

**ANEJO I: TABLA COMPARATIVA DE ENSAYOS PARA LA VERIFICACIÓN DE MODELOS CONSTITUTIVOS (TABLA I)**

<i>Autor Referencia</i>	<i>Modelo que verifican</i>	<i>¿ciclan? ¿procedimiento?</i>	<i>Determinación de temperaturas. Valores</i>	<i>Método del ensayo. Características. Aleación</i>	<i>Resultado de los parámetros</i>	<i>Observaciones. Simplificaciones. Diferencias</i>
[ZAK,2003]	Tanaka; Liang-Rogers y Brinson. (Voigt)*	No especifican las condiciones iniciales del material	Por extrapolación del gráfico de tensiones. $M_f=20,7^{\circ}\text{C}$ ; $M_s= 26,8^{\circ}\text{C}$ ; $A_s=37,2^{\circ}\text{C}$ ; $A_f=47^{\circ}\text{C}$ .	<b>Flexinol de Dynalloy.</b> Diámetro: 0,4 mm. No especifica: velocidad de deformación; ratio térmico ni deformación máxima. Por corriente eléctrica. Ensayos a $49,9^{\circ}\text{C}$ ; $52,4^{\circ}\text{C}$ ; $56,6^{\circ}\text{C}$ ; $60,8^{\circ}\text{C}$ ; $63,5^{\circ}\text{C}$ ; $68,1^{\circ}\text{C}$ ; $69,9^{\circ}\text{C}$ .	$C_A=9,7 \text{ MPa}^{\circ}\text{C}$ ; $C_M=10 \text{ MPa}^{\circ}\text{C}$ ; $\sigma_s^{\text{CR}}=80 \text{ MPa}$ ; $\sigma_f^{\text{CR}}=155 \text{ MPa}$ $\epsilon_L= 0,058$ $E_M=33,1 \text{ GPa}$ $E_A=69,66 \text{ GPa}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentamiento por I.</li> <li>• Ensayos solo a <math>T&gt;A_f</math></li> <li>• No especifica el cálculo de los parámetros.</li> <li>• No hay gráficos comparativos con los modelos.</li> <li>• No especifica la implementación numérica.</li> </ul>
[PRA,2001]	Tanaka; Liang-Rogers y Brinson. (Voigt)*	<b>Si.</b> Deforman a bajas temperaturas y calientan por encima de $A_f$ . 20-30 ciclos.	Por DSC, por $\epsilon$ constante y $\sigma$ constante. $M_f=40,7^{\circ}\text{C}$ ; $M_s= 43,5^{\circ}\text{C}$ ; $A_s=52^{\circ}\text{C}$ ; $A_f=65^{\circ}\text{C}$ .	<b>Ni-Ti 51-49%. OWSME.</b> Diámetro: 0,381 mm. Velocidad de def: $5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Ratio térmico: $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Cámara térmica. Deformación máxima 5%. Ensayos a $35^{\circ}\text{C}$ ; $45^{\circ}\text{C}$ ; $65^{\circ}\text{C}$ ; $84^{\circ}\text{C}$ .	$C_A=8 \text{ MPa}^{\circ}\text{C}$ ; $C_M=12 \text{ MPa}^{\circ}\text{C}$ ; $\sigma_s^{\text{CR}}=138 \text{ MPa}$ ; $\sigma_f^{\text{CR}}=172 \text{ MPa}$ $\epsilon_L= 0,067$ $E_M$ y $E_A$ no se especifican	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No especifica condiciones del ciclado</li> <li>• No especifica el cálculo de los módulos de elasticidad.</li> <li>• No especifica la implementación numérica de los modelos.</li> </ul>

(\*) Sólo implementan los modelos suponiendo la combinación de Voigt para los módulos de elasticidad de la austenita y la martensita.

(TABLA Icontinuación)

<i>Autor Referencia</i>	<i>Modelo que verifican</i>	<i>¿ciclan? ¿procedimiento?</i>	<i>Determinación de temperaturas. Valores</i>	<i>Método del ensayo. Características. Aleación</i>	<i>Resultado de los parámetros</i>	<i>Observaciones. Simplificaciones. Diferencias</i>
[TAMA, 2001]	Tanaka con cambios para ciclos pulsantes	<b>No.</b>	Por DSC $M_f = -68,9^\circ\text{C}$ ; $M_s = -62,5^\circ\text{C}$ ; $A_s = -20^\circ\text{C}$ ; $A_f = 0^\circ\text{C}$ .	<b>Nitinol de Daido Steel.</b> Diámetro: 1,7 mm. Longitud: 200 mm y 90 mm entre mordazas y 10 mm extensómetro. Velocidad de def: 4 mm/min. Ratio térmico no se especifica. Control por infrarrojos Deformación máxima: variable. Ensayos monotónicos y pulsantes con T fija y deformación variable; deformación fija y T variable.	No especifica: $C_A$ y $C_M$ ; $\sigma_s^{CR}$ y $\sigma_f^C$ ni $\epsilon_L$ $\Delta\sigma_M = 22,1$ MPa $\Delta\sigma_A = 47,9$ MPa $E_M = E_A = 2,9 \cdot 10^4$ MPa $O = -1,6 \cdot 10^3$ MPa Especifica los parámetros de Tanaka $a_A, a_M, b_M$ y $b_A$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólo ensayos superelásticos.</li> <li>No especifica algunos parámetros.</li> <li>No especifica la implementación numérica.</li> </ul>
[PRA, 1999]	Brinson. (Voigt)*	<b>No queda claro.</b>	No especifica $M_f$ $M_s = 21^\circ\text{C}$ ; $A_s = 29,4^\circ\text{C}$ ; $A_f = 42^\circ\text{C}$ .	<b>Ni-Ti Dynalloy</b> Diámetro: 0,381 mm. Velocidad de def: 3,8 mm/min. Ratio térmico: $5^\circ\text{C}/\text{min}$ .; Calentamiento por I. Deformación máxima 6%. Ensayos a $23,9^\circ\text{C}$ ; $29,4^\circ\text{C}$ ; $43,3^\circ\text{C}$ ; $54,4^\circ\text{C}$ ; $71,1^\circ\text{C}$ ; $82,2^\circ\text{C}$ y Ensayos a $\sigma$ constante: 77,2 MPa y 103, 35 MPa. Ensayos a $\epsilon$ constante: 2%, 1,1%	$C_A = 10,15$ MPa/ $^\circ\text{C}$ ; $C_M = 12,68$ MPa/ $^\circ\text{C}$ ; $\sigma_s^{CR} = 137,8$ MPa; $\sigma_f^{CR} = 172,25$ MPa No especifica: $\epsilon_L$ ; $E_M$ ni $E_A$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los ensayos a <math>T &gt; M_s</math>.</li> <li>No especifican: ciclado; cálculo de <math>E</math>'s ni def. máxima recuperable.</li> <li>No especifica la implementación numérica de modelos.</li> <li>Sólo verifica Brinson.</li> </ul>

(TABLA I continuación)

<i>Autor Referencia</i>	<i>Modelo que verifican</i>	<i>¿ciclan? ¿procedimiento?</i>	<i>Determinación de temperaturas. Valores</i>	<i>Método del ensayo. Características. Aleación</i>	<i>Resultado de los parámetros</i>	<i>Observaciones. Simplificaciones. Diferencias</i>
[EPP,1997]	Tanaka; Liang- Rogers y Brinson. (Voigt)*	<b>Si.</b> Cargan con peso, retiran y calientan. Estabilización en ciclo 35.	Gráfico def-T a diferentes tensiones. $M_f=23,33^{\circ}\text{C}$ ; $M_s=26,67^{\circ}\text{C}$ ; $A_s=34,44^{\circ}\text{C}$ ; $A_f=48,33^{\circ}\text{C}$ .	<b>Ni-Ti Memry</b> Diámetro: 0,508 mm. No especifica: Velocidad de deformación ni Ratio térmico. Calentamiento por I. Deformación máxima 5%. Ensayos a $26,66^{\circ}\text{C}$ ; $37,77^{\circ}\text{C}$ ; $48,89^{\circ}\text{C}$ ; $60^{\circ}\text{C}$ ; $71,1^{\circ}\text{C}$	$C_A=C_M=6,48\text{ MPa}/^{\circ}\text{F}$ ; $\sigma_s^{\text{CR}}=137,8\text{ MPa}$ ; $\sigma_f^{\text{CR}}=186,03\text{ MPa}$ $\epsilon_L=0,06$ $E_M=23660,26\text{ MPa}$ $E_A=53997,5\text{ MPa}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los ensayos a <math>T &gt; M_s</math>.</li> <li>• Calentamiento por I.</li> <li>• No especifica la implementación numérica de los modelos.</li> <li>• Plastificación a altas T.</li> <li>• Suponen <math>C_A=C_M</math></li> <li>• Sólo verifica Brinson.</li> </ul>
[FOR, 1996]	Brinson modificado para el campo plástico	<b>No. A ROTURA.</b>	Por variación de E con T. $A_s=27^{\circ}\text{C}$ ; $A_f=38^{\circ}\text{C}$ . Las M's varían función del condicionado previo de probetas	<b>Ni 55%-Ti 45%</b> Diámetro: 0,66 mm. Velocidad de def: 0,1 mm/s. Ratio térmico no especificado. Cámara térmica. Deformación máxima rotura. Ensayos en todos los rangos de temperatura	$C_{Mf}=13,9\text{ MPA}/^{\circ}\text{C}$ $C_M=13,2\text{ MPA}/^{\circ}\text{C}$ ; $C_{Mf}^{\cdot}=-0,7\text{ MPA}/^{\circ}\text{C}$ $C_M^{\cdot}=-0,9\text{ MPA}/^{\circ}\text{C}$ $\epsilon_L=0,085$ $E_M=9,6\text{ GPa}$ $E_A=53\text{ GPa}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como es a rotura no da valores en descarga</li> <li>• Verificación especial para la modificación de Brinson en campo plástico.</li> </ul>

(TABLA I continuación)

<i>Autor Referencia</i>	<i>Modelo que verifican</i>	<i>¿ciclan? ¿procedimiento?</i>	<i>Determinación de temperaturas. Valores</i>	<i>Método del ensayo. Características. Aleación</i>	<i>Resultado de los parámetros</i>	<i>Observaciones. Simplificaciones. Diferencias</i>
[FOR, 1994]	Tanaka; Liang-Rogers y Brinson. (Voigt)*	<b>No. A ROTURA</b>	Resistividad. No hay gráfico. $M_f = -9^\circ\text{C}$ ; $M_s = -3^\circ\text{C}$ ; $A_s = 6^\circ\text{C}$ ; $A_f = 18^\circ\text{C}$ .	<b>Ni 55%-Ti 45%</b> Diámetro: 0,66 mm. No especifica la velocidad de deformación ni el ratio térmico. Cámara térmica y CO <sub>2</sub> . Deformación máxima rotura. Ensayos a todas las T's.	$C_M = 6,55 \text{ MPa}/^\circ\text{C}$ ; $C_M^- = -3,48 \text{ MPa}/^\circ\text{C}$ $\epsilon_L = 0,083$ $E_M/E_A = 5,83$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como es a rotura no hay valores en descarga</li> <li>• Supone todos los parámetros de los modelos CONSTANTES (D, O, T).</li> </ul>
[TOB, 1992] <sub>b</sub>	Tanaka modificado para ciclado con deformación plástica	<b>Si.</b> 100 veces a $T > A_f$ .	Gráfico def-T a diferentes tensiones. $M_f =$ no dice; $M_s = -43^\circ\text{C}$ ; $A_s = 32^\circ\text{C}$ ; $A_f$ no especificado.	<b>Ti-55,3wt%Ni Furukawa</b> Diámetro: 0,75 mm. HT 400°C 20 min templado aire Velocidad de def: 2%/min. Ratio térmico: 1,5°C/min. Cámara térmica. Deformación máxima 8%. Ensayos a diferentes temperaturas en RANGO SUPERELÁSTICO	$C_A = 6 \text{ MPa/K}$ $C_M = 4,5 \text{ MPa/K}$ ; No especifica: $\sigma_s^{CR}$ ; $\sigma_f^{CR}$ ni $\epsilon_L$ $O = -3,09 \text{ GPa}$ $E_M = E_A = 52,8 \text{ MPa}$ Especifica los parámetros de Tanaka.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supone todos los parámetros de los modelos CONSTANTES (D, O, T).</li> <li>• Sólo analiza régimen Superelástico.</li> <li>• Sólo Tanaka.</li> </ul>