

# **TEMA V**

# **Comportamiento en Rotura**

## **LECCIÓN 7**

## **Rotura por Fatiga**

## 7.1 EL FENÓMENO DE LA FATIGA

**Fatiga:** elementos sometidos a **tensiones dinámicas y fluctuantes**

La fractura acontece a un nivel inferior a la resistencia bajo carga estática, suele ocurrir súbitamente y ser catastrófica.



## 7.2 TIPOS DE FATIGA

- Según existencia o no de **fisuras previas**:

- en elementos sin defectos (iniciación, propagación y rotura)
- en elementos con defectos (propagación y rotura)

No hay grietas preexistentes; fractura controlada por iniciación. Ejemplos: la mayoría de los componentes pequeños, como los ejes de émbolos, rodamientos de bolas, dientes de engranaje, ejes, cigüeñales.

Las grietas preexisten; la propagación de la fractura es controlada. Ejemplos: la mayoría de las grandes estructuras, especialmente las que tienen soldaduras: puentes, barcos, vasijas a presión.

- Según **tipo esfuerzo** aplicado:

- fatiga axial (tensión y/o compresión)
- fatiga por flexión
- fatiga por torsión

- Según **intensidad de la tensión** aplicada:

- fatiga con alto número de ciclos ( $\sigma_{\max} < \sigma_Y$ )
- fatiga a bajo número de ciclos ( $\sigma_{\max} > \sigma_Y$ )

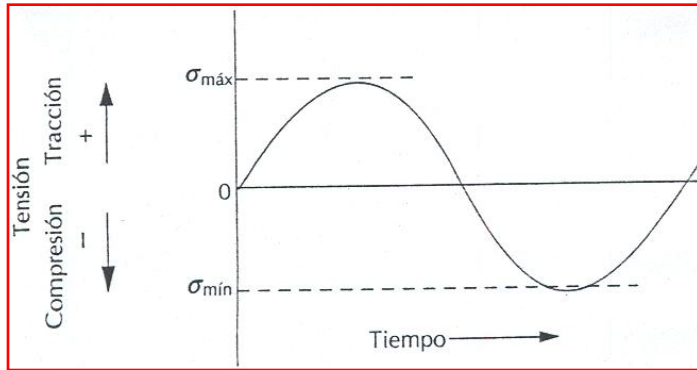
La fatiga se produce a tensiones por debajo de una cedencia general;  $\gtrsim 10^4$  ciclos a la fractura. Ejemplos: todos los sistemas que vibran o rotan, como las ruedas, ejes y componentes de motor.

La fatiga se produce a tensiones por encima de una cedencia general;  $\lesssim 10^4$  ciclos a la fractura. Ejemplos: componentes del núcleo de un reactor nuclear, fuselaje de aviones, componentes de turbinas y cualquier componente

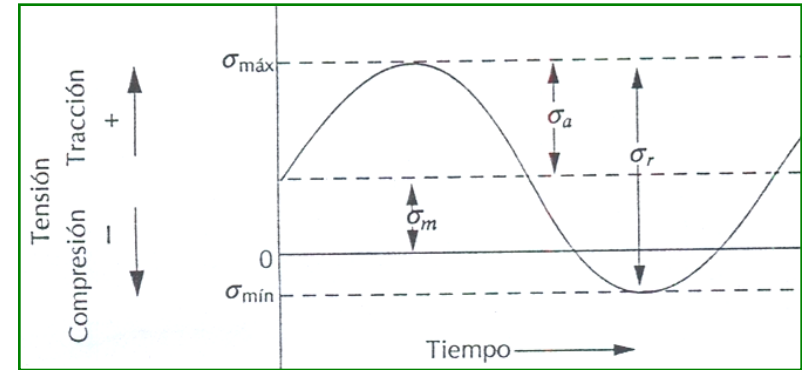
### 7.3 MODOS TENSIONALES

Tres modos de tensión fluctuante - tiempo:

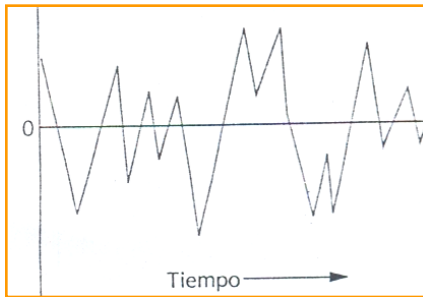
**ciclos carga invertida**



**ciclos carga repetida**



**ciclos carga aleatoria**



**ciclo de carga:**

- tensión media
- amplitud de la tensión
- intervalo de tensiones
- cociente de tensiones

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

## 7.4 COMPORTAMIENTO EN FATIGA DE ELEMENTOS SIN DEFECTOS

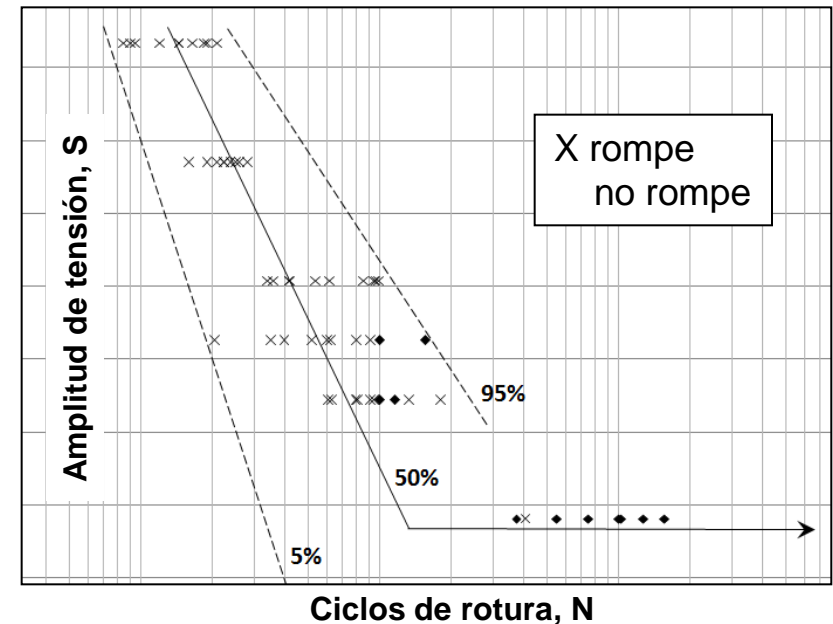
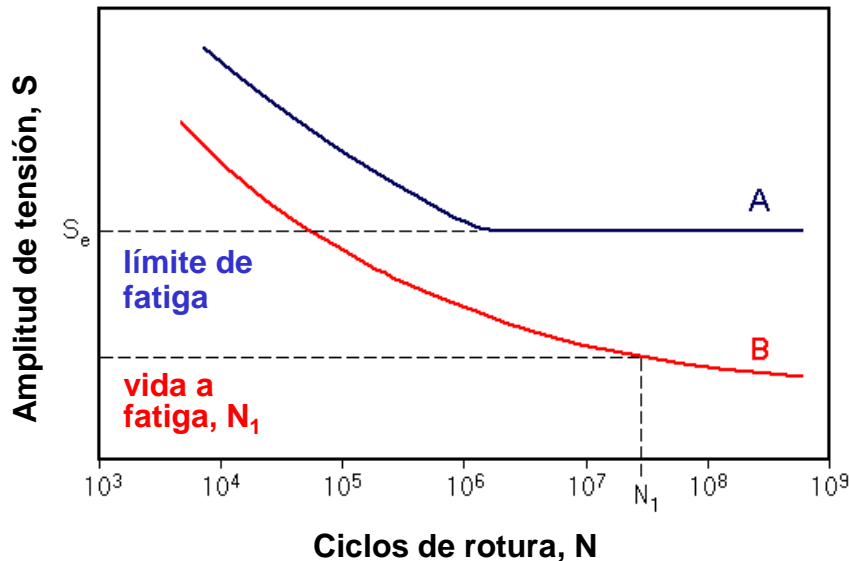
Fatiga de componentes pequeños con buen acabado superficial.

Su vida presenta tres fases:

- nucleación de la fisura,  $t_N$
- crecimiento hasta tamaño crítico,  $t_C$
- rotura súbita

} tiempo de vida,  $t_V = t_N + t_C$

### Curvas de Wöhler (curvas S-N)



## Ajustes experimentales

- Alto número de ciclos:

### Ley de Basquin

$$\Delta\sigma \cdot N^a = C_1$$

(a, C<sub>1</sub> ctes.)

- Bajo número de ciclos:

### Ley de Coffin-Manson

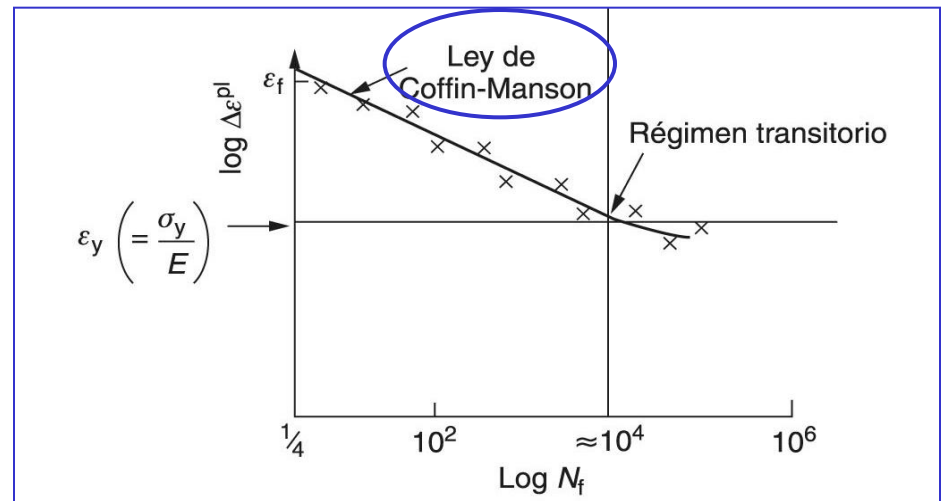
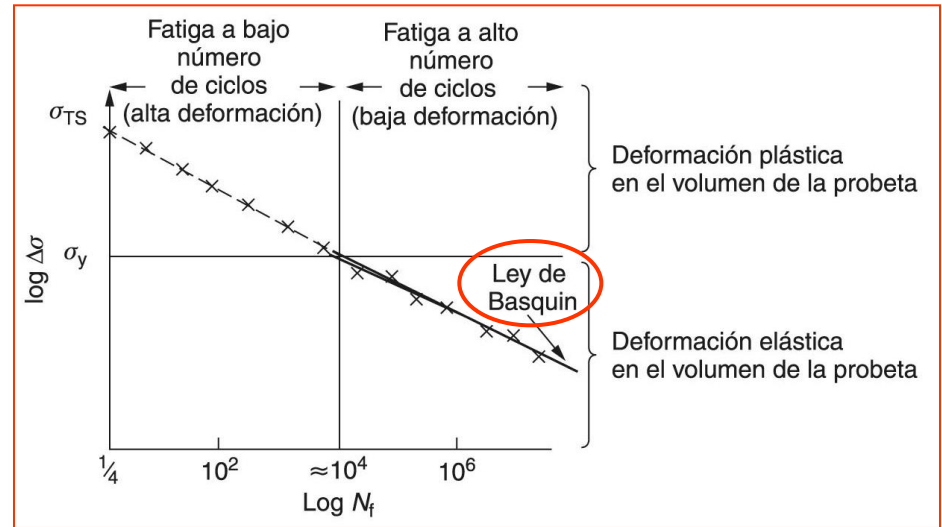
$$\Delta\varepsilon^{pl} \cdot N^b = C_2$$

(b, C<sub>2</sub> ctes.)

### Ajuste complejo

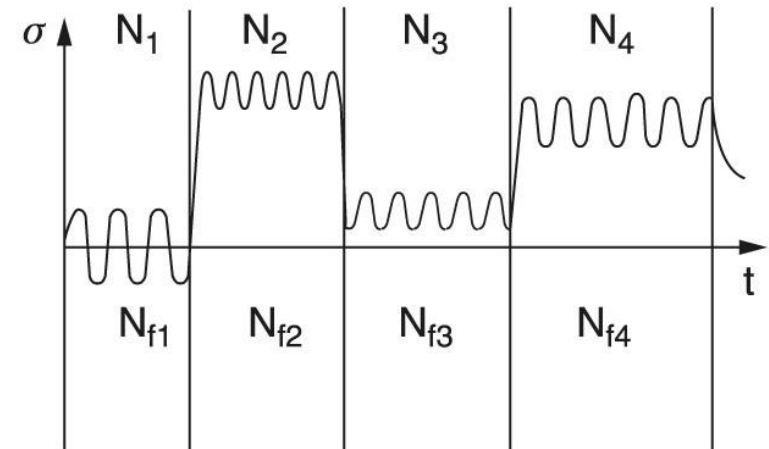
para  $\sigma_m \neq 0$ ,  $\Delta\sigma \neq cte$

Ajuste matemático ( $\sigma_m = 0$ ):





Cuando  $\Delta\sigma$  es variable (fatiga no monótona):



$$\sum_i \frac{N_i}{N_{f_i}} = 1$$

$N_i = N^{\circ}$  de ciclos soportados ( $\Delta\sigma_i$ )

$N_f = N^{\circ}$  de ciclos hasta rotura ( $\Delta\sigma_i$ )

Regla de daño acumulativo de **PALMGREN - MINER**

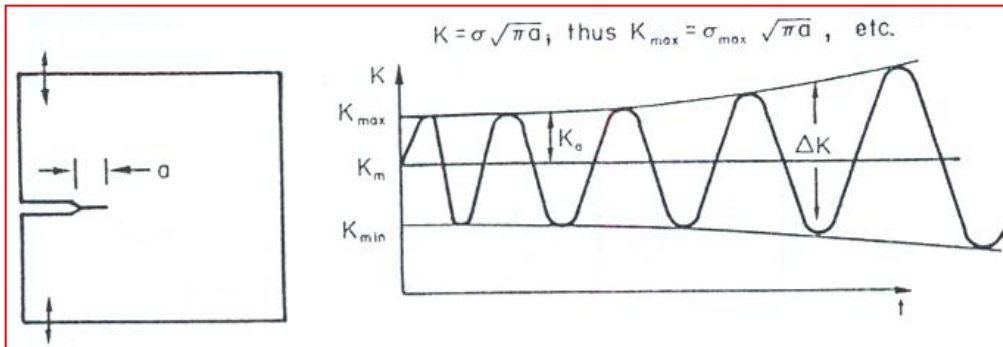
## 7.5 COMPORTAMIENTO EN FATIGA DE ELEMENTOS FISURADOS

La fase de nucleación no existe. Debe evitarse que el defecto sea crítico.

Análisis de velocidad de propagación de la fisura

**Ley de Paris**

$$\frac{da}{dN} = A \cdot (\Delta K)^m$$



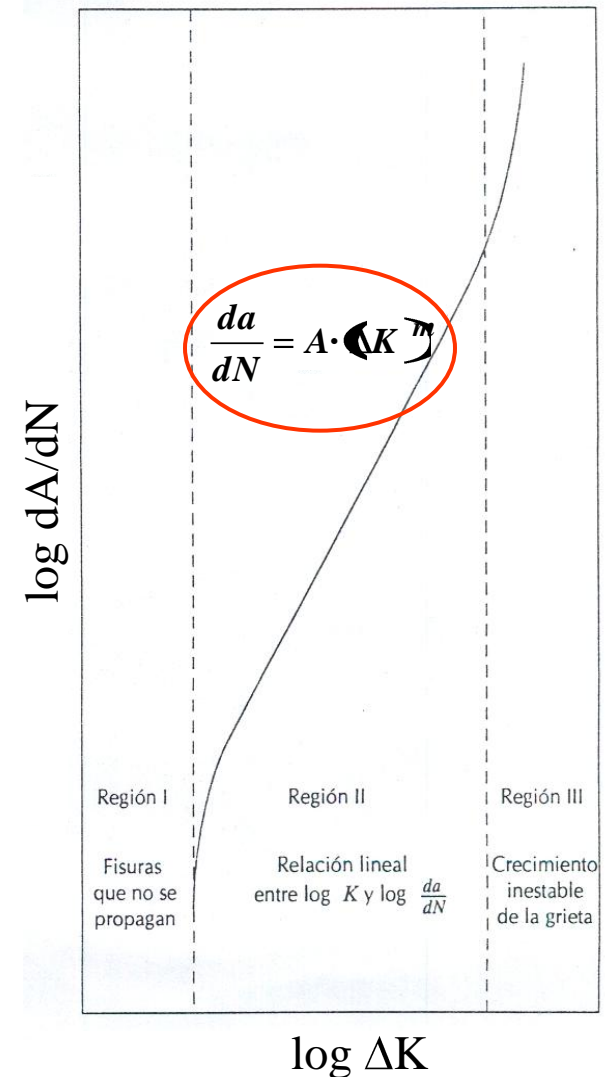
región I: las fisuras existentes no crecen

región II: lineal según la Ley de Paris

región III: crecimiento acelerado que conduce a rotura

$N_R$  se calcula integrando la Ley de Paris.

Límites de integración:  $a_0$  y  $a_c$



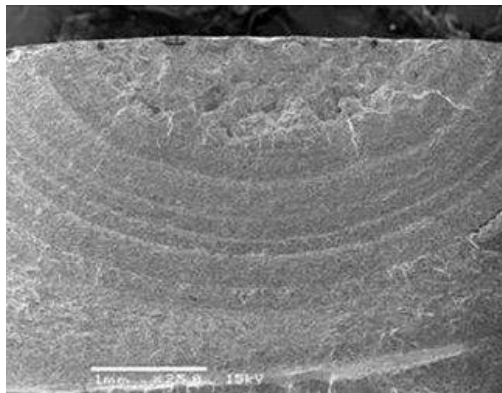
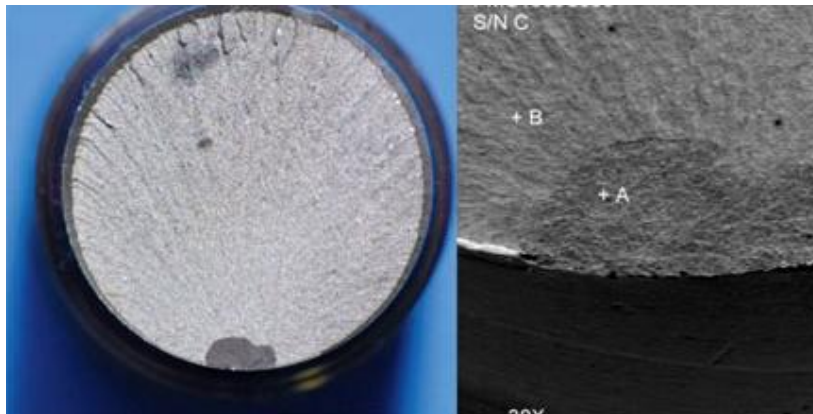


## 7.6 ASPECTOS FÍSICOS DE LA ROTURA POR FATIGA

La dirección de propagación se orienta  $\perp$  a la tensión aplicada. La superficie se caracteriza por dos aspectos (**marcas de playa** y **estrías**).

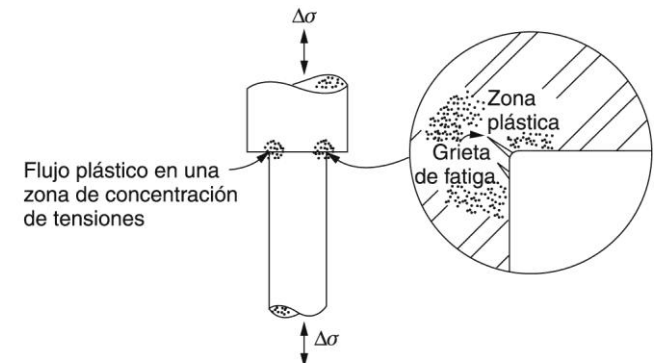
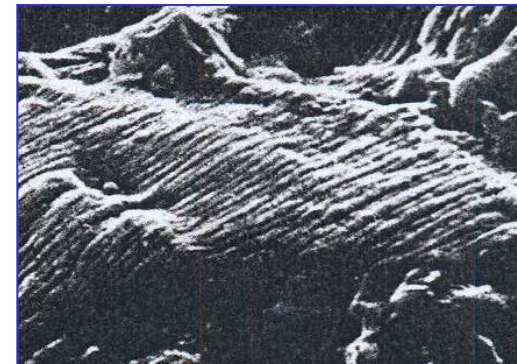
### Marcas de playa

Macroscópicas (períodos reposo)



### Estrías

Microscópicas (avance por ciclo)



## 7.8 ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO