

Análisis de propagación de grieta en el *Aluring*

Metodología para el análisis de propagación de grieta en componentes metálicos



Índice

Análisis de propagación de grieta en el *Aluring*

1. Anillo de Aluminio – *Aluring*

- Definición del componente
- Problema que presenta
- Principales motivos de la problemática

2. Metodología de cálculo

- Diagrama de flujo

3. Modelo global

- Obtención de la zona crítica

4. Modelo de detalle

- Obtención de tensor de tensiones

5. Análisis de fatiga

- Introducción teórica
- Cálculo de fatiga del componente

6. Análisis de propagación de grieta

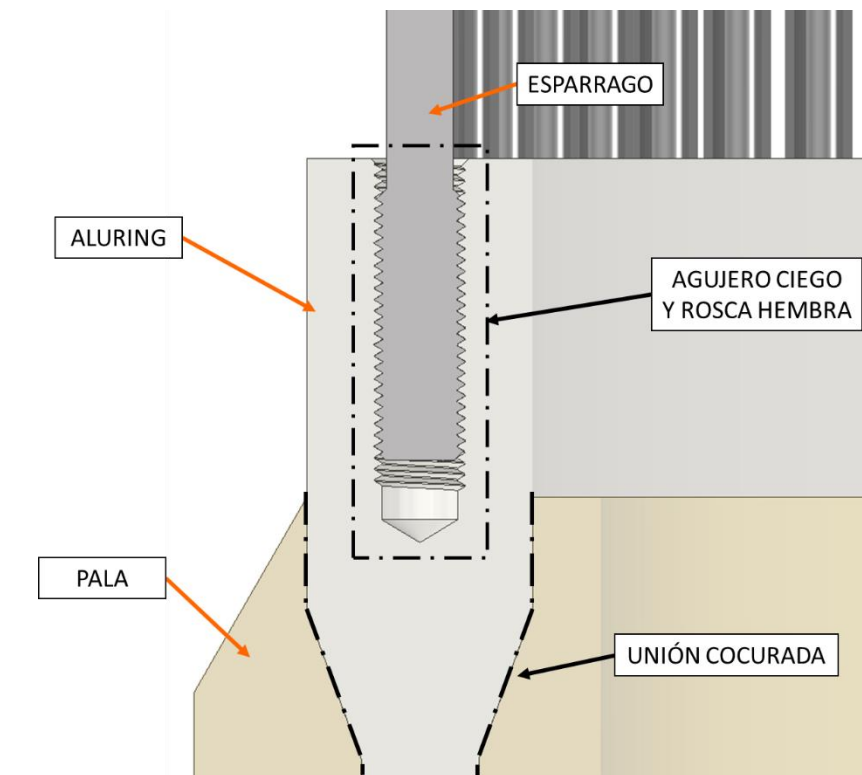
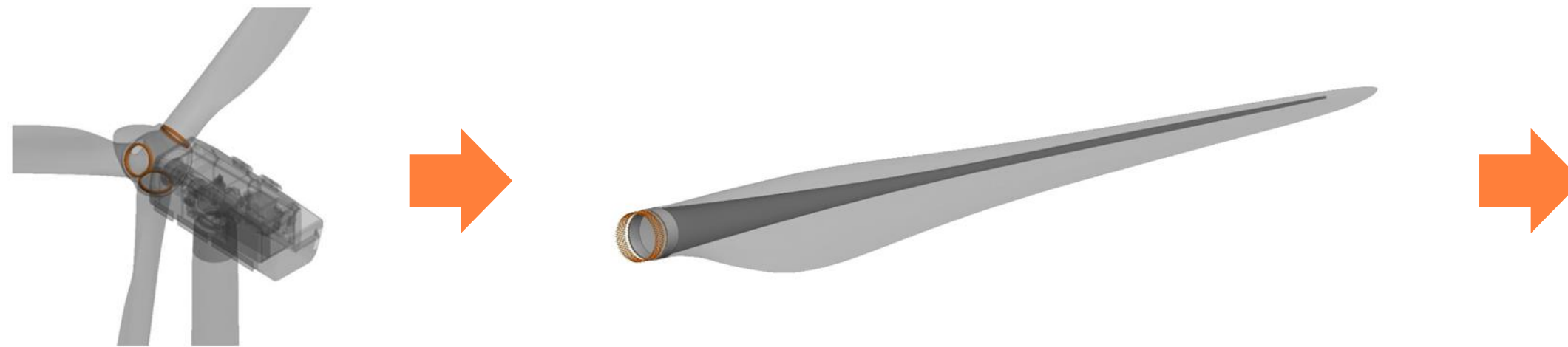
- Introducción teórica
- Cálculo de propagación de grieta del componente

7. Resultados y conclusiones

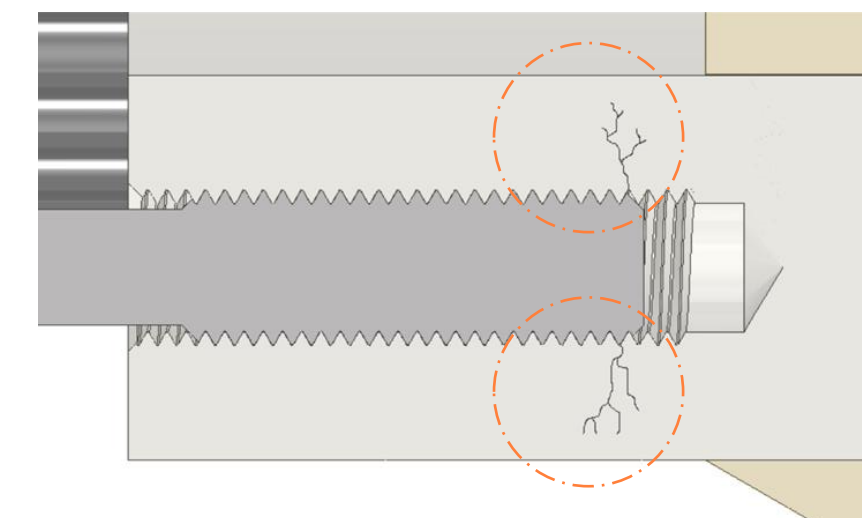
1. Anillo de Aluminio - Aluring

Definición del componente y el problema que presenta

- Los modelos G47 / V47 presentan un anillo cocurado de Aluminio en la raíz de la pala.
- Este anillo de Aluminio es comúnmente conocido como *Aluring*.



- En dicho anillo se realizan los agujeros ciegos donde posteriormente se mecaniza la rosca hembra.
- En esta rosca hembra van atornillados los tornillos que unen el rodamiento de pala con la pala.
- Los niveles de tensión tanto en la rosca como en el final del agujero ciego son elevados generando problemas de fatiga en el componente.

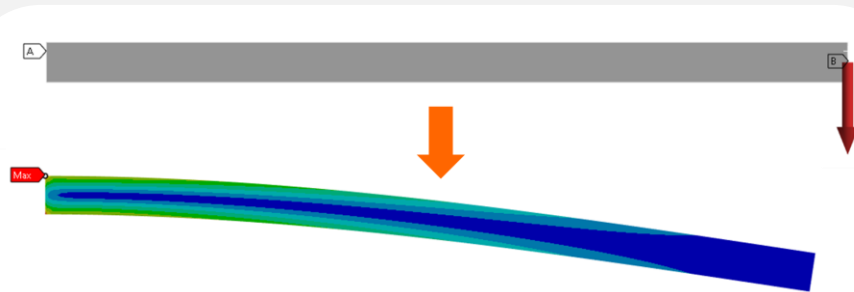


1. Anillo de Aluminio - Aluring

Razones principales de propagación de grieta en el componente

- Existen diferentes razones por las que el anillo de Aluminio – Aluring presenta problemas de propagación de grieta:

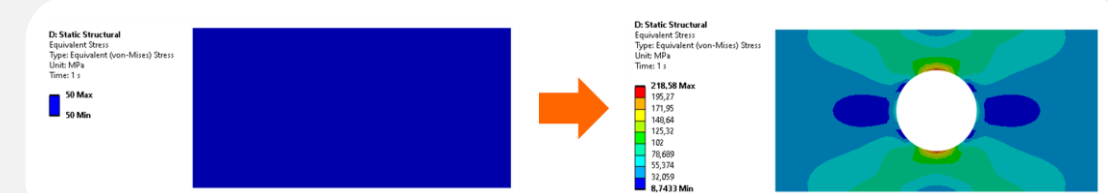
1 Las mayores cargas se localizan en raíz de pala



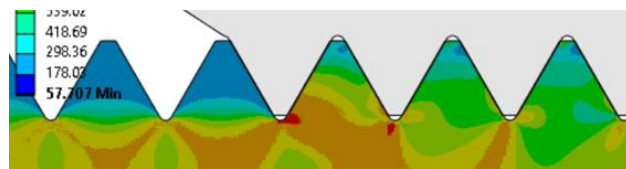
2 Zona de la raíz de pala con menor sección resistente

$$\sigma = \frac{F_z}{A} + \frac{M_x \cdot y}{I_{xx}} + \frac{M_y \cdot x}{I_{yy}}$$

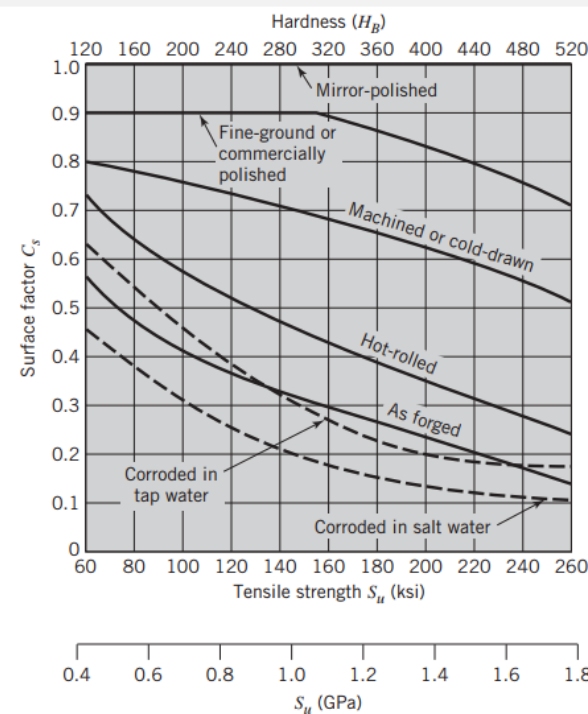
3 Concentración de tensiones debido a la existencia de agujeros que amplifican la tensión



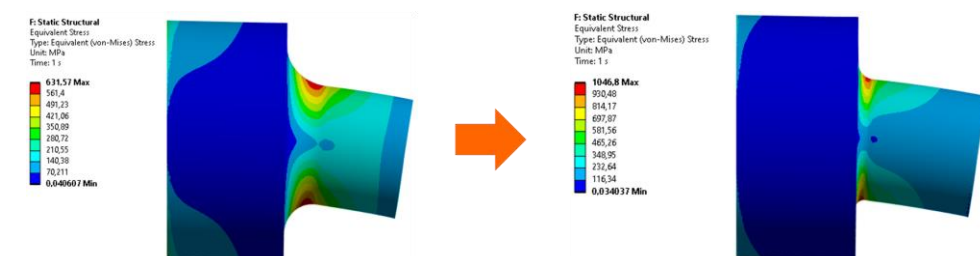
4 Concentración de tensiones en la rosca



6 Menor calidad superficial en el agujero ciego y la rosca



5 Concentración de tensiones debido al radio de acuerdo en el agujero ciego

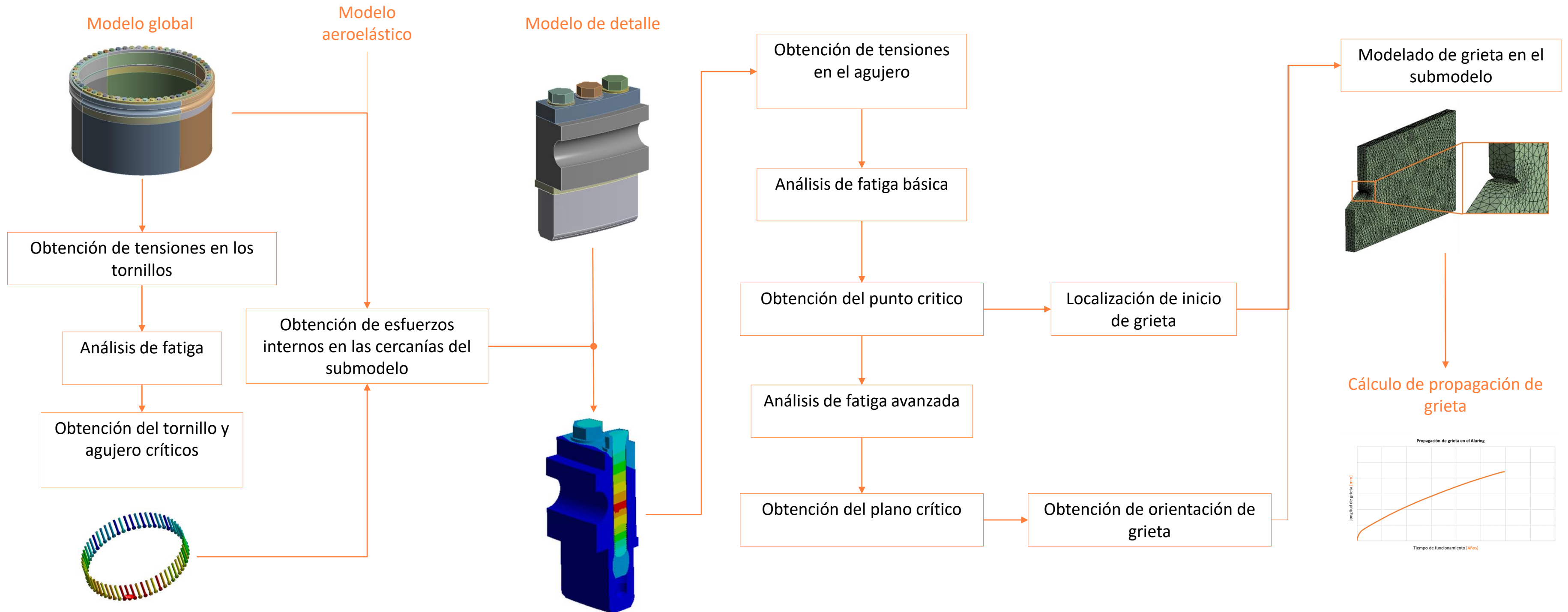


7 Baja resistencia de fatiga del Aluminio

No.	Structural Detail	Description (St. = steel; Al. = aluminium)	FAT St.	FAT Al.
100	Unwelded parts of a component			
111		Rolled or extruded products, components with machined edges, seamless hollow sections m = 5		
		Steel: A higher FAT class may be used if verified by test or specified by applicable code	160	
		Al.: AA 5000/6000 alloys		71
		AA 7000 alloys		80

2. Metodología del cálculo

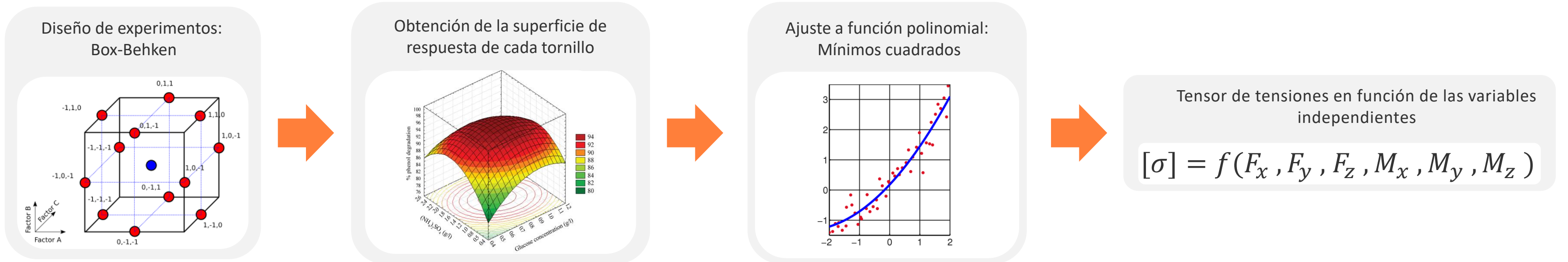
Diagrama de flujo



3. Modelo global

Obtención de la zona crítica del componente

- Proceso para la obtención de las tensiones en los tornillos de la unión:



- Proceso para la obtención del tornillo más crítico de la unión:



4. Modelo de detalle

Obtención de las tensiones en el agujero crítico

- Existen **tres opciones** a la hora de modelizar una rosca en un modelo de elementos finitos:
 - a) Modelización **3D** de la rosca en detalle.
 - b) Modelización **axisimétrica** de la rosca y el tornillo.
 - c) Modelización mediante el **módulo específico del software**.
- Utilización de técnicas de **submodelado**:
 - 1) Obtención de las **fuerzas/deformaciones** en el modelo global.
 - 2) Introducción de las mismas en el **modelo de detalle**.
- Obtención de los **tensores de tensión unitarios** en los **puntos críticos del agujero**.
- Unificación con las **cargas en raíz** de pala obtenidas mediante **simulación aeroelástica**.
- Obtención del registro de tensiones en los **puntos críticos** del agujero.

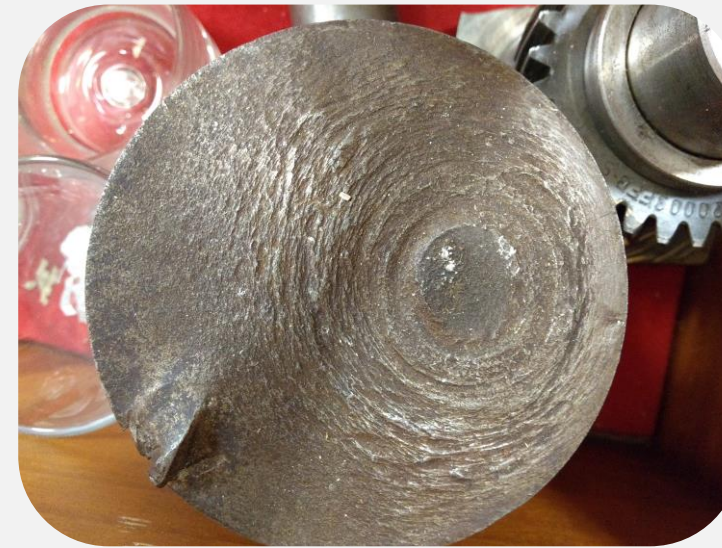
5. Análisis de fatiga

Breve introducción teórica al análisis de fatiga

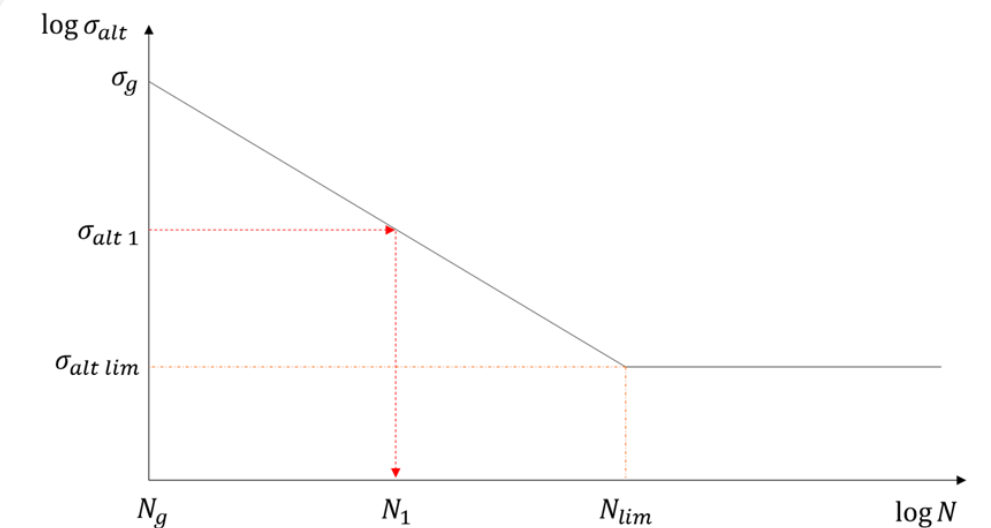
Fatiga mecánica: Comportamiento resistente de los materiales sometidos a tensiones variables en el tiempo.

Al aplicar esfuerzos variables después de un número suficiente de ciclos se generan grietas en el componente.

Estas grietas se propagan por el material y pueden conducir a la rotura completa de la pieza.



Es una **metodología empírica:**
Basada en la **Curva SN**
(Tensión – Número de ciclos)



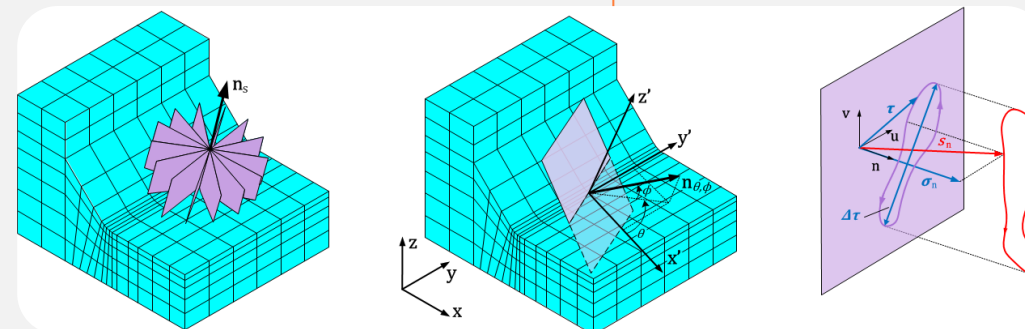
El análisis de fatiga es un postprocesamiento del registro de tensiones

Existen dos grupos de métodos

Métodos básicos:
Basados en el postprocesamiento de la tensión de Von Mises

Métodos avanzados / Plano crítico:
Basados en el postprocesamiento de las componentes de la tensión en diferentes planos

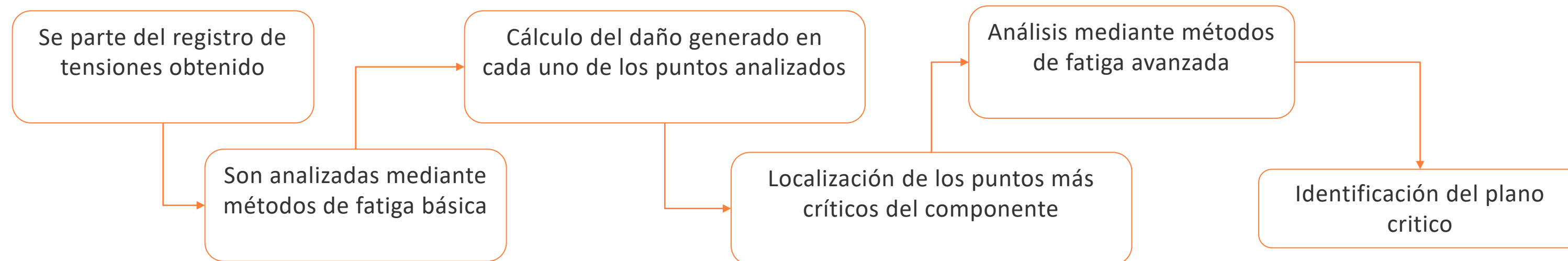
$$\sigma_{Von\ Mises}(t) = \sqrt{\frac{(\sigma_{xx}(t) - \sigma_{yy}(t))^2 + (\sigma_{yy}(t) - \sigma_{zz}(t))^2 + (\sigma_{zz}(t) - \sigma_{xx}(t))^2}{2} + 6(\tau_{xy}^2(t) + \tau_{yz}^2(t) + \tau_{xz}^2(t))}$$



5. Análisis de fatiga

Análisis de fatiga del componente

- Se realiza el **análisis de fatiga del componente**.
- Mediante este análisis **se localizan los puntos críticos y el plano crítico** en cada uno de ellos.
- Para el análisis de fatiga se siguen los **siguientes pasos**:

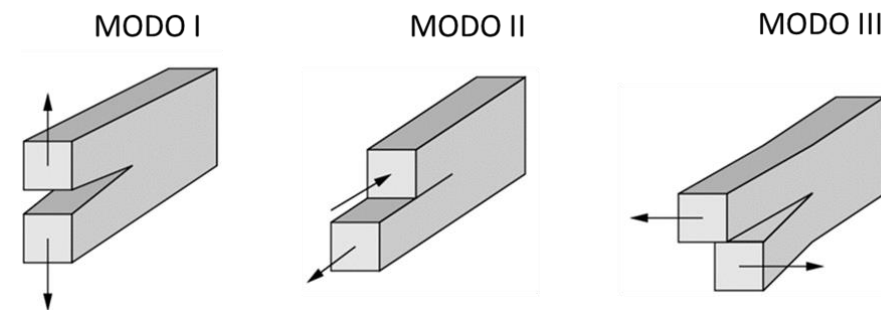


- Se obtiene la **esperanza de vida** en los diferentes puntos del agujero ciego, el **daño generado**, los **puntos críticos** y el **plano crítico** de cada uno de ellos.
- El punto crítico y el plano crítico se utilizan como inputs para el análisis de propagación de grieta.

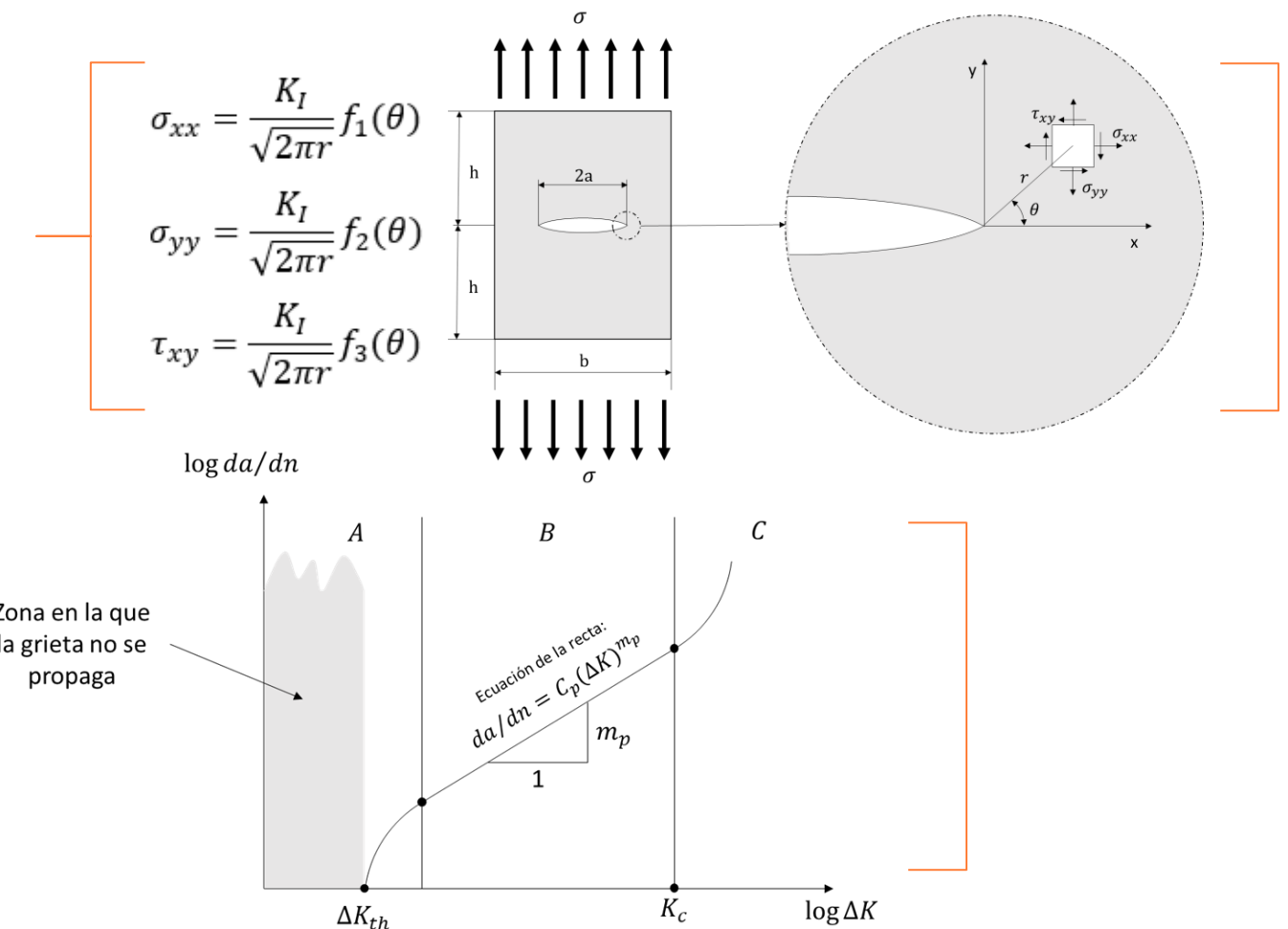
6. Análisis de propagación de grieta

Breve introducción teórica a la mecánica de la fractura

- Existen **tres modos** de apertura de grieta:



- La mecánica de la fractura tiene como **objetivo obtener la tensión** en el frente de grieta
- Concepto con mayor importancia → **Factor de intensidad de tensión** → K_I
- Se distinguen **3 zonas** en la curva de tasa de crecimiento de la grieta:
 - Zona A : Crecimiento **pequeño o nulo** de la grieta.
 - Zona B : Crecimiento **lineal** de la grieta.
 - Zona C : Crecimiento **inestable** de la grieta y **rotura** del componente.



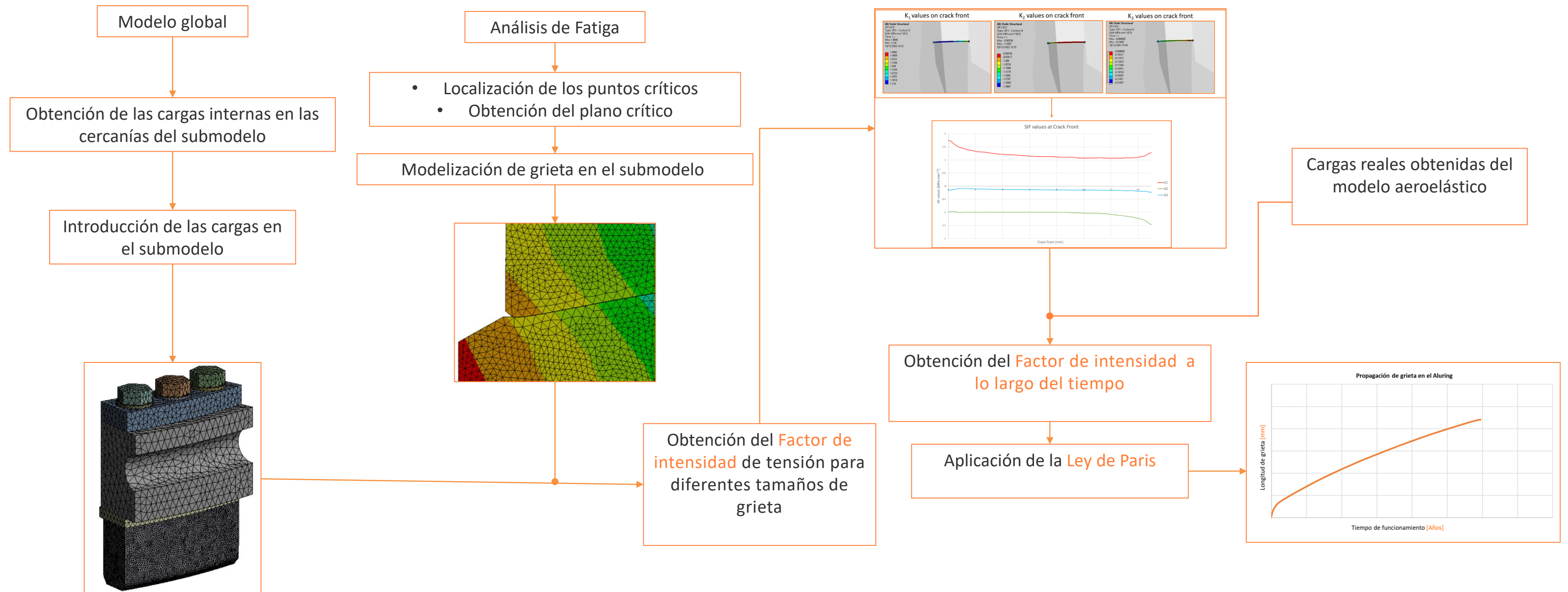
- En la zona B la **Ley de Paris** relaciona la tasa de crecimiento con el **incremento del factor de intensidad** →

$$\frac{da}{dn} = C_p (\Delta K)^{m_p}$$

6. Análisis de propagación de grieta

Análisis de propagación de grieta en el componente

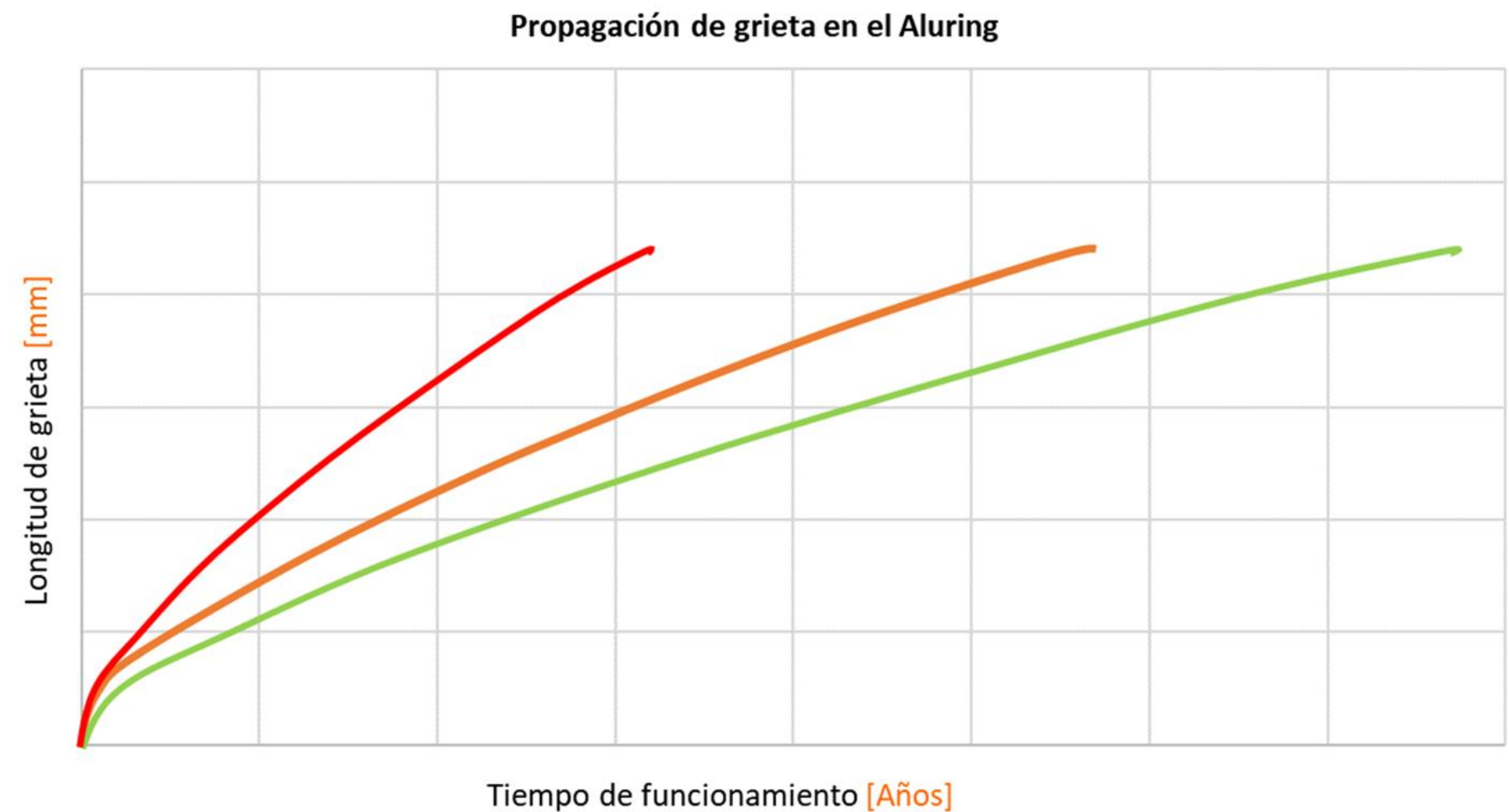
- Para el proceso de cálculo de propagación de grieta se siguen los siguientes pasos:



7. Resultados y conclusiones

Adecuación del plan de inspección a la realidad del parque

- Se obtiene la propagación de grieta en el Aluring acorde a las condiciones reales del emplazamiento.
- Gracias a la presente metodología pueden optimizarse los tiempos de inspección.
- Y evaluar el riesgo que supone la aparición de una grieta en un componente mecánico del aerogenerador.





 **nabla**
wind hub