



INTERACCIÓN CREEP – FATIGA DE ACEROS 1 Cr 0,5 Mo

Lilian Moro^{(1)*}, Alejandro Staffa⁽¹⁾, René Molina⁽¹⁾, Gerardo Pender⁽¹⁾ y Lucio Iurman⁽¹⁾

(1) Grupo de Estudios en Materiales (GEMAT), Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, 11 de Abril 461, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

** Correo Electrónico (autor de contacto): Imoro@frbb.utn.edu.ar*

El fenómeno de interacción creep-fatiga se presenta cuando el material se somete a temperaturas suficientemente altas y ciclos de tensión que no solo producen deformaciones de creep, sino también deformaciones por fatiga. Esta combinación de efectos reduce seriamente la vida de los componentes. Se estudió bajo estas sollicitaciones al acero 1Cr 0,5Mo realizando ensayos cortos a 600 °C, 168 MPa, 131 MPa y 30 minutos de permanencia en los picos de tensión, que permitieron guiar la investigación hacia ensayos que simulen condiciones industriales, esto es 540 °C y 70 MPa.

La interacción creep-fatiga se presenta como un fenómeno de gran importancia tecnológica actual, ya que cuando un componente está sometido a ambos efectos se observa una importante reducción del tiempo de vida en servicio. Estos componentes, que operan a altas temperaturas se someten a sollicitaciones que producen deformaciones tanto dependientes del tiempo, creep, como cíclicas que provocan la fatiga del material.

Los dos fenómenos se pueden presentar en forma simultánea o uno posterior al otro. Se ha comprobado que las deformaciones por creep reducen seriamente la vida a la fatiga y/o las deformaciones por fatiga disminuyen la vida al creep. A nivel microscópico se observa con mayor probabilidad de ocurrencia, que si la fatiga se presenta como el fenómeno dominante, la fractura es transgranular, mientras que si predomina el creep, la fractura es intergranular. Los fenómenos de interacción creep-fatiga presentan en general fracturas transgranular e intergranular [1].

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la variación de la resistencia mecánica del acero ferrítico 1Cr 0.5Mo cuando está sometido a la interacción creep-fatiga y comparar con el comportamiento del material cuando solo está sometido a creep. El acero 1Cr – 0,5Mo se utiliza en las carcasas de las turbinas de vapor de plantas generadoras de energía y en intercambiadores de calor en la industria petroquímica por poseer alta resistencia mecánica y bajo coeficiente de expansión térmica, asociados a la microestructura de la matriz, donde se observa la presencia de precipitados de carburos y nitruros estables [2].

Se estudió el acero de baja aleación 1Cr 0,5 Mo, ya que presenta buenas propiedades para operar en servicio a alta temperatura. Se determinó la composición química de las muestras mediante un espectrómetro de emisión por plasma, marca Spectromax modelo X y se observó que el resultado obtenido guarda correspondencia con las especificaciones indicadas en la norma ASME SA335 P12.

Para la simulación del creep y de la interacción creep-fatiga se utilizó un equipamiento, desarrollado por nuestro grupo de estudios, que permite ensayos múltiples por tracción, con variables controladas de: temperatura, tensión, velocidades de carga y descarga, tiempos de permanencia y variables medidas de deformación, tiempo y ciclos [3].

Las técnicas experimentales utilizadas para estudiar ambos fenómenos, cumplieron con las condiciones estipuladas en las respectivas normas ASTM [4, 5]

Se realizaron ensayos de creep por tracción a tensión real constante de 70, 131 y 168 MPa y a una temperatura de 873K. Las mediciones de deformaciones se realizaron con extensómetro LVDT, resolución 1 μm , usando un dispositivo que se fijó a la probeta. Los resultados se compararon con el comportamiento del material sometido a interacción creep - fatiga a los mismos valores de temperatura y tensiones que variaban entre 20 MPa y una tensión máxima similar a las utilizadas para creep (131 o 168 MPa). En particular para los estudios de creep-fatiga se simularon ciclos de carga que se realizaron de dos formas distintas, con ciclos de variación de carga sin permanencia en la tensión máxima y con una permanencia de 1800 segundos en los picos de tensión.

En la Fig. 1 se muestran las gráficas que representan la deformación % nominal en función del tiempo, en la Fig. 1 (a) se observa el comportamiento del material al creep del ensayo realizado a 873 K y 131 MPa, y en la Fig. 1 (b) el comportamiento cuando se somete a la interacción creep-fatiga con ciclos de variación de carga sin permanencia en el valor de tensión máxima y con una permanencia en los picos de tensión de 1800 segundos. Como resultado, se observó que el material sometido a ambos fenómenos, tanto con o sin permanencia, evidencian una importante reducción de la vida de las probetas ensayadas, con mayor velocidad de deformación y menor ductilidad.

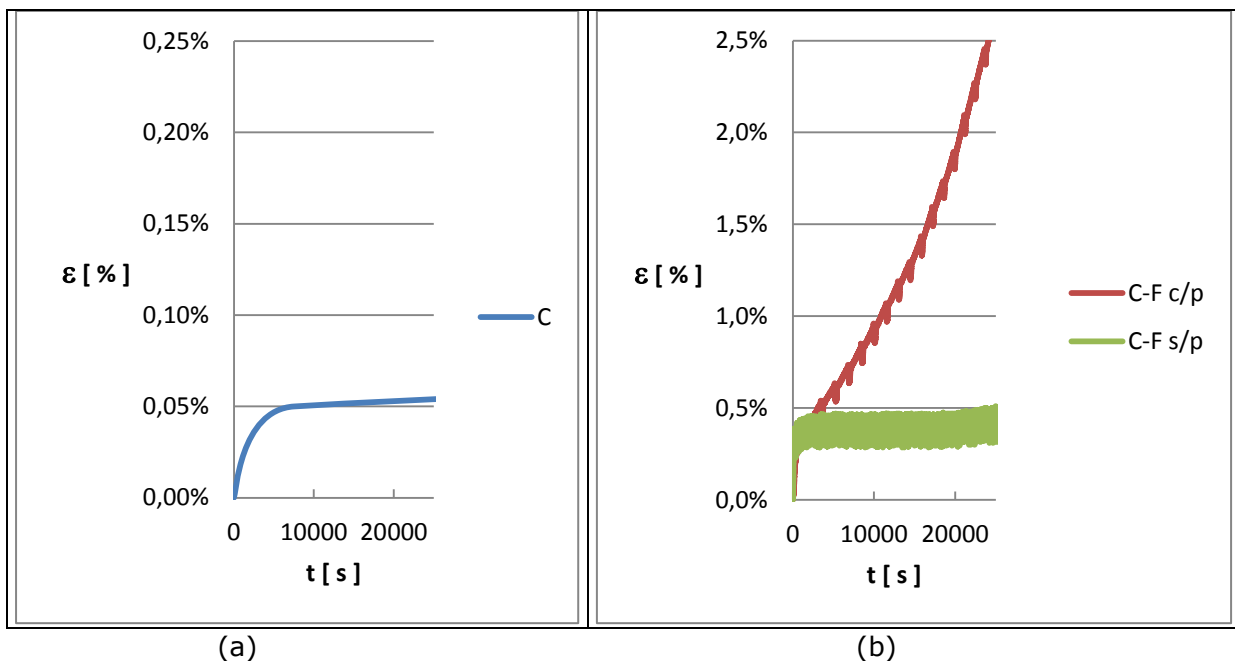


Figura 1: Gráficos de deformación % en función del tiempo obtenidos de ensayos a 873 K a) Ensayo de creep a 131 MPa. b) Ensayos de creep-fatiga con y sin permanencia en la tensión máxima de 131 MPa.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

		Creep	Creep-Fatiga	
			Sin permanencia	Con permanencia
Duración	hs	554	9	9
	s	1994400	32400	32400
Nº de ciclos	N	- - -	126	22
Velocidad de deformación	%/h	0,00171	- - -	0,26
Alargamiento	%	11,75	0,40	4,4
Rotura		Sí, dúctil tipo copa y cono		No

Tabla 1: Datos obtenidos de ensayos de creep y de creep-fatiga. Temperatura 873 K. Tensiones reales máximas 131 MPa. La permanencia en el pico de tensión fue de 1800 segundos.

Se observa que la condición más severa ha sido la de creep-fatiga sin permanencia, donde el material se sometió a 126 ciclos de variación de tensión antes de producirse la rotura. Se evidencia también un incremento de la velocidad de deformación en los ensayos de creep-fatiga respecto de los de creep. Se observó también, que el material presentó un comportamiento similar cuando los ensayos se realizaron a tensiones máximas de 168 MPa.

En particular, al realizar los ensayos de interacción creep-fatiga a 873 K y ciclos sin permanencia, se observó un aumento de la deformación a medida que crece el número de ciclos. En la Fig. 2 se muestran los resultados obtenidos con una variación de la tensión a un valor máximo de 168 MPa. En (a) se muestra como el nivel máximo de tensión se mantiene constante en todos los ciclos y en la Fig. 2 (b) se puede apreciar como la deformación aumenta con los ciclos, lo que indica el ablandamiento del material.

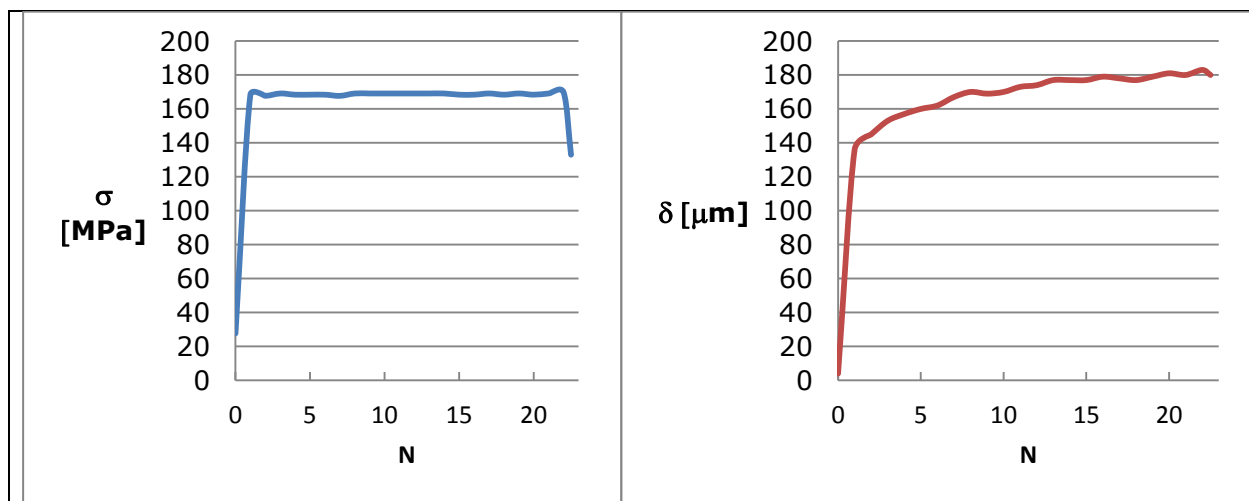


Figura 2: Ensayos de creep-fatiga a 873 K y con ciclos de tensión máxima de 168 MPa y sin permanencia. (a) Variación de la tensión máxima con el número de ciclos y (b) variación de la deformación nominal en función del número de ciclos.

A partir del estudio de la microestructura del material cuando se somete a la interacción creep-fatiga, no se observó una variación importante de la misma ni presencia de globulización (esferoidización) que permita relacionarlo con el ablandamiento, lo cual es coherente con el corto tiempo de los ensayos. Este fenómeno se puede explicar suponiendo una generación de defectos puntuales que permiten el trepado de dislocaciones fuera del plano de deslizamiento [6, 7].

Conclusiones: A partir de los estudios realizados se observó que:

- El material sometido a la interacción creep-fatiga evidencia una importante reducción del tiempo de vida, evidenciando una mayor velocidad de deformación y menor ductilidad.
- Se evidenció que la condición más severa de trabajo resultó cuando el material fue sometido a ciclos continuos sin permanencia en los valores máximos de tensión,
- Se supone que el ablandamiento del material se debe a la generación de defectos puntuales que permiten el trepado de dislocaciones fuera del plano de deslizamiento.

Referencias

- [1] G. R. Halford, Creep-Fatigue Interaction, ASM, NASA-Lewis Research Center, p 499 – 517. (Handbook), 2011
- [2] Bhadeshia H.K.D.H., "Bainite in steels, transformations, microstructure and properties", 2nd Ed. Thomson, 2001.
- [3] R. Molina, G. Pender, G. González, L. Moro, Checking of the uniformity of results of simultaneous testing simultaneous creep. Revista Matéria, Vol. 23 N^o2, 2018.
- [4] ASTM E139-11 Standard Test Method for Creep Testing, 2011.
- [5] ASTM E2714-13 Standard Test Method for Creep-Fatigue Testing, 2013.
- [6] G. E. Dieter, Mechanical Metallurgy, University of Maryland, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [7] S. R. Holdsworth, Component Assessment Data Requirements from Creep-Fatigue Tests, Journal of ASTM International, STP1539, 2010.



INTERACCIÓN CREEP-FATIGA DE ACEROS 1Cr-0.5Mo

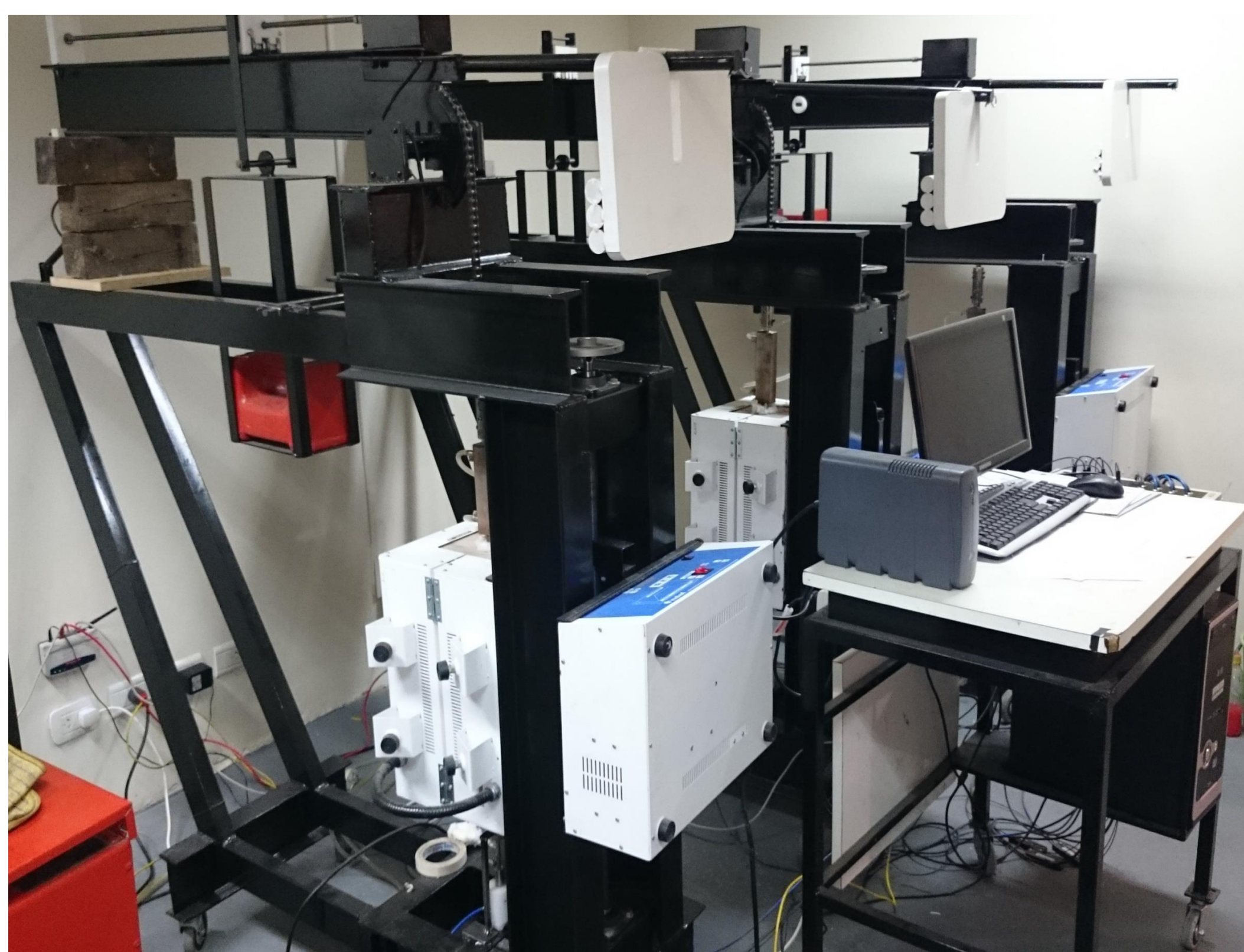


Lilian MORO⁽¹⁾, Alejandro STAFFA⁽¹⁾, René MOLINA⁽¹⁾, Gerardo PENDER⁽¹⁾ y Lucio IURMAN⁽¹⁾

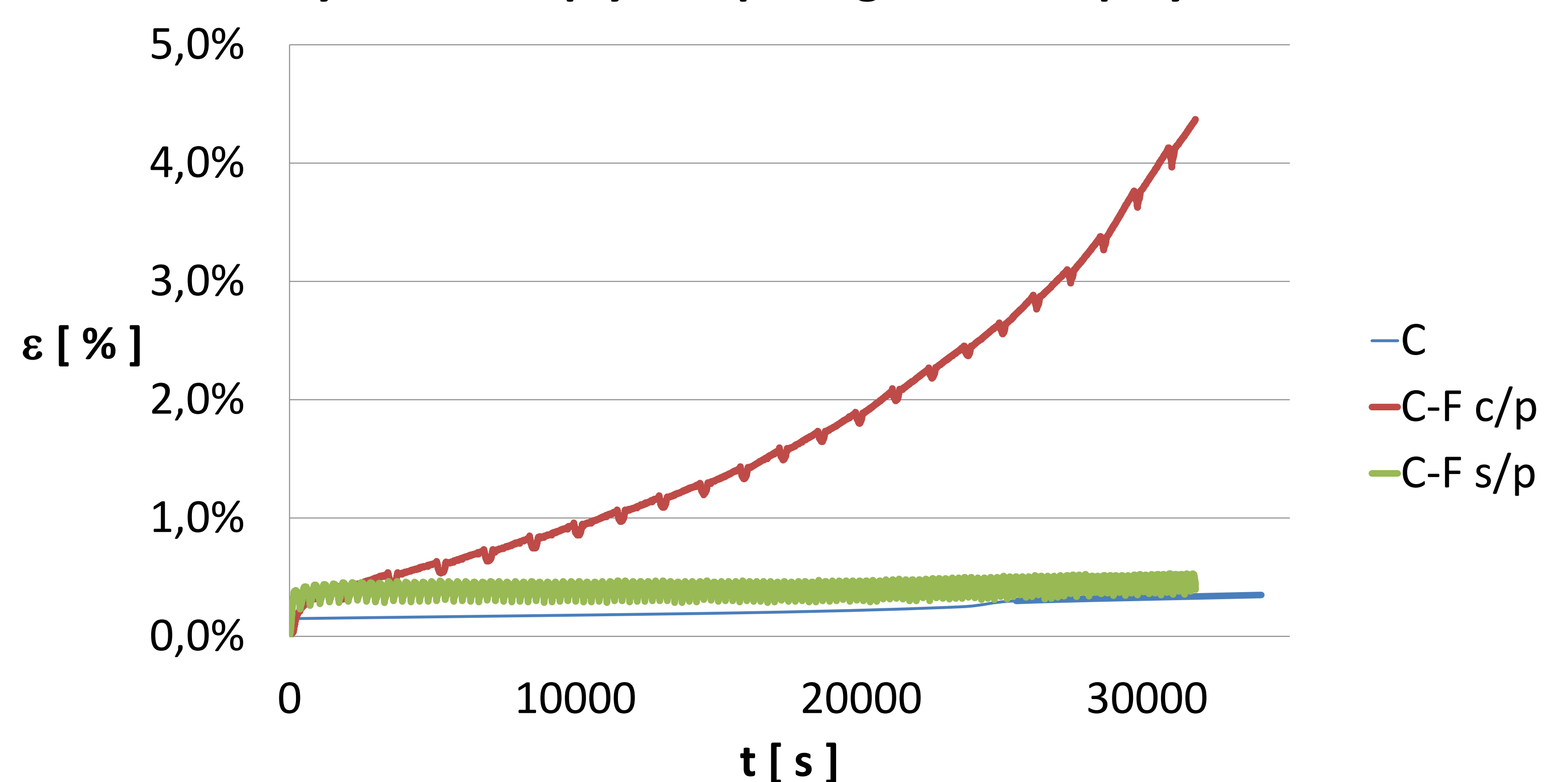
⁽¹⁾ Grupo de Estudios en Materiales (GEMAT), Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, 11 de Abril 461, Bahía Blanca.

Los aceros de baja aleación 1Cr 0,5Mo, ASME SA335 P12, son utilizados en la industria para servicios de altas temperaturas, principalmente en tubos de calderas y en intercambiadores de calor. El fenómeno de interacción creep-fatiga se presenta cuando el material se somete a temperaturas suficientemente altas y ciclos de tensión que no solo producen deformaciones de creep, sino también deformaciones por fatiga. Esta combinación de efectos reduce seriamente la vida de los componentes.

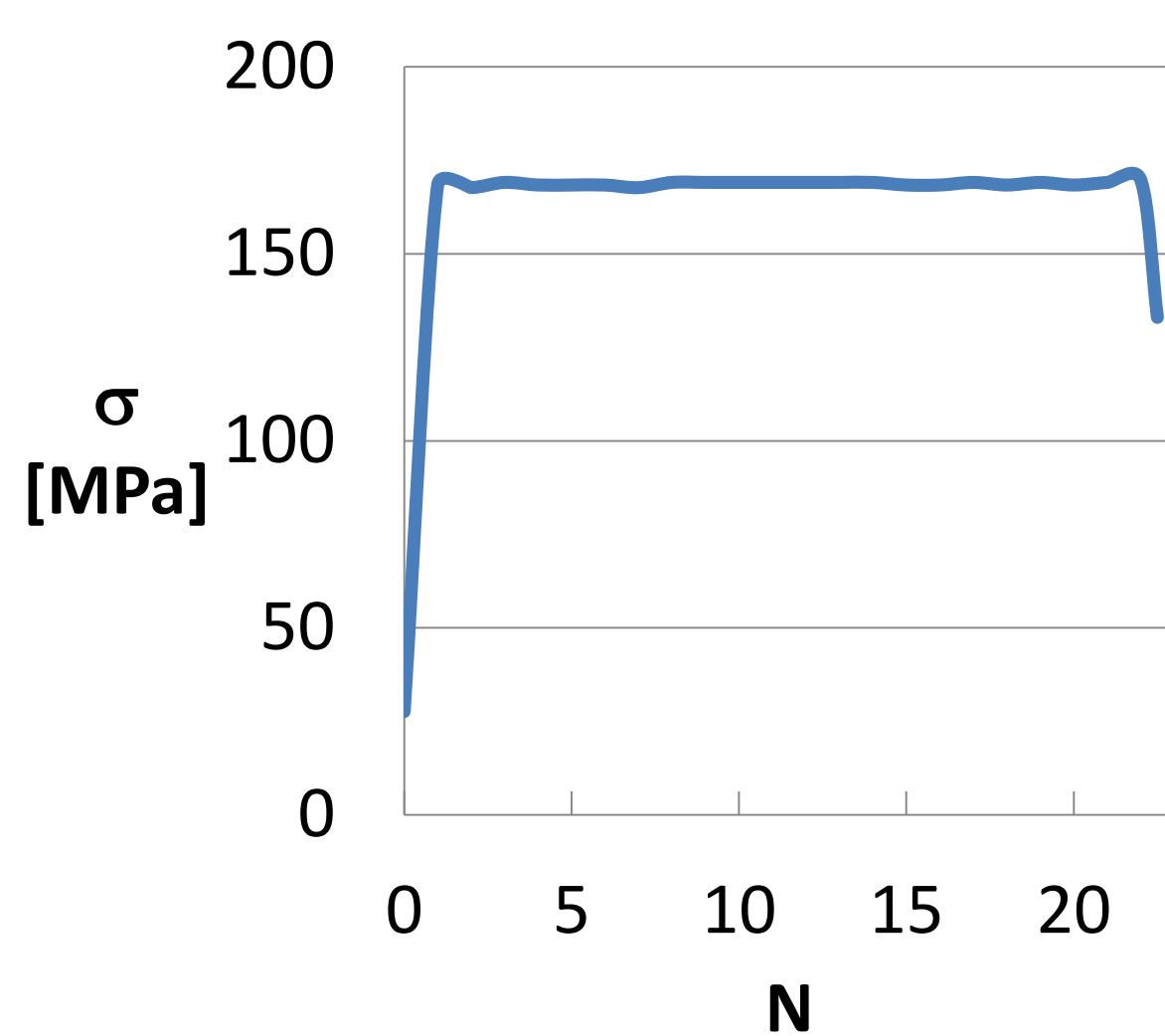
Se estudió bajo estas sollicitaciones al acero 1Cr 0,5Mo realizando ensayos cortos a 600 °C, tensiones positivas entre 20 y 131 Mpa / 168 MPa y 30 minutos de permanencia en los picos de tensión, que permitieron guiar la investigación hacia ensayos que simulen condiciones industriales. En forma simultánea se estudió la microestructura del material en cada caso y se observó, en los casos de interacción creep – fatiga con permanencia, la presencia de gran número de microfisuras y el crecimiento de las mismas que derivan en el deterioro de las propiedades mecánicas del material.



Ensayos de creep y creep-fatiga a 131 Mpa y 600 °C

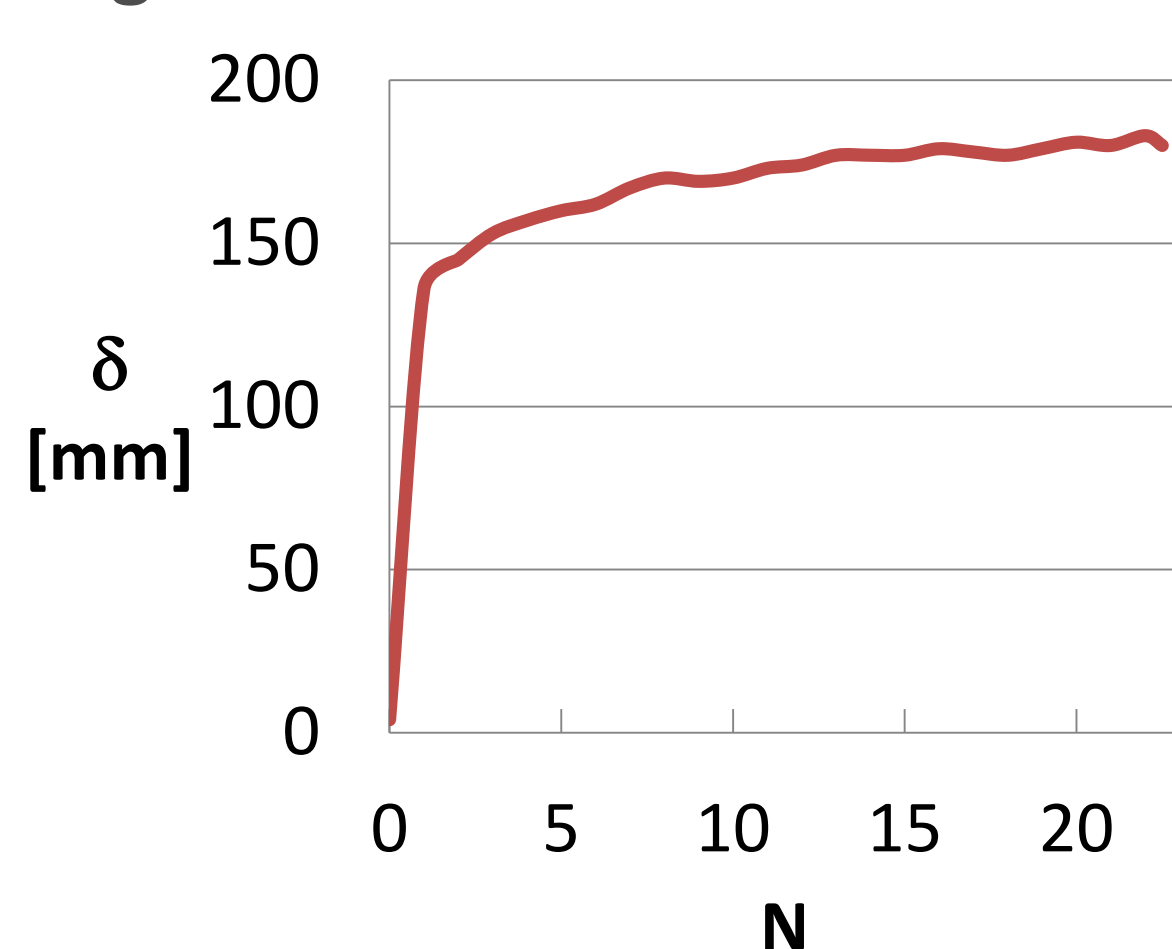


Maquina de ensayos múltiples de Creep - Fatiga



600 °C		Creep 131 MPa	Creep – Fatiga 20 - 131 MPa	
			Sin permanencia	Con permanencia
Duración	hs	554	9	9
	s	199440	32400	32400
Nº de ciclos	N	---	126	22
έ	%/h	0,00171	---	0,26
ε	%	11,75	0,40	4,40
Rotura		Sí, dúctil tipo copa y cono		No

Creep – Fatiga: Picos de tensión - Ciclos



Solicitudión	σ	T	Duración	Rotura
	MPa	°C		
Creep	168	600	251	Sí
Creep-Fatiga	20 - 168	600	3	Sí
Creep-Fatiga c/p 30'	20 - 168	600	7	Sí
Creep	131	600	554	Sí
Creep-Fatiga	20 - 131	600	9	Sí
Creep-Fatiga c/p 30'	20 - 131	600	9	Interumpido
Creep	70	540	2313	Interumpido

Creep – Fatiga: Picos de deformaciones – Ciclos Ablandamiento

Normas utilizadas: ASTM 139-11 Creep y ASTM 2714-13 Creep-Fatiga

Conclusiones:

A partir de los estudios realizados se observó que:

- El material sometido a la interacción creep-fatiga evidencia una importante reducción del tiempo de vida, una mayor velocidad de deformación y menor ductilidad.
- Se evidenció que la condición más severa de trabajo resultó cuando el material fue sometido a ciclos continuos sin permanencia en los valores máximos de tensión,
- Se supone que el ablandamiento del material se debe a la generación de defectos puntuales que permiten el trepado de dislocaciones fuera del plano de deslizamiento.