



José A. Villasante

Ingeniero Mecánico Aeronáutico (Universidad Nacional de Córdoba). Magister en Ciencia y Tecnología de Materiales (Instituto de Tecnología Prof. Jorge A. Sabato - Comisión Nacional de Energía Atómica) - Docente de Trabajo Final de Ingeniería Mecánica (UdeMM).

# Influencia de las Historias Previas de Carga sobre la Performance de Componentes Mecánicos

## 1. Introducción

En ciertos componentes mecánicos es de importancia determinar si una historia previa de carga afecta el comportamiento del mismo particularmente cuando existen fisuras previas en dicho componente. En varias situaciones cuando se fabrica un producto ó componente, previo a la entrega se realizan pruebas de laboratorio, las cuales consisten en someter al mismo a determinadas cargas ya sean de servicio u otras solicitadas por el cliente, posteriormente si el componente pasó dicha prueba es aceptado y comercializado, sin embargo cabe preguntarse si dichas pruebas afectaron la integridad estructural del producto.

Una historia de carga posiblemente afecte al componente de la siguiente manera: i) originar un crecimiento de fisuras existentes, ii) modificar localmente las propiedades mecánicas y fractomecánicas en las proximidades de la punta de la fisura existente, iii) no producir cambios globales de performance, por ende ninguna modificación de parámetros que miden la performance del componente tales como: Carga máxima, presión de ruptura, etc.

Por la razón anterior se encaró el presente trabajo a fin de entender el comportamiento de metales, particularmente del acero en estudio, cuando se encuentra solicitado a historias previas de carga.

## 2. Desarrollo

Se realizó un estudio del efecto de diferentes historias previas de carga sobre la performance del componente, los mismos se realizaron en laboratorio sobre un material específico, utilizán-

dose probetas adecuadas para dichos estudios.

### 2.1 Material

El material estudiado es un acero con tensión de fluencia mínima de 448.2 MPa, de bajo carbono, baja aleación y alta resistencia, con tratamiento térmico de temple y revenido. La composición química se presenta en la tabla 1 y las propiedades mecánicas en la tabla 2.

%C	%Mn	%S	%P	%Si	%Ni	%Cr	%Mo	%V
x100	x100	x1000	x1000	x100	x100	x100	x100	x100
10.0	110.0	3.0	10.0	23.0	3.0	3.0	5.0	7.0
%Cu	%Sn	%As	%Al	%N	%Nb	%Ti	%Ca	%B
x100	x1000	x10000						
7.0	6.0	3.0	32.0	8.0	32.0	3.0	1.2	1.0

Tabla 1: Composición química del material analizado

$\sigma_{ys}$ Tensión de fluencia (MPa)	$\sigma_U$ Tensión de rotura (MPa)	Alargamiento (%)	Dureza Hv10	Charpy [10x10] (Joules)
493	592	43.7	206	347

n (exponente de Ramberg-Osgood)	$\alpha$ (coeficiente de Ramberg-Osgood)
6.41	4.24

Tabla 2: Propiedades mecánicas del material analizado

### 2.2 Probetas

Las probetas utilizadas fueron probetas de flexión en tres puntos (TPB), orientación CL (figs. 1 y 2).

Sobre las probetas que inicialmente presentaban una ranura, se hizo crecer una fisura mediante un proceso controlado de fatiga hasta las condiciones

preestablecidas para el tamaño de fisura inicial ( $a_0$ ). La frecuencia de ciclado fue de 25 Hz.

Las dimensiones de las probetas con sus respectivos defectos se presentan en la tabla 3.

### 2.3 Metodología

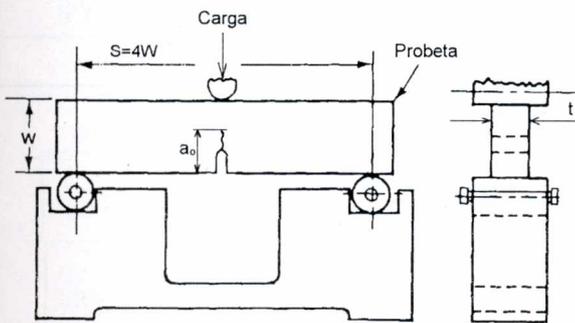
Los ensayos se realizaron sometiendo a las probetas a distintas historias de carga, controlando el desplazamiento del punto de carga, con una velocidad de  $5 \times 10^{-3}$  mm/seg.

Las mediciones registradas durante el ensayo fueron la carga (P) y el desplazamiento del punto de carga ( $\delta$ ).

Se realizaron tres tipos de historias de carga, en probetas con defectos de dimensiones similares, éstas son:

- a) Probeta sometida a un proceso de carga, sin descargas en el trayecto hasta superar el  $P_{max}$  (fig.3a).
- b) Probeta sometida a un proceso de carga, con una descarga al alcanzar una tensión en el ligamento del 95% SMYS (Specified Minimum Yield Strength) antes de  $P_{max}$  y 4 descargas luego de  $P_{max}$  (fig.3b).
- c) Probeta sometida a un proceso de carga, con 3 descargas antes de  $P_{max}$  y 4 descargas luego de  $P_{max}$  (fig.3c).

El análisis de datos experimentales consistió, en la comparación de las respuestas de carga para distintas historias de carga sobre probetas de dimensiones similares, con la finalidad de determinar si hubo diferencias en dichas respuestas.



$W$  = ancho ;  $S$  = longitud entre apoyos ;  $t$  = espesor ;  $a_0$  = longitud del defecto

Figura 1: Forma y condición de carga de la probeta TPB

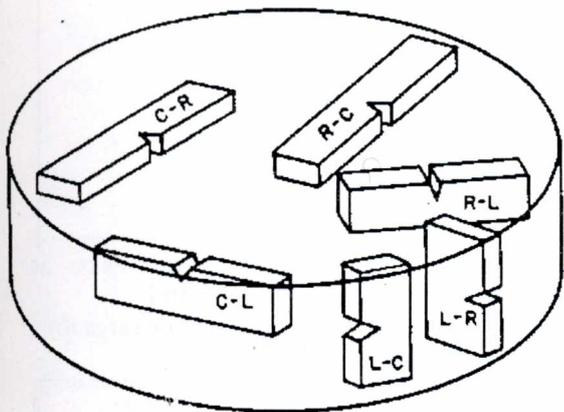
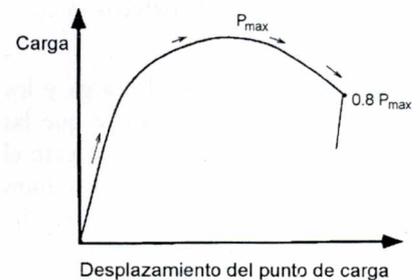


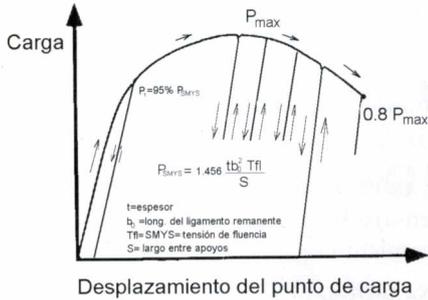
Figura 2: Orientación de la probeta TPB en el tubo (CL)

Probeta	t Espesor (mm)	W ancho (mm)	a0 Longitud del defecto (mm)	a0/W
1	7.92	16.08	4.80	0.30
2	7.95	15.98	4.50	0.28
3	8.02	15.98	6.40	0.40
4	7.98	15.96	6.50	0.41
5	7.96	16.00	7.85	0.49
6	7.97	16.00	8.10	0.51
7	7.96	15.97	8.00	0.50

Tabla 3: Dimensiones de las probetas con sus defectos

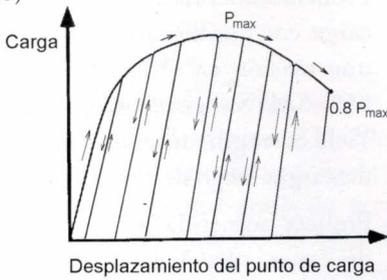


a) Probeta sin descargas



b) Probeta con una descarga en 95% PSMYS antes de Pmax y 4 descargas luego de Pmax

Figura 3: Forma de las curvas carga (P) vs. desplazamiento del punto de carga ( $\delta$ )



c) Probeta con 3 descargas antes de Pmax y 4 descargas luego de Pmax

Figura 3: Forma de las curvas carga (P) vs. desplazamiento del punto de carga ( $\delta$ ). Continuación.

### 2.4 Resultados de Ensayos

Los valores de carga máxima ( $P_{max}$ ) y los diagramas de carga de las probetas ensayadas, se presentan en la tabla 4 y las figuras 4 a 6 respectivamente. En la figura 7, se presenta el diagrama de  $P_{max}$  vs. longitud de defecto inicial / ancho ( $a_0 / W$ ).

Observando las curvas de carga y los valores de  $P_{max}$ , se concluye que las historias previas de carga no afectan el camino original de carga, ni los valores de carga máxima ( $P_{max}$ ). Al producirse una descarga sólo se interrumpe el camino original de carga, retomándose luego dicho camino al ser cargada nuevamente la probeta.

Probeta	$a_0/W$	$P_{max}$ (Kg)	Observaciones
1	0.30	1325	
2	0.28	1400	Con una descarga en 95% PSMYS
3	0.40	955	
4	0.41	936	Con 3 descargas antes de $P_{max}$
5	0.49	720	
6	0.51	672	Con una descarga en 95% PSMYS
7	0.50	710	Con 3 descargas antes de $P_{max}$

Tabla 4: Valores experimentales de carga máxima ( $P_{max}$ )

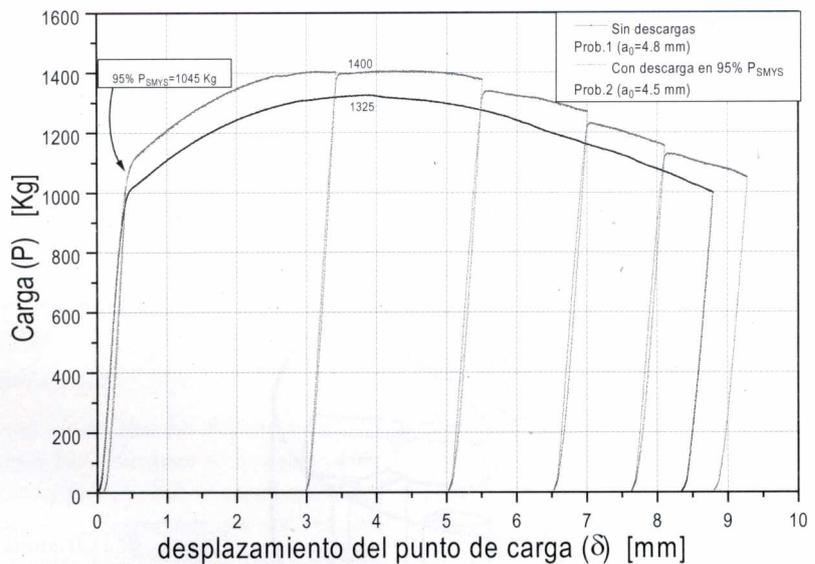


Figura 4: Curva de carga (P) vs. desplazamiento del punto de carga ( $\delta$ )  $a/w \cong 0.3$  (Probetas 1 y 2)

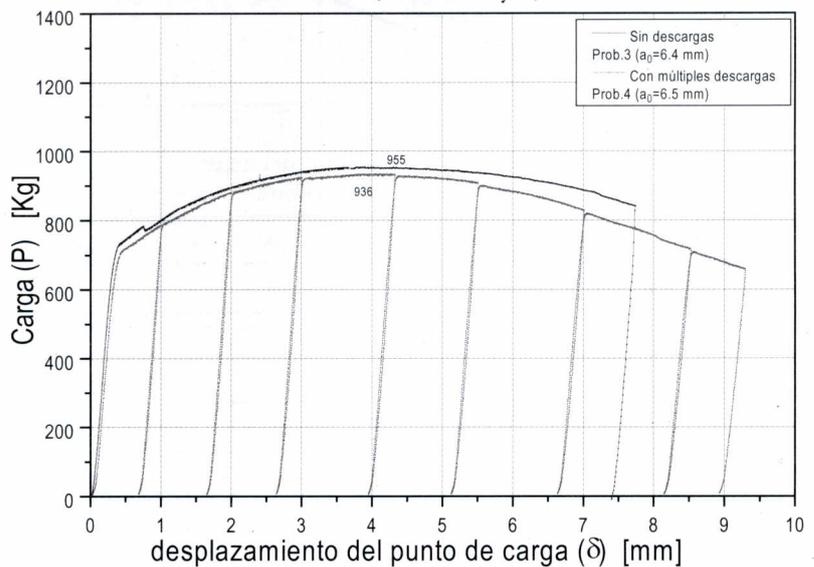


Figura 5: Curva de carga (P) vs. desplazamiento del punto de carga ( $\delta$ )  $a/w \cong 0.4$  (Probetas 3 y 4)

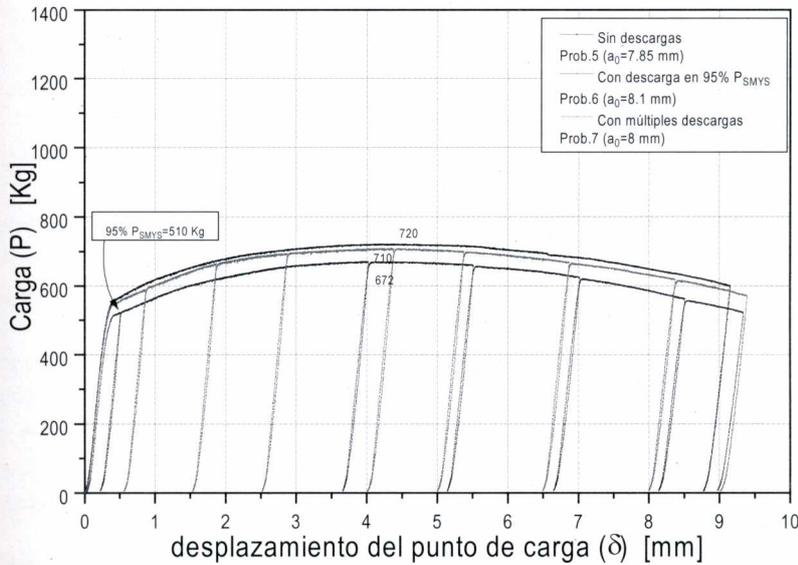


Figura 6: Curva de carga (P) vs. desplazamiento del punto de carga (δ)  $a/w \cong 0.5$  (Probetas 5, 6 y 7)

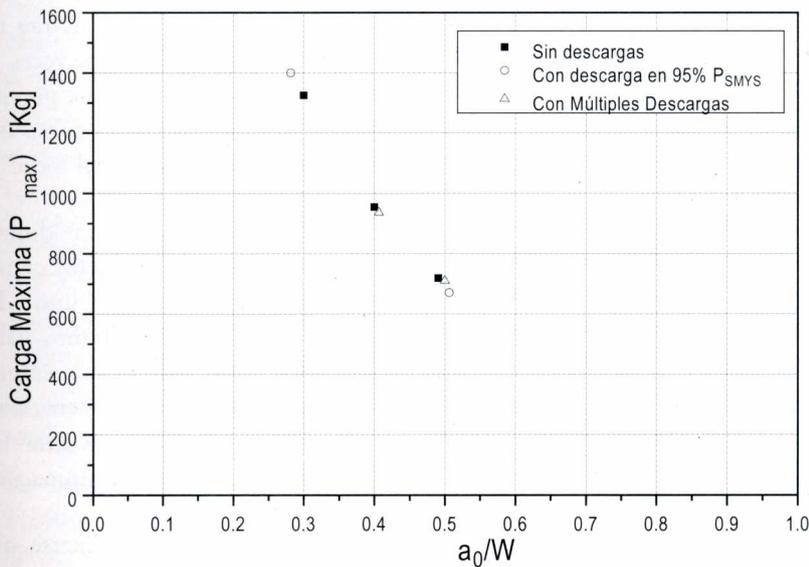


Figura 7: Carga máxima (P<sub>max</sub>) vs. longitud de defecto inicial / ancho (a<sub>0</sub>/W)

### 3. Conclusiones

- Los ensayos de laboratorio realizados en probetas de flexión en tres puntos (TPB) con una fisura existente, de un material con tensión de fluencia  $\sigma_s = 493$  MPa, muestran que la historia previa de carga no afecta el camino original

de carga, ni la carga máxima. Al producirse una descarga sólo se interrumpe el camino original de carga, retomándose luego dicho camino al ser cargada nuevamente la probeta.

- Las historias previas de carga para el material analizado no afectan el

parámetro global de performance. Dicho parámetro para el caso estudiado fue la carga máxima.

### 4. Referencias

- ASTM E1823-96, Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing, American Society for Testing and Materials
- ASTM 1820-05, Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness, American Society for Testing and Materials
- Anderson, T. L., Fracture Mechanics, Fundamentals and Applications, CRC Press, 1995.
- Kaninen, M. F. and Popelar, C. H., Advanced Fracture Mechanics, Oxford University Press, 1995.
- Barsom, J. M. and Rolfe, S. T., Fracture and Fatigue Control in Structures, Prentice Hall, 1987.