UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIA E INGENIERÍA
DEL TERRENO Y DE LOS MATERIALES
Teléfono 942 20 18 20

DIVISIÓN DE CIENCIA E INGENIERÍA
DE LOS MATERIALES
E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Teléfono 942 20 18 19 • Fax 942 20 18 18

Avenida de los Castros, s/n. - 39005 SANTANDER (España)

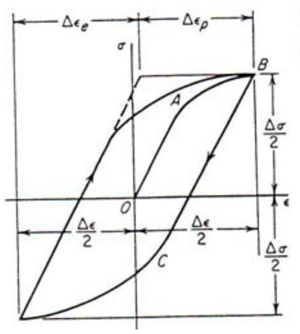
CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

<u>**TEMA 7:** CARACTERIZACIÓN EN FATIGA</u>

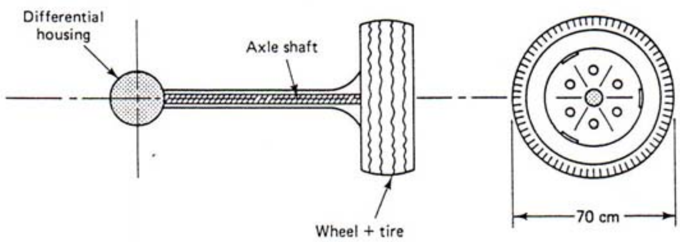
1. El límite de fatiga (endurancia) de un acero 1045 está en torno a 300 MN/m^2 cuando la tensión media es cero. La carga de rotura de una varilla de este material de 17.84 mm de diámetro es P = 19113 kg. Estimar las tensiones umbrales máxima y mínima admisibles para este material cuando la tensión media es 250 MN/m^2.

2. Se ha ensayado en el laboratorio una aleación de aluminio para un componenete aeronautico bajo una tensión aplicada que variaba sinusoidalmente con el tiempo en torno a un valor de tensión media igual a cero. Para una amplitud de 280 MPa la aleación falló tras soportar 105 ciclos; sin embargo, para una amplitud de 200 MPa la aleación soportó 107 ciclos. Asumiendo que el comportamiento en fatiga de la aleación puede representarse por:
$$\Delta\sigma(N_f)^a = C$$
Donde a y C son constantes del material, determinar el número de cilos que soportará hasta rotura un componente fabricado con esta aleación sometido a una amplitud tensional de 150 MPa.

3. Para la curva tensión-deformación cíclica que muestra la figura σ_B = 75 MPa y ε_B = 0.000645.
Si ε_f' = 0.3, C = -0.6 y E = $22\cdot10^4$ MPa, determinar:
a) $\Delta\varepsilon^p$ y $\Delta\varepsilon^e$
b) Número de ciclos que provocarán la rotura



4.- Se ha propuesto una aleación de cara a reducir el peso del eje de la transmisión de un automóvil según la figura. Uno de los criterios especificados por los diseñadores es que el eje debe soportar 321800 km a un determinado nivel tensional.
a) ¿Cuál es el mínimo de ciclos de un ensayo de fatiga realizado a dicho nivel tensional?
b) Cuánto durará el ensayo en una máquina de flexión rotativa que funciona a una frecuencia de 8.3 Hz?



5.- Una barra de acero 4340 está sometida a una carga axial fluctuante que varía desde un valor máximo de 330 kN de tracción hasta un valor mínimo de 110 kN de compresión.
Propiedades mecánicas del acero: σ_R=1090 MPa; σ_y=1010 MPa y límite de fatiga (σ_m=0): σ_e=510 MPa.
Determinar el diámetro de la barra necesario para que su vida sea infinita con un factor de seguridad de 2.5

6.- Se pretende obtener el límite de fatiga de un material empleando el método “Stair-case”. Para el ensayo se emplean 15 probetas normalizadas de 10 mm de diámetro y se considera que el nivel ensayado será el límite de fatiga si la probeta supera 10^7 ciclos. En el primero de los ensayos se aplica una carga sinusoidal comprendida entre 5 y 30 kN. Para el resto de ensayos se mantiene el nivel mínimo y el nivel máximo se varía en 2.5 kN.
Sabiendo que se superan sin rotura los ensayos 1, 3, 4, 7, 8. 11, 13 y 15, determina el límite de fatiga del material con su correspondiente incertidumbre.

7. (ENERO 2013) Sobre una probeta de 4 mm de diámetro se realiza un ensayo Stair-case aplicando esfuerzos de fatiga con nivel medio de 1000 MPa. Se emplean 13 probetas y el ensayo se considera válido si se superan los 2·106 ciclos. En el primero de los ensayos se aplica una carga máxima de 13.82 kN y este nivel se va incrementado o decrementando en 0,125 kN en función de los resultados del ensayo precedente, y manteniendo el nivel medio en todos los ensayos.

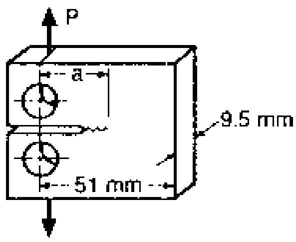
a) Sabiendo que se produce rotura en los ensayos 2, 4, 5, 6, 9,10 y 13, determinar el límite de fatiga del material con su correspondiente desviación para un nivel medio de 1000 MPa. (7 ptos)
b) Determinar el límite de fatiga del material si el ensayo se hubiese realizado con nivel medio igual a cero, sabiendo que la resistencia a tracción del acero es de 2000 MPa. (3 ptos)

Datos:

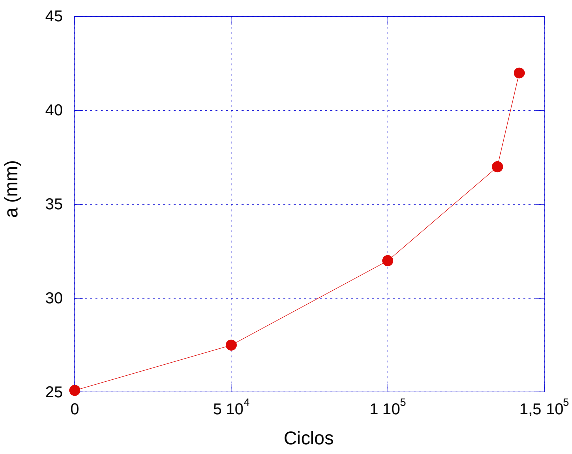
- STAIR-CASE:
  - Para el ensayo Stair-Case se trabajará con los valores de $\Delta\sigma$
  - $m = \Delta\sigma_e = S_0 + d([A/N]\pm 0.5)$ MPa (+ si el suceso menos frecuente es "Válido")
  - $s = 1{,}62 \cdot d \cdot (\{[B \cdot N - A^2]/N^2\} + 0.029)$ MPa
  - S_0: menor valor de $\Delta\sigma$ donde aparece el SMF
  - $N = \Sigma n_i$; $A = \Sigma i \cdot n_i$; $B = \Sigma i^2 \cdot n_i$

- Goodman: $\sigma_a = (\sigma_a)_{\sigma m=0} \cdot (1-\sigma_m/\sigma_R)$

8. Para determinar la ley de Paris de un material se emplea una probeta CT con las dimensiones que se indican en la figura (B = 9,5 mm y W = 51 mm)



La siguiente figura representa la variación del tamaño de la fisura frente al número de ciclos cuando la carga aplicada sobre la probeta variaba entre 1,05 y 10,55 kN (los datos de los puntos se muestran en la tabla adjunta)



a (mm)	Ciclos
25,1	0
27,5	50.000
32,0	100.000
37,0	135.000
42,0	142.000

Determinar 4 puntos de la curva de Paris sabiendo que para una probeta CT, el factor de intensidad de tensiones se obtiene a partir de las expresiones siguientes:

$$K = \frac{P}{B\sqrt{W}} f\left(\frac{a}{W}\right)$$

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{2 + \frac{a}{W}}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^{3/2}} \left[0.886 + 4.64\left(\frac{a}{W}\right) - 13.32\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72\left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.60\left(\frac{a}{W}\right)^4\right]$$

9 Para determinar la ley de Paris de un material se emplea una probeta CT con las dimensiones que se indican en la figura (B = 9,5 mm y W = 51 mm)

La carga aplicada sobre la probeta varía entre 1,05 y 10,55 kN.

La fisura inicial es de 25,1 mm.

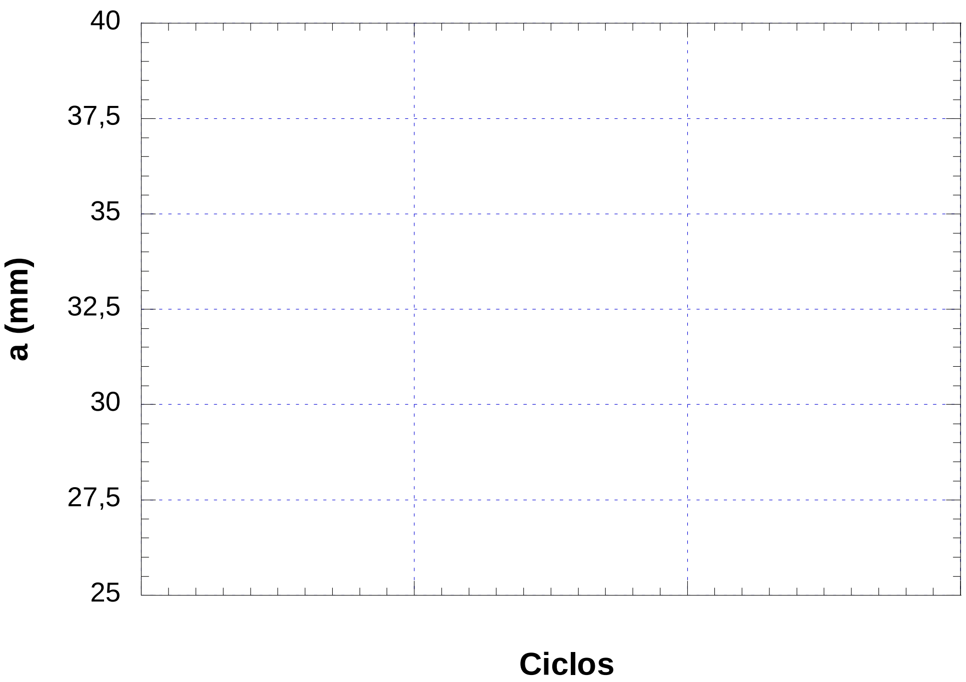
Completar el diagrama a-N para los tamaños de fisura de 27.5, 32 y 37 mm.

La ley de Paris del material es $da/dN = 1{,}4\cdot 10^{-8}\cdot \Delta K^{2{,}1389}$ [en mm/ciclo si ΔK está en $MPa\cdot m^{-1/2}$]

Para una probeta CT, el factor de intensidad de tensiones se obtiene a partir de las expresiones siguientes:

$$K = \frac{P}{B\sqrt{W}} f\left(\frac{a}{W}\right)$$

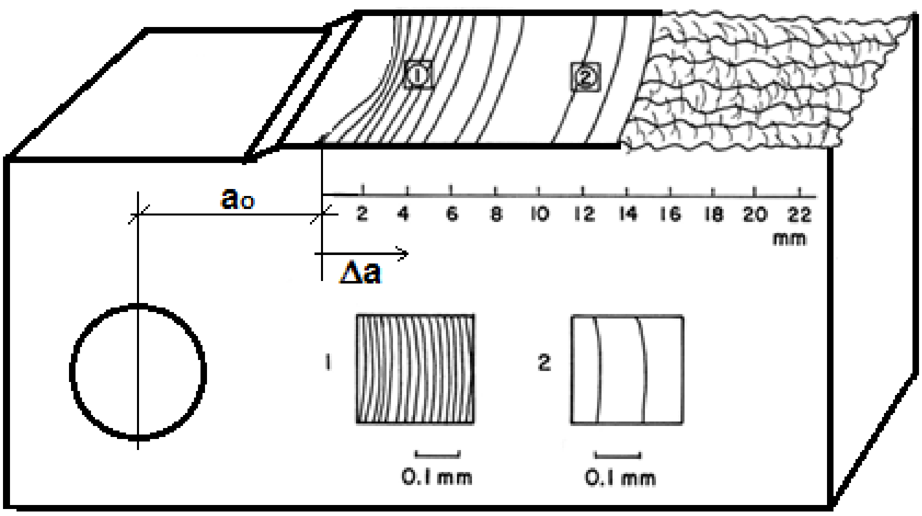
$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{2+\frac{a}{W}}{\left(1-\frac{a}{W}\right)^{3/2}}\left[0.886 + 4.64\left(\frac{a}{W}\right) - 13.32\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72\left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.60\left(\frac{a}{W}\right)^4\right]$$



10 (Febrero 2016) Se quiere determinar la ley de Paris de un material a partir de un ensayo realizado con una probeta CT de B = 15 mm y W = 2B. El ensayo consistió en la aplicación de cargas entre valores de 15 y 5 kN a una frecuencia de 10 Hz.

Tras la rotura, el aspecto que presentaba la probeta es el que se muestra en la siguiente figura. Tras las mediciones oportunas, se pudo verificar que el tamaño de la fisura inicial (a_0) era de 12 mm.
Analizando la superficie de rotura por medio de microscopía electrónica de barrido (MEB) se comprobó la existencia de estrías de avance de fatiga (también conocidas como “líneas de playa”), tal como se muestran en el esquema de la figura. Como hipótesis razonable puede asumirse que la distancia entre dos estrías consecutivas representa el avance experimentado por la fisura en un ciclo.
En las misma figura se muestra un detalle obtenido por MEB de la distancia entre estrías para incrementos de longitudes de fisura de Δa = 2 y 10 mm, respectivamente.

Determinar los parámetros de la ley de Paris. (ΔK en [MPa·m$^{1/2}$] y crecimiento de fisura en [m/ciclo])



Para una probeta CT, el factor de intensidad de tensiones se obtiene a partir de las expresiones siguientes:

$$K = \frac{P}{B\sqrt{W}} f\left(\frac{a}{W}\right)$$

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{2 + \frac{a}{W}}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^{3/2}} \left[0.886 + 4.64\left(\frac{a}{W}\right) - 13.32\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72\left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.60\left(\frac{a}{W}\right)^4\right]$$