



XIV CONGRESO
DE CONFIABILIDAD

APLICACIÓN DEL MÉTODO CROW-AMSAA EN LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE AEROGENERADORES

Sebastián Martorell⁽¹⁾, Ana Isabel Sánchez⁽²⁾, **Isabel Martón⁽¹⁾**
Miguel Ángel Rodríguez⁽³⁾, Ángel Marín⁽³⁾, Antonio José Fernández⁽³⁾

⁽¹⁾Departamento de Ingeniería Química y Nuclear

⁽²⁾Departamento de Estadística, Investigación Operativa Aplicadas y Calidad
Universitat Politècnica de Valencia

⁽³⁾Iberdrola Ingeniería de Explotación S.A.U. (IIE)

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones

CONTENIDOS

- 1. Introducción**
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones

INTRODUCCIÓN

- La mejora de la fiabilidad de los aerogeneradores requiere la aplicación de programas adecuados de operación y mantenimiento o la implementación de una monitorización de la condición efectiva.
- Medidas más importantes a tomar es la mejora de la fiabilidad de los equipos y sistemas de los aerogeneradores
- Diferentes técnicas (teóricas-empíricas)-- modelos habitualmente utilizado en aplicaciones industriales es el **Crow-AMSAA (CA)**
- **VENTAJAS:**
 - Posibilidad de analizar múltiples equipos simultáneamente
 - Análisis con datos faltantes
 - Tratamiento de múltiples modos de fallos

CONTENIDOS

1. Introducción
- 2. Objetivos**
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones

OBJETIVOS

Presentar el marco teórico del método CA y su extensión para la utilización de diferentes modos de fallo, predicción del fallo y análisis de mantenibilidad. Además se muestra un caso de aplicación del método al sistema de lubricación de un aerogenerador.

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
- 3. Modelo Crow Amsaa**
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones

MODELO CROW AMSAA

- Analiza el progreso o la evolución de la fiabilidad tras las acciones correctivas llevadas a cabo
- Ventajas:
 - La fiabilidad de la configuración inicial en la prueba
 - La fiabilidad de la configuración al final de la fase de prueba
 - Permite predecir el comportamiento de la fiabilidad a corto plazo
 - La evolución de la fiabilidad tras introducir modificaciones en las configuraciones de los sistemas
 - Intervalos de confianza para la fiabilidad

MODELO CROW AMSAA

- Extendido para sistemas reparables:

Representación gráfica del número de fallo acumulados $n(t)$ frente al tiempo acumulado de observación de cada fallo

$$n(t) = \lambda \cdot t^\beta$$

Tomando logaritmos en la ecuación anterior:

$$\ln n(t) = \lambda + \beta \ln t$$

↓ ↓

λ : ordenada en el origen, parámetro escala
 β : pendiente de la recta, parámetro de forma

Estimación de los parámetros

Rank Regression (RGR)

$$\beta = \ln \left(\frac{n \sum n(t)t - \sum n(t) \sum t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2} \right)$$

$$\lambda = \ln(n(t) - t\beta)$$

Método de la máxima verosimilitud

$$\beta = \frac{n}{(n-1) \ln t_n - \sum_{i=1}^{n-1} \ln t_i}$$

$$\lambda = \frac{n}{T^\beta}$$

MODELO CROW AMSAA

- Extendido para **sistemas reparables**:

Representación gráfica del número de fallo acumulados $n(t)$ frente al tiempo acumulado de observación de cada fallo

$$n(t) = \lambda \cdot t^\beta$$

Tomando logaritmos en la ecuación anterior:

$$\ln n(t) = \lambda + \beta \cdot \ln t$$

λ : ordenada en el origen, parámetro escala
 β : pendiente de la recta, parámetro de forma

β

Indica en qué estado se encuentra el sistema que se está analizando

$\beta < 1$ Tasa de fallos decreciente. Fiabilidad creciente.

$\beta > 1$ Tasa de fallos creciente. Deterioro del sistema.

$\beta = 1$ Tasa de fallos constante.

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
- 4. Mecanismo de fallo**
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones



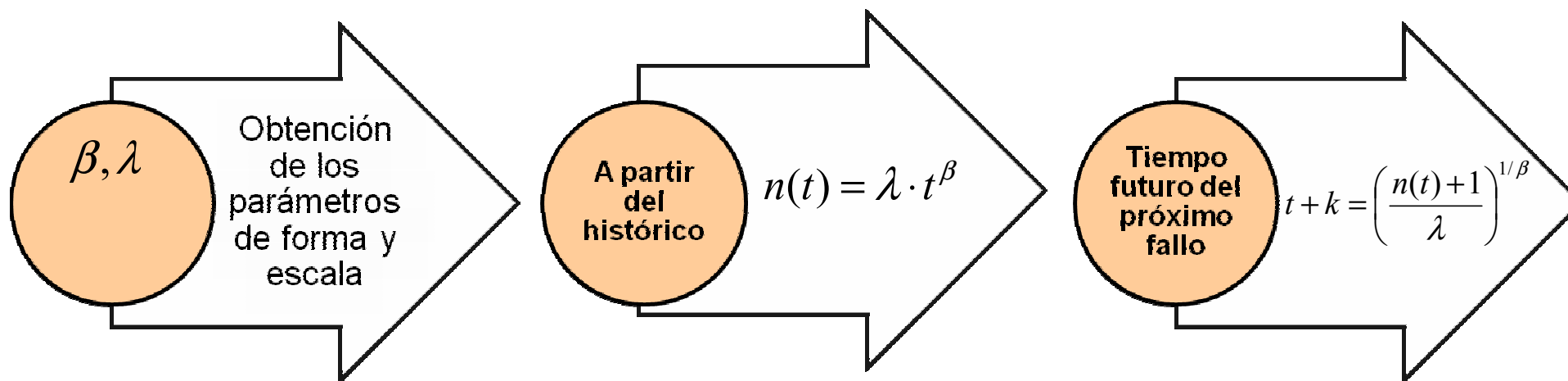
MECANISMO DE FALLO

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
- 5. Predicción de fallos**
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones

PREDICCIÓN DE FALLOS

- El método CA permite realizar predicciones de fallos futuros



Siendo, k el tiempo que transcurre desde el instante de tiempo hasta el siguiente fallo

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
- 6. Mantenibilidad**
7. Caso de aplicación
8. Conclusiones

MANTENIBILIDAD

- La mantenibilidad de los equipos puede ser monitorizada utilizando el método de CA teniendo en cuenta la duración de las actividades de mantenimiento acumuladas realizadas en el periodo de análisis.
- Análisis de la mantenibilidad permiten analizar cómo afecta a la fiabilidad de los equipos o sistemas los cambios en las políticas de mantenimiento.
- La mantenibilidad puede ser analizada representando gráficamente el tiempo total acumulado que el sistema ha estado fuera de servicio como consecuencia de la realización de actividades de mantenimiento durante el periodo de observación frente al tiempo acumulado

CONTENIDOS

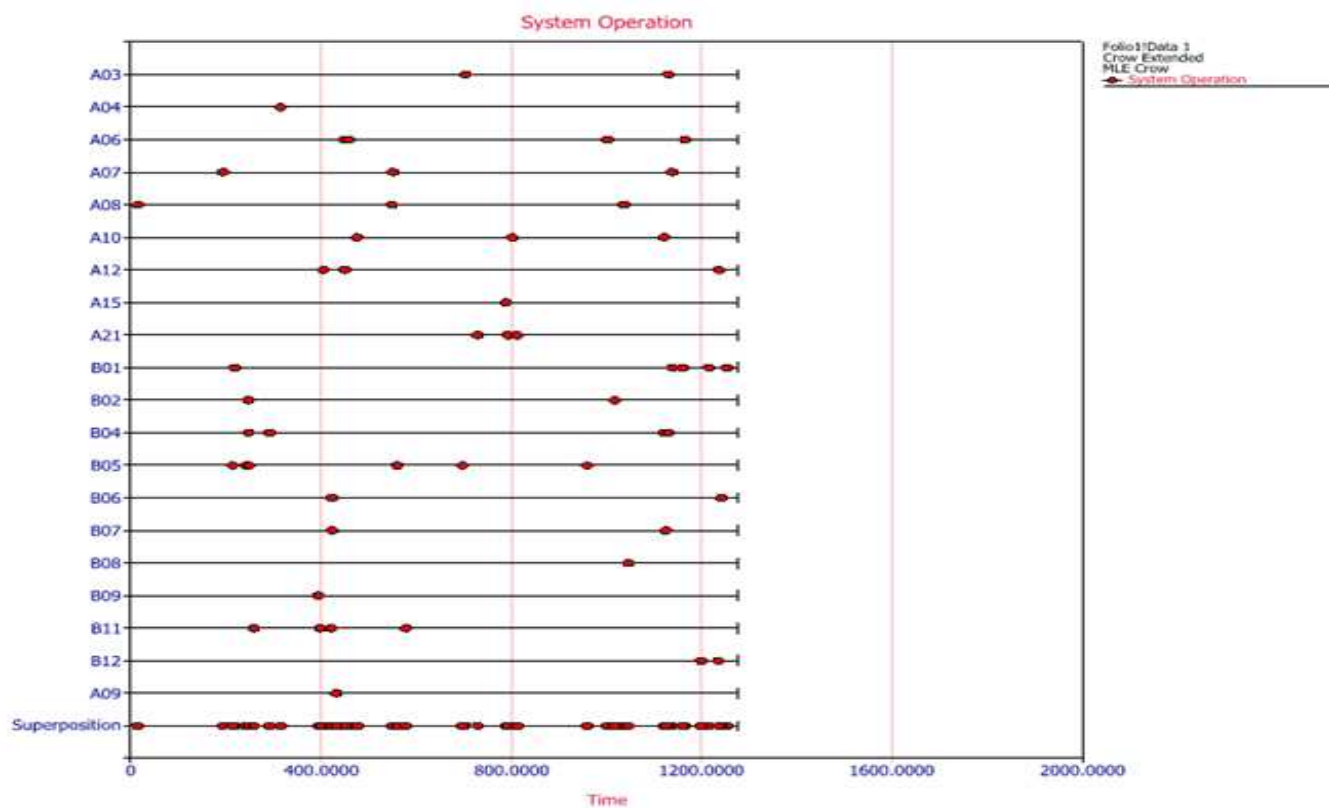
1. Introducción
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
- 7. Caso de aplicación**
8. Conclusiones

CASO DE APLICACIÓN

- Sistema de lubricación de la multiplicadora de un aerogenerador
- Histórico de fallos de un conjunto de 20 aerogeneradores para un periodo de 1.276 días
- Se consideran los siguientes supuestos:
 - Las actividades de mantenimiento consideradas se han realizado tras aparecer el fallo por lo que se ha considerado el tipo de mecanismos de fallo BC. No se tienen en cuenta ni tipos de mecanismos de fallo A, ni BD.
 - El factor de efectividad que se ha considerado para todas las acciones correctivas llevadas a cabo ha sido de 0,5.

CASO DE APLICACIÓN

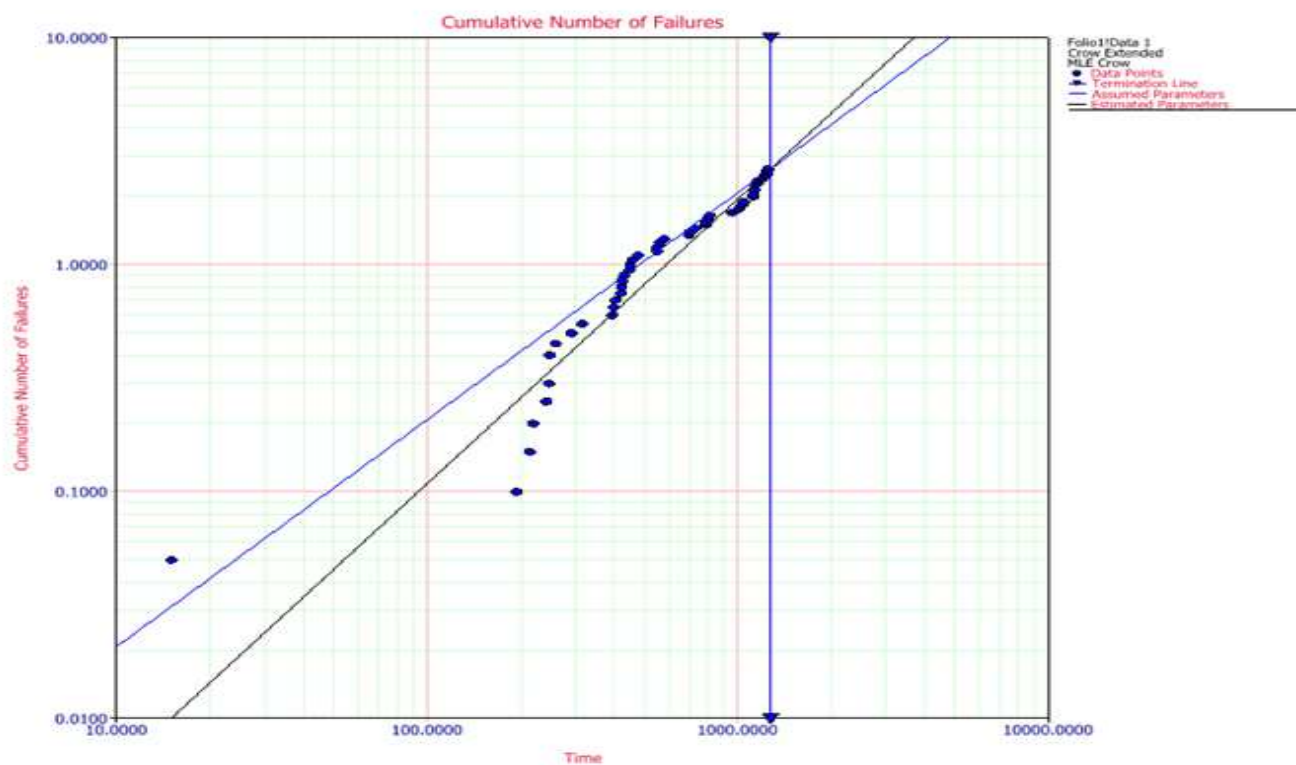
- Software RGA 7 (Reliability Growth Analysis and Repairable System Analysis Software Tool) de Reliasoft.



Distribución de los fallos en los sistemas de lubricación analizados

CASO DE APLICACIÓN

- Software RGA 7 (Reliability Growth Analysis and Repairable System Analysis Software Tool) de Reliasoft.



Representación
gráfica de $\log n(t)$ vs
 $\log t$.

CASO DE APLICACIÓN

- Software RGA 7 (Reliability Growth Analysis and Repairable System Analysis Software Tool) de Reliasoft.

Intervalos de confianza al 90 %.		
Lower	β	Upper
0,9854	1,2311	1,5511
Lower	λ	Upper
0,0003	0,0004	0,0004

**Estimación de parámetros.
Intervalo de confianza
90%.**

Intervalo de confianza contiene el valor 1 puede considerarse que la **tasa de fallos** se ha mantenido, en el periodo de análisis, **constante**.

CASO DE APLICACIÓN

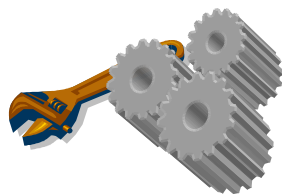
- Predicción de un fallo futuro $t + k = \left(\frac{n(t) + 1}{\lambda} \right)^{1/\beta}$

Fallos acumulados $n(t) = 45$

$\beta = 1,2311$ días

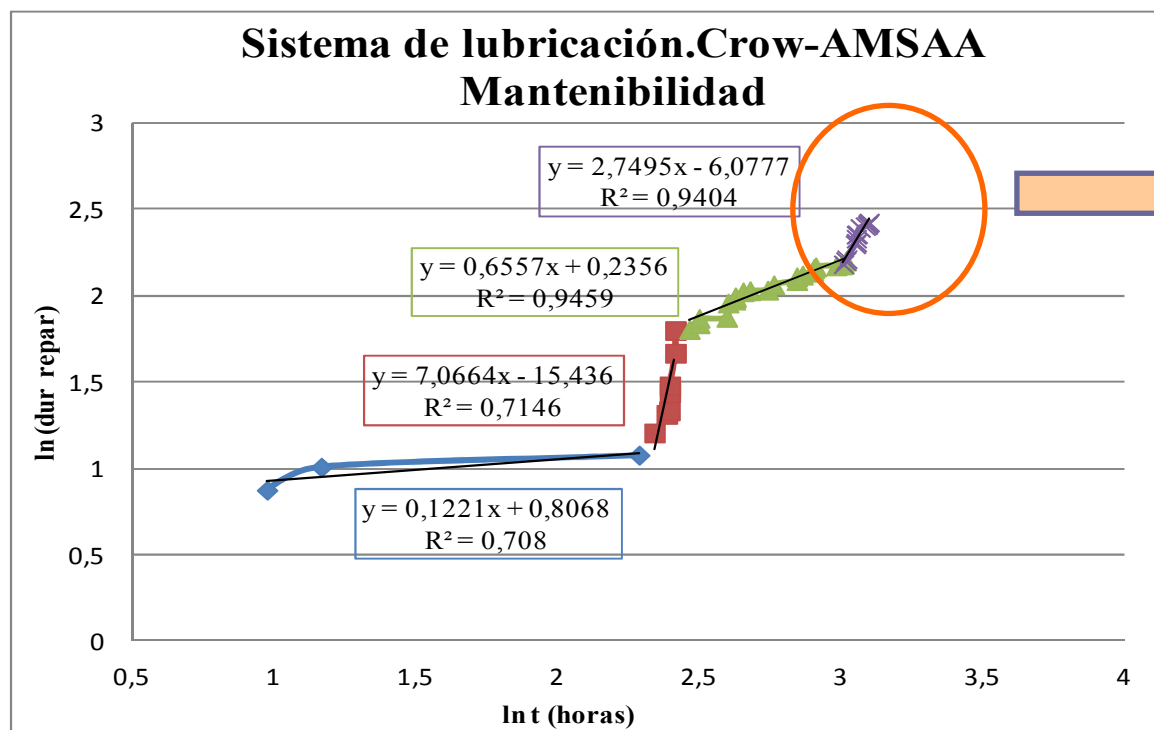
$\lambda = 0,0004$ días

Tiempo acumulado en el que se producirá el siguiente fallo del sistema de lubricación será a los **12.675 días**



El conocimiento de este valor permite una mejor planificación del mantenimiento anticipándose a la ocurrencia del fallo.

CASO DE APLICACIÓN



Cambio de pendiente

La pendiente de la recta es mayor que la unidad ($\beta=2,7495$).

Dicho valor podría indicar que la filosofía de mantenimiento de está más orientada a las reparaciones que a la fiabilidad centrada en la condición.

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
3. Modelo Crow Amsaa
4. Mecanismo de fallo
5. Predicción de fallos
6. Mantenibilidad
7. Caso de aplicación
- 8. Conclusiones**

CONCLUSIONES

- El modelo CA permite realizar una estimación de los parámetros de fiabilidad y observar si ha habido tendencia en la degradación para los sistemas estudiados, analizando los mecanismos de degradación que afectan a estos sistemas, tanto en conjunto como uno a uno individualmente.
- Este método permite realizar predicciones sobre la ocurrencia de futuros fallos teniendo en cuenta las acciones correctivas que se han llevado a cabo durante el periodo de observación.
- Además, utilizando este método se pueden observar tendencias en la mantenibilidad.

CONCLUSIONES

- Como trabajo futuro en la línea de mantenibilidad, la extensión del método CA al análisis de la mantenibilidad atendiendo a los diferentes mecanismos de fallos y políticas de mantenimiento programado, permitirá evaluar si las acciones de mantenimiento correctivo y programado son las adecuadas, o por el contrario, deben ser modificadas u optimizadas en cuanto a la frecuencia de programado o analizar el establecimiento de políticas de mantenimiento por condición.



Gracias por su atención.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Universidad Politécnica
de Valencia
ismarllu@upv.es