

CAPITULO 7

APLICACIONES PRÁCTICAS: CARGAS ALEATORIAS

7.1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de grietas por fatiga en estructuras sometidas a cargas de naturaleza aleatoria y de amplitud variable ha sido analizado por una gran cantidad de autores. Autores que han hecho énfasis en aspectos como la simulación de historias de carga representativas para definir los procesos aleatorios, la influencia de las sobrecargas y su distribución a lo largo de las historias de carga o los modelos numéricos y analíticos que simulan el crecimiento de grietas.

Normalmente, diferentes ensayos y simulaciones realizados con el mismo proceso de cargas aleatorias proporcionan resultados diferentes. En el caso de los ensayos, esta diferencia se produce debido al diferente comportamiento del material y a la aleatoriedad de las cargas utilizadas. Sin embargo, para las simulaciones, únicamente la aleatoriedad de las cargas introducirá diferencias en los resultados obtenidos. Las historias de carga aplicadas en las simulaciones y ensayos tienen una duración finita y se aplican reiteradamente hasta el fallo del componente. Este hecho introduce un efecto de secuencia artificial que es otra de las causas de la dispersión de los resultados.

Por ello, es muy importante, a la hora de predecir correctamente la vida a fatiga de los componentes estructurales, definir correctamente tanto una historia de carga representativa del proceso a analizar como la dispersión esperada en los resultados. El objetivo de los ensayos realizados a continuación es evaluar la capacidad del programa **FASTRAN II** para simular el crecimiento de grietas sometidas a cargas aleatorias y de reproducir la variabilidad de dichos resultados.

7.2. GENERACIÓN DE LOS REGISTROS DE CARGA

El registro de carga empleado en las simulaciones representa un proceso aleatorio caracterizado por la forma de la función de densidad espectral de las cargas nominales. A partir del espectro se genera numéricamente mediante simulación las historias de cargas o registros aleatorios. La forma de la función puede observarse en la *figura 7.1.* y los valores de los parámetros en la *tabla 7.1.*

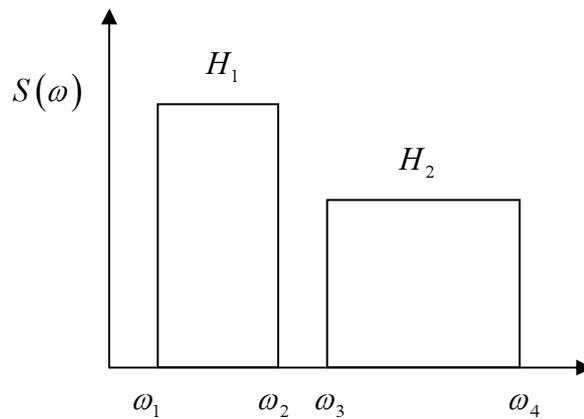


Figura 7.1: Forma de la función de densidad espectral considerada.

H_1 / H_2	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ε
6.67	5	15	80	130	0.64

Tabla 7.1: Parámetros del espectro de carga considerado.

La función de densidad espectral representa un proceso de carga de valor medio cero y cuya componente variable está definida por su varianza.

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) d\omega \quad (29)$$

Para un valor de la varianza de 35, expresada la carga en Kg., se obtienen los parámetros H_1 y H_2 de la función de densidad espectral considerada.

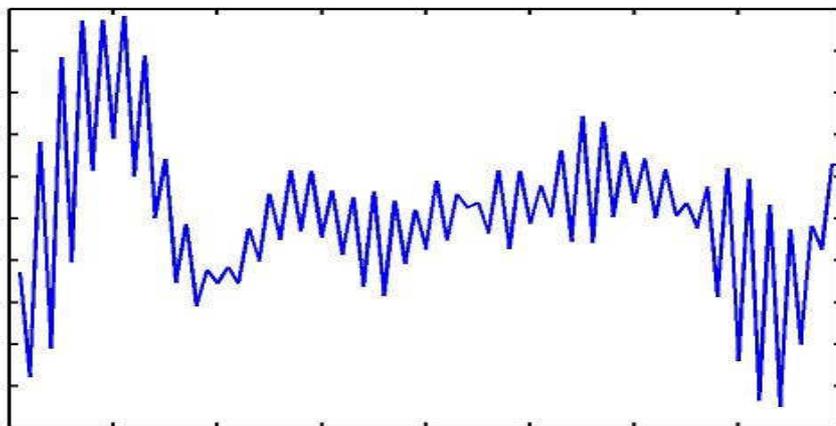
σ^2	H_1	H_2
35	2	0.3

Tabla 7.2: Parámetros H_1 y H_2 del espectro de carga considerado.

Para poder considerar diferentes niveles de carga, el registro se ha multiplicado por un factor de amplificación. En concreto, se ha utilizado un nivel bajo de carga, con una desviación estándar de la carga nominal $\sigma_c = 638N$; y un nivel alto de carga con una desviación $\sigma_c = 1078N$. Además, con el objetivo de eliminar del registro las cargas de compresión se ha desplazado el mismo sumando un determinado valor medio $\mu_c = 4851N$.

El registro de carga generado contendrá una sucesión picos y valles que serán los que el programa utilice para reproducir el proceso. La longitud del registro es de 25.000 ciclos.

En el Anexo III se incluye el código en lenguaje Fortran de dos programas que realizan el proceso anteriormente descrito y adaptan los registros para que puedan ser utilizados por el programa **FASTRAN II**.



7.3. MATERIAL

El material utilizado es la aleación de aluminio 2024-T3 cuya composición se muestra en la tabla 7.1; siendo el cobre y el magnesio los principales elementos de aleación. La denominación T3 indica que la aleación ha sido tratada térmicamente a solución y posteriormente trabajada en frío.

Elemento	2024-T3
Cu	3.8 - 4.9
Si	0.50
Fe	0.50
Mg	1.2 – 1.8
Zn	0.25
Ti	0.15
Cr	0.1
Mn	0.3 – 0.9

Tabla 7.3: *Composición química (% en peso).*

Las propiedades mecánicas de la aleación son las siguientes:

Material	Espesor (mm)	Límite de rotura (MPA)	Límite elástico (MPA)	Módulo de elasticidad (MPA)
2024 – T3	12	470	325	73.000
Propiedades en la dirección longitudinal				

Tabla 7.4: *Propiedades mecánicas.*

7.4. ESPECÍMENES

Para los test de fatiga y crecimiento de grieta se han utilizado probetas tipo CT (Compact Tension), cuya geometría se muestra en la *figura 7.2*. Las dimensiones son: ancho $W = 50mm$ y espesor $B = 12mm$.

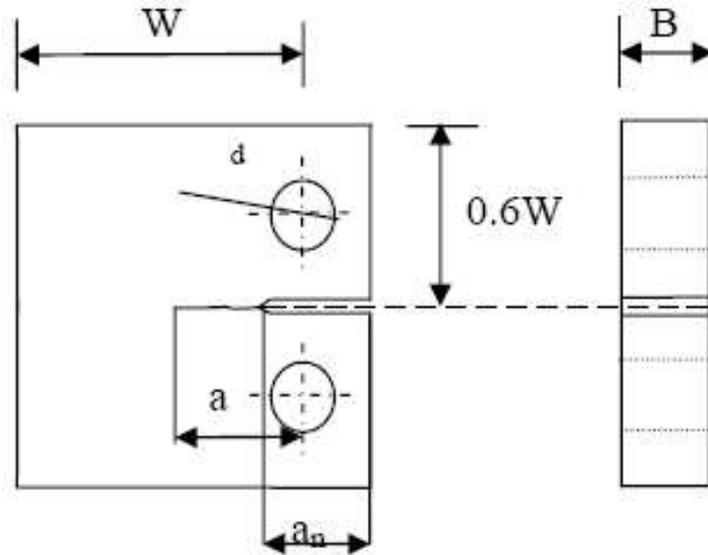


Figura 7.2: *Probeta tipo CT.*

7.5. MODELO DE CRECIMIENTO

En los siguientes ensayos se utilizará la ley de crecimiento propuesta por Newman e implementada en el propio programa **FASTRAN II**:

$$\frac{da}{dN} = C_1 \Delta K_{eff}^{C_2} \frac{1 - \left(\frac{\Delta K_0}{\Delta K_{eff}} \right)^2}{1 - \left(\frac{K_{max}}{C_5} \right)^2} \quad \text{donde} \quad \Delta K_0 = C_3 \left(1 - C_4 \frac{S_{min}}{S_{max}} \right) \quad (30)$$

Como puede observarse en necesario definir cinco parámetros $C_1 \dots C_5$ para ajustar el modelo. Dichos parámetros, para velocidades en $m/ciclo$ y factores de intensidad de tensiones en $MPa \cdot m^{1/2}$, se muestran en la tabla siguiente:

C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1.17942E-10	3.64	$3.6MPa \cdot m^{1/2}$	0.87	$44MPa \cdot m^{1/2}$

Tabla 7.5: *Parámetros del modelo de crecimiento.*

7.6. ENSAYOS

7.6.1. Descripción de la probeta

Las dimensiones de la probeta son las siguientes:

Tipo de probeta	w	B	C_N	Material
CT	50 mm.	12 mm.	15 mm.	Aluminio 2024 – T3

Tabla 7.6: *Dimensiones de la probeta.*

7.6.2. Descripción de los registros de carga utilizados

En el ensayo se han utilizado diez registros, todos ellos pertenecientes al nivel alto de carga, con una longitud de 25.000 ciclos.

Nº de registros	Nº de ciclos	α
10	25.000	1.2 – 1.5 – 1.73

Tabla 7.7: *Descripción de los registros utilizados.*

7.6.3. Archivo de entrada y resultados obtenidos

A continuación se muestra uno de los archivos de entrada proporcionados al programa, donde se especifican las características de la probeta, del material y de la carga.

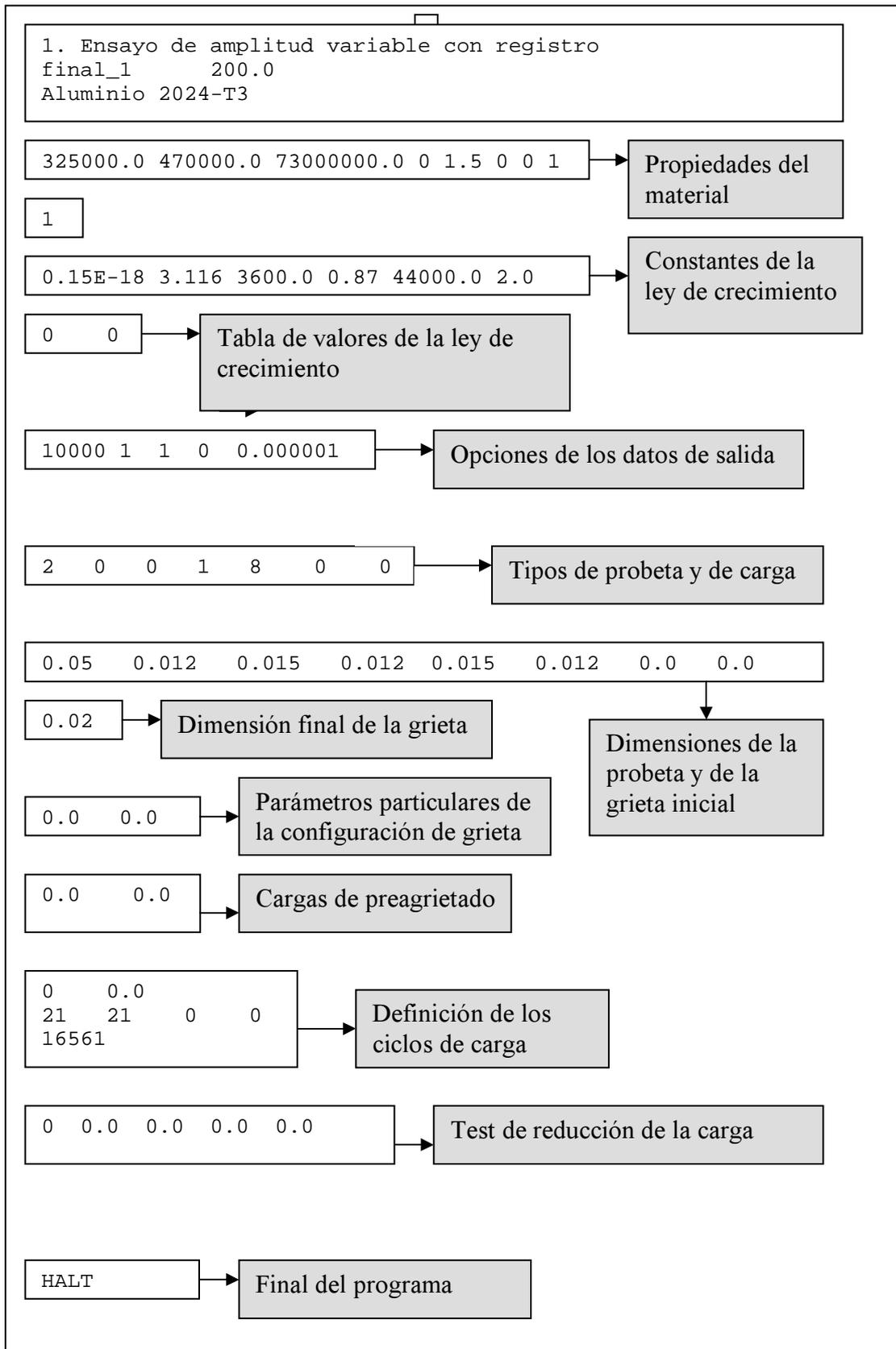


Figura 7.3: Archivo de entrada.

Los resultados obtenidos para el conjunto de ensayos se muestran en la tabla siguiente:

N° de Registro	$\alpha = 1.2$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 1.73$
1	157403	133625	135917
2	174482	156343	142906
3	172959	148319	146943
4	171923	147811	146923
5	152709	138272	127171
6	162234	156156	141632
7	154253	138048	133159
8	157154	141879	144143
9	136926	133535	136357
10	170476	145476	145476

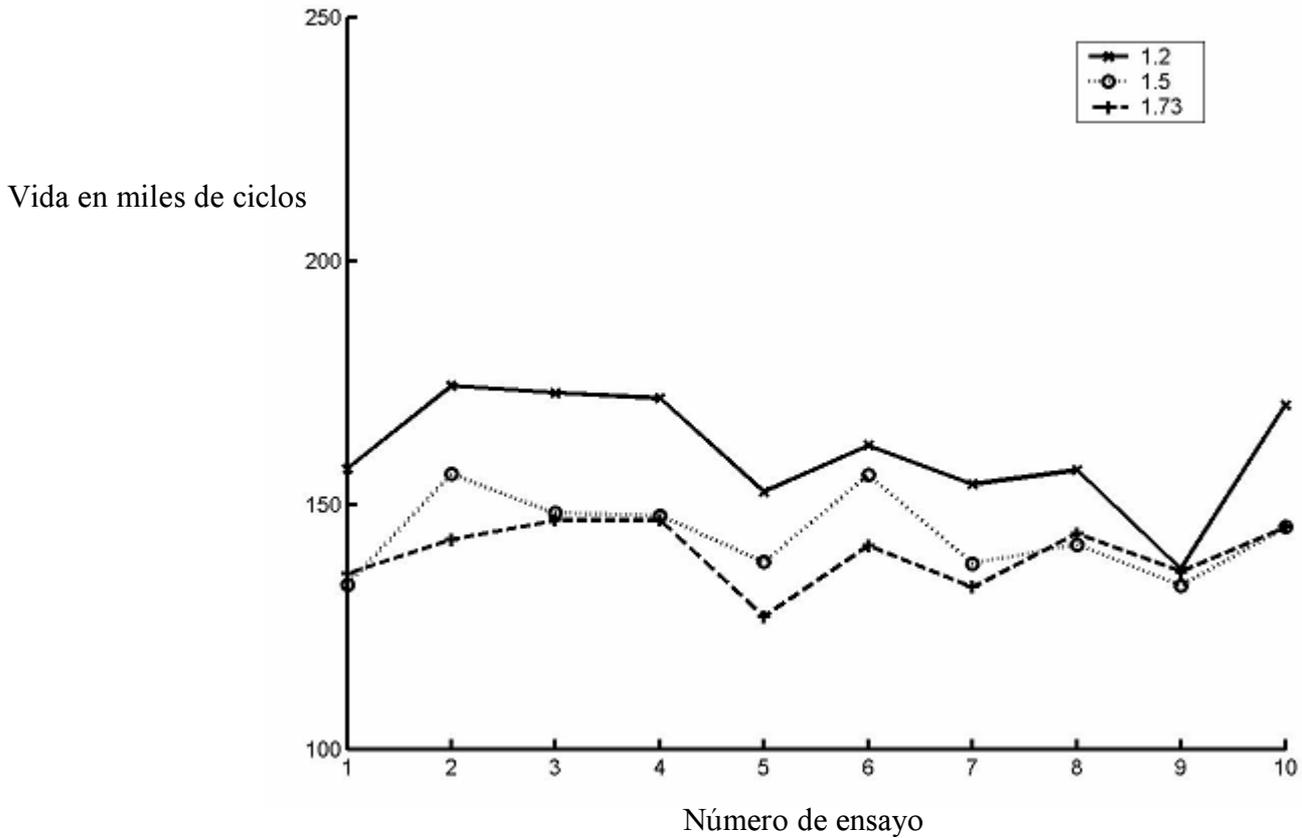


Figura 7.4: Resultado obtenido para cada ensayo.