

# DIAGNOSIS DE FALLOS EN AEROGENERADORES MEDIANTE GRÁFICOS DE CONTROL NO PARAMÉTRICOS

Ana Sánchez, J. Jabaloyes, I. Marton, S. Martorell

**Grupo de Medioambiente y Seguridad Industrial (MEDASEGI)**

*Departamento de Ingeniería Química y Nuclear*

*Universitat Politècnica de València (UPV)*





# INTRODUCCIÓN

# Introducción

- En las últimas décadas, se ha incrementado la aplicación de técnicas de monitorización de la condición en instalaciones industriales con el objetivo de controlar y reducir los costes de mantenimiento
- Existen en la literatura muchos enfoques típicos, con métodos y aplicaciones probadas en la monitorización de la condición que pueden ser clasificados en diferentes categorías:



# Introducción

---

Dentro de las técnicas estadísticas los **gráficos de control** proporcionan un marco para **monitorizar el comportamiento** de parámetros de funcionamiento de los **aerogeneradores** y permite identificar datos que son inconsistentes con el comportamiento en condiciones normales y, que por tanto, representan condiciones de potencial degradación





# OBJETIVOS

# Objetivos

---

- El objetivo de la ponencia se centra en la detección de comportamientos anómalos en aerogeneradores mediante la caracterización de la curva de potencia
- Para ello se propone el uso de un gráfico de control no paramétrico con límites variables que permita monitorizar on-line el comportamiento de la curva de potencia.





# METODOLOGIA

# Metodología



# Metodología



- Los datos han sido obtenidos del sistema de control y adquisición de datos (SCADA)
- SCADA constituye una fuente de datos tanto operacionales (potencia, velocidad rotor, ..) como ambientales (velocidad viento, temperatura, ..) que pueden ser utilizados en la monitorización del funcionamiento de los aerogeneradores
- En este trabajo se han utilizado los datos correspondientes a velocidad del viento (m/s) y potencia (W)



# Metodología



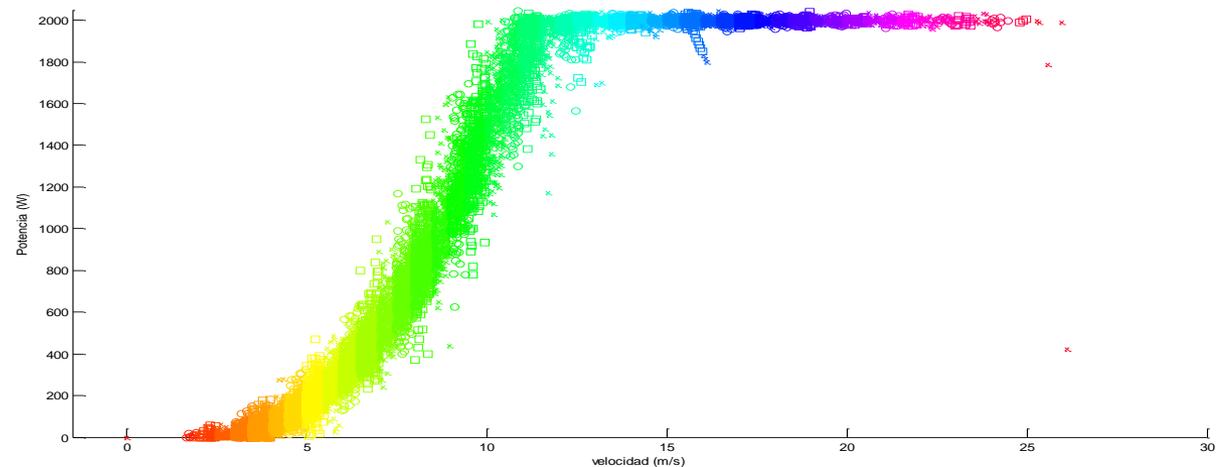
- En una primera fase resulta necesario realizar un filtrado de los datos debido a:
  - Los datos recogidos por el SCADA contienen ruido debido a errores y malfuncionamiento de los diferentes sensores
  - Existen situaciones en las cuales los aerogeneradores operan en condiciones que presentan incertidumbre registrándose en el sistema observaciones anómalas, que no corresponden al comportamiento normal de los datos, principalmente durante periodos de arranque o parada de los mismos



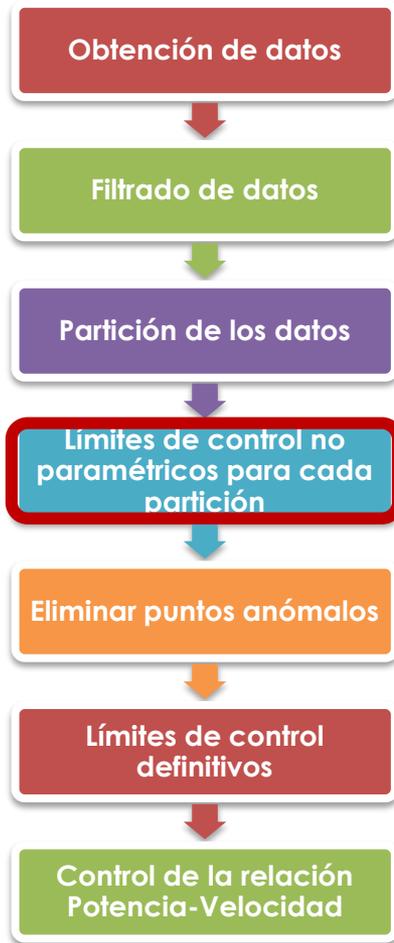
# Metodología



- Con el objetivo de diseñar un gráfico de control que considere la variabilidad existente para los diferentes rangos de velocidad del viento se ha realizado una partición de los datos
- El método adoptado ha sido el descrito en la IEC 61400-12-1 dividiendo el rango de velocidad en intervalos contiguos de ancho 0.5 m/s centrados en múltiplos de 0.5 m/s.



# Metodología



- Los límites de control se establecen mediante percentiles
- Un estimador natural del percentil  $p$  de una función de distribución  $F$  es el percentil empírico:

$$\hat{F}_k^{-1}(p) = \inf(x \mid \hat{F}_k^{-1}(x) \geq p) \quad 0 < p < 1$$

- Los límites de control basados en percentiles vendrán dados por:

$$LCS = \hat{F}_k^{-1}\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) = X_{\left[\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)k\right]}$$

$$LCI = X_{\left[\left(\frac{\alpha}{2}\right)k\right]}$$

siendo  $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(k)}$  los estadísticos de orden de la muestra



# Metodología



- Los límites de control inicial se establecen tomando como base un periodo de tiempo en el cual se considera que el aerogenerador funciona correctamente.
- No obstante, es posible observar la presencia de puntos anómalos que podrían corresponder a situaciones de degradación
- Los puntos deben ser eliminados y recalculados los límites de control



# Metodología



- Una vez establecidos los límites de control definitivos se monitoriza la relación entre la potencia-velocidad
- La presencia de señales de falta de control (como, por ejemplo, tendencias, puntos fuera de control, ..) son indicativos de un comportamiento anómalo en la potencia del aerogenerador
- Este comportamiento anómalo puede ser un indicativo de la presencia de degradaciones permitiendo anticiparse al fallo





# CASO DE APLICACIÓN

# Caso de aplicación

## Características

Diámetro Rotor(m)	80
Número de Palas	3
Potencia nominal (MW)	2
Factor de Potencia	0,95
Velocidad de arranque (m/s)	3-4
Velocidad nominal (m/s)	4-18
Velocidad de corte (m/s)	18-20

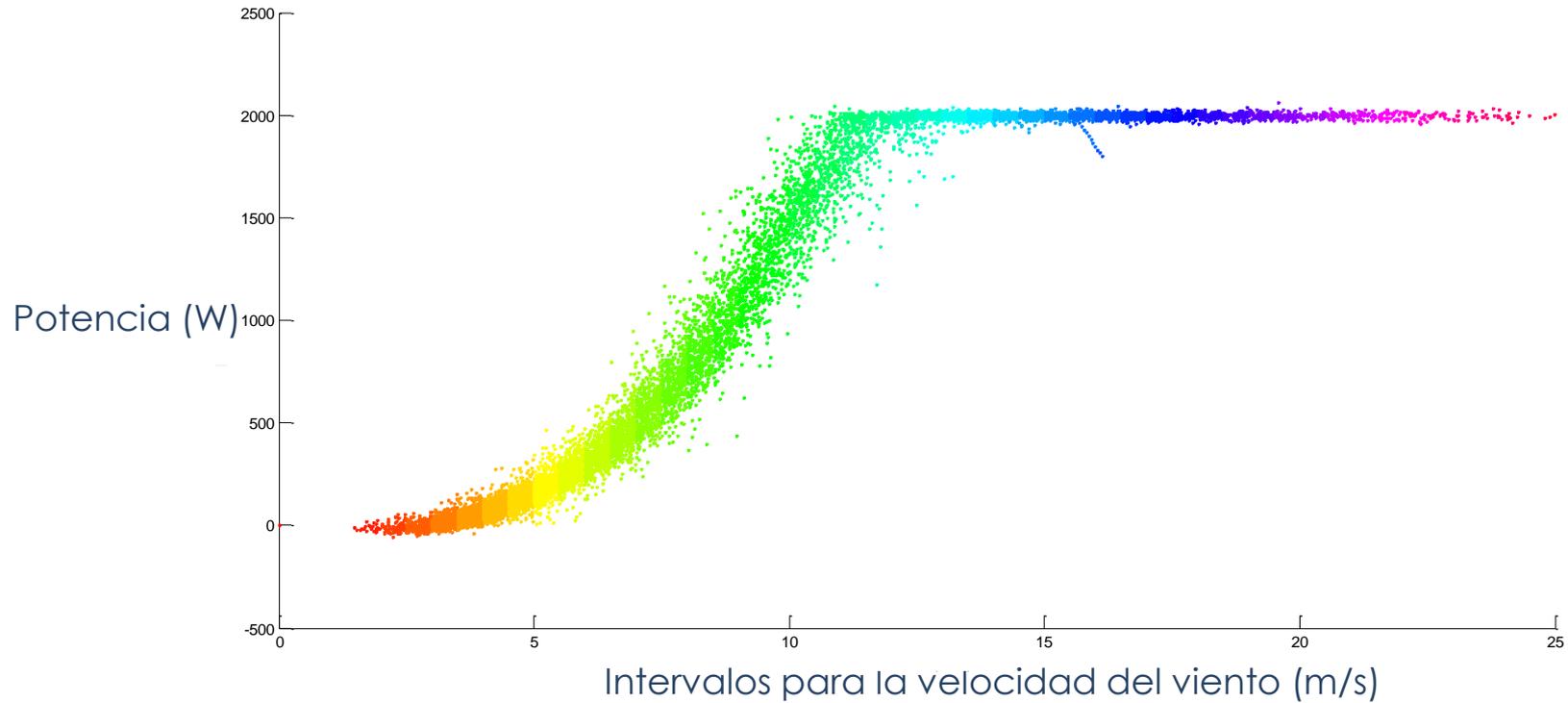
## Datos

- Obtenidos de SCADA registra parámetros relativos al funcionamiento del aerogenerador así como datos relativos a las condiciones ambientales.
- Los datos son registrados a intervalos de 10 minutos
- Histórico de cuatro años



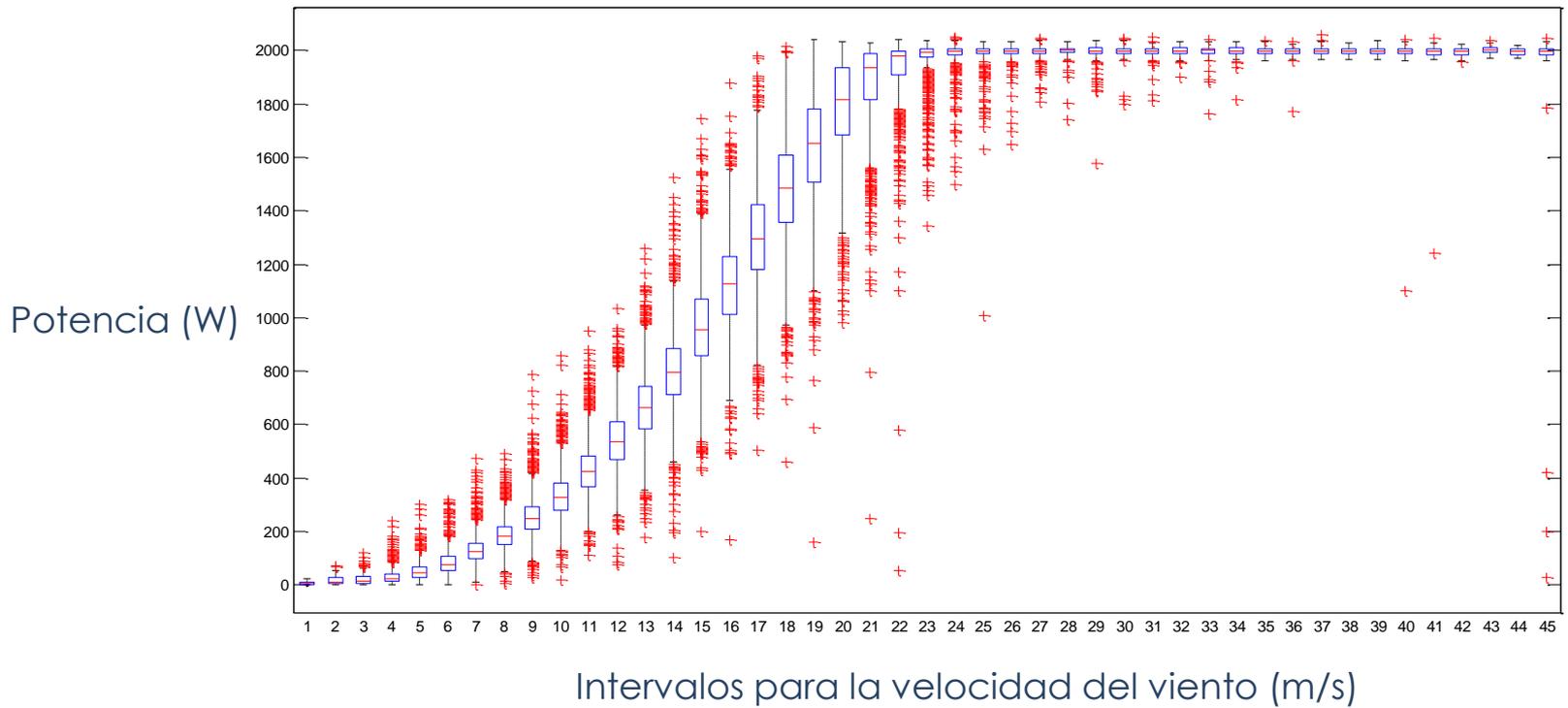
# Caso de aplicación

## Resultados descriptivos



# Caso de aplicación

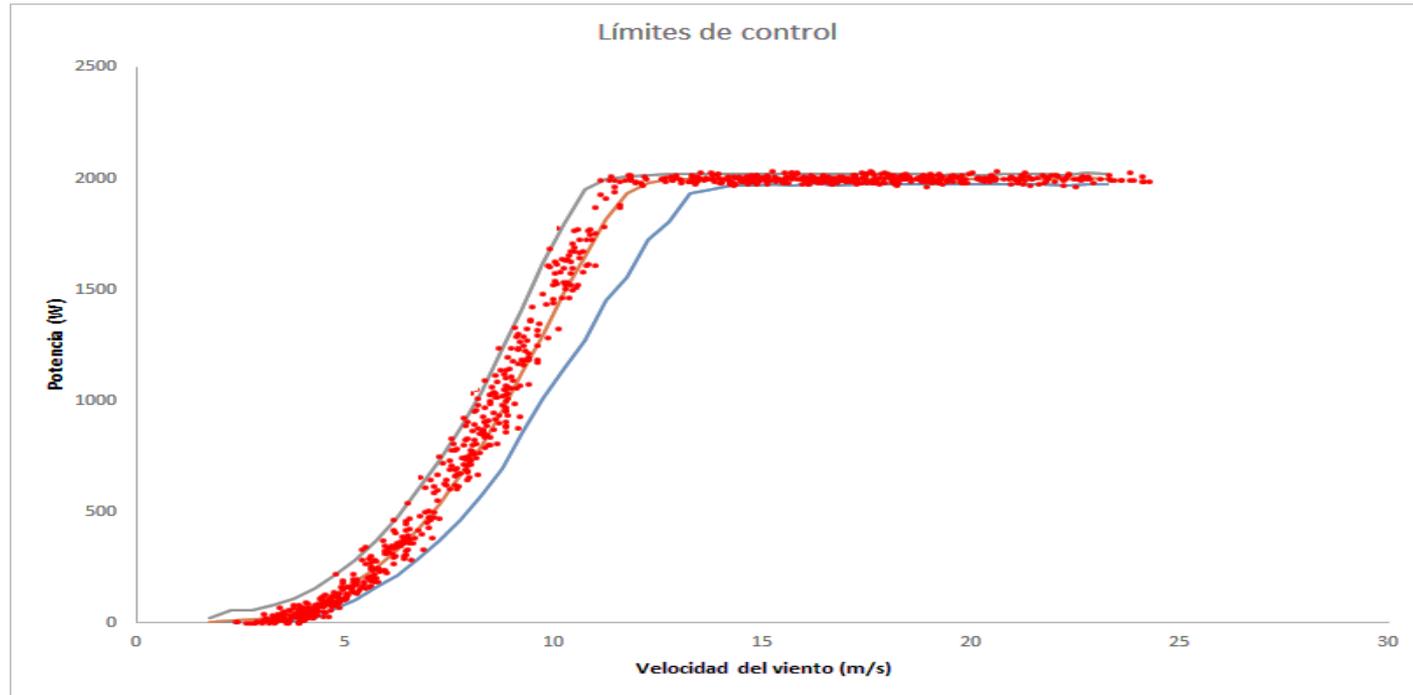
## Resultados descriptivos



# Caso de aplicación

## Establecimiento de los Límites de Control

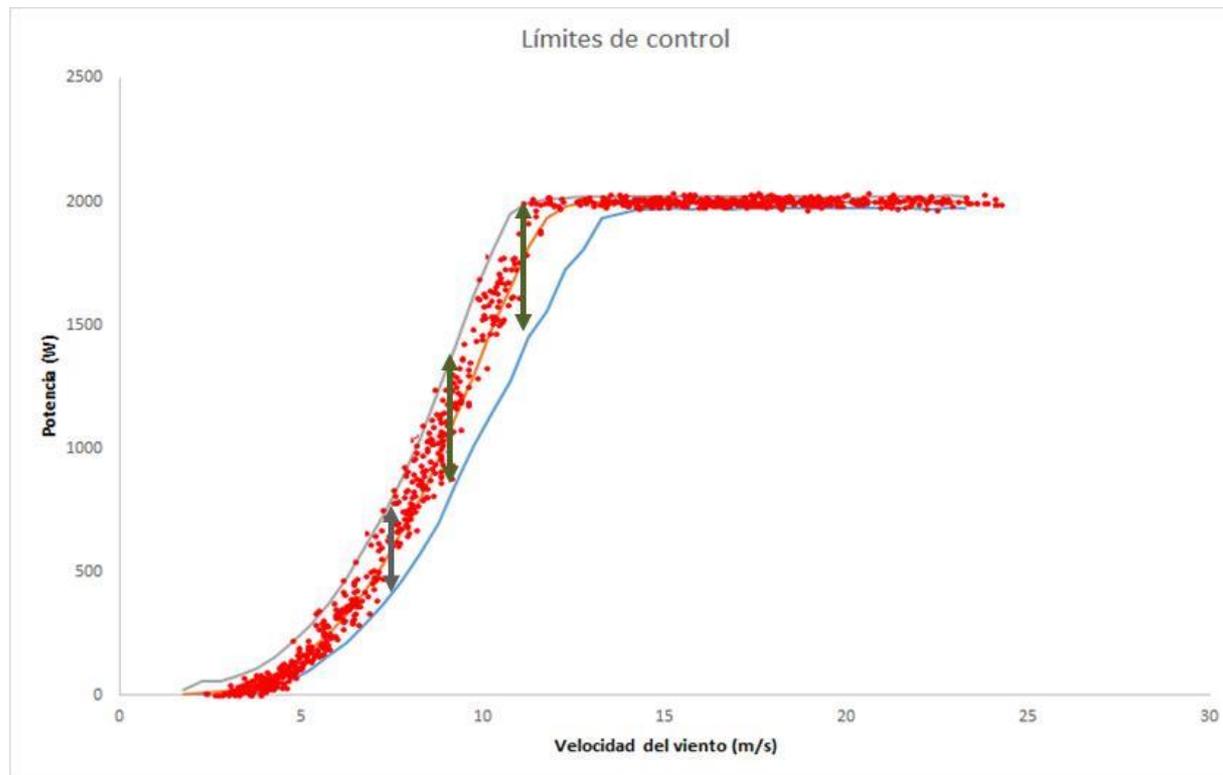
- Para establecer los límites de control asociados a la curva de potencia se ha utilizado un histórico de un año.
- Los datos han sido previamente preprocesados y eliminados los puntos anómalos.



# Caso de aplicación

## Gráfico de control no paramétrico $\alpha=10\%$

- La amplitud de los límites de control varía en función de las condiciones del viento permitiendo considerar la variabilidad inherente de la potencia.
- Un problema que plantea es que no permite observar la evolución temporal de la potencia lo que facilita, por ejemplo, la detección de tendencias.



# Caso de aplicación

## Gráfico de control no paramétrico $\alpha=10\%$

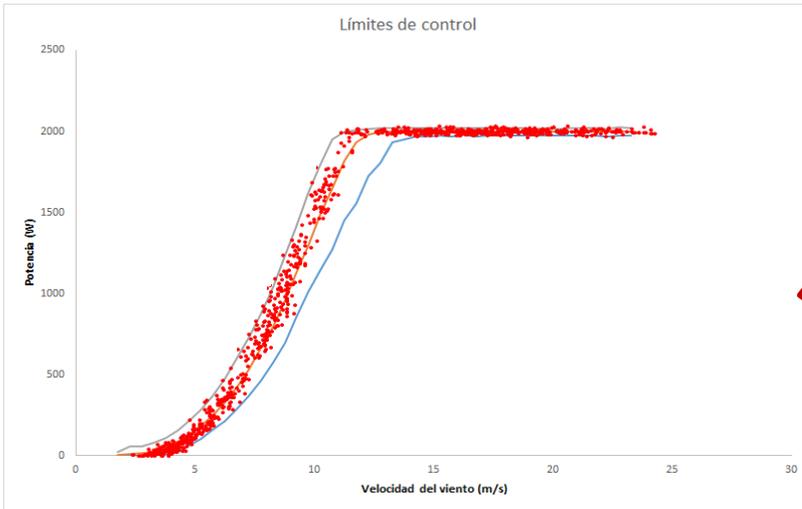
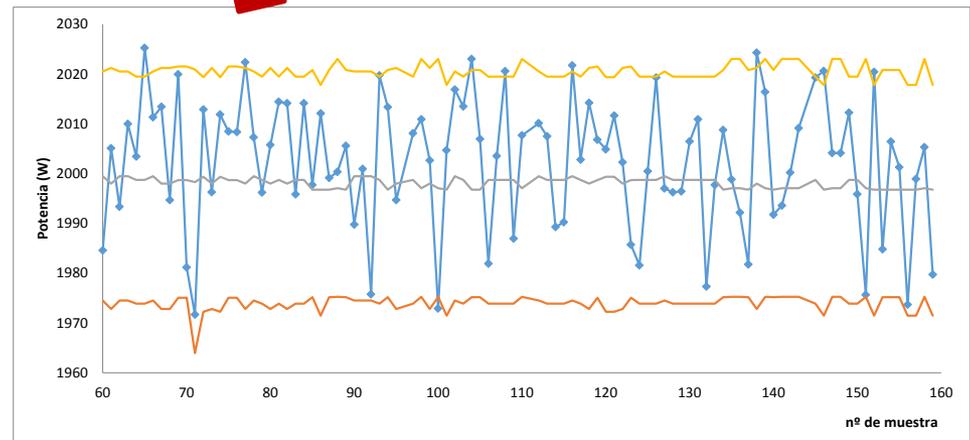


Gráfico de control con límites variables calculados en función de la velocidad del viento para cada punto muestreado

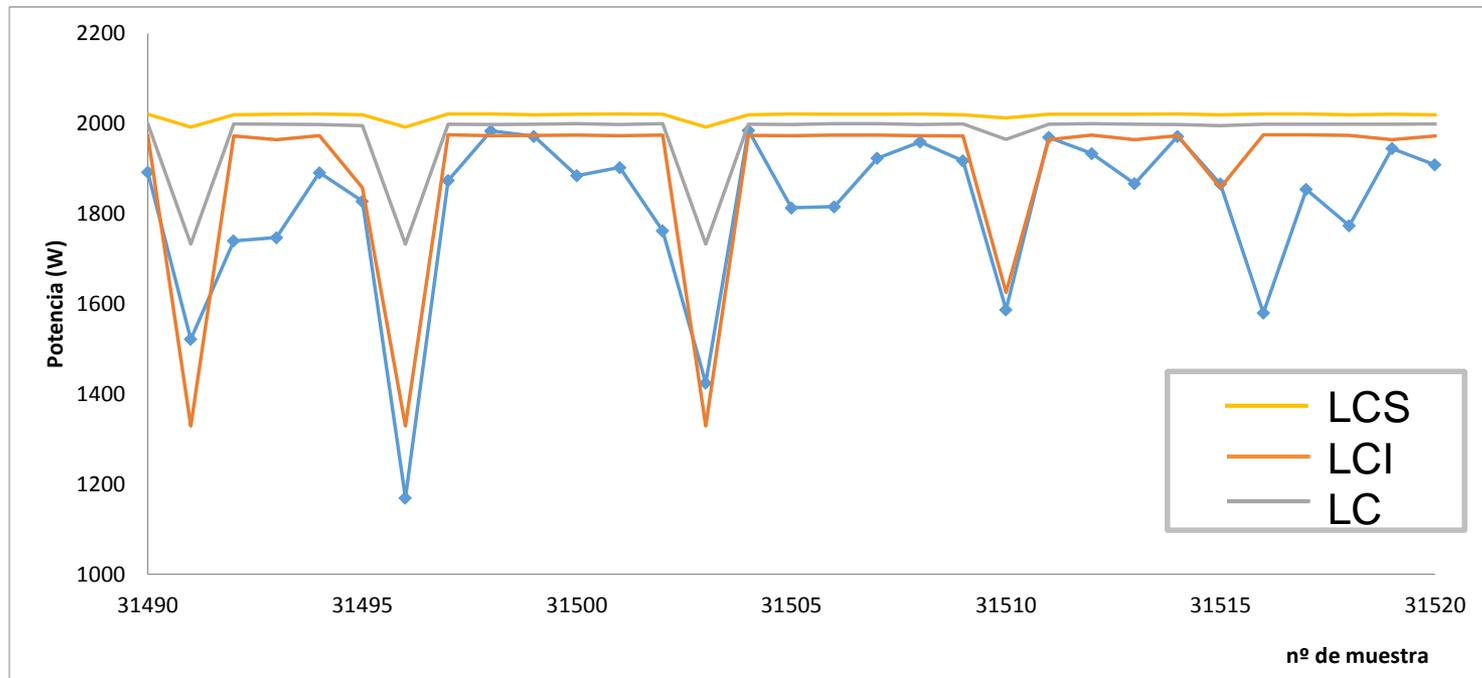
**Condiciones normales**



# Caso de aplicación

## Curva de potencia

Gráfico de control correspondiente a una situación previa al fallo





# CONCLUSIONES

# Conclusiones

---

- El presente estudio propone el uso de un gráfico de control no paramétrico para la monitorización de la curva de potencia de un aerogenerador considerando la variabilidad de la potencia para diferentes rangos de velocidad del viento, en consecuencia, a diferencia de los gráficos de control tradicionales, los límites de control varían dependiendo de las condiciones del viento.
- El caso de aplicación presentado muestra que el método puede resultar efectivo para la monitorización de la condición de los aerogeneradores.



# Conclusiones

## Trabajo futuro

- Determinar la potencia y el ARL (número medio de muestras hasta detectar el cambio) para los diferentes rangos de velocidad del viento.
- Determinar la potencia y el ARL (número medio de muestras hasta detectar el cambio) para los diferentes tipos de fallo.
- Como trabajo futuro se plantea el uso de gráficos de control multivariantes no paramétricos con el objetivo de mejorar la capacidad de detección de anomalías.



# DIAGNOSIS DE FALLOS EN AEROGENERADORES MEDIANTE GRÁFICOS DE CONTROL NO PARAMÉTRICOS

Ana Sánchez, J. Jabaloyes, I. Marton, S. Martorell

**Grupo de Medioambiente y Seguridad Industrial (MEDASEGI)**

*Departamento de Ingeniería Química y Nuclear*

*Universitat Politècnica de València (UPV)*

