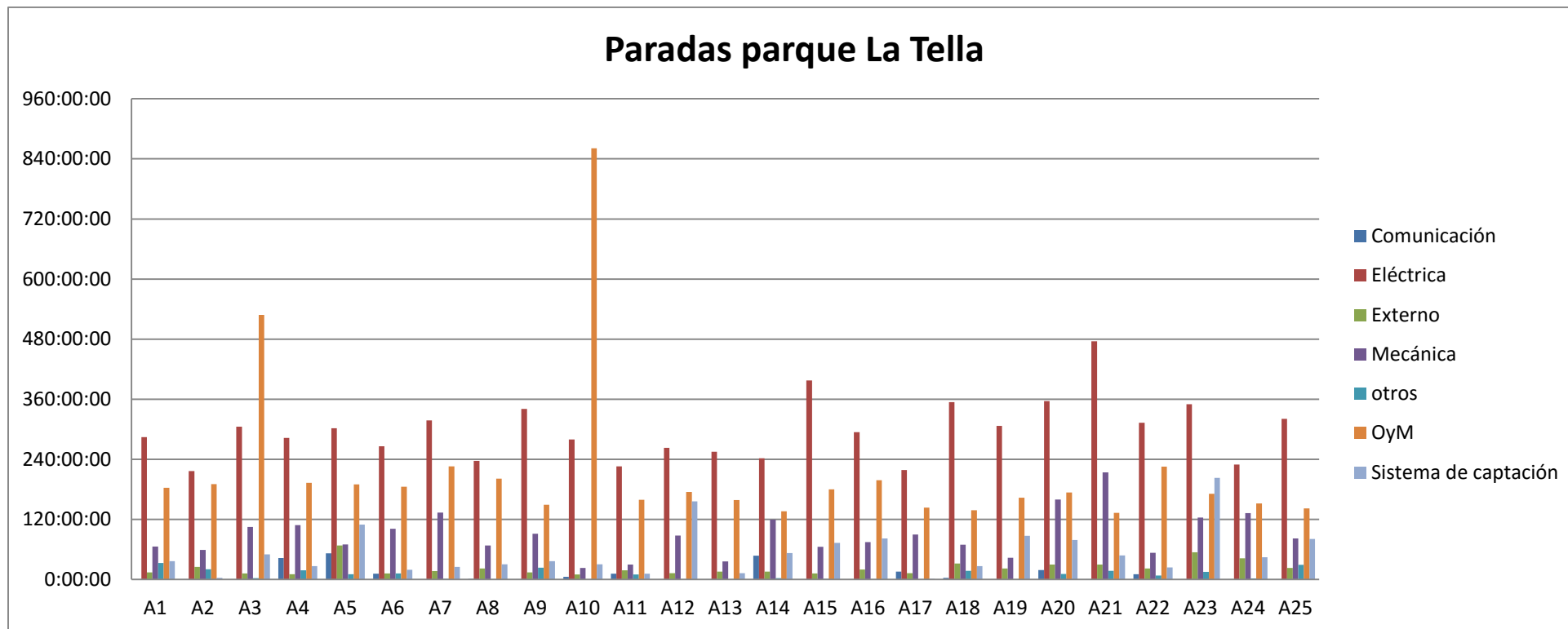


Gráfica 19. Porcentaje de paradas por sistema, La Tella

En la gráfica 18 tenemos un resumen de todas las horas de parada que ha sufrido el parque de La Tella entre los años 2013-2015. El aerogenerador A10 es el que más horas de parada ha acumulado, alcanzando las 1200 h, seguidas del aerogenerador A3 que acumula más de 1000 h.

En la gráfica 19 se muestran un gráfico porcentual de las paradas que ha sufrido La Tella agrupadas por sistema afectado. El 43 % de las horas de parada que ha sufrido el parque han sido debidas a problemas eléctricos, seguidas por el 31% que han sido debidas a labores de Operación y Mantenimiento.





Gráfica 20. Horas de parada por aerogenerador por sistema, La Tella

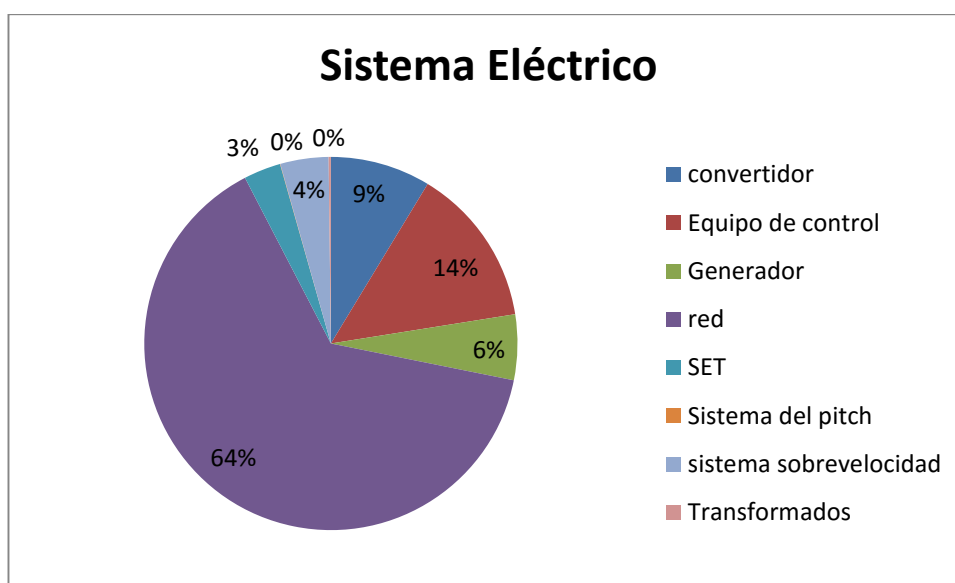
En la gráfica 20 se ha detallado un resumen de todas las paradas sufridas por los 25 aerogeneradores durante los años 2013-2015.

Como ya se ha señalado anteriormente, el aerogenerador A10 es el que más horas de parada acumula con respecto al resto. Estas horas de parada han sido debidas a labores de Operación y Mantenimiento, al igual que el aerogenerador A3.

De acuerdo con la gráfica 19, el orden de mayor a menor duración de parada sería:

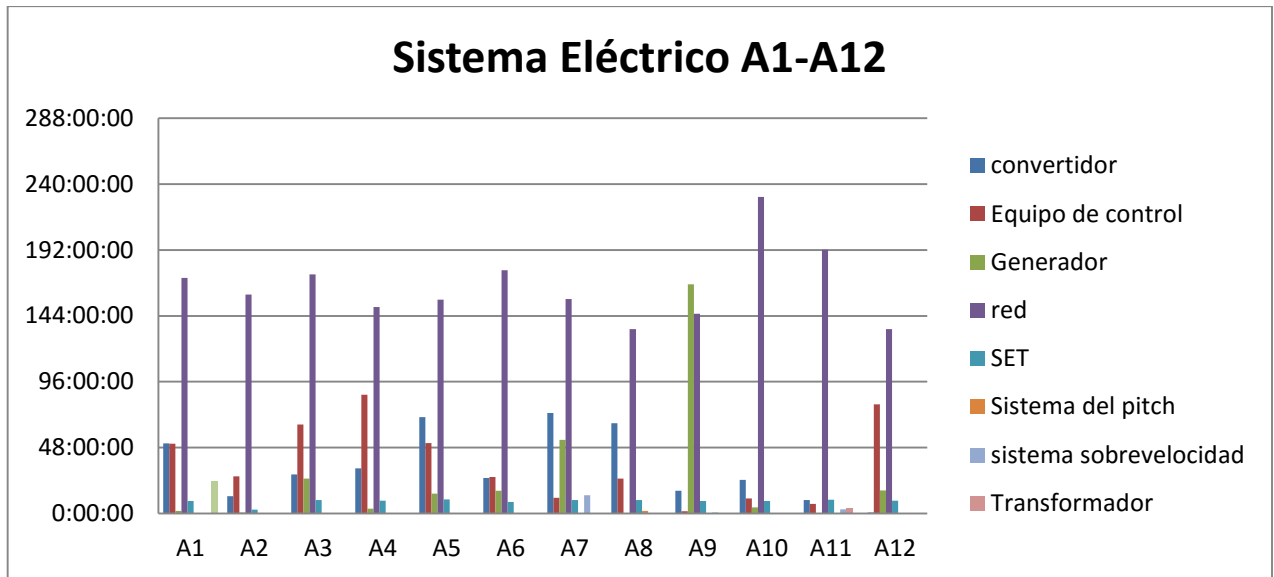
1. Problemas en el Sistema Eléctrico
2. Labores de Operación y Mantenimiento
3. Problemas Mecánicos
4. Problemas en el Sistema de Captación
5. Problemas de origen Externo
6. Otros
7. Fallos en la comunicación

#### 5.2.1.1 Sistema electrico

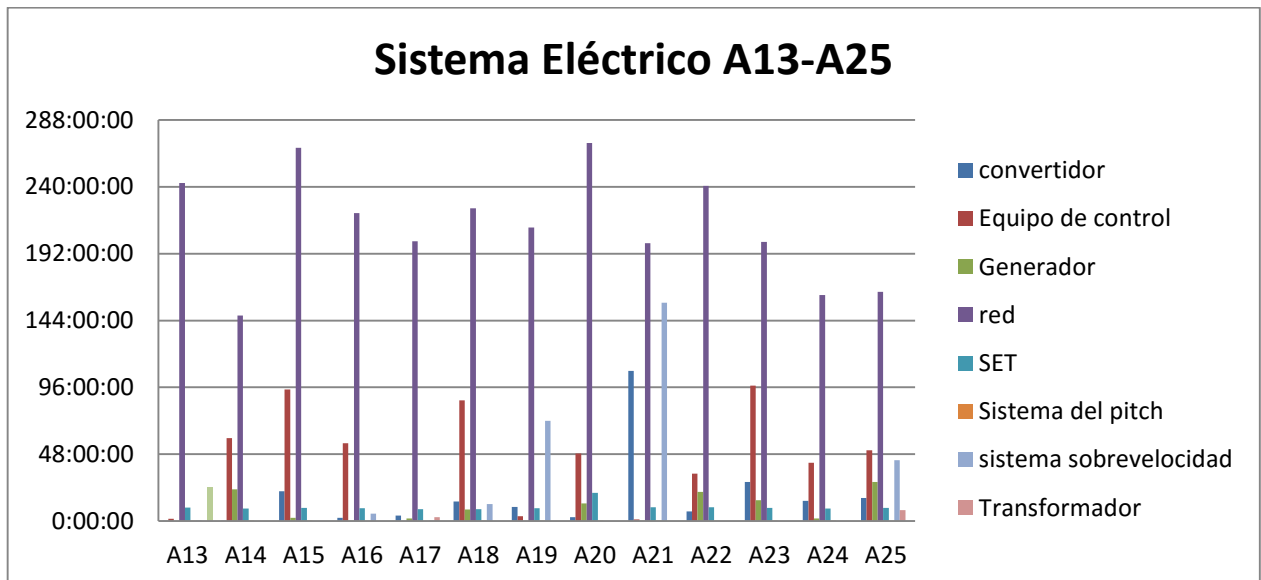


Gráfica 21. Porcentaje de paradas en el Sistema Eléctrico, La Tella

En la gráfica 21 se puede ver un resumen porcentual de las paradas sufridas debido a problemas Eléctricos. Más de la mitad de estas paradas, el 64%, han sido ocasionadas por problemas en la Red Eléctrica.



Gráfica 22. Horas de parada en el Sistema Eléctrico por aerogenerador A1-A12, La Tella

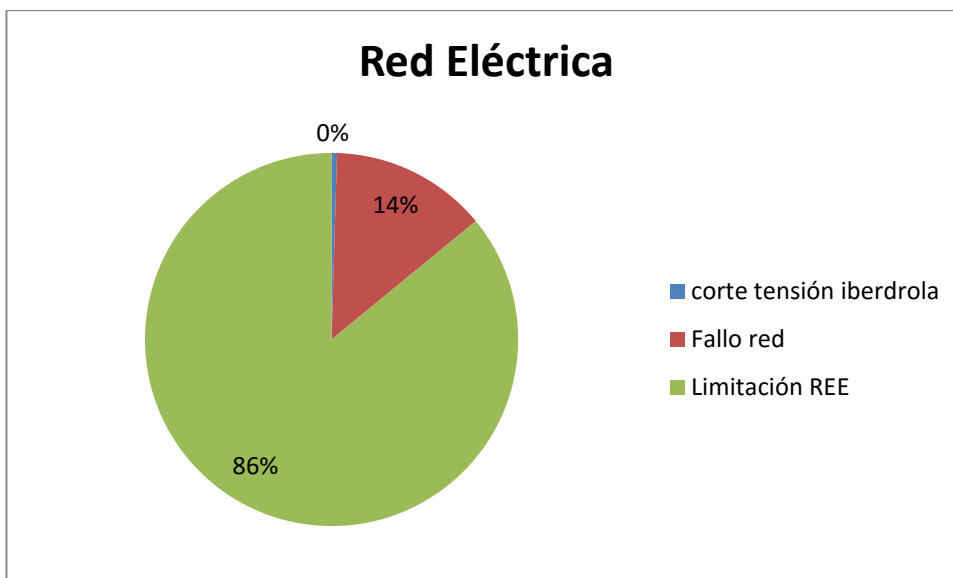


Gráfica 23. Horas de parada en el Sistema Eléctrico por aerogenerador A13-A25, La Tella

Las gráficas 22 y 23 muestran las horas de parada que los aerogeneradores han estado sin funcionar según cada sistema afectado.

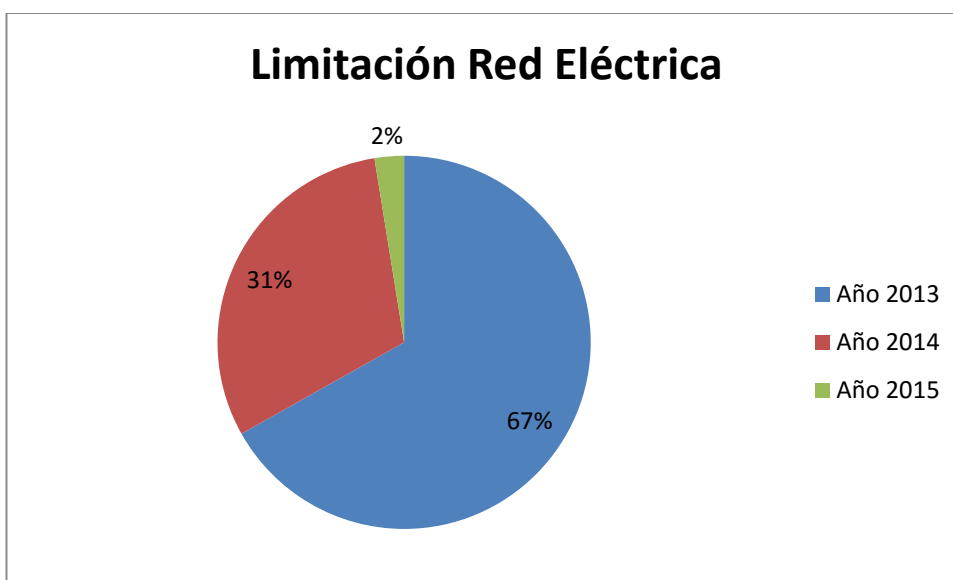
Ya se adelantó que la mayoría de las horas de paradas han sido debidas a problemas en la Red Eléctrica.

- Red Eléctrica



Gráfica 24. Porcentaje paradas debido a la Red Eléctrica, La Tella

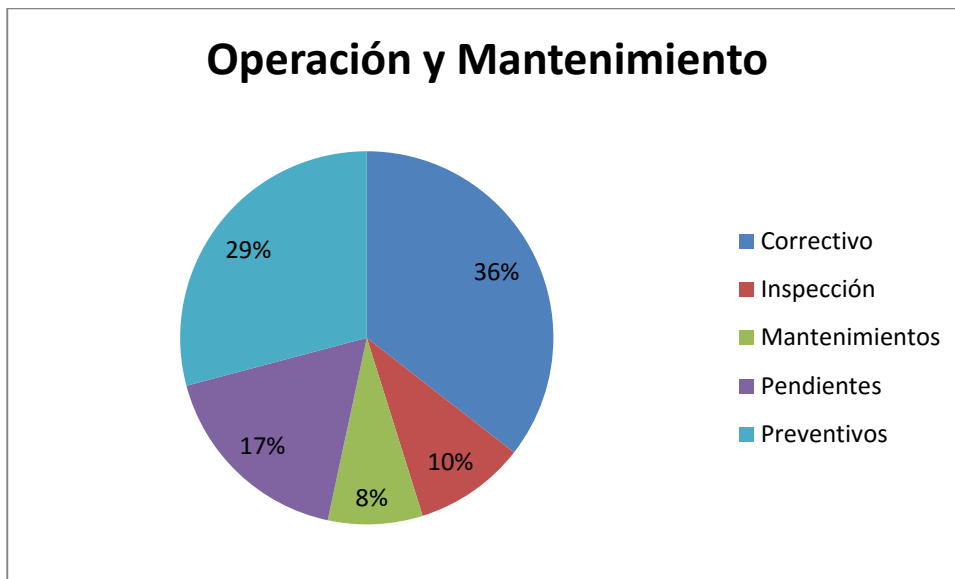
Los problemas ocasionados por la Red Eléctrica se deben en su mayoría a Limitaciones de la Red Eléctrica Española. Todos los aerogeneradores han sufrido éstas paradas.



Gráfica 25. Porcentaje de paradas por Limitación REE por año., La Tella

En la gráfica 26 se observa como estas paradas ocurrieron en su mayoría en el año 2013, el 67% de ellas, en el año 2014 fueron el 31% y por último, en el año 2015 solo un 2% del número total de horas de paradas debido a Limitaciones de Potencia.

### 5.2.1.2 Labores de Operación y Mantenimiento



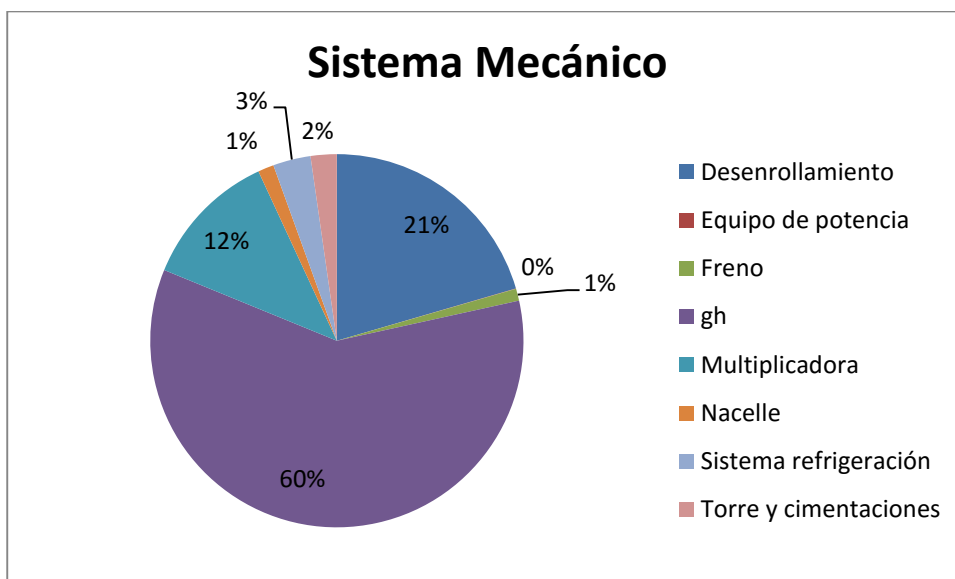
Gráfica 26. Porcentaje de paradas Operación y Mantenimiento, La Tella

La mayoría de paradas que ha sufrido el parque en cuanto a labores de Operación y Mantenimiento se deben a trabajos Correctivos y Preventivos.

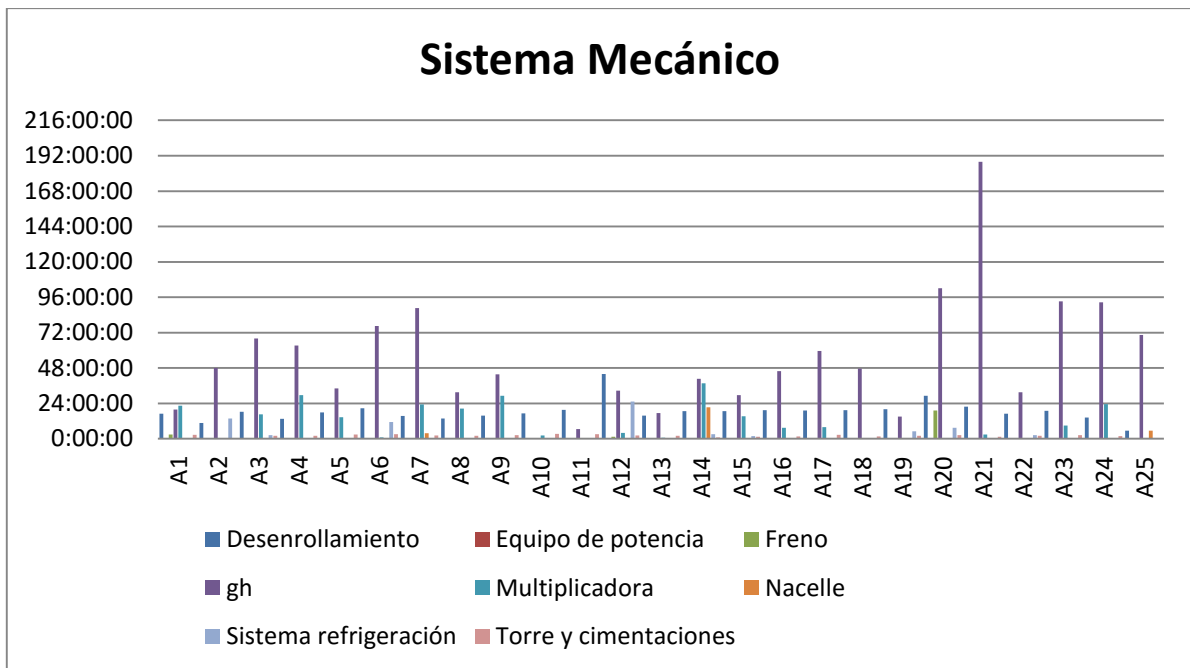
Como ya se comentó en la gráfica 20, los aerogeneradores A3 y A20 son los que más horas de paradas acumulan por Operación y Mantenimiento.

Dichas paradas se deben a trabajos correctivos. En el caso del aerogenerador A10, se deben a un cambio de rotor en el aerogenerador, que tuvo lugar en 2013 y estuvo casi 253 horas parado, sumado a un Gran Correctivo realizado este mismo año en el mes de mayo por el que estuvo parado casi 400 h. El aerogenerador A3 también sufrió un Gran Correctivo en este mismo año que lo tuvo parado más de 340 h.

### 5.2.1.3 Problemas Mecánicos



Gráfica 27. Porcentaje paradas Sistema Mecánico, La Tella

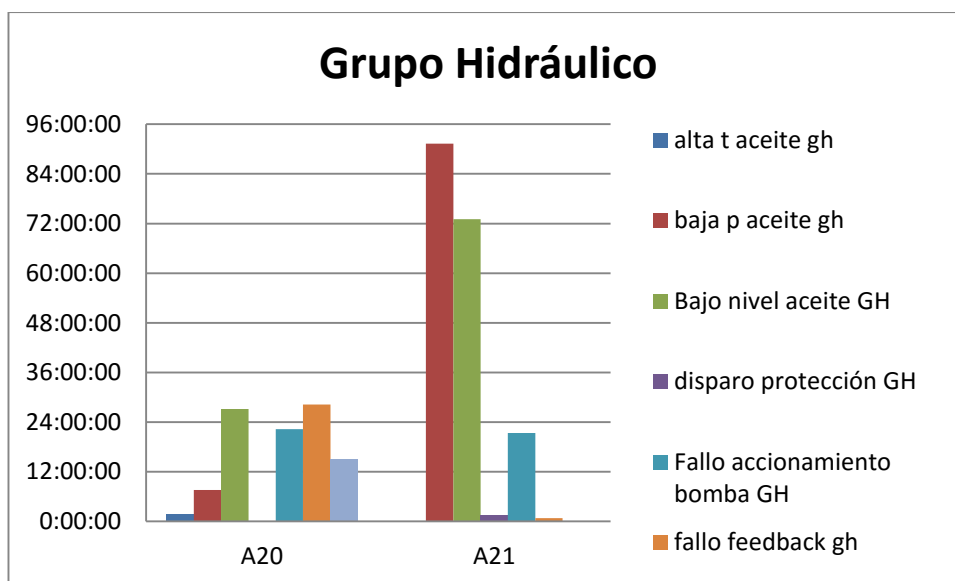


Gráfica 28. Horas parada Sistema Mecánico por aerogenerador, La Tella

La gráfica 27 deja de manifiesto que el mayor número de horas de parada se han debido a fallos en el Grupo Hidráulico. Los aerogeneradores que más problemas han presentado han sido el A20 y el A21, que han estado parados entre 100 y 187 h respectivamente, de acuerdo a la gráfica 28.

También, en la gráfica 27 se puede ver que el 21% de las horas de parada que ha sufrido el parque debido a problemas mecánicos han sido debidas a Desenrollamiento de los aerogeneradores. Esto no es un fallo como tal, esto ocurre cuando los cables de control y potencia que unen el aerogenerador con las celdas montadas en la base de la torre se enrollan poco a poco. El sistema de control se encarga de volver a desenrollarlos cuando los cables han dado dos y tres vueltas. El aerogenerador se detendrá para desenrollarlos, a menos que las condiciones de viento débil permitan que se desenrollen sin tener que detenerlo.

- Grupo Hidráulico



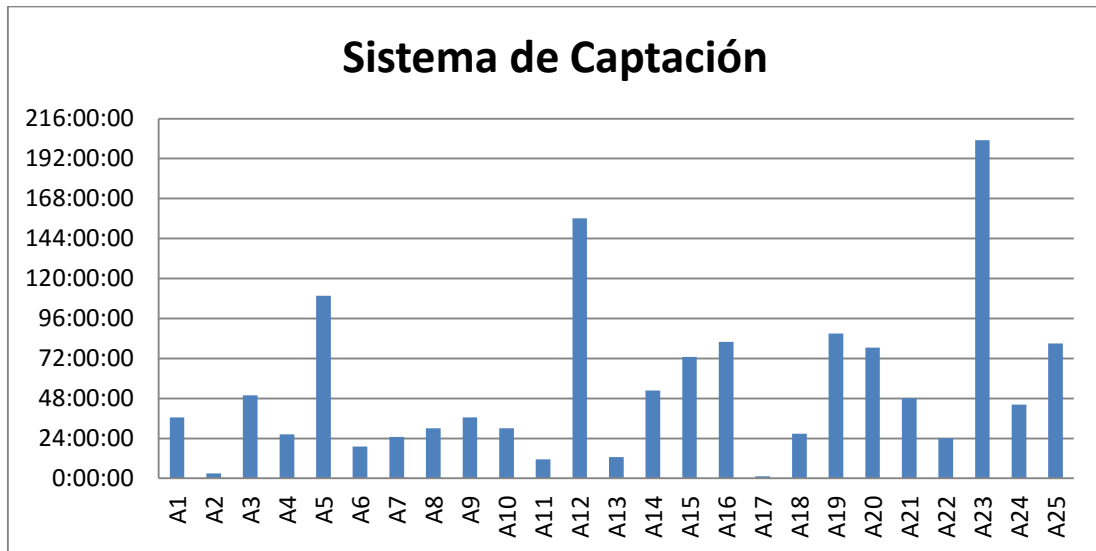
Gráfica 29. Horas parada Grupo Hidráulico A20 y A21, La Tella



En la gráfica 29 solo se detallan los fallos en los aerogeneradores A20 y A21 ya que han sido los que más horas han estado parados por problemas en el Grupo Hidráulico.

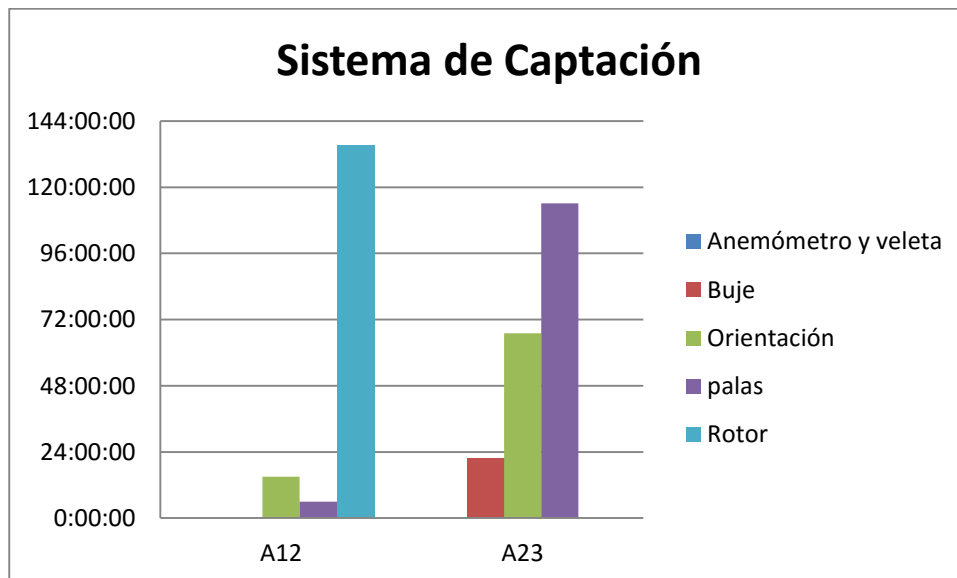
El aerogenerador A21 ha estado parado por una baja presión del aceite (91 h) y un bajo nivel de éste (73 h).

#### 5.2.1.4 Problemas en el Sistema de Captación



Gráfica 30. Horas parada Sistema Captación por aerogenerador, La Tella

Los aerogeneradores A12 y A23 son los que más horas han estado parados por problemas en el Sistema de Captación.



Gráfica 31. Horas parada Sistema Captación A12 y A23, La Tella

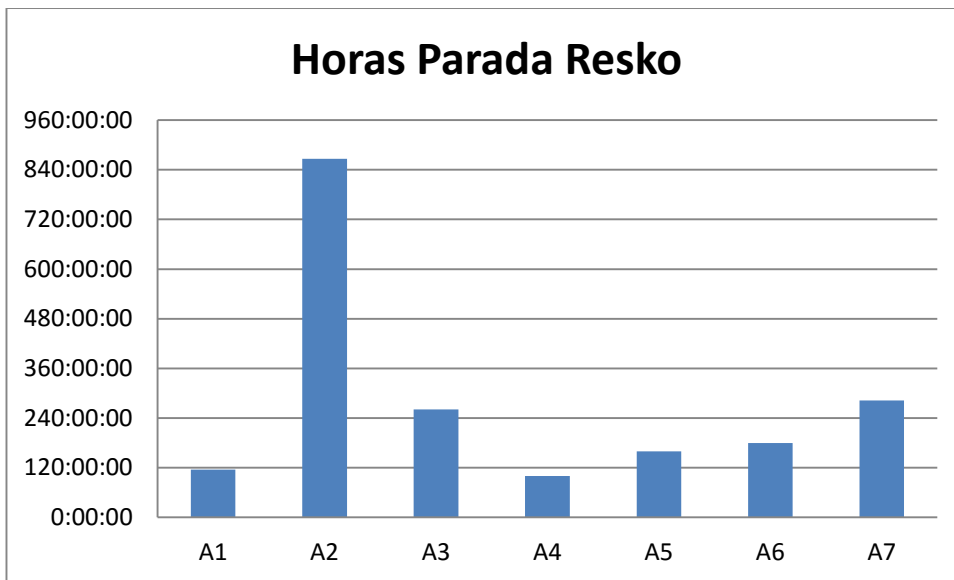
En la gráfica 31 se tiene el desglose de los aerogeneradores A12 y A23.

En el caso del A12 ha estado parado más de 135 h por estar en stop y tener unas RPM altas en el rotor. Estas horas de parada no computan como indisponible en la máquina.

El A23 ha sufrido 114 h de paradas debido a un problema en los acumuladores de las palas. También acumula más de 67 h de parada por problemas en el Sistema de Orientación.

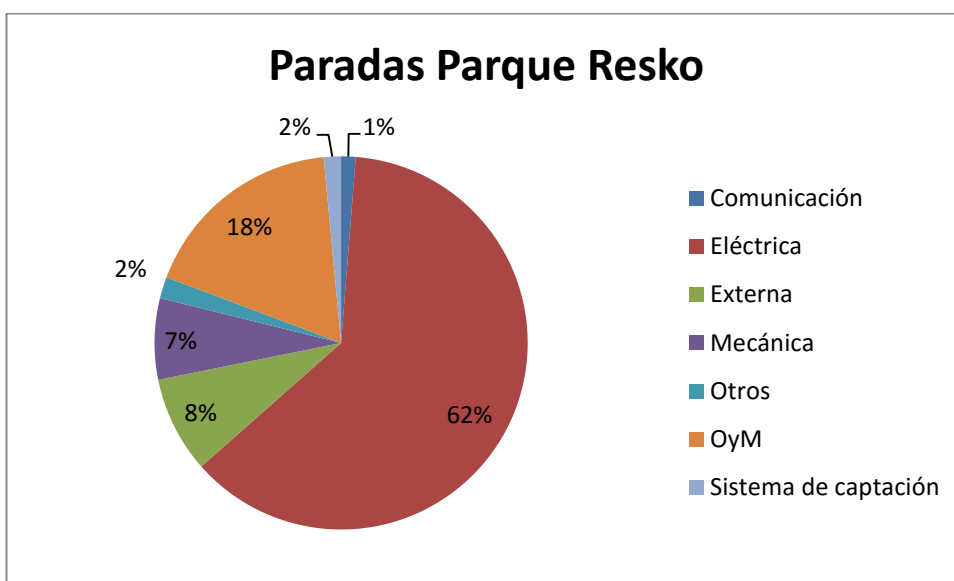
### 5.3 Resko

#### 5.3.1 Horas de parada



Gráfica 32. Horas parada total por aerogenerador Resko

En la gráfica 32 se muestran todas las horas de parada por aerogenerador que ha sufrido el parque eólico Resko entre los años 2013-2015. Se observa con claridad que el aerogenerador A2 es el que más horas de parada ha sufrido en estos 3 años, superando las 900 h.

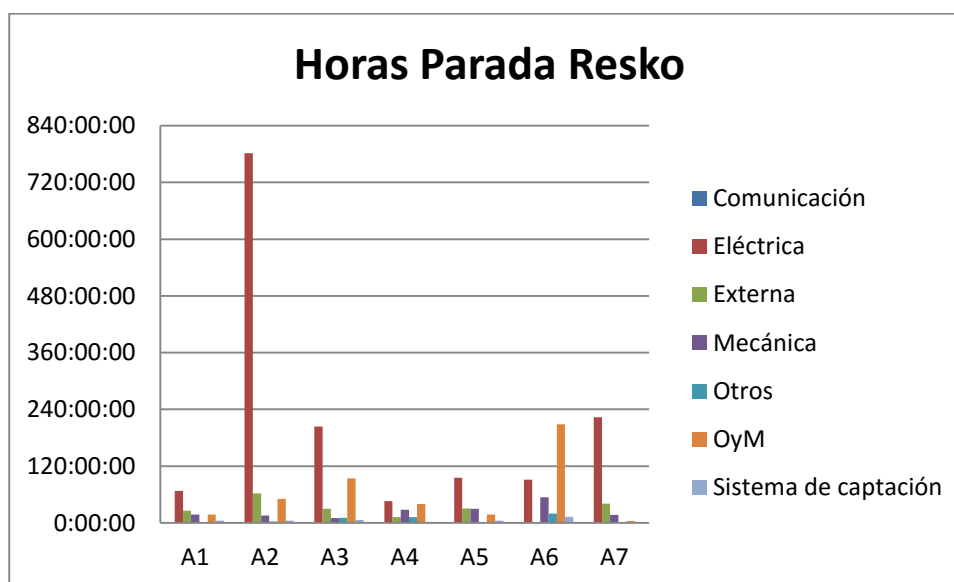


Gráfica 33. Porcentaje paradas por sistema Resko.

Por otro lado, en la gráfica 33 se muestra una gráfica porcentual de las paradas que ha sufrido el parque en estos 3 años según el sistema afectado. El 55% de las horas de parada del parque han sido por culpa de problemas Eléctricos, seguidos por el 20% de horas de parada que han ocasionados las labores de Operación y Mantenimiento.

De acuerdo con la gráfica 33, el orden de mayor a menor duración de parada sería:

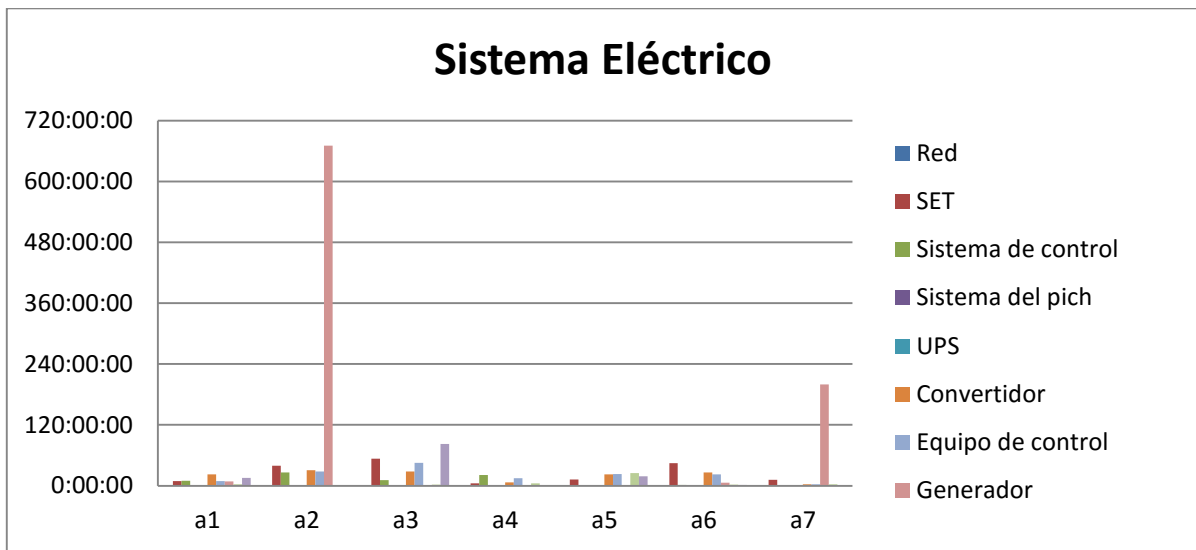
1. Problemas en el Sistema Eléctrico
2. Labores de Operación y Mantenimiento
3. Problemas de origen Externo
4. Problemas Mecánicos
5. Otros
6. Problemas en el Sistema de Captación
7. Fallos en la comunicación



Gráfica 34. Horas parada por sistema por aero Resko.

Ya se ha dicho que el aerogenerador A2 es el que más horas de parada ha sufrido y también que las mayores horas de parada han sido debido a problemas eléctricos, por lo que es fácil deducir que el aerogenerador A2 ha sufrido problemas debido a ello, como demuestran la gráfica 34.

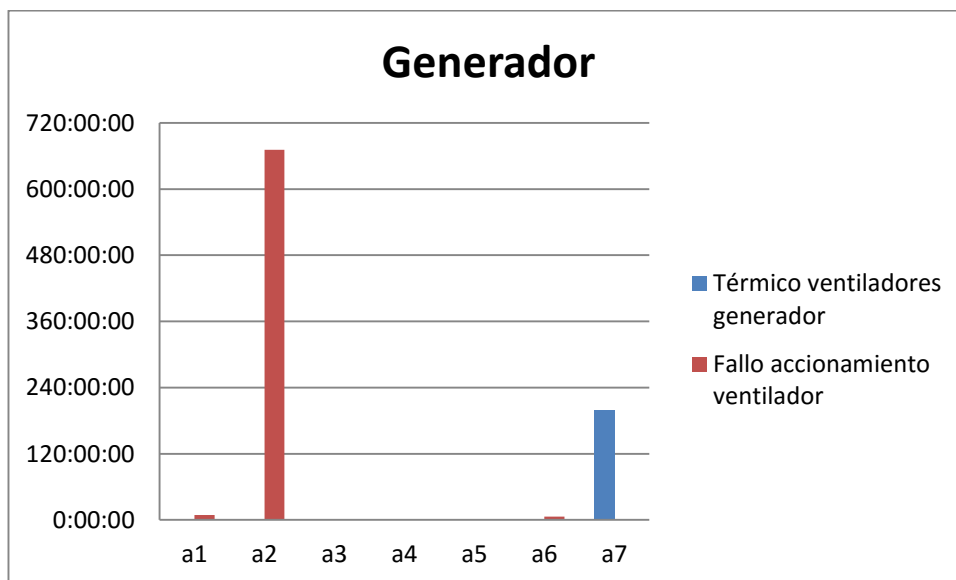
### 5.3.1.1 Sistema Eléctrico



Gráfica 35. Horas parada Sistema Eléctrico por aerogenerador Resko

En la gráfica 35 tenemos el resumen de todas las paradas sufridas por fallos en el Sistema Eléctrico. Todas muestran poca relevancia en cuanto al tiempo menos las paradas sufridas en el Generador en el aerogenerador A2 y A7.

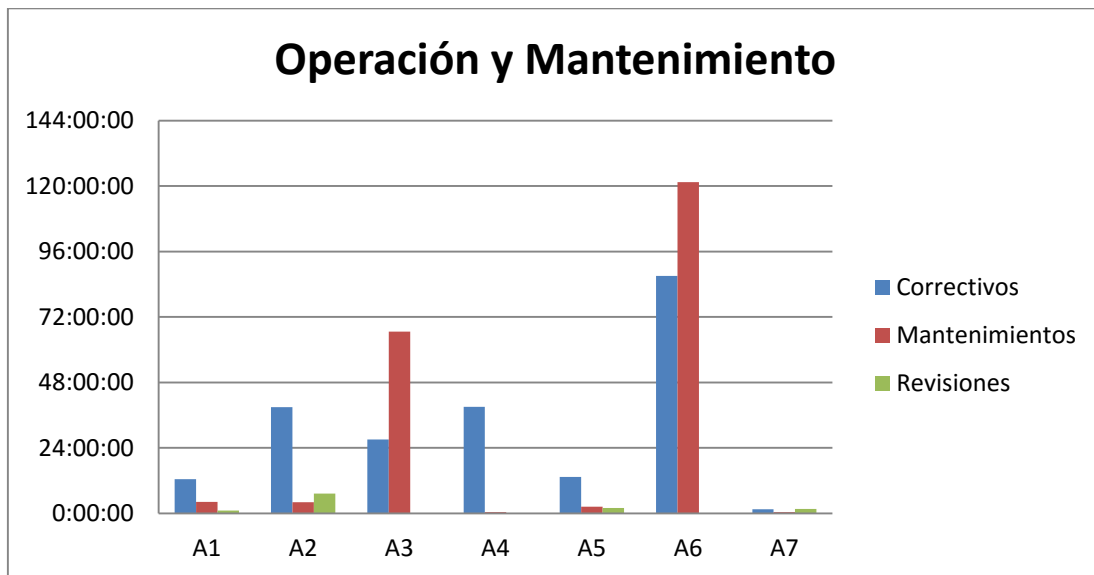
- Generador



Gráfica 36. Horas parada Generador por aerogenerador Resko

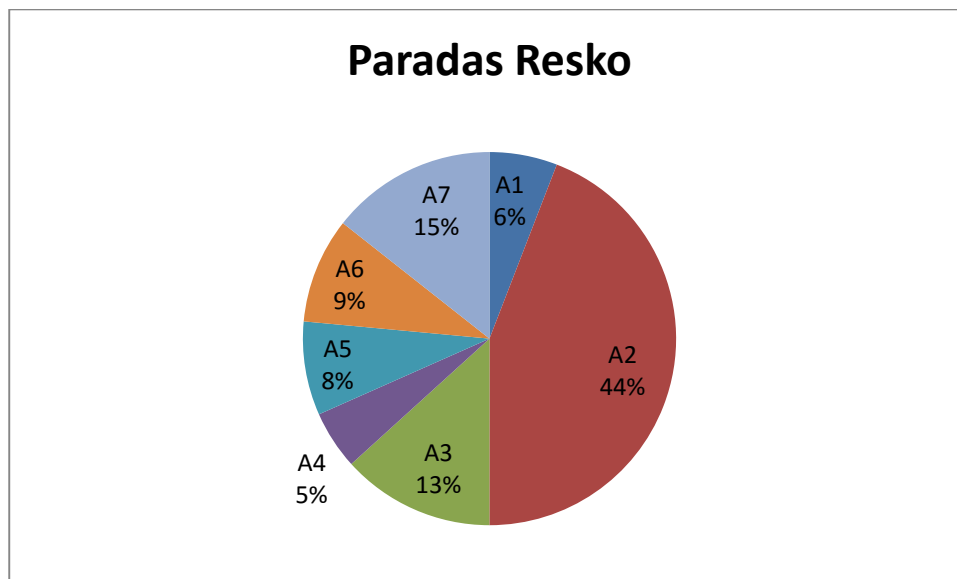
Los problemas en el generador han sido únicamente un fallo en el accionamiento del ventilador del generador en el aerogenerador A2 con una duración de 670 h, y un fallo en el accionamiento del ventilador en el aerogenerador A7 con una duración de casi 200h, ambos ocurridos en el año 2015.

### 5.3.1.2 Labores de Operación y Mantenimiento



Gráfica 37. Horas parada Operación y Mantenimiento Resko

El aerogenerador A6 es el que más hora ha precisado en labores de Mantenimiento y trabajos correctivos, alcanzando unas 200 h.

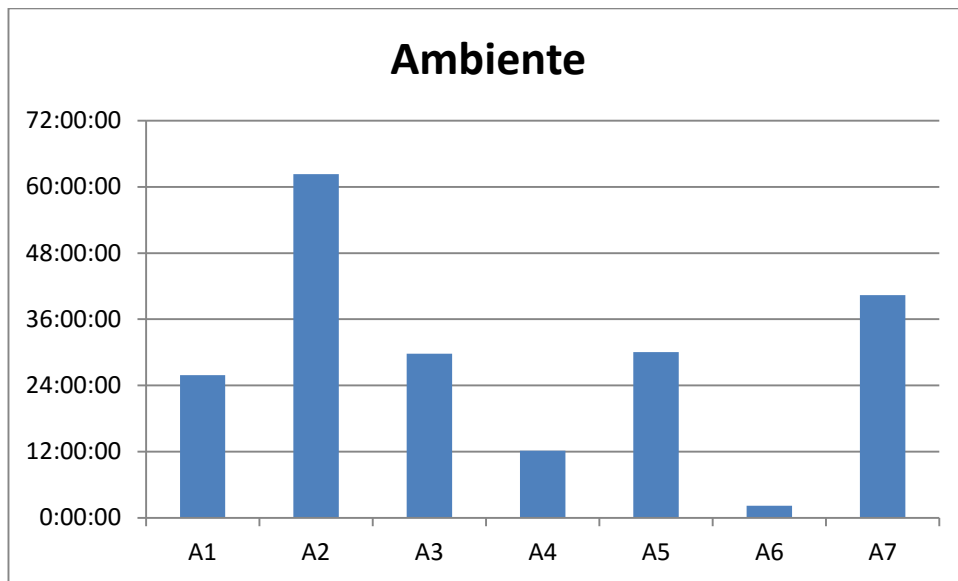


Gráfica 38. Porcentaje paradas por aerogenerador Resko

Se destaca de la gráfica 37, que el aerogenerador A6 es el que más horas de Operación y Mantenimiento ha necesitado.

En la gráfica 38 tenemos un porcentaje de todas las paradas que ha sufrido el parque eólico de Resko a excepción de las horas de Operación y Mantenimiento. En esta gráfica se puede ver que el aerogenerador A6 solo ha sufrido un 6% de las paradas frente al 44% que ha sufrido el A2 o las que han sufrido los A7 y A3. Esto resulta interesante ya que el A6 ha sido el que más se ha reparado y revisado sin haber sido uno de los que más fallos presenta.

### 5.3.1.3 Problemas de origen Externo



Gráfica 39. Horas parada Ambiente Resko

Los problemas Ambientales son debidos a altas velocidad del viento o alta temperatura ambiente, ninguno de ellos ha tenido un efecto destacable en el parque.

