

CAPITULO 6

APLICACIONES PRÁCTICAS: SOBRECARGAS

6.1. INTRODUCCIÓN

La predicción de la velocidad a la que las grietas generadas por fatiga crecen bajo cargas de amplitud variable es una de las mayores incertidumbres en el diseño de una gran variedad de estructuras. Es conocido que la aplicación de sobrecargas intermitentes o bloques de ellas dentro de una secuencia de menor amplitud puede causar un retardo significativo en el crecimiento de la grieta en comparación con la situación sin sobrecarga, hecho que complica en cierta medida la determinación de la velocidad de crecimiento de grietas bajo cargas de amplitud variable. Igualmente ocurre la situación inversa, en la que una subcarga o una secuencia de ellas produce una aceleración en el crecimiento de la grieta, aunque este fenómeno es menos pronunciado que el anterior.

Por todo ello, el análisis a fatiga que no considera los efectos de interacción de las cargas proporcionan normalmente resultados conservativos. No obstante, en algunos casos, como por ejemplo en componentes aeronáuticos o aeroespaciales, los requerimientos estructurales y la naturaleza de las historias de carga hacen inadmisibles resultados que se alejan tanto del aprovechamiento óptimo del material.

Conocida la respuesta a historias de carga simples que contienen una sobrecarga o una secuencia de ellas y el proceso por el cual el retardo ocurre, es posible validar el funcionamiento de los modelos existentes y su capacidad para reproducir los efectos de interacción de las cargas durante la aplicación de la historia de carga de amplitud variable.

En este capítulo se reproducirán tres ensayos con el objetivo de conocer la respuesta del programa **FASTRAN II** frente a las sobrecargas y su capacidad de simular los efectos de interacción de las cargas.

6.2. DEFINICIÓN DE LA SOBRECARGA

Es necesario establecer una serie de definiciones respecto a la magnitud de la sobrecarga con objeto de interpretar y comparar los resultados obtenidos en diversos estudios.

Se define el coeficiente de sobrecarga, OLR , como la relación entre el factor de intensidad de tensiones máximo durante la sobrecarga, K_{OL} , y el factor de intensidad de tensiones máximo del resto de ciclos, $K_{\max}$.

$$OLR = \frac{K_{OL}}{K_{\max}} = \frac{S_{OL}}{S_{\max}} \quad (26)$$

La definición de la sobrecarga también puede realizarse en términos del rango del factor de intensidad de tensiones:

$$OLR^* = \frac{\Delta K_{OL}}{\Delta K} = \frac{(S_{OL} - S_{\min})}{(S_{\max} - S_{\min})} \quad (27)$$

Ambas definiciones son equivalentes cuando la carga mínima es igual a cero, $S_{\min} = 0$. En general, la relación entre ambos coeficientes será una función de la relación de cargas, R :

$$OLR^* = \frac{OLR - R}{1 - R} \quad (28)$$

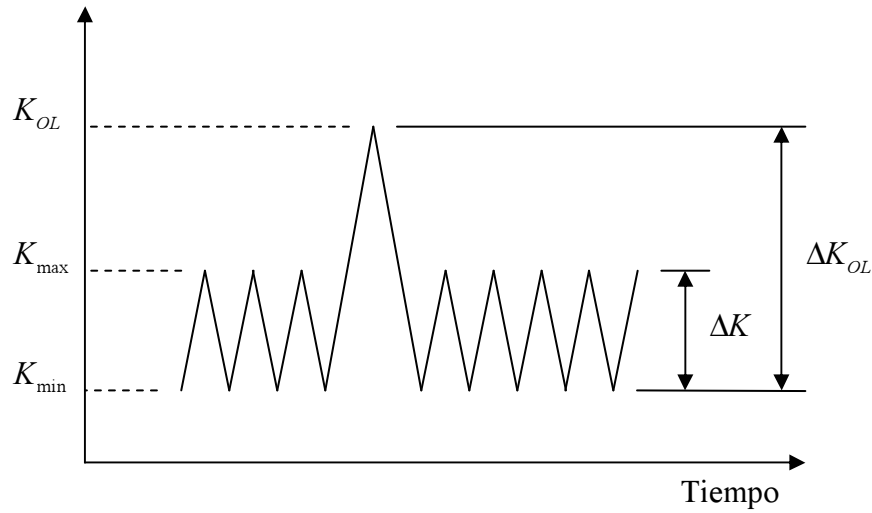


Figura 6.1: Definición de la magnitud de la sobrecarga.

6.3. MATERIAL

El material utilizado es la aleación de aluminio 7091-T7E69, usada en estructuras aeroespaciales. La aleación se ha seleccionado por diversas razones, una de ellas es que posee un tamaño de grano muy fino, de aproximadamente $5\mu m$, lo que proporcionará resultados menos sensibles a variaciones microestructurales, al englobar rápidamente el frente de grieta a un gran número de granos. La *tabla 6.1* proporciona la composición química nominal de la aleación 7091.

Elemento	7091-T7E69
Al	Balance
Cu	1.1 - 1.8
Fe	0.15
Mg	2.0 - 3.0
Si	0.12
Zn	5.8 - 7.1
Co	0.2 - 0.6
O	0.2 - 0.5
Otros	0.15

Tabla 6.1: Composición química (% en peso).

Las propiedades mecánicas de la aleación, medidas en la dirección longitudinal, son las siguientes:

Material	Espesor (mm)	Límite de rotura (MPa)	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)
7091-T7	3	602	553	72.800
Propiedades en la dirección longitudinal				

Tabla 6.2: *Propiedades mecánicas.*

6.4. ESPECÍMENES

Para los test de fatiga y crecimiento de grieta se han utilizado probetas tipo SENT, seleccionadas para reproducir la iniciación y crecimiento de grietas que aparece en estructuras aeronáuticas a partir de defectos o discontinuidades en el material. Todas las dimensiones de la *figura 6.2* aparecen en *mm*.

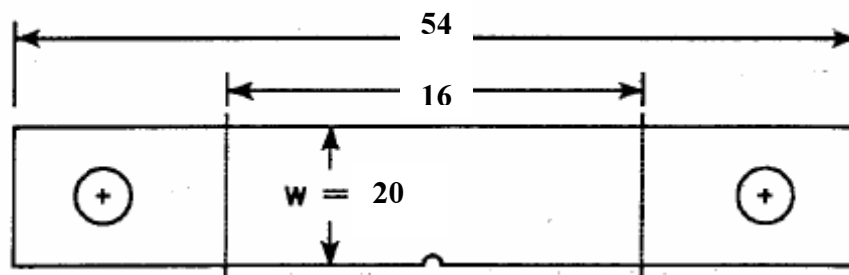


Figura 6.2: *Probeta tipo SENT.*

6.5. VELOCIDAD DE CRECIMIENTO

La relación entre la velocidad de crecimiento y el rango efectivo del factor de intensidad de tensiones toma los siguientes valores:

Relación entre $\frac{dc}{dN}$ y ΔK_{eff}						
$\frac{da}{dN}, \frac{dc}{dN} (m/ciclo)$	$1e^{-11}$	$1e^{-10}$	$1e^{-9}$	$1e^{-8}$	$1e^{-7}$	$1e^{-6}$
$\Delta K_{eff} (MPa \cdot m^{1/2})$	0.8	1	1.4	3	5	7

Tabla 6.3: Relación entre la velocidad de crecimiento y ΔK_{eff} .

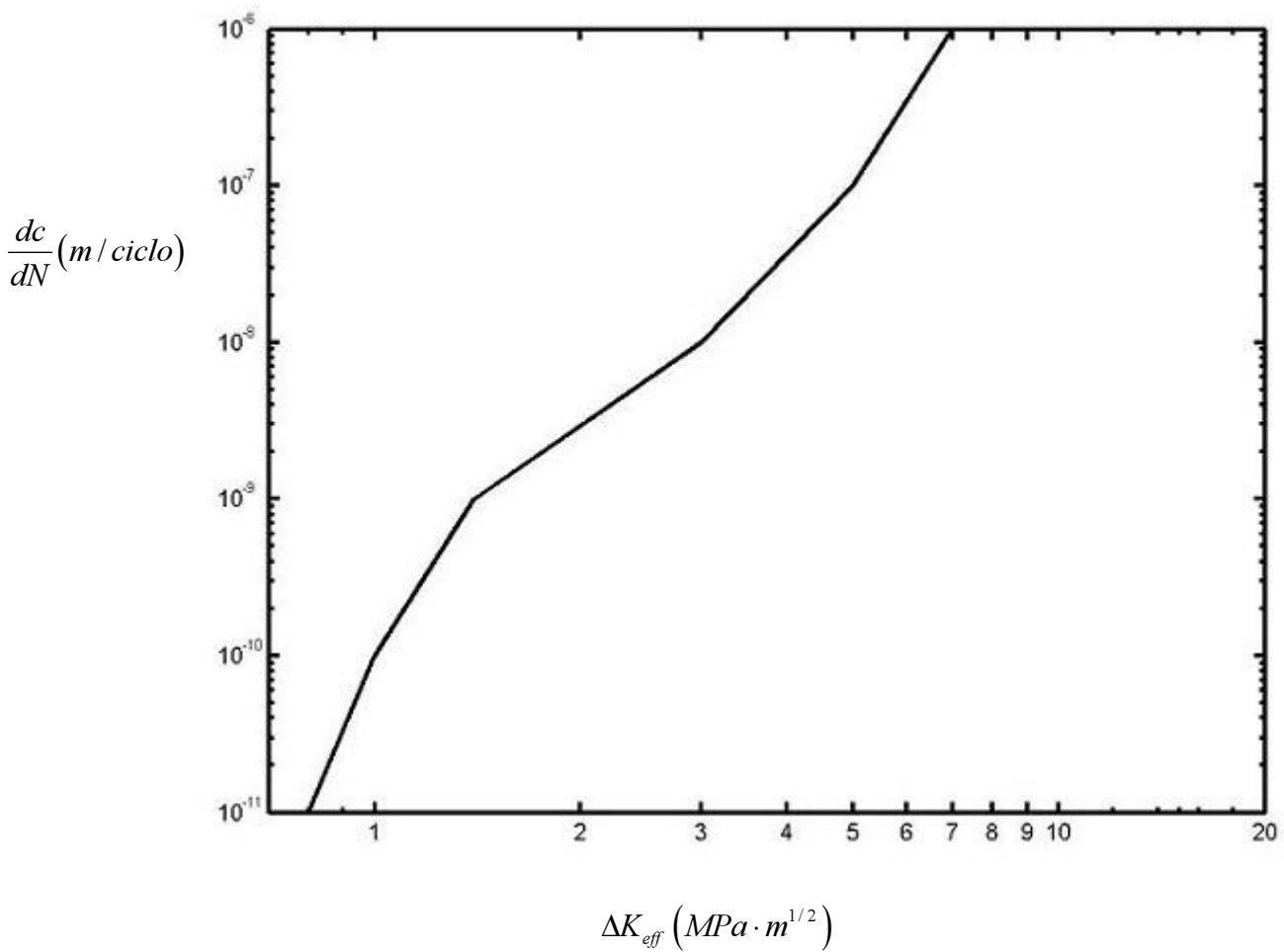


Figura 6.3: Velocidad de crecimiento en función de ΔK_{eff} .

6.6. ENSAYO I

6.6.1. Descripción de la probeta

Las dimensiones de la probeta son las siguientes:

Tipo de probeta	w	B	C_N	Material
SENT	20 mm.	3 mm.	6.6 mm.	Aluminio 7091 – T7E69

Tabla 6.4: Dimensiones de la probeta.

6.6.2. Descripción de la carga utilizada

La carga utilizada está formada por ciclos de amplitud constante con una relación de carga, $R = 0.1$ y una carga máxima, $S_{\max} = 30MPa$. La sobrecarga aplicada está caracterizada por un coeficiente de la sobrecarga de 2.1, $OLR^* = 2.1$.

Tipo de probeta	$S_{\max}$	$S_{\min}$	S_{OL}	α
SENT	30MPa	3MPa	59.7MPa	1.9

Tabla 6.5: Descripción de la carga utilizada.

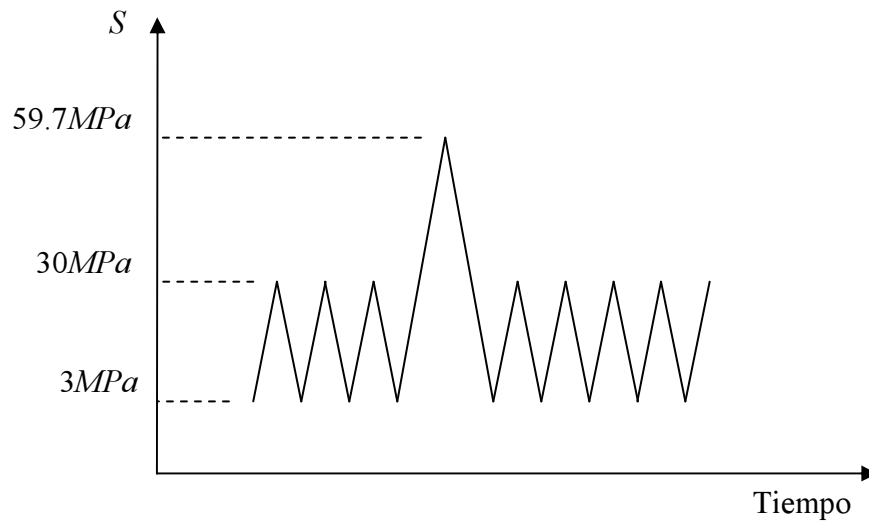


Figura 6.4: Descripción de la carga utilizada.

6.6.3. Archivo de entrada y resultados obtenidos

En el archivo de entrada proporcionado al programa se han definido todas las características anteriormente descritas.

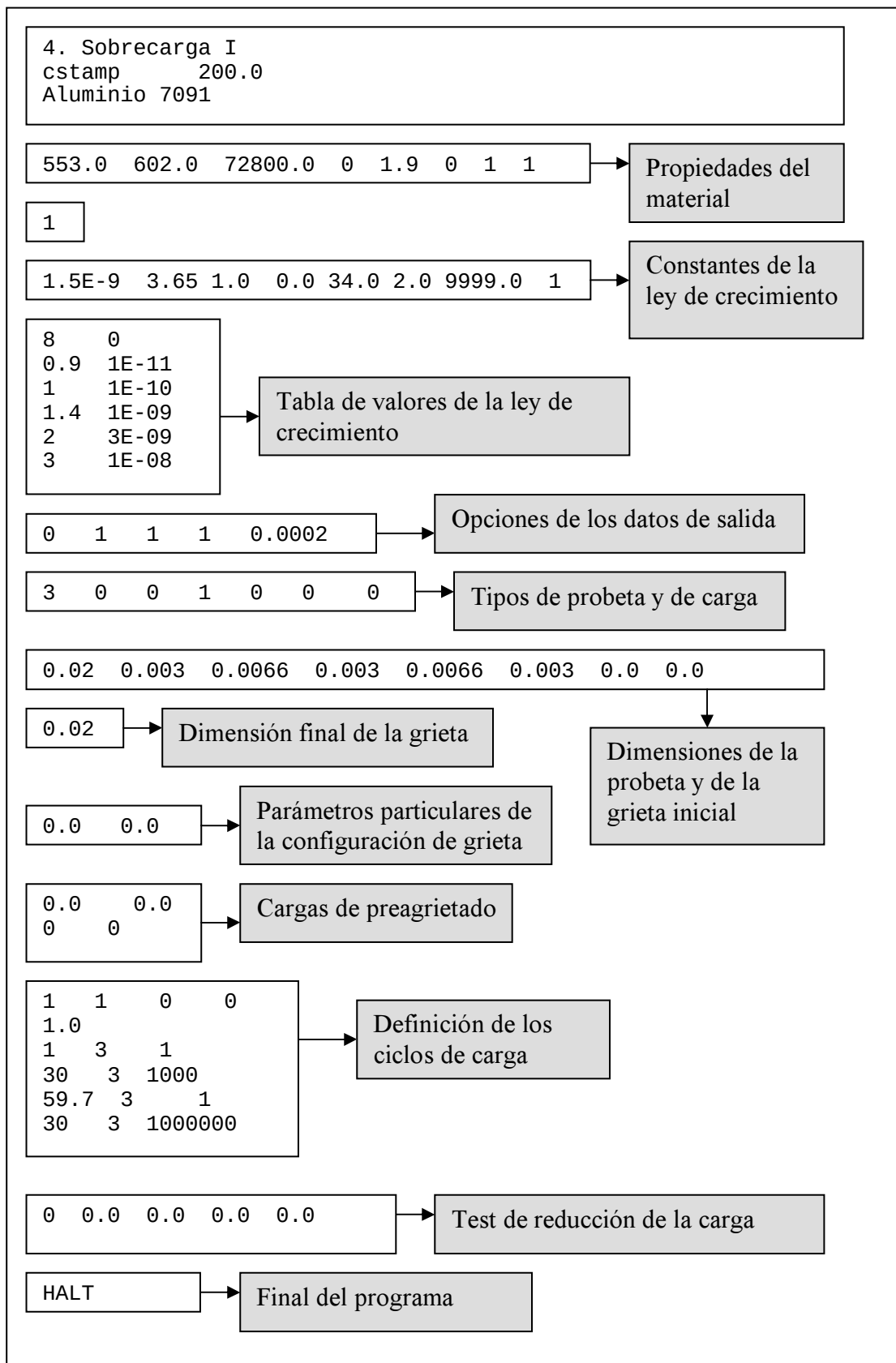


Figura 6.5: Archivo de entrada.

Gráficamente, la velocidad de crecimiento aparece en la *figura 6.6*. Como puede observarse, inmediatamente después de aplicar la sobrecarga la velocidad de crecimiento experimenta un incremento debido a la misma. Sin embargo, a medida que la grieta se introduce en la nueva zona de tensiones residuales la velocidad de crecimiento comienza a disminuir.

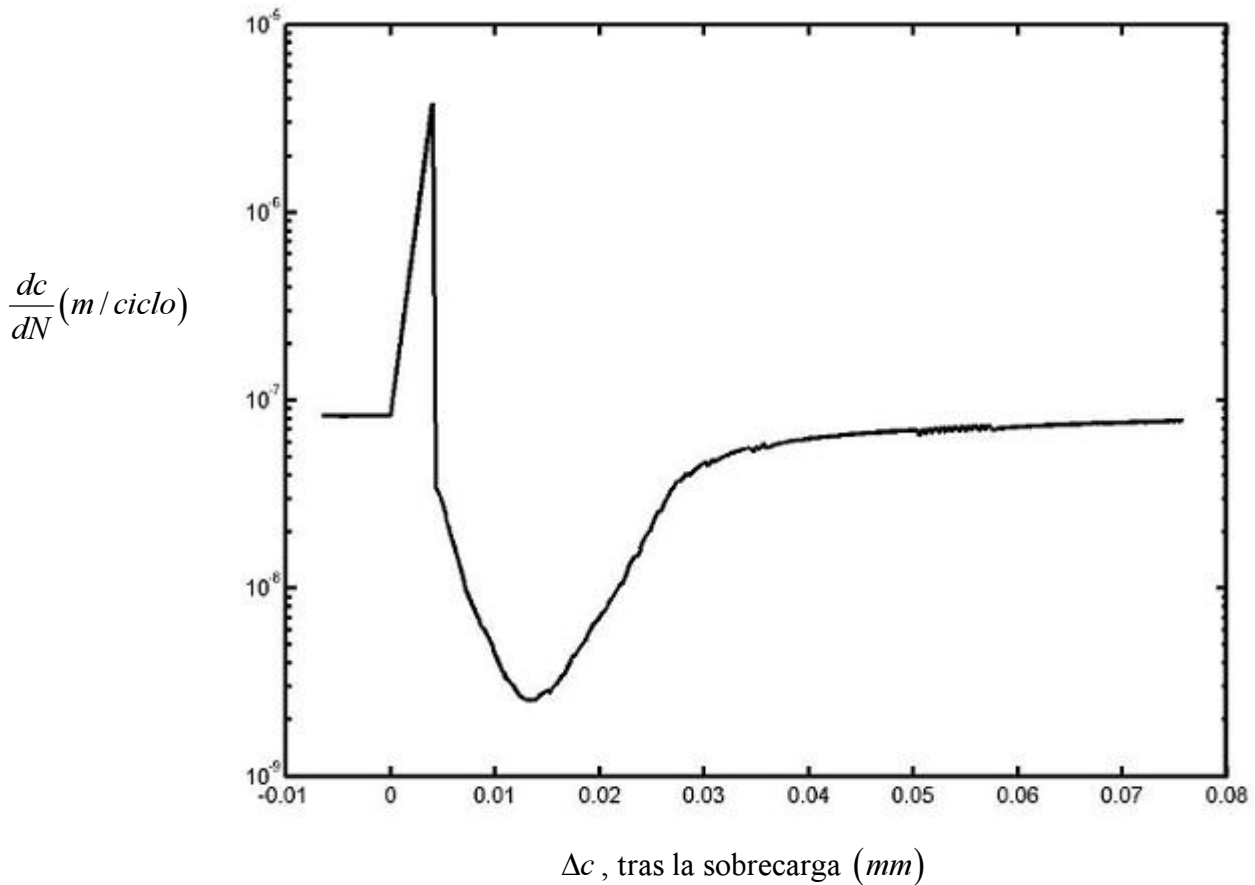


Figura 6.6: Velocidad de crecimiento tras la aplicación de la sobrecarga.

6.7. ENSAYO II

6.7.1. Descripción de la carga utilizada

La carga utilizada está formada por ciclos de amplitud constante con una relación de carga $R = 0.3$ y una carga máxima $S_{\max} = 30MPa$. El coeficiente de la sobrecarga es $OLR^* = 2.4$.

Tipo de probeta	$S_{\max}$	$S_{\min}$	S_{OL}	α
SENT	30MPa	9MPa	59.4MPa	1.9

Tabla 6.6: Descripción de la carga utilizada.

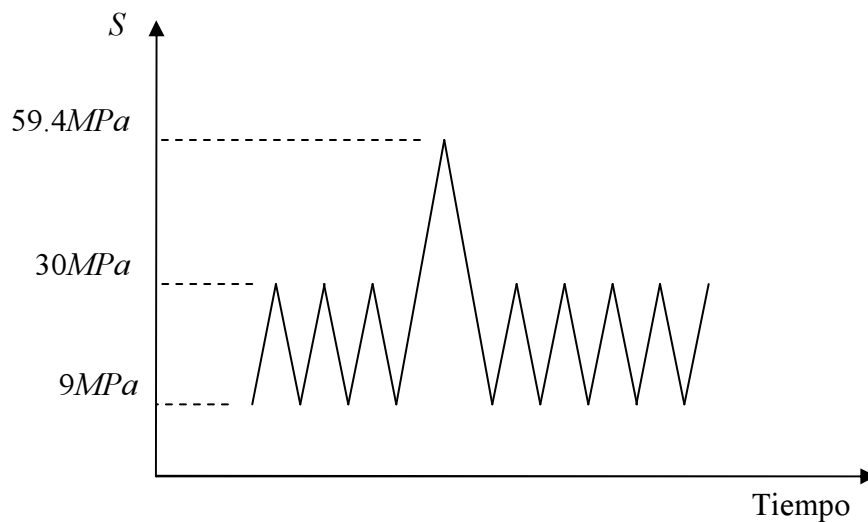


Figura 6.7: Descripción de la carga utilizada.

6.7.2. Archivo de entrada y resultados obtenidos

En el archivo de entrada proporcionado al programa se han definido todas las características anteriormente descritas.

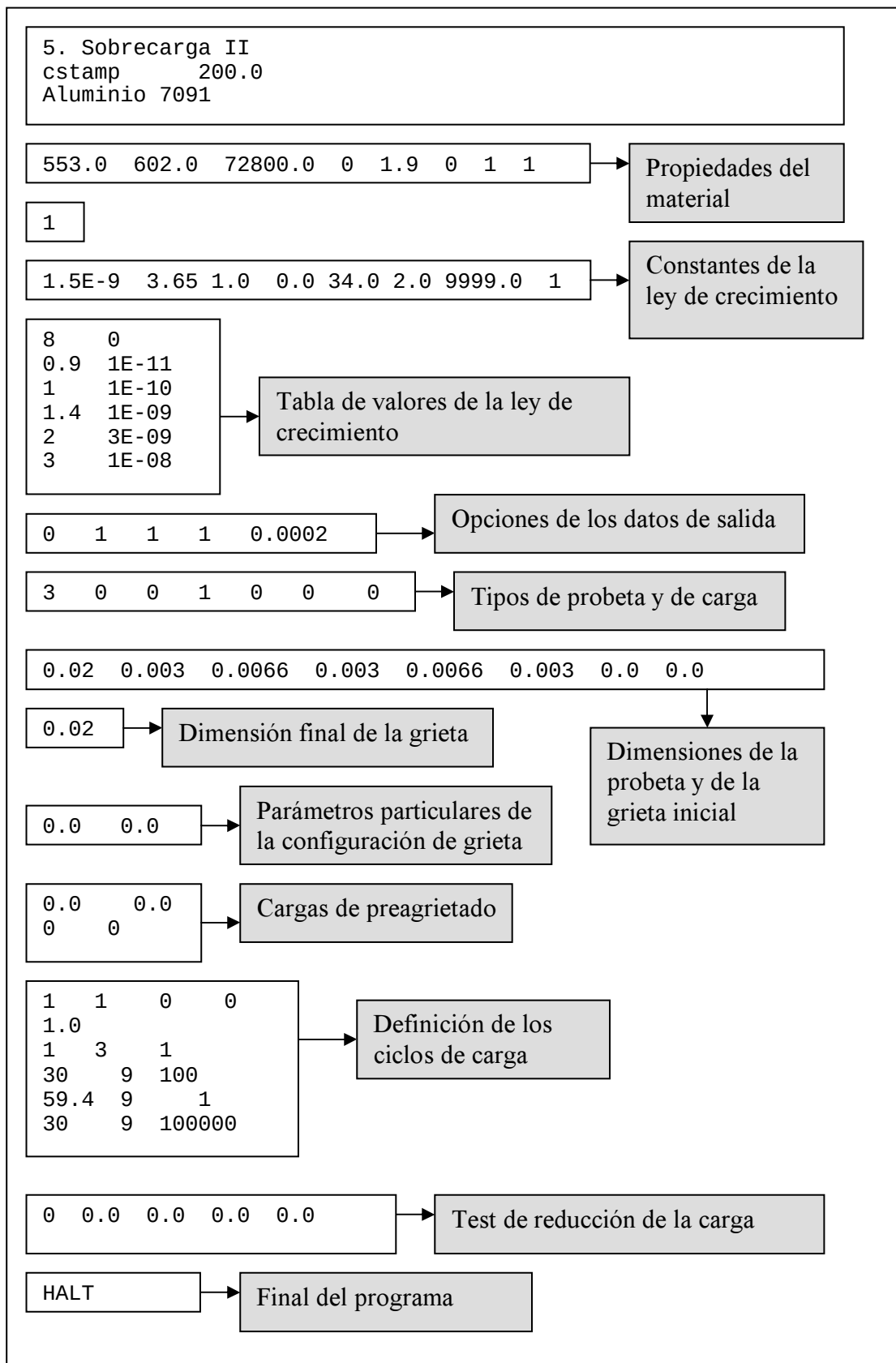


Figura 6.8: Archivo de entrada.

Gráficamente, la velocidad de crecimiento aparece en la *figura 6.9*.

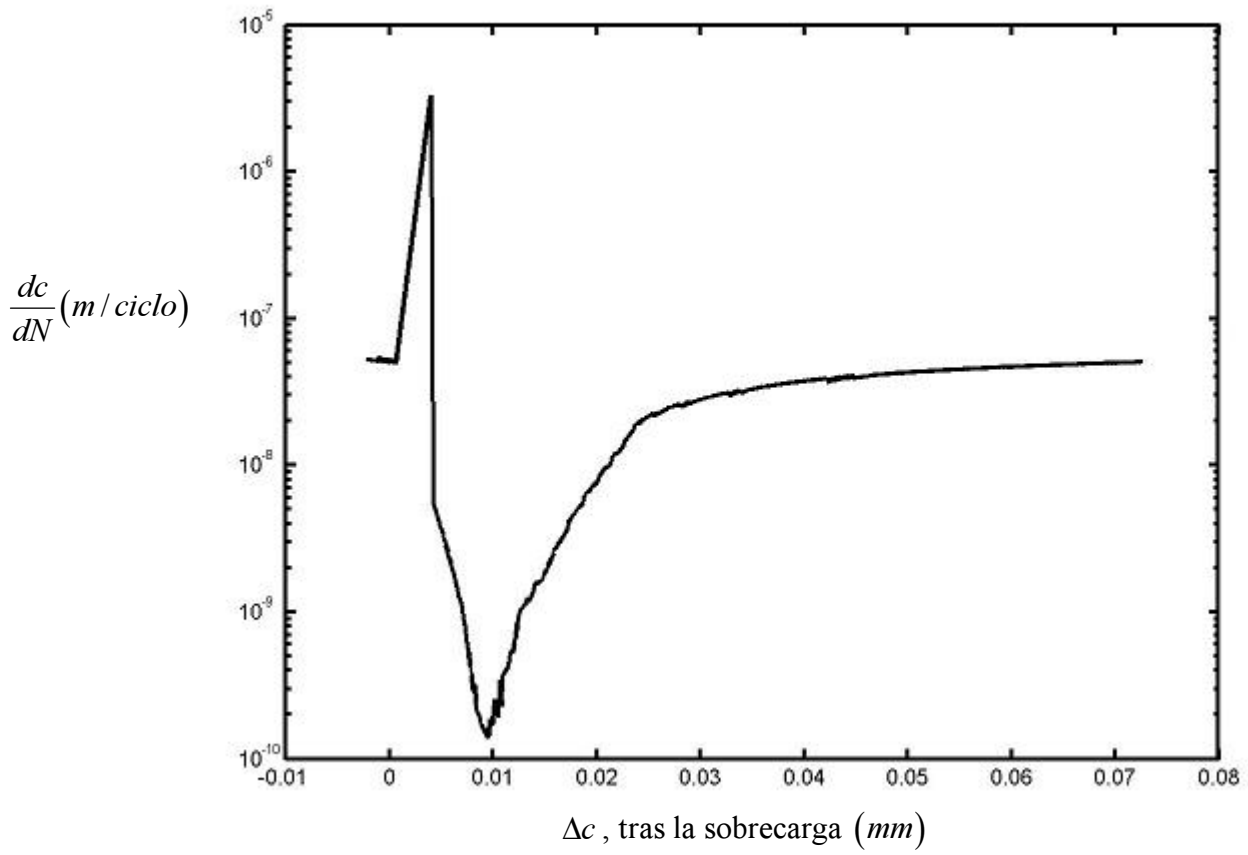


Figura 6.9: *Velocidad de crecimiento tras la aplicación de la sobrecarga.*

6.8. ENSAYO III

6.8.1. Descripción de la carga utilizada

La carga utilizada está formada por ciclos de amplitud constante con una relación de carga $R = 0.3$ y una carga máxima $S_{\max} = 30MPa$. El coeficiente de la sobrecarga es $OLR^* = 2.4$. En este ensayo tras la sobrecarga se aplicará una subcarga.

Tipo de probeta	$S_{\max}$	$S_{\min}$	S_{OL}	S_{UL}	α
SENT	30MPa	9MPa	59.4MPa	0MPa	1.9

Tabla 6.7: Descripción de la carga utilizada.

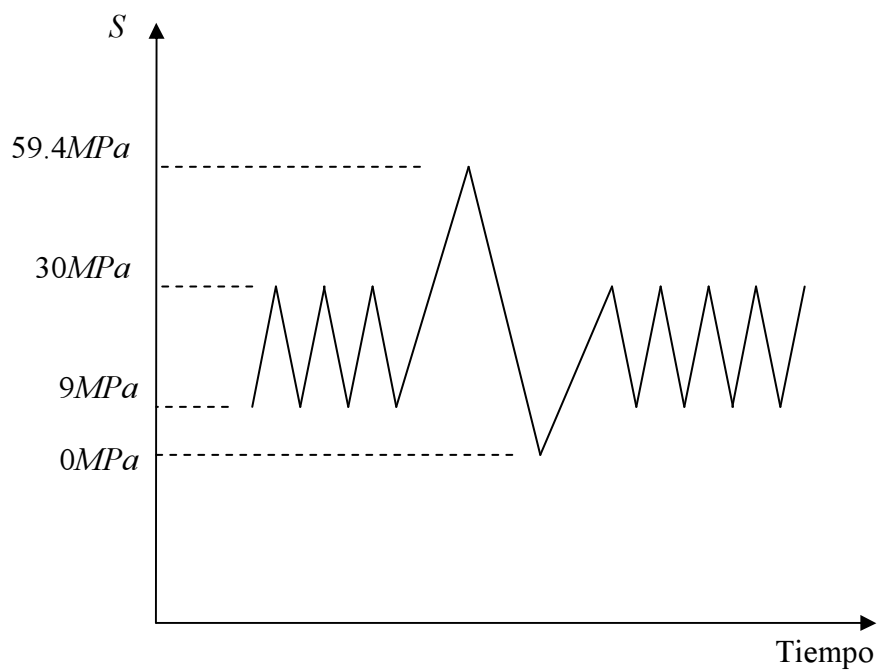


Figura 6.10: Descripción de la carga utilizada.

6.8.2. Archivo de entrada y resultados obtenidos

En el archivo de entrada proporcionado al programa se han definido todas las características anteriormente descritas.

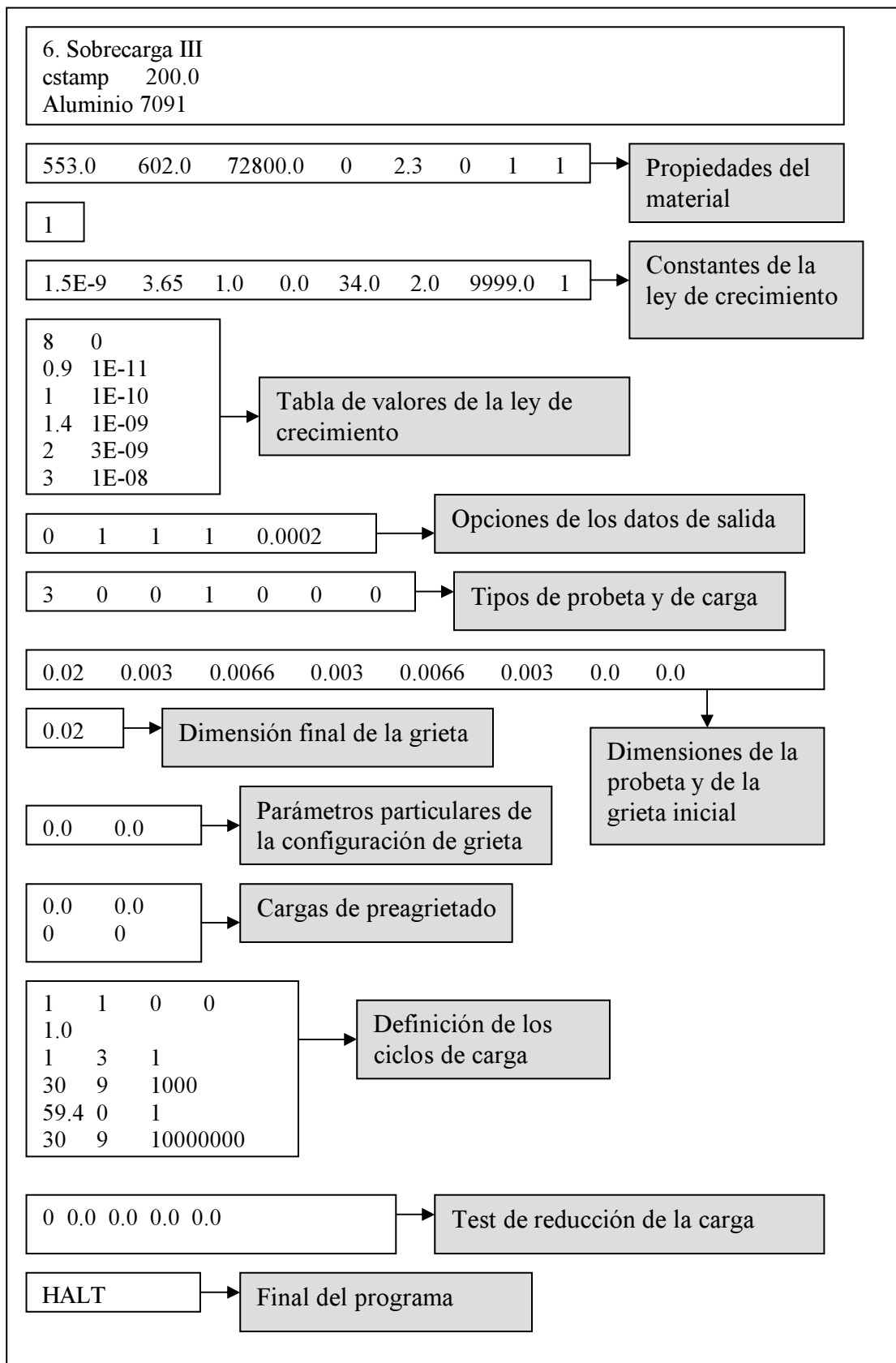


Figura 6.11: Archivo de entrada.

Gráficamente la relación velocidad de crecimiento - ΔK_{eff} aparece en la *figura 6.12*.

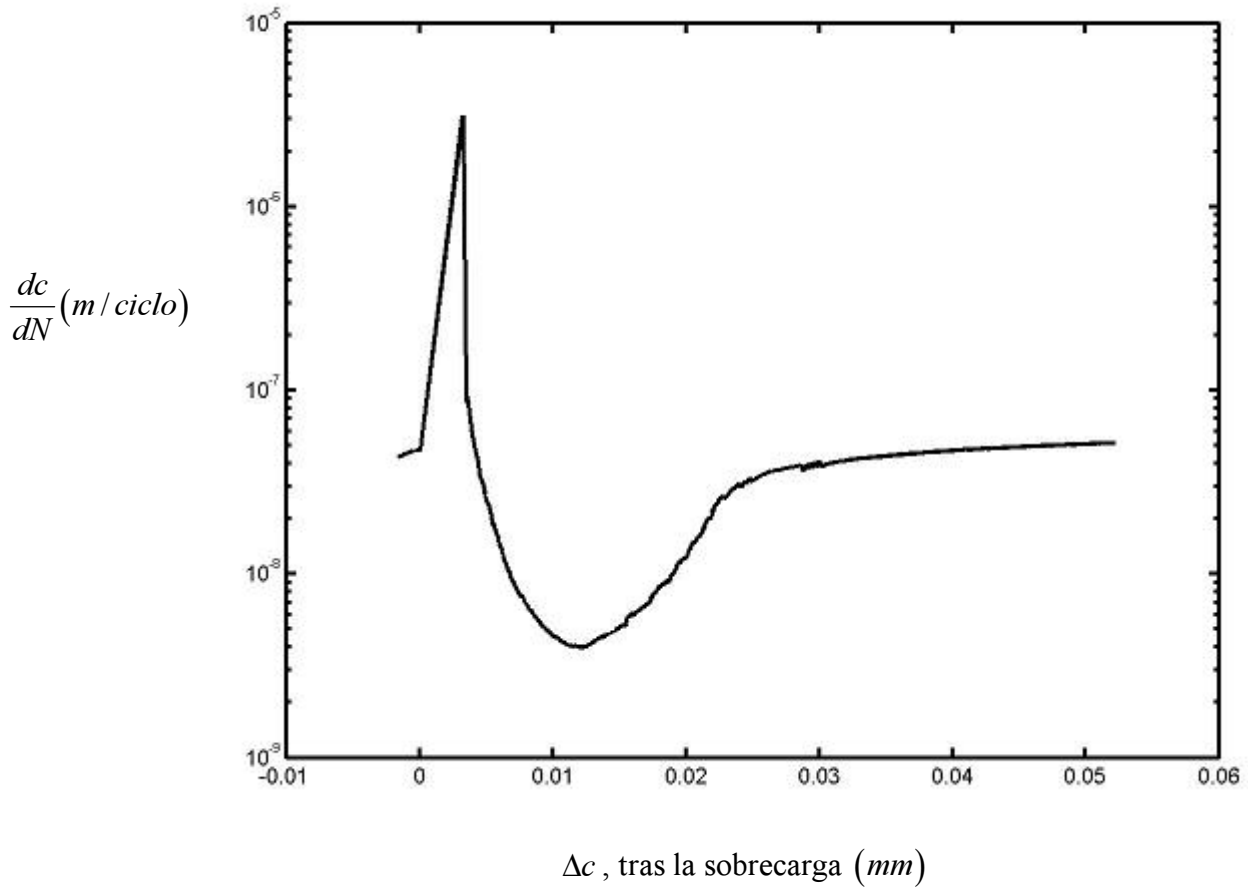


Figura 6.12: *Velocidad de crecimiento tras la aplicación de la sobrecarga.*