

# CAPÍTULO 7

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1.- Conclusiones.

- La dureza máxima en una aleación de aluminio termotratable se puede predecir en función del intervalo de precipitación durante enfriamiento continuo.
- El comportamiento del envejecido de una aleación de aluminio tratada térmicamente depende de la velocidad a la que se enfría una pieza después de ser solubilizado, resultando en un ablandamiento cuando la velocidad decrece.
- La dureza máxima no se incrementa aunque aumente la velocidad de enfriamiento más allá de un cierto valor crítico (que para la aleación estudiada, es de alrededor de  $10\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ ).
- La máxima dureza después del envejecido es función de la temperatura a la que se lleva a cabo este tratamiento, teniendo que ésta decrece al aumentar la temperatura pero el tiempo para alcanzarla es menor.
- Es factible encontrar diagramas de precipitación durante el enfriamiento continuo en base a sus curvas de enfriamiento.

- Se puede encontrar el intervalo de tiempo en el que la aleación tiene oportunidad de precipitar durante el enfriamiento continuo, mediante un gráfico que involucra la velocidad de enfriamiento en función del tiempo o temperatura.
- Se puede encontrar la dureza máxima después del envejecido en función del intervalo de precipitación durante el enfriamiento continuo.
- El análisis de difracción de rayos X indica que el pico para los planos {311} se desplaza a valores mayores conforme el grado de precipitación aumenta, hasta alcanzar la dureza máxima, y después disminuye conforme la muestra sobrevejece.
- La microscopia electrónica de transmisión indica que el inicio de los precipitados tiene una red cúbica de caras centradas pasando a una hexagonal compacta conforme los precipitados crecen y después pasan de nuevo a cúbica centrada en las caras, pero con un parámetro de red mayor al ser incoherentes.
- El material precipitado (extruido, máxima dureza y sobrevejecido) tiende a localizar la deformación plástica, durante su compresión, en comparación con el sobresaturado.

## **7.2.- Recomendaciones.**

- Se recomienda trabajar con otras aleaciones de aluminio, como pueden ser las de las series 2000 y 7000, que son más susceptibles a la precipitación.
- Se deben definir otras trayectorias durante el enfriamiento como es el interrumpido.

- Conviene realizar los tratamientos de envejecido a otras temperaturas.
- Se deben realizar ensayos de compresión a velocidades intermedias a las realizadas en este trabajo, así como a otras temperaturas y a valores de deformación incrementales.
- Se debe analizar la textura de la muestra debido a que ésta parece influir directamente en la resistencia del material.
- Se debe analizar más a fondo la precipitación durante el envejecido, así como también la deformación plástica por medio de difracción de rayos X y microscopía electrónica de transmisión.

# REFERENCIAS

1. Metallurgy of the Light Metals, ( Light Alloys), I.J.Polmear, Edward Arnold, 1981.
2. Metals & Alloys in the Unified Numbering System, 4<sup>th</sup> de., Society of Automotive Engineers, 1986
3. American National Standard Alloy and Temper Designation Systems for Aluminum, PP/2650/988/11, Aluminum Association, Julio 1988
4. Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Prupose Materials, Tenth Edition, pags. 16-27, 1990.
5. R.W.Hains: Aliminio, 1984,11,5.
6. G.W. Lorimer. Precipitation in Aluminum Alloys. Joint University of Manchester, UMIST. Department of Metallurgy.
7. T Sheppard, Press quenching of aluminum alloys.Meterials Sience and Technology, juilo 1988, Vol 4.
8. The American Society for Testing and Materials, Estandar B 597 - 92, 1992
9. W. Bernhardt: Aluminum,1966,42,571
10. R.C.Fornerod: Rev.Metall., 1981, 2, 27
11. C.E.Bates, Quench Optimization for Aluminum Alloys, AFS Transaction.
12. C.R. Brooks, Heat Treatment, Structure and Propieties of Nonferrous Alloys, American Society for Metals. 1982.
13. H.K. Hardy, J. Inst. Met., Vol 79, 1951, p 321
14. Heat Treating of Nonferrous Alloys, ASM Handbook, Vol. 4. 1991
15. M. Avrami, J. Chem. Phys. 8, 177, 1941.

16. J.W. Chan, *Acta Metalúrgica*. 4, 449, 1956.
17. J.W. Christian, *The Teory of Phase Transformations in Metals and Alloys*, Part I, Pergamon Press, Oxford, 1975.
18. R.D. Doherty. *Phisical Metallurgy*, 3er de,Nort - Holland Physics Publ., Amsterdam 1983.
19. N. Ryum, *Compendium in Physical Metallurgy*, Trondheim, Norway, 1973.
20. W.A. Johnston, R.F. Mehl. *Trans. Am. Inst. Min. Metall. Eng.* 135,416, 1939.
21. H. Adrian, F.B. Pickering. *Mater. Sci. Tech.* 7, 176, 1991.
22. J. Strid, K.E. Easterling. *Acta Metall.* 33, 2057, 1985.
23. O. Grong. *Fundamentals of Welding Metallurgy*, Cap 4, *Precipitate Stability in Welding*, 1993.
24. D.A. Porter, K.E. Easterling. *Phase Transformation in Metals and Alloys*. Wokingham, 1981.
25. M.E. Fine. *Phase Transformation in Condensed Systems*. The Mcmillan Company, New York. 1964.
26. D.H. Bratland, O.Grong, H. Shercliff. *Modelling of Precipitation Reactions in Industrial Processing*. *Acta Metallurgica*, Vol 45, 1997.
27. G.W. Lorimer, R.B. Nicholson. *The Nucleation of Precipitates in Aluminum Alloys*. University of Manchester. 36. 1968.
28. I.S. Servi, D. Turnbul. *Acta Metallurgica*. 14. 161. 1966.
29. A.J. Ardell, R.B. Nicholson. *Acta Metallurgica*. 14. 1295. 1966.
30. G.W. Lorimer. *Precipitation Process in Solidus*. Met. Soc. AIME, New York, 1978, Cap. 3.

31. A. Kelly, R.B. Nicholson. Precipitation Hardening, Progress in Materials Science, Vol. 10, Pergamon, London, 1963.
32. A. Kelly, R.B. Nicholson. Progress Mat. Sci. 10. 151. 1963.
33. M.L. Gayler. J.Inst. Metals. 28. 213. 1922.
34. G. Thomas. The Ageing Characteristics of Aluminum Alloys. TEM Studies of Al - Mg - Si Alloys. J. Inst. Of Metals 90, 57 - 63. 1961.
35. M.H. Jacobs. The structure of the Metaestable Precipitates Formed During Ageing of an Al - Mg - Si Alloy. Phil. Mag. 26, 1 - 13. 1972.
36. J.L. Lynch, L.M. Brown, M.H. Jacobs. Microanalysis of Age - Hardening Precipitates in Aluminum Alloys. Acta Metallurgica. 30, 1389 - 1395, 1982.
37. H. Westengen, N. Ryum. Precipitation Reactions in an Aluminum 1 wt% Mg<sub>2</sub>Si Alloys. Z. Metallkde. 70, 528 - 535, 1979.
38. A.K. Gupta, D.J: Lloyd. The Precipitation in a Super Purity Al - Mg - Si Alloy. Proc. ICAA3, Vol II, Trondheim, 21 - 25, 1992.
39. K. Matsuda, Y. Uetani, H. Anada, S. Tada. HRTEM Observation of Precipitates in Al - Mg - Si Alloys. Proc. ICAA3, Vol. I, Trondheim, 272 - 277, 1992.
40. T. Sacurai, T Esto. Effect of Cu Addition on the Mechanical Properties of Al - Mg - Si Alloys. Proc. ICAA3, Vol. I, Trondheim, 208 - 213, 1992.
41. J.W. Martin. Precipitation Hardening, Pergamon Press, Oxford, 1968.
42. B. Jaramillo, M. Cisneros, S Valtierra. Identificación de Precipitados por Microscopía Electrónica de Transmisión en una aleación de Aluminio A319 Tratada Térmicamente. Instituto Tecnológico de Saltillo y Nemak S. A.
43. Thomas, G; J. Inst. Metals, 1961, Vol. 90.

44. Jacobs, M.H; Phil. Mag; 1972, Vol. 26.
45. D.M. Jiang, B.D. Hong, T.C. Lei. Influence of aging condition on tensile and fatigue fracture behaviour of aluminum alloy 6063. Materials Science and Technology, Vol. 7. 1991.
46. O. Lone, A.L. Dons. Quench Sensitivity in AlMgSi Alloys Containing Mn or Cr. Scand. J. Metallurgy 12, 34 - 36, 1983.
47. A. Wilm. Metallurgie, 8 ,225, 1911.
48. P.D. Merica, R.G. Waltenberg, H. Scott. Trans. AIME, 64, 41, 1920.
49. N.F. Mott, F.R. Nabarro. Phys. Soc. 52, 86. 1940.
50. E. Orowan. Sympo. On Internal Stress in Metals and Alloys. The Institute of Metals London, 451. 1948.
51. A.H. Geslerain. Phase Transformation in Solidus. Wiley. New York. 1951.
52. J.B. Newkirk. Precipitation from Solid Solution. Am. Soc. Metals Park. Ohio. 1959.
53. L.M. Brown, R.K. Ham. Strengthening Methods in Crystals. Cap. 2. Elsevier. Amsterdam. 1971.
54. F.R. Nabarro. Theory of Crystal Dislocation. Oxford Univ. Press. 1967.
55. J. Friedel. Dislocations. Pergamon Press. London. 1964.
56. J.W. Martin. Micromechanisms in Particle - Hardened Alloys. Cambridge Solid State Science Series. Cambridge Univ. Press. 1980.
57. E.A. Starke Jr. Materials Science. Engg 29. 99. 1977.
58. T.H. Sanders Jr. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. Aluminum Lithium Alloys. Stone Mountain. Ga. 1980.
59. E.A. Starke Jr. Materials Science. Engg 29. 40. 1977.

60. A.R. Buchner, W.Z. Pitsch. *Metallkunde*. 76. 651.1985.
61. N.S. Stoloff, R.G. Davies. *Progress in Materials Science*. Pergamon Press. New York. Vol. 13. 1966.
62. J.C. Fischer. *Acta Metallurgica*. 2. 9. 1954.
63. P.M. Kelly. *Int. Metals Review*. 18. 31. 1973.
64. M.F. Ashby. *Electron Microscopy and Strength of Crystals*. Interscience Publishers. New York. 891. 1963.
65. J.C. Fisher, E.W. Hart, R.H. Pry. *Acta Metallurgica*. 1. 336. 1953
66. P.M. Kelly. *Scripta Metallurgica*. 6. 647. 1972.
67. S.J. Donachie, P.S. Gilman. *Aluminum - Lithium Alloys II*. Proc. Of the Second Int. Conf. On Aluminum Lithium Alloys. The Metallurgical Society of AIME. New York. 527. 1984.
68. , P.S. Gilman. *Aluminum - Lithium Alloys II*. The Metallurgical Society of AIME. Warrendale. PA. 485. 1984.
69. J.D. Verhoeven. *Fundamentals of Physical Metallurgy*. Wiley.1975.
70. T. Sheppard. *Press quenching of aluminum alloys*. *Materials Science and Technology*. Vol 4. 1988.
71. D. Marchive, R. Dechamps. *Rev. Alum*. 489. 37. 1979.
72. M. Renouard. *Mem. Sci. Rev. Metall*. 56. 517. 1979.
73. W.L. Fink, L.A. Willey. *Trans. AIME*. Vol 175. 414. 1948.
74. D.V. Gulati, J. Crane, W.C. Setzer. *Proc. 2nd Int. Tech. Sem on Aluminum Extrusion*. Vol 1. 249. 1977.
75. J.W. Christian. *The Theory of Transformation in Metals and Alloys*. Part I. Oxford. Pergamon Press. 1975.



76. I. Servi, D. Turnbull. *Acta Metallurgica*. 14. 167. 1966.
77. J.W. Evancho, J.T. Staley. *Metallurgical Transactions*. 5, 43-48. 1974.
78. D.S. Thompson, B.S. Subramanya, S.A. Levy. *Metallurgical Transaction*. 4. 1149. 1973.
79. P. Fiorini, M. Conserva. *Alluminio*. 41. 544. 1972.
80. P. Fiorini, M. Conserva. *Metallurgical Transactions*. 4. 857. 1973.
81. R.B. McAlevy. *Interrupted Quenching and Isothermal Treatment of Aluminum Alloy 2024*. Tesis. Pennsylvania State Uni. 1965.
82. J.T. Staley. *Prediction of Corrosion of 2024 - Ta from Quench Curves and The C Curve*. Report. 13-69-HQ28. Alcoa Laboratories. Alcoa Center. Pa. 1969.
83. H.Y. Hunsicker. *Aluminum*. American Society for Metals. Metals Park. Ohio. 140. 1967.
84. *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special - Purpose Materials*. ASM Handbook. Vol 2. 103. 1991.
85. J.W. Edington. *Practical Electron Microscopy in Materials Science*. Inglaterra N.T.H. 1976.
86. M.G. Palafox. *Modelación de la carburización y temple en aceros*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1996.
87. J.C.Morales. *Mecanismos de nucleación y crecimiento de Ferrita en fronteras de grano austenítico y su aplicación en el cálculo del tamaño de grano resultante en acero de bajo carbono laminados en caliente*. Tesis doctoral. 1995
88. A. Considere, *Ann. Ponts Chaus.*, 6 (1885) 574.

89. J.J. Jonas, R.A. Holt y C.E. Coleman, *Acta Metall.*, 24 (1976) 911.
90. R. Colas y A. Grinberg, *Mater.Sci. Eng.*, A112 (1989) 49.
91. A.S. Argon en Reed Hill, *The Inhomogeneity of Plastic Deformation*, American Society for Metals. Metals Park OH, 1993, 161.
92. A. van den Beukel, *Phis. Status Solidi A*, 30 (1975) 197.
93. J.D. Evensen, N. Ryum y J.D. Embury, *Mater. Sci. Eng.*, 18 (1975) 221.
94. B. Andersson, *Mem. Sci. Rev. Metall.*, 77 (1980) 193.

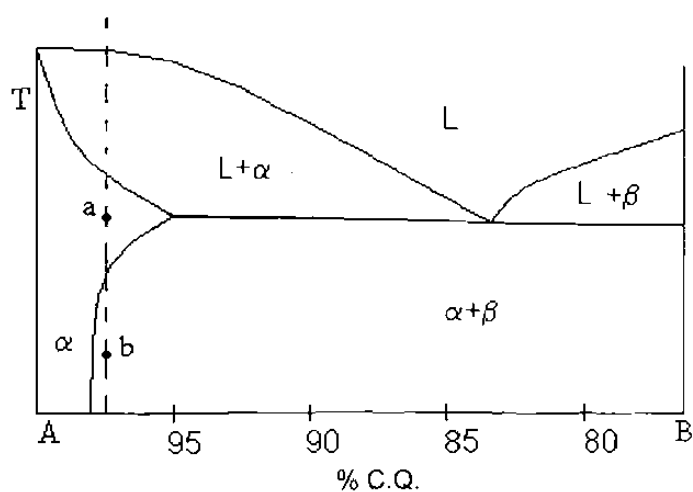


Figura 3.1.- Diagrama de metales parcialmente solubles en estado sólido.

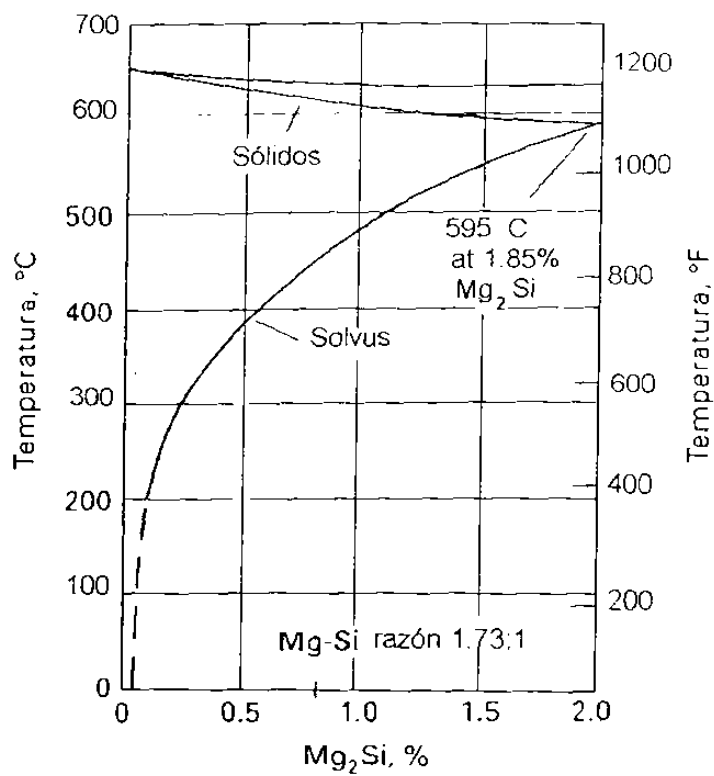


Figura 3.2.- Diagrama Seudobinario de Aluminio-Silisuro de Magnesio.

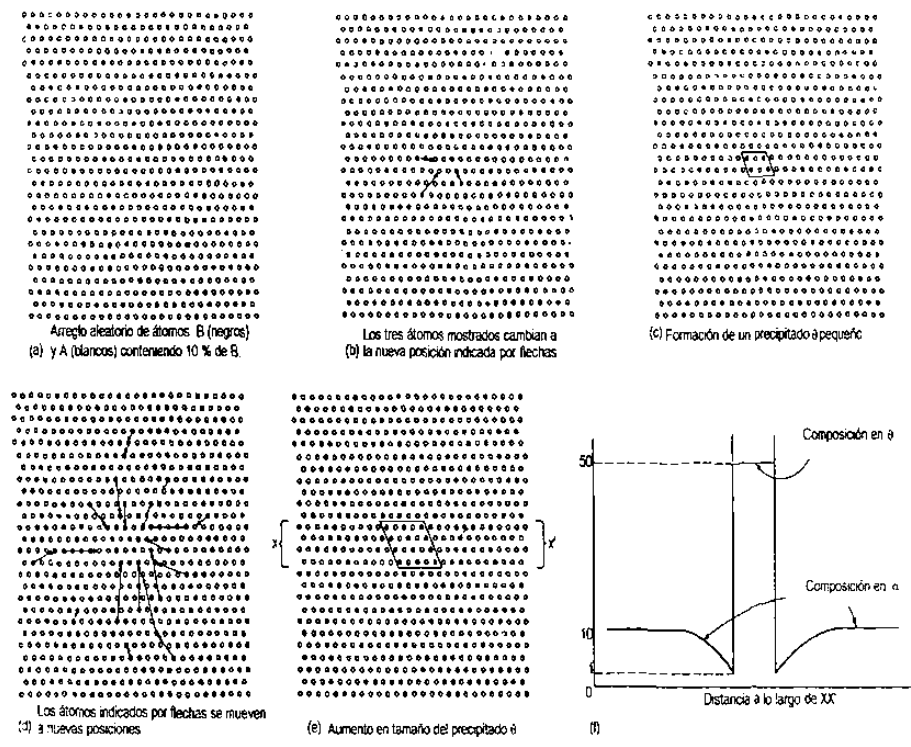


Figura 3.3.- Crecimiento de un precipitado

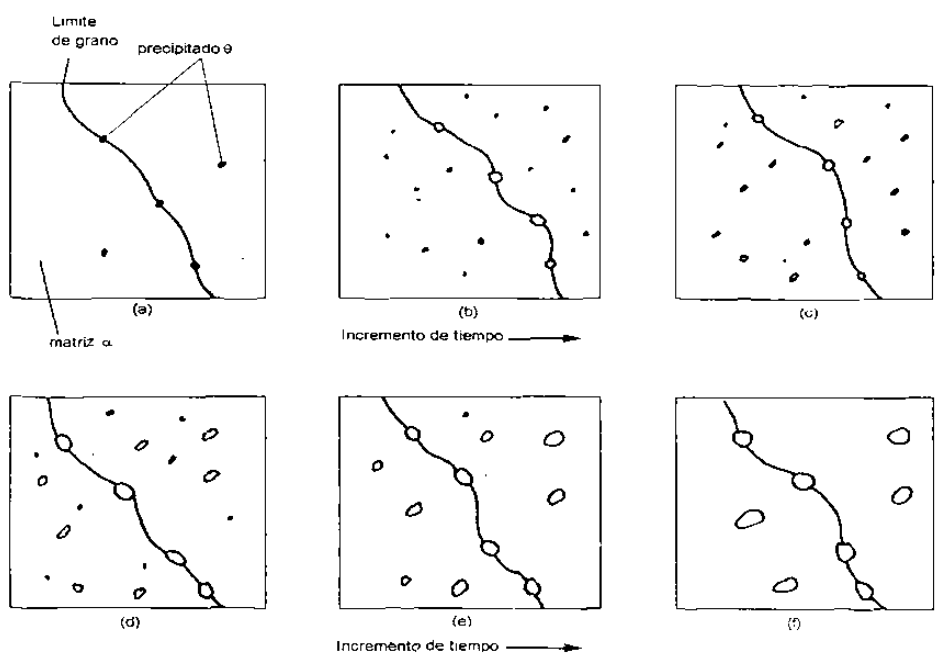


Figura 3.4.- Crecimiento de un precipitado en función del tiempo a una temperatura dada.

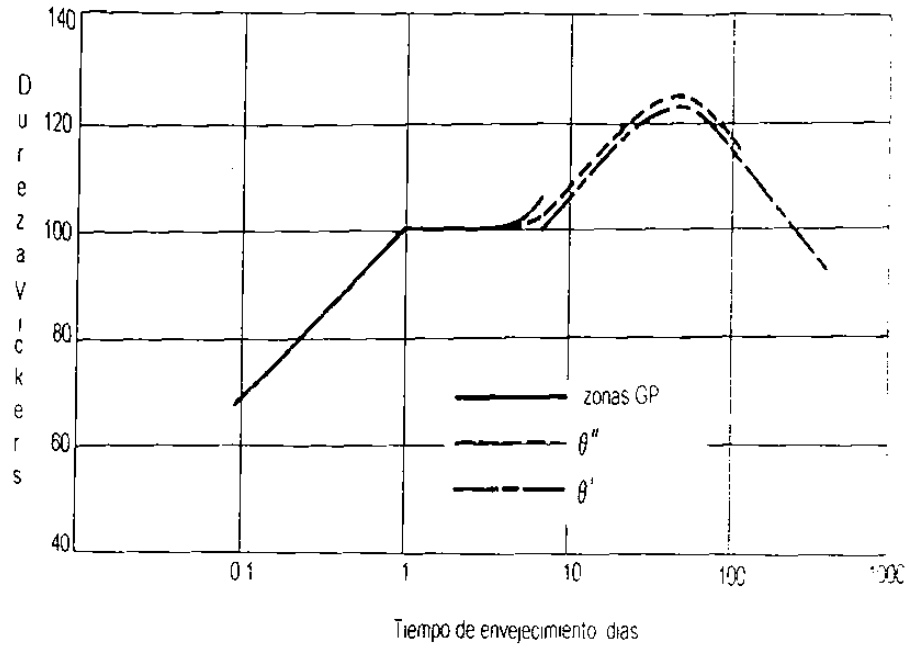


Figura 3.5 Aumento de resistencia en función del tiempo a una temperatura dada.

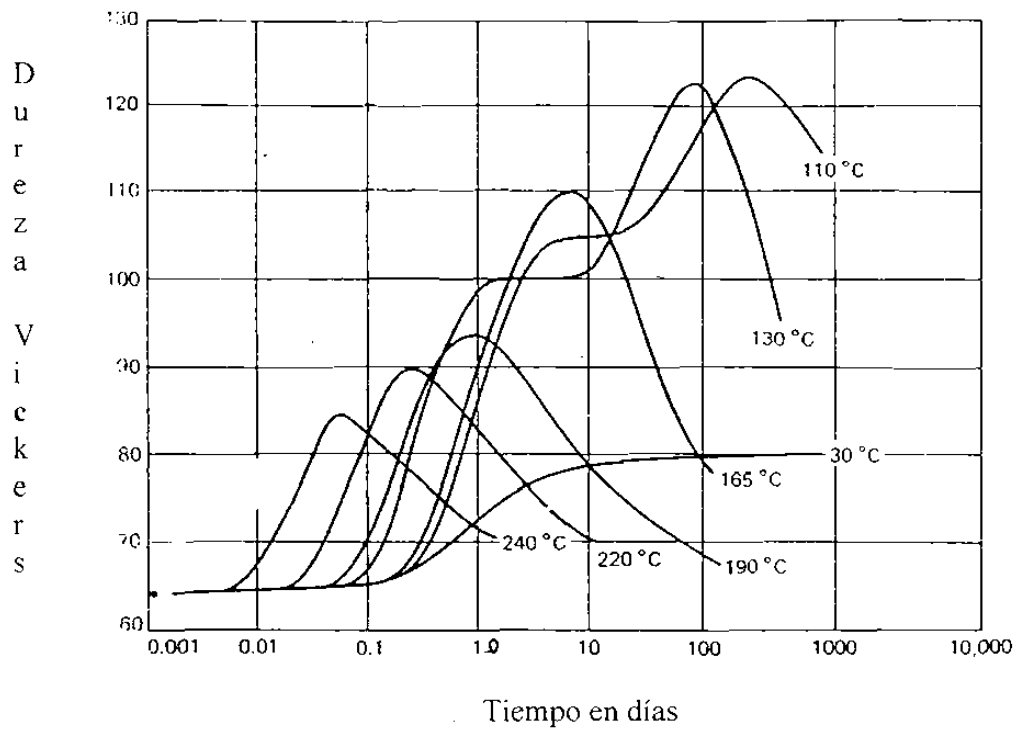
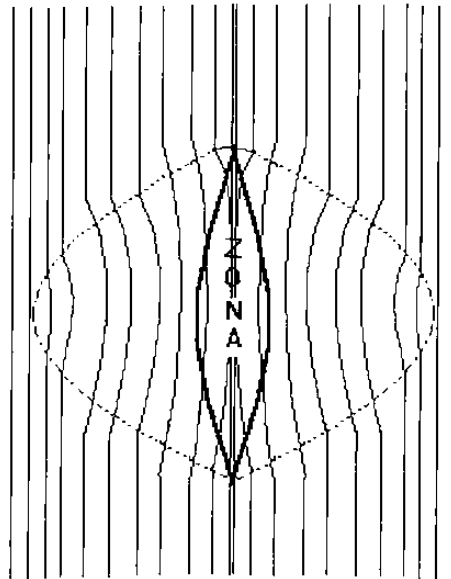


Figura 3.6.- Respuesta al tratamiento de envejecido artificial en función de la temperatura y el tiempo.



### Planos de la Matriz

Figura 3.7. - Representación de la distorsión de los planos de la red de la matriz cerca de la zona coherente GP.

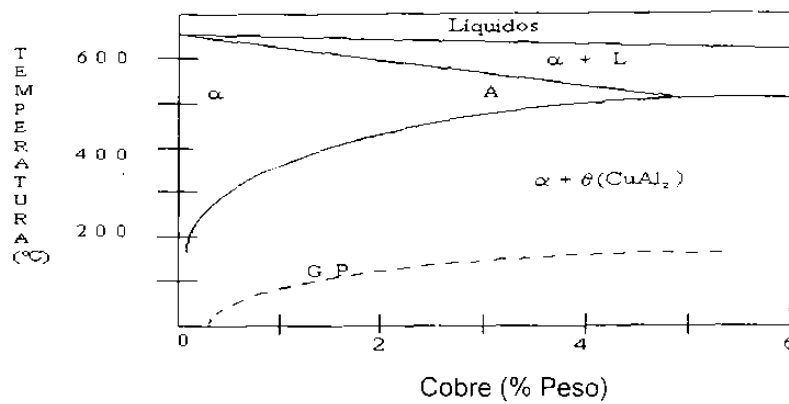


Figura 3.8.- Sección del diagrama de la fase eutéctica de Al-Cu. La solubilidad de las zonas GP se muestra también.

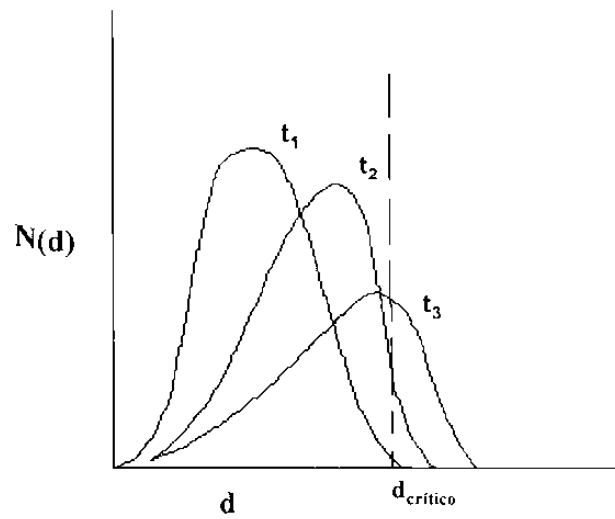


Figura 3.9. - Representación de la variación de la distribución de las zonas GP con tiempo de envejecido ( $t_1 < t_2 < t_3$ ).

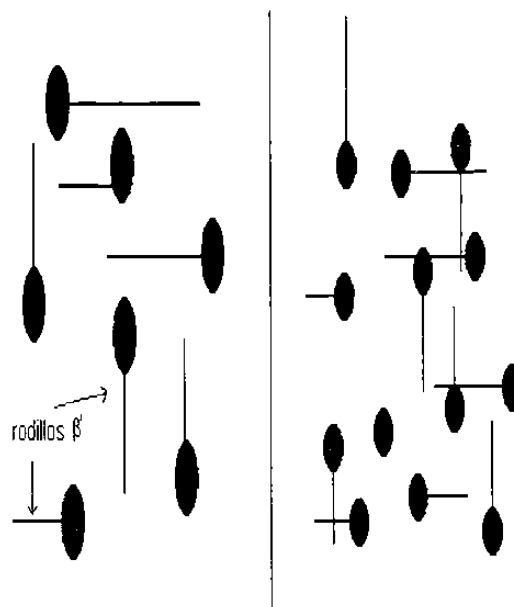


Figura 3.10.- Representación de la nucleación de precipitados sobre partículas preexistentes.

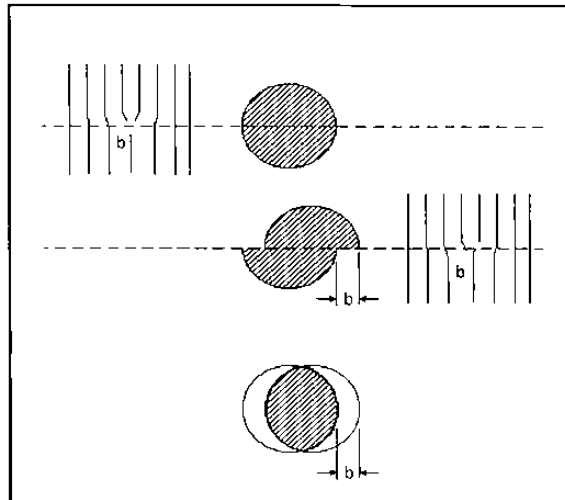


Figura 3.11. - Representación esquemática de una zona GP cortada por una dislocación.

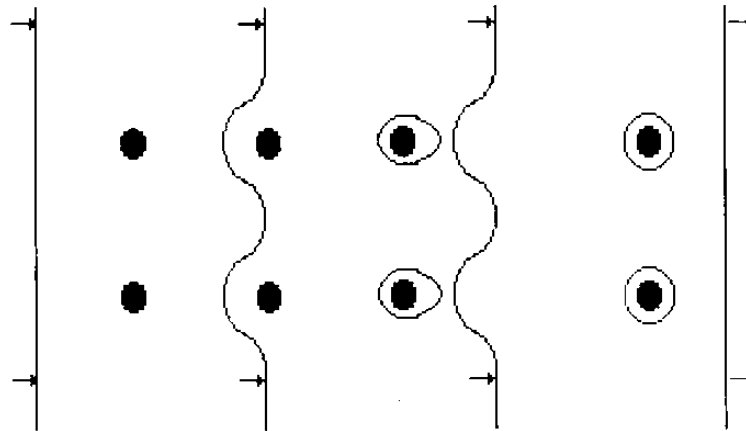


Figura 3.12. - Representación esquemática de una dislocación pasando a través de precipitados incoherentes.



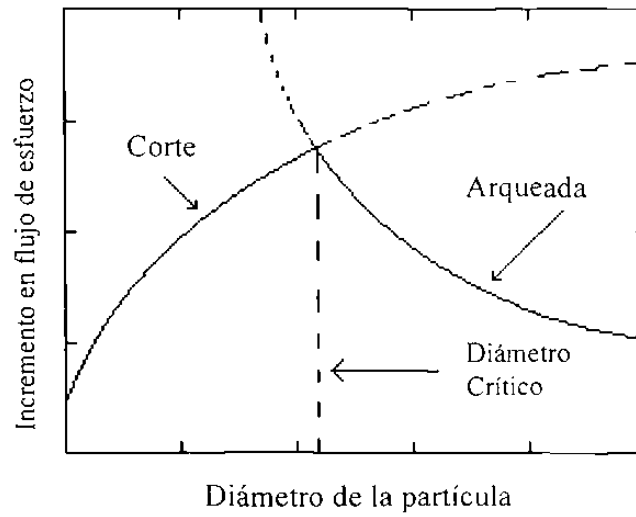


Figura 3.13. - Representación esquemática de la variación del esfuerzo de fluencia con respecto al diámetro del precipitado para el mecanismo de corte y de flexión.

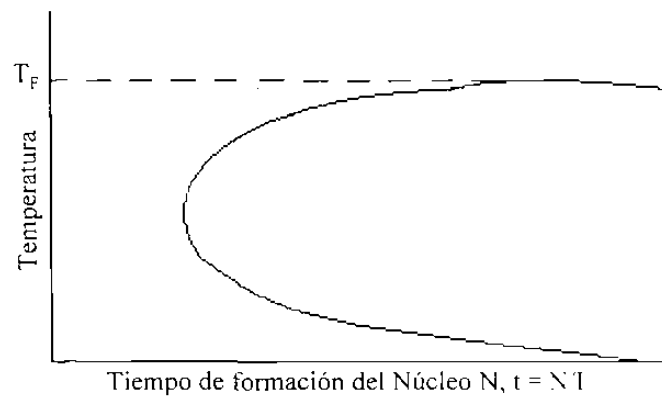


Figura 3.14. - Variación de la temperatura y el tiempo para precipitar una cantidad constante de soluto.

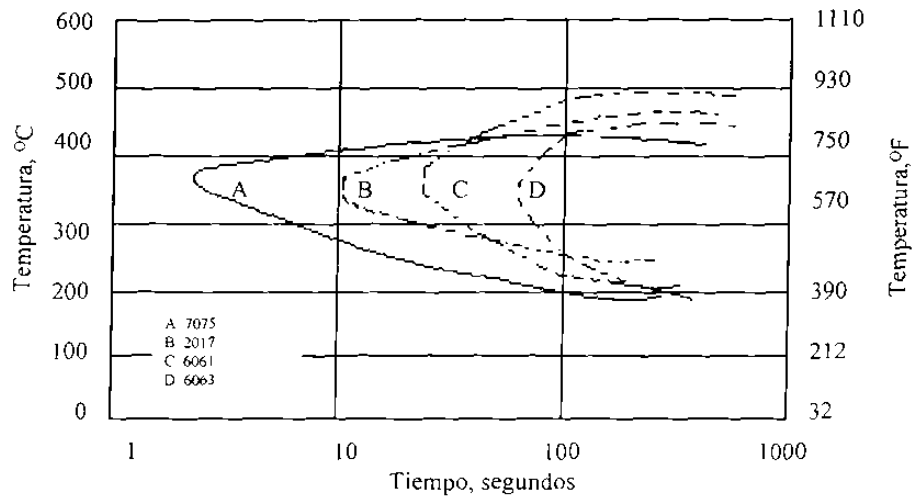


Figura 3.15.- Curvas C, temperatura, tiempo, propiedades a 95 % del esfuerzo máximo para varias aleaciones.

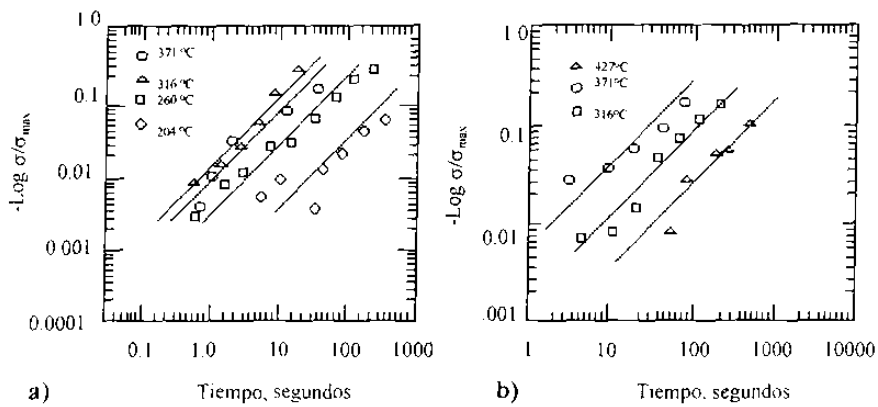


Figura 3.16. - Relación del esfuerzo respecto al máximo alcanzable en función del tiempo isotérmico para una aleación a) 7075-T6, b) 2024-T4.

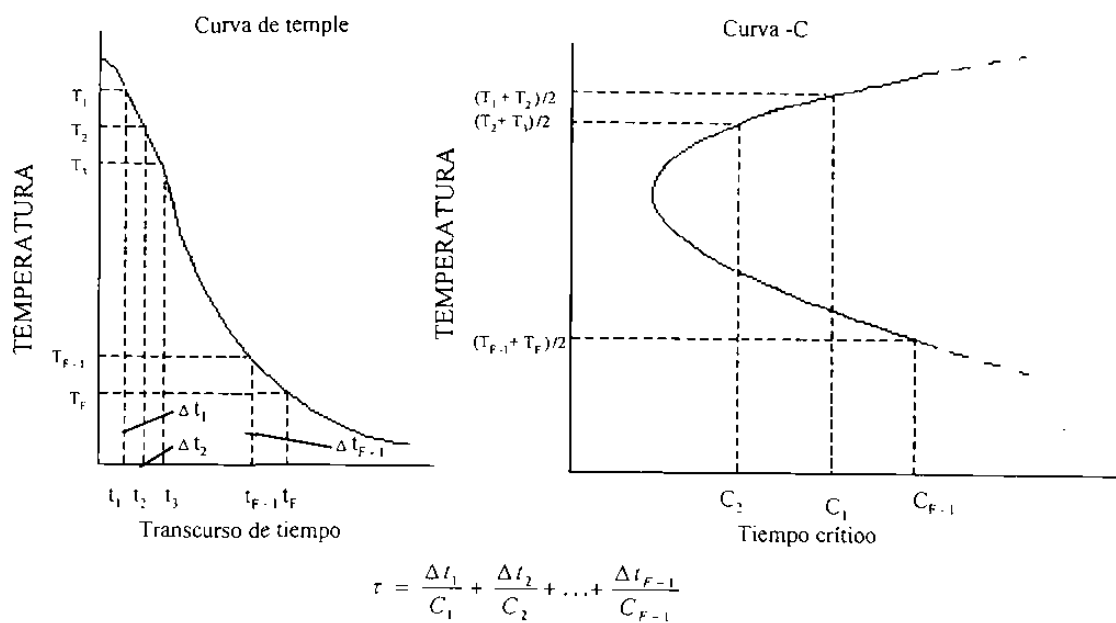
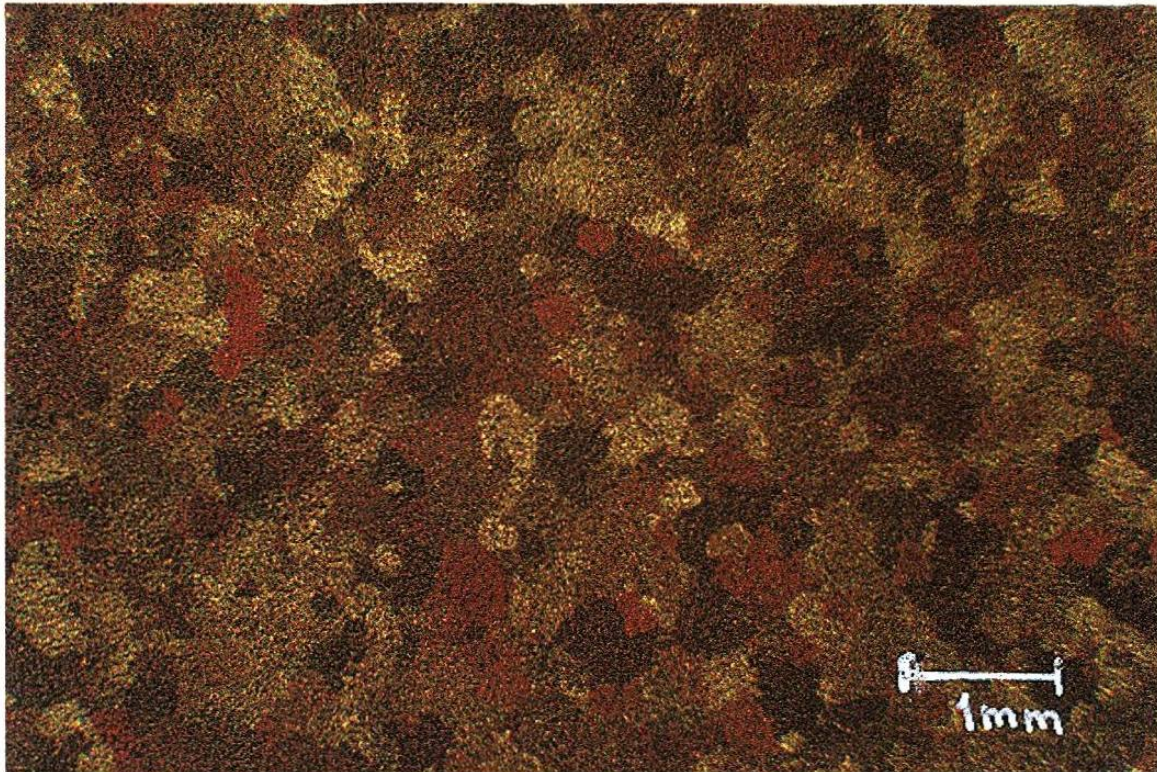


Figura 3.17. - Método para determinar el factor de rapidez ( $\tau$ ) usando la curva de enfriamiento y la curva C.



a)



b)

Figura 4.1. – Microestructura de una aleación de aluminio 6063 extruida en dirección: a) normal, b)longitudinal al extruido

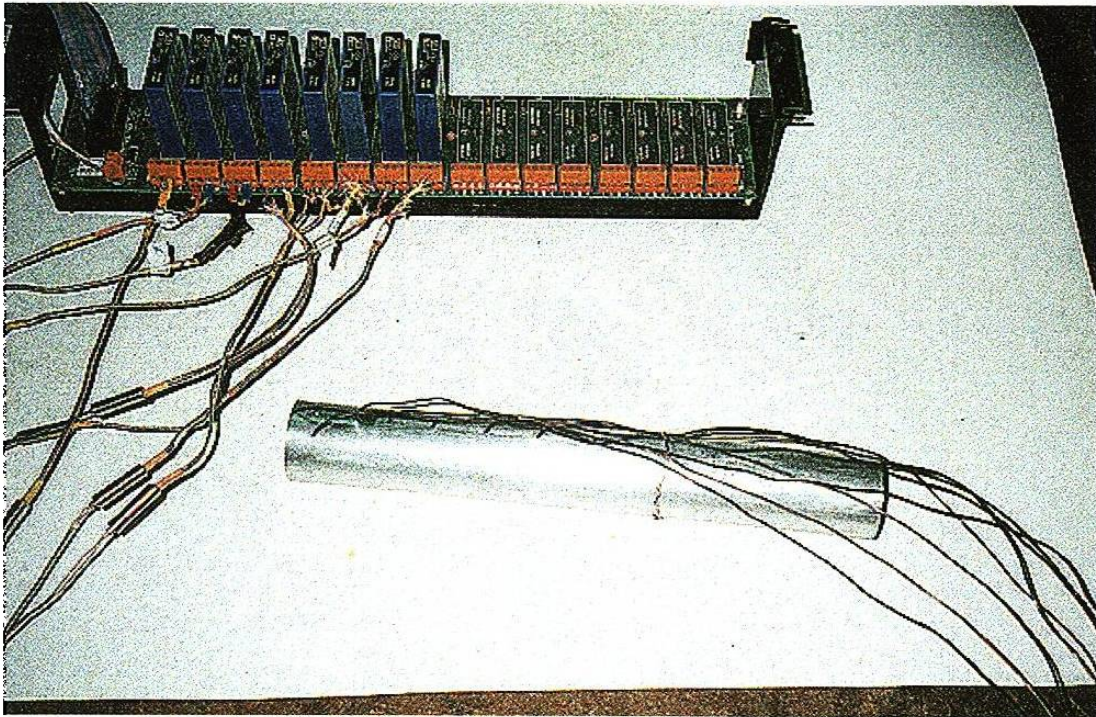


Figura 4.2. – Colocación de los termopares en la muestra y tarjetas transductoras.

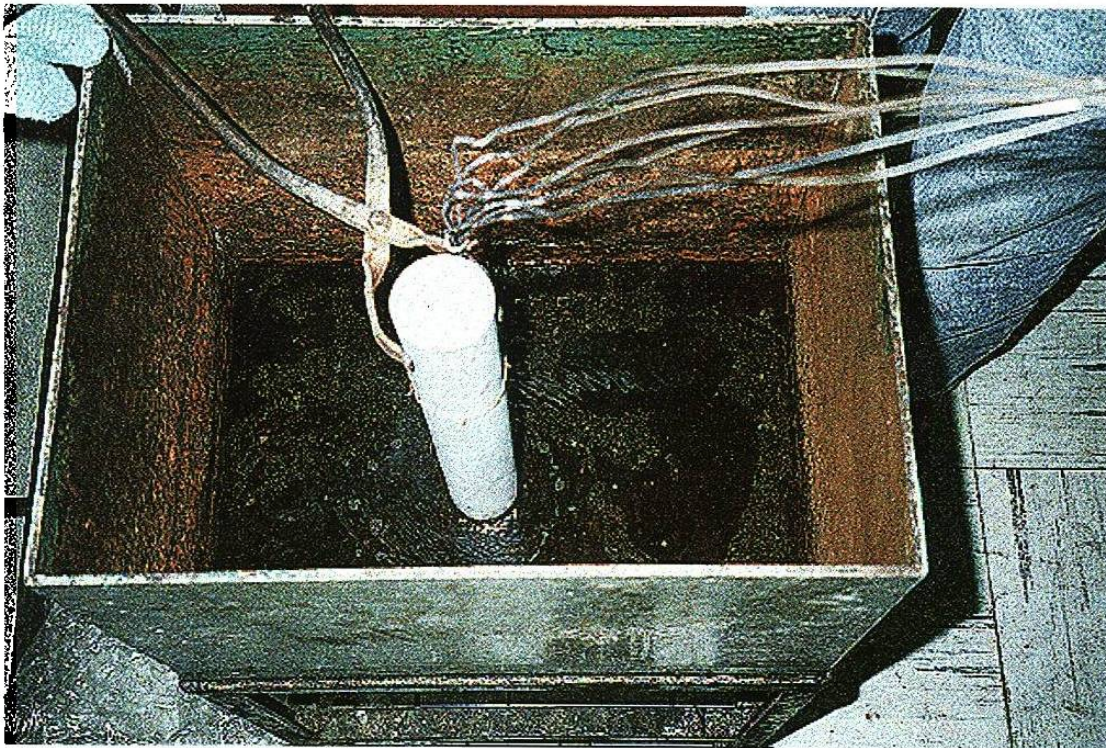


Figura 4.3. –Vista de la muestra durant el enfriamiento rápido.

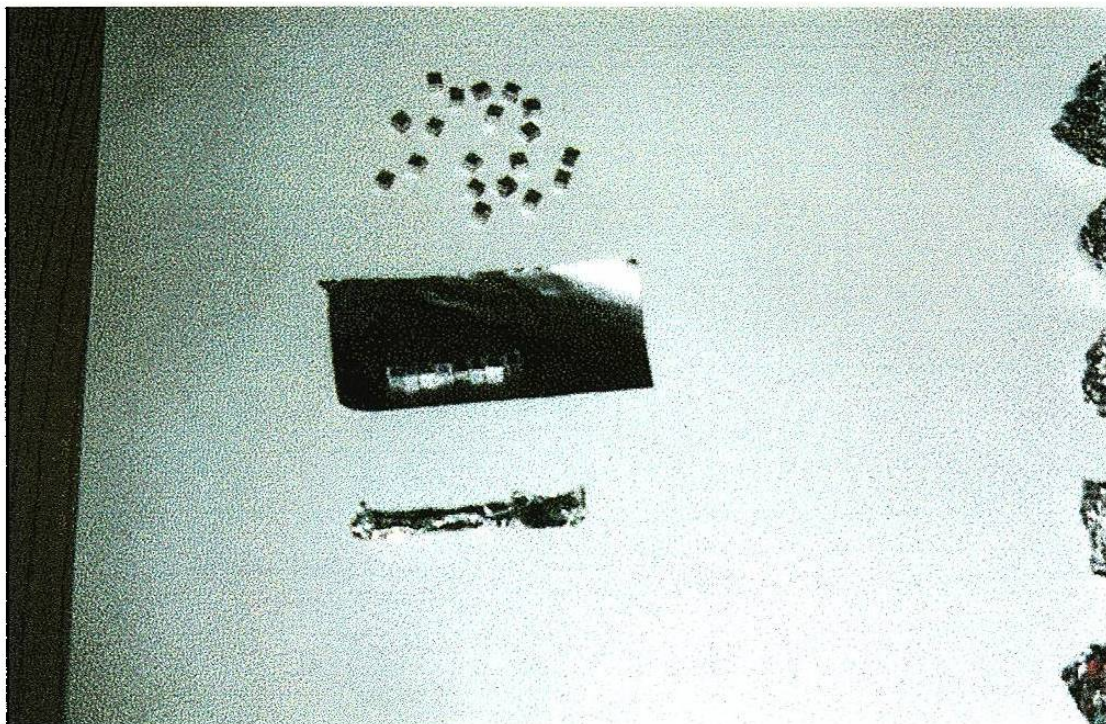


Figura 4.4. – Empaquetado de muestra para el tratamiento de envejecimiento artificial.

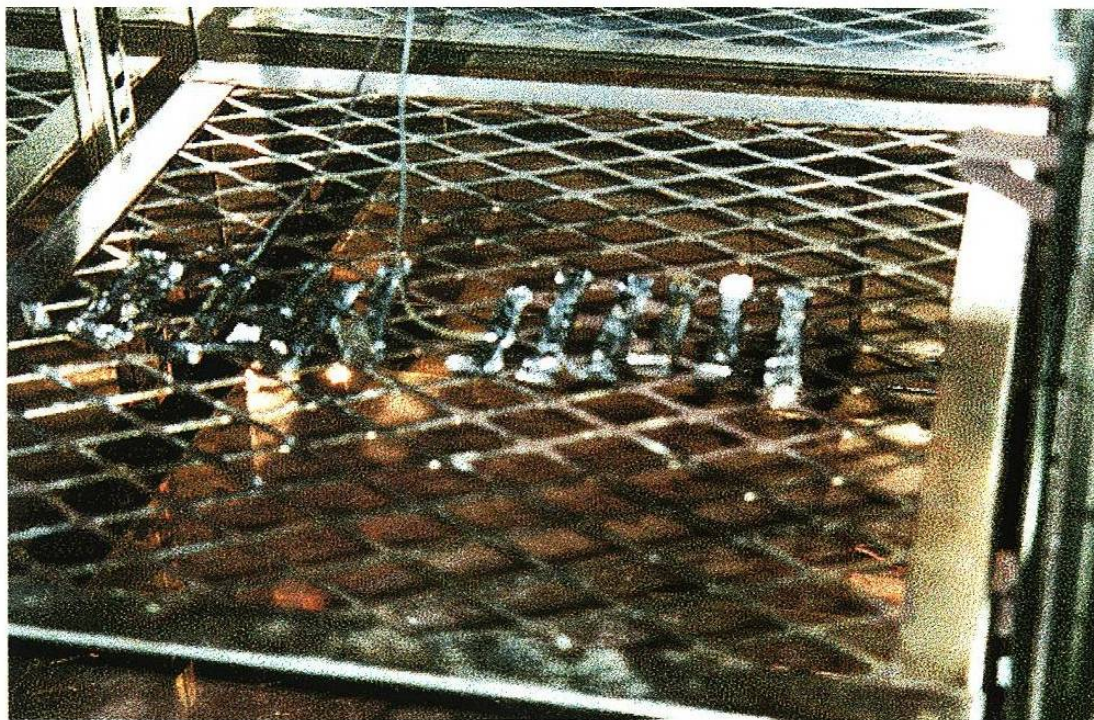


Figura 4.5. – Colocación de las muestras en la estufa para realizar el tratamiento de envejecimiento artificial.

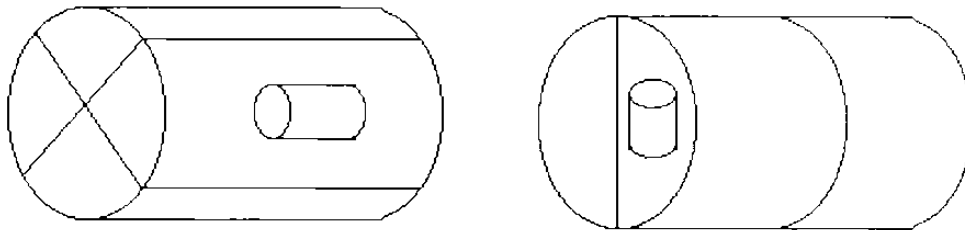


Figura 4.6. - Sección de la barra doble donde se muestra la posición longitudinal y transversal para la obtención de las muestras de compresión.

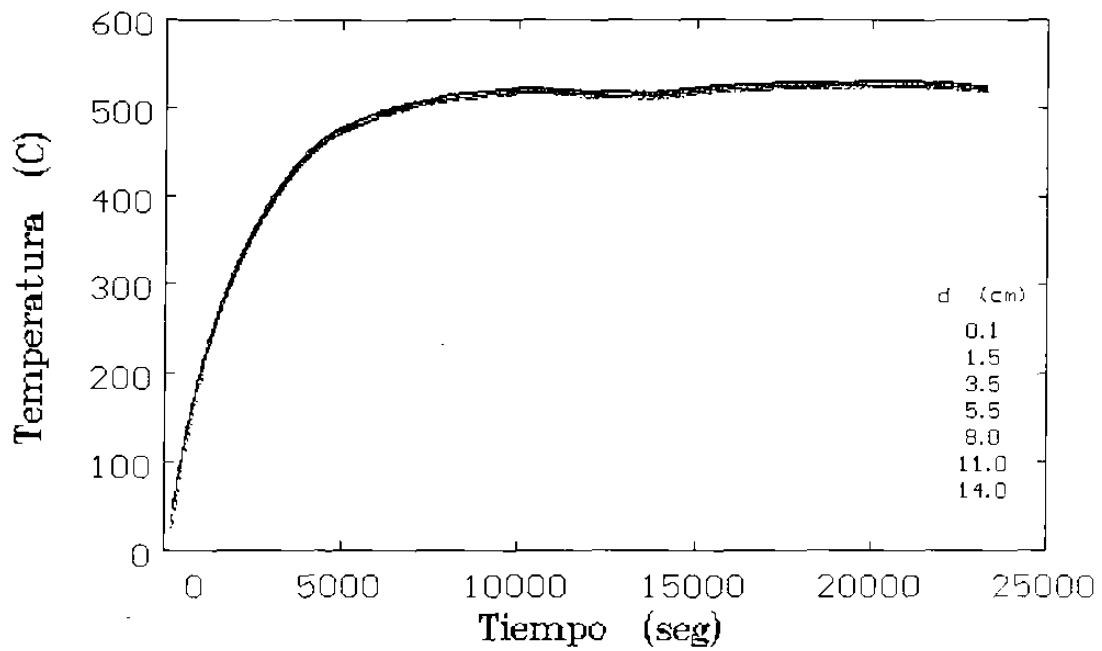


Figura 5.1. - Evolución térmica en las 8 secciones durante el tratamiento de solubilizado a 520 °C.

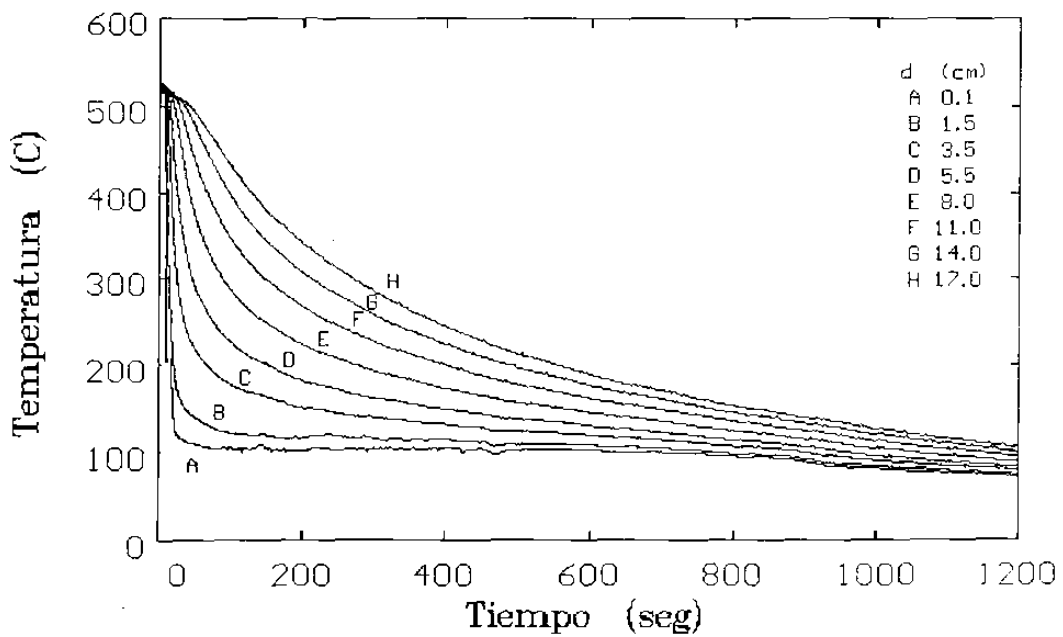


Figura 5.2. - Evolución térmica de las 8 secciones durante el tratamiento de enfriamiento.



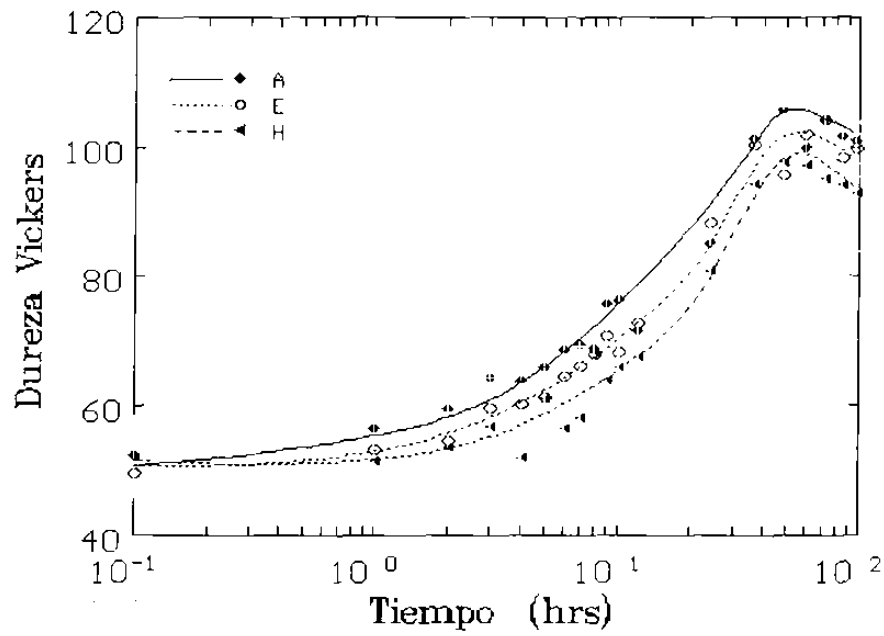


Figura 5.3. - Curvas de envejecimiento artificial a 130 °C en 3 muestras enfriadas a diferentes velocidades.

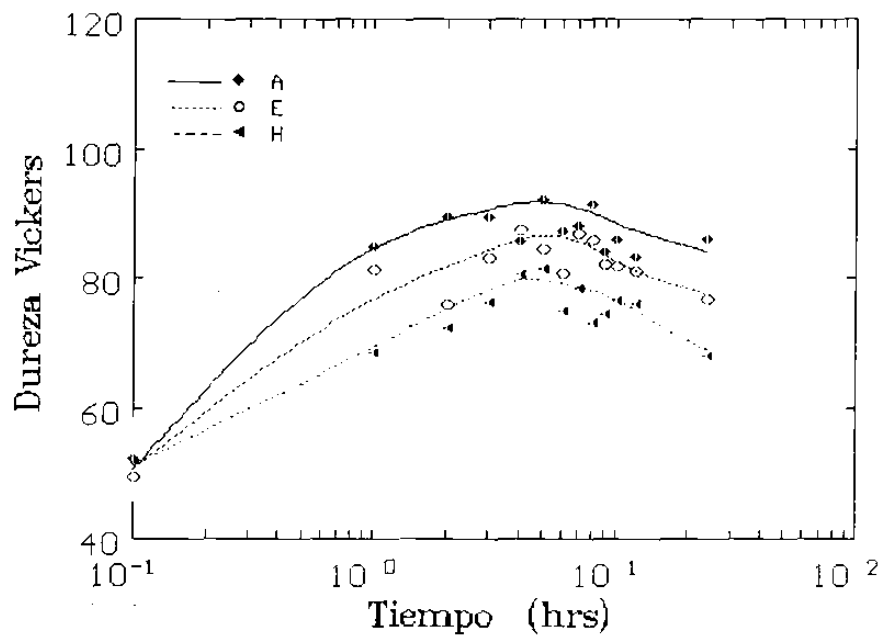


Figura 5.4. - Curvas de envejecido artificial a 180 °C en tres muestras enfriadas a diferentes velocidades.

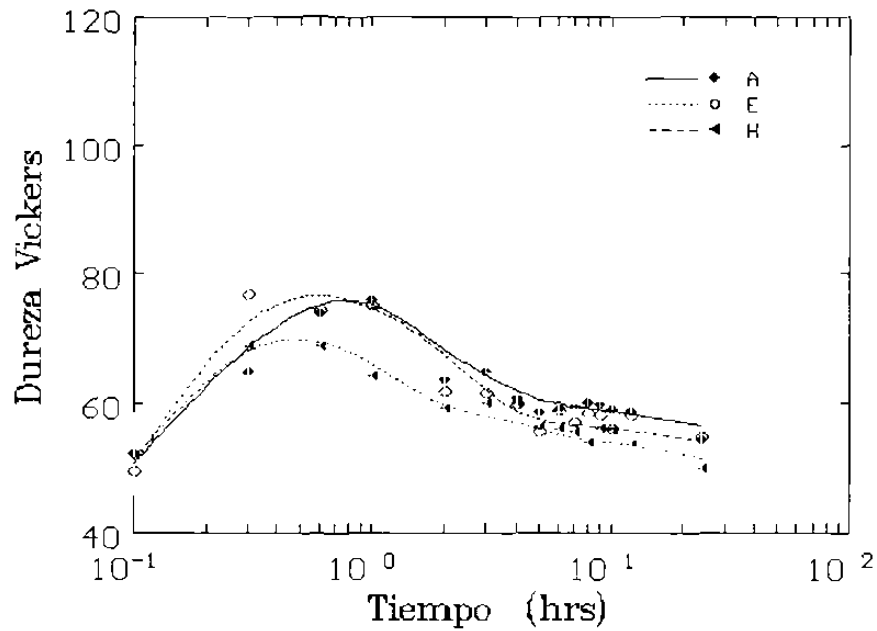


Figura 5.5. - Curvas de envejecido artificial a 230 °C en tres muestras enfriadas a diferentes velocidades.

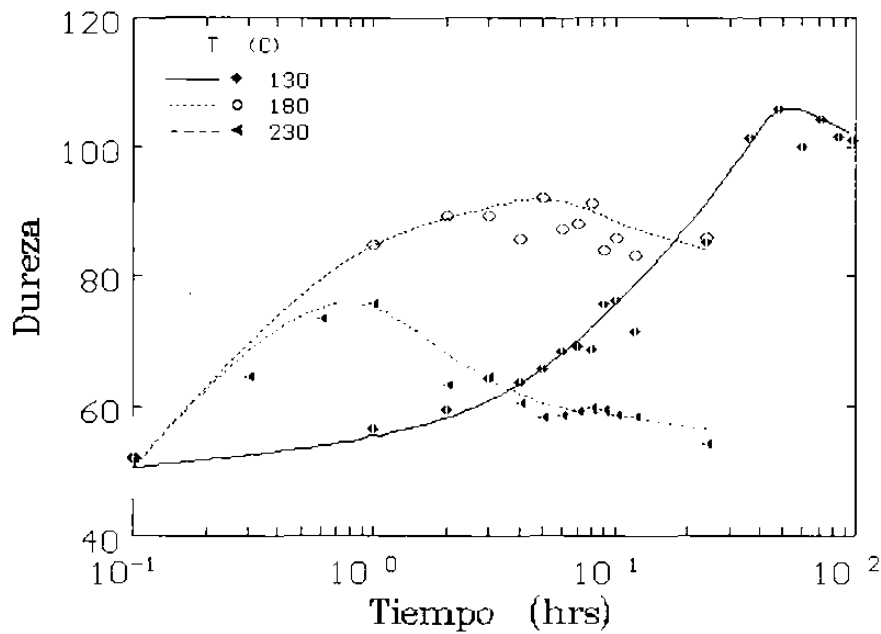
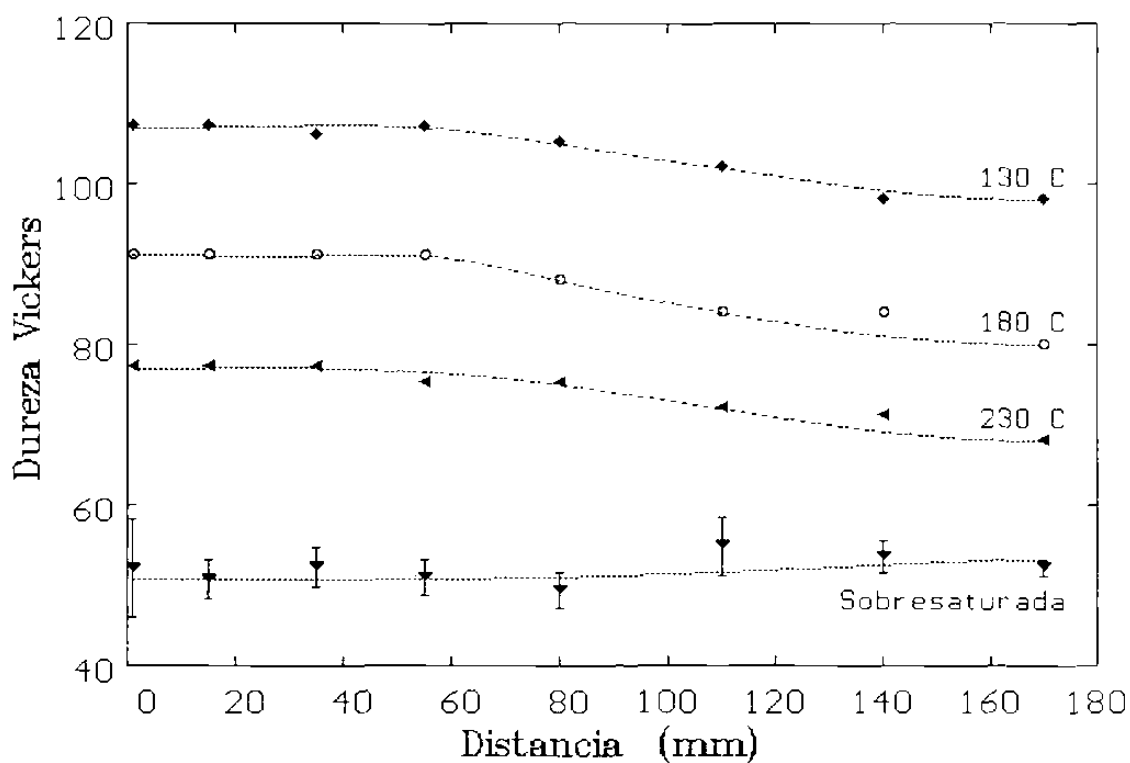
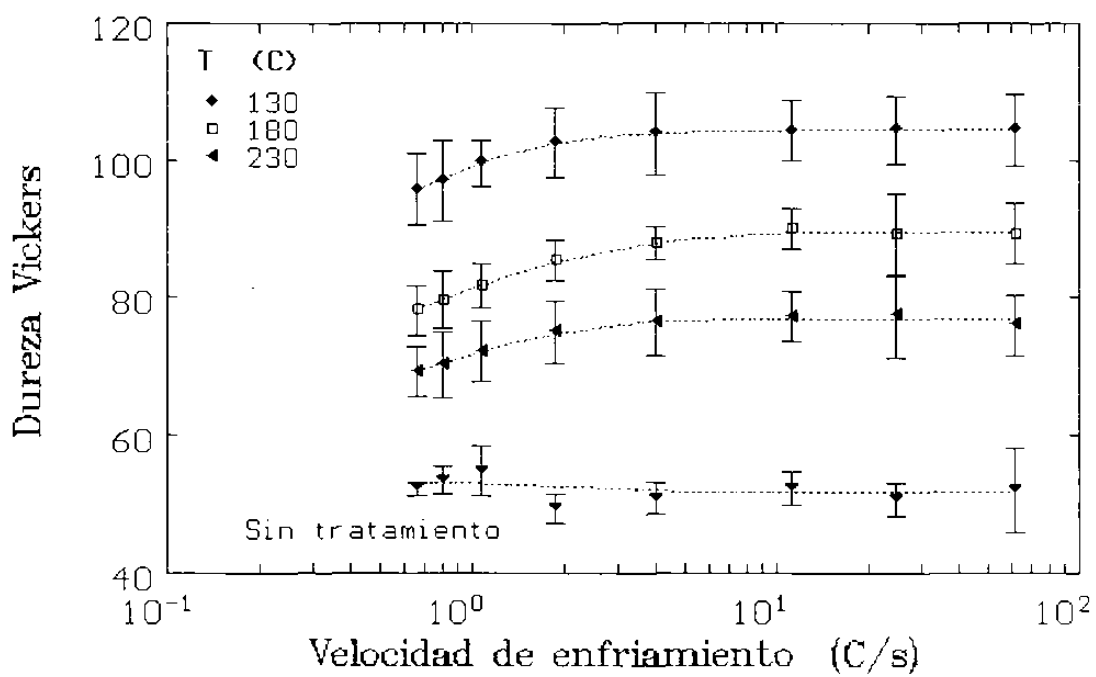


Figura 5.6. - Curvas de envejecido artificial de una misma muestra sometida a tres temperaturas (130, 180, 230 °C).



A)



B)

Figura 5.7.- Variación de la dureza máxima en función A) de la distancia, B) de la velocidad de enfriamiento.

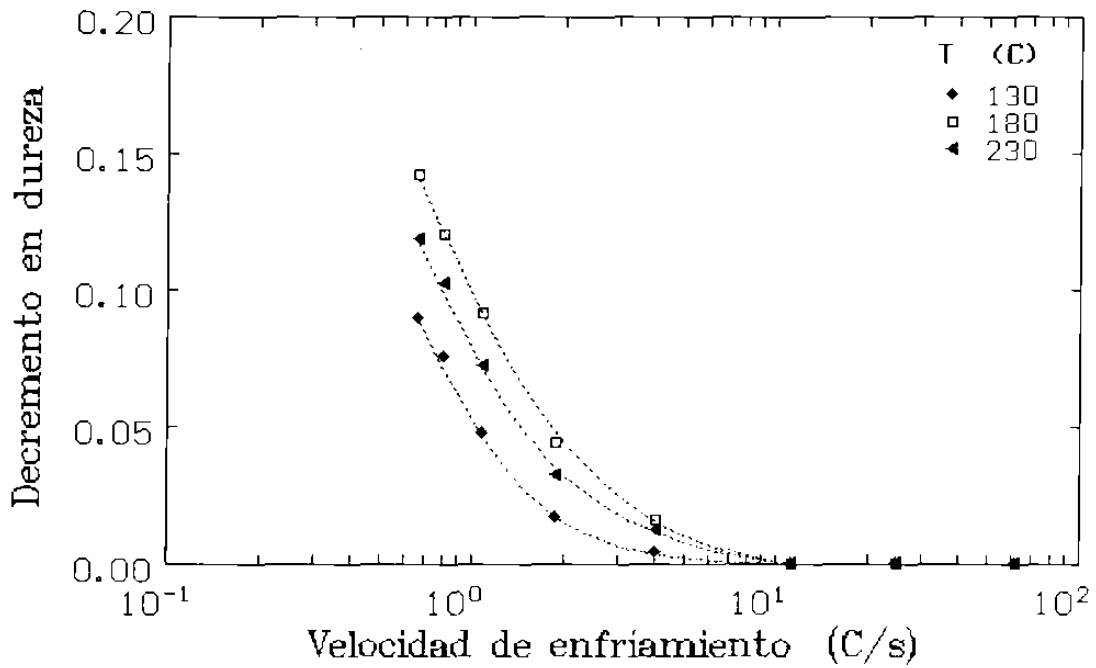


Figura 5.8.- Decremento en dureza máxima velocidad de enfriamiento.

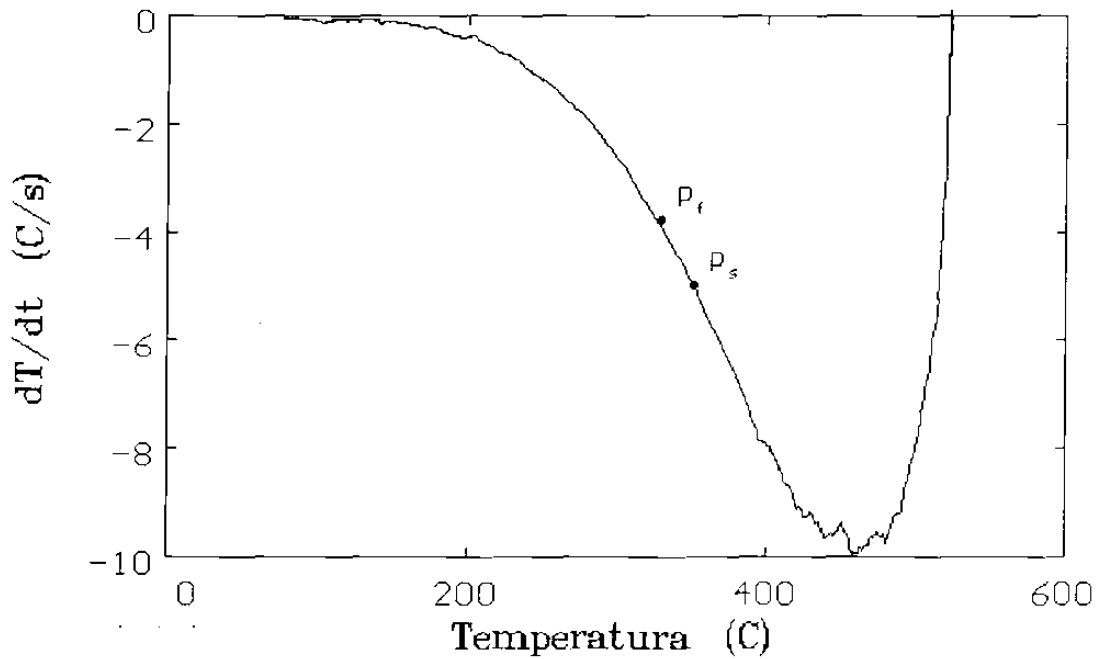


Figura 5.9.- Decremento de la velocidad de enfriamiento en función de la temperatura mostrando el inicio y final de la precipitación para la muestra(D).

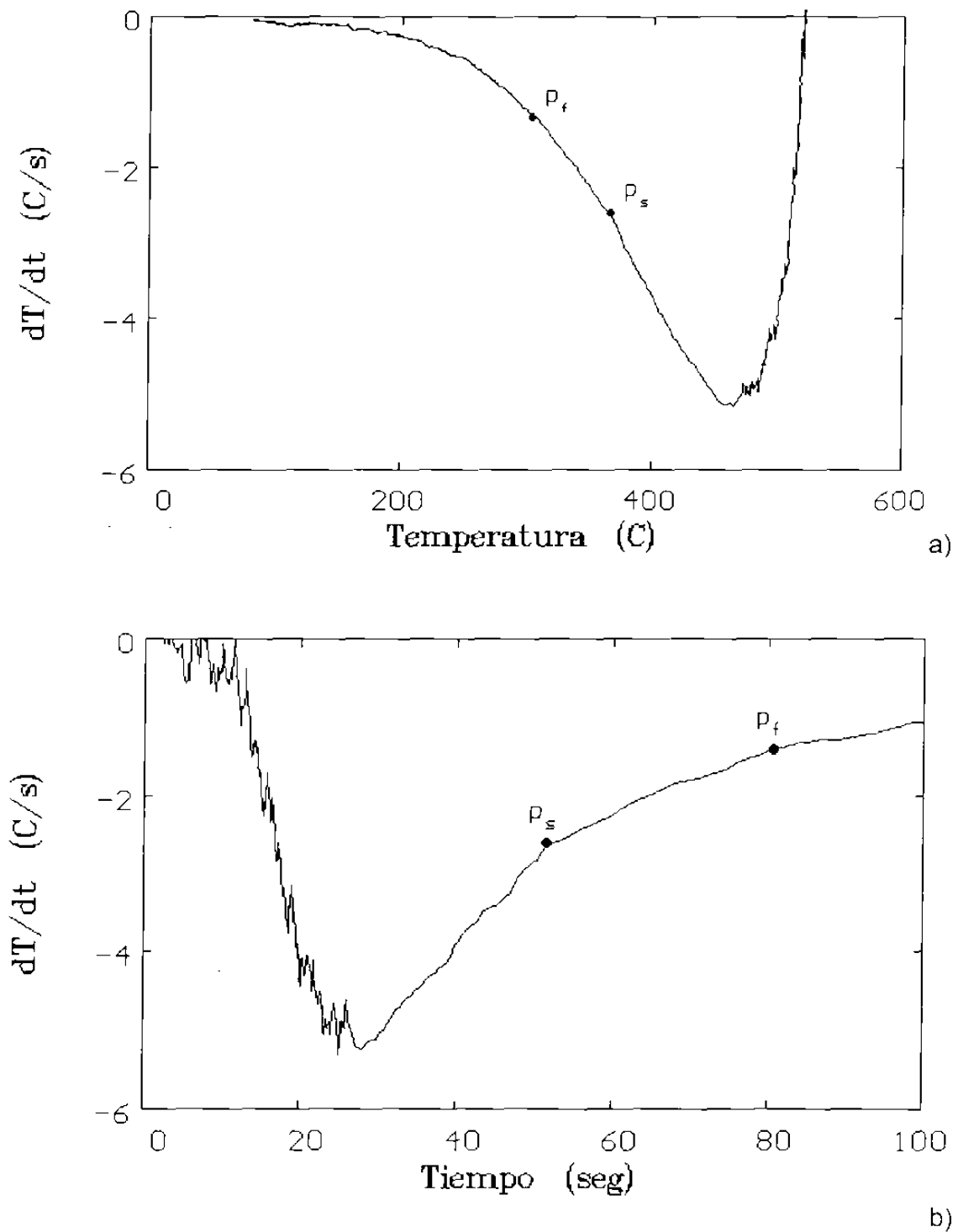


Figura 5.10.- Curva de la velocidad de enfriamiento mostrando el inicio y fin de la precipitación para la muestra (E). a) En función de la temperatura b) En función del tiempo.

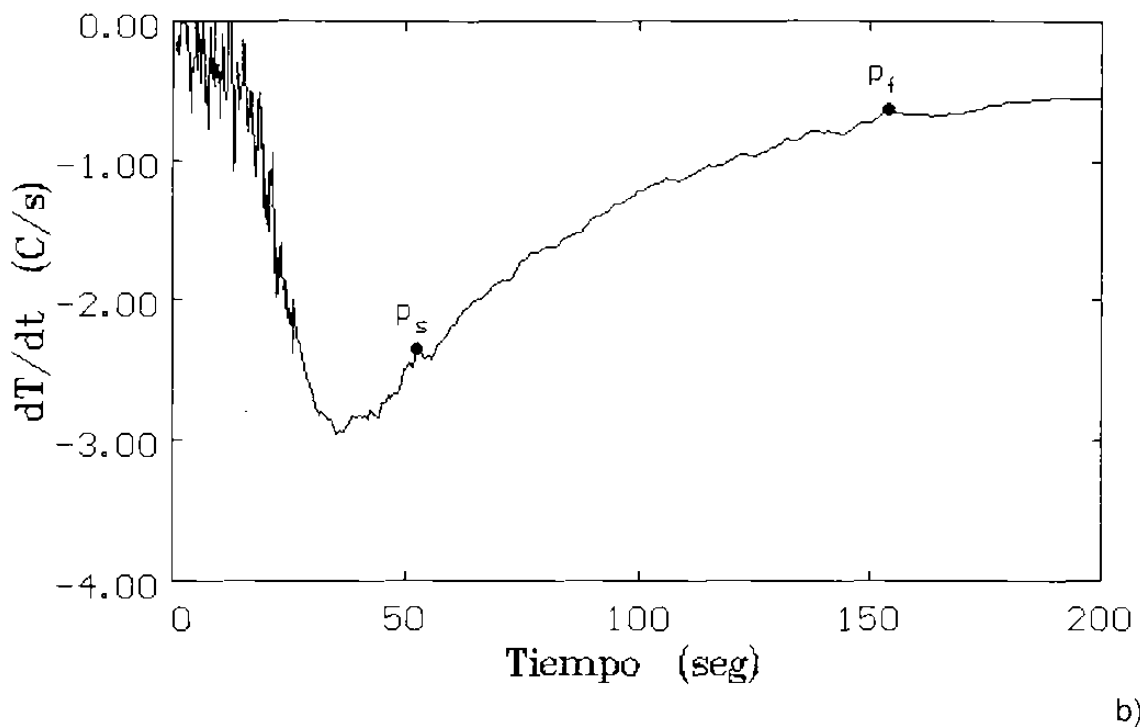
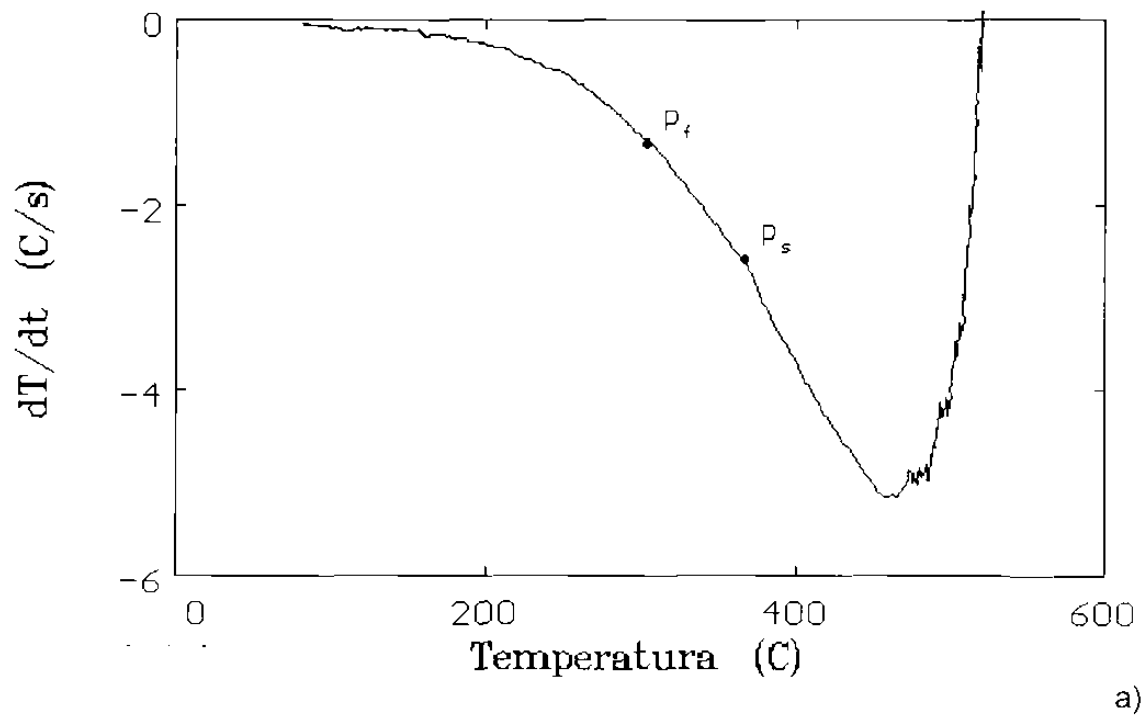


Figura 5.11.- Curva de la velocidad de enfriamiento mostrando el inicio y fin de los precipitados para la muestra (F). a) en función de la temperatura b) En función del tiempo.

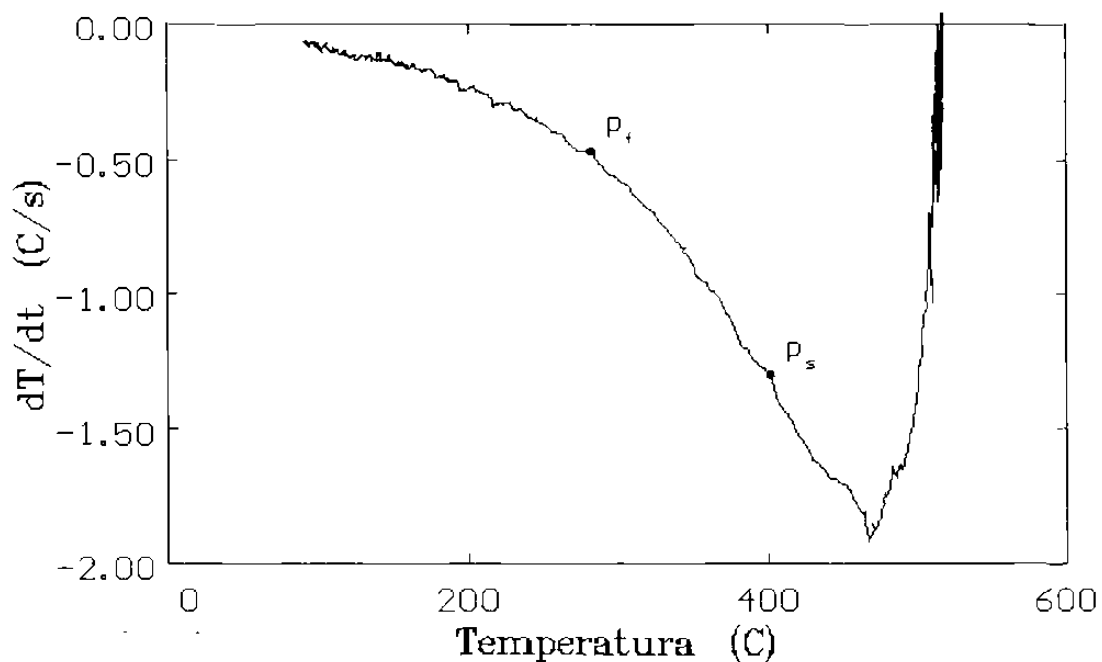


Figura 5.12.- Curva de la velocidad de enfriamiento en función de la temperatura mostrando el inicio y final de la precipitación para la muestra (G).

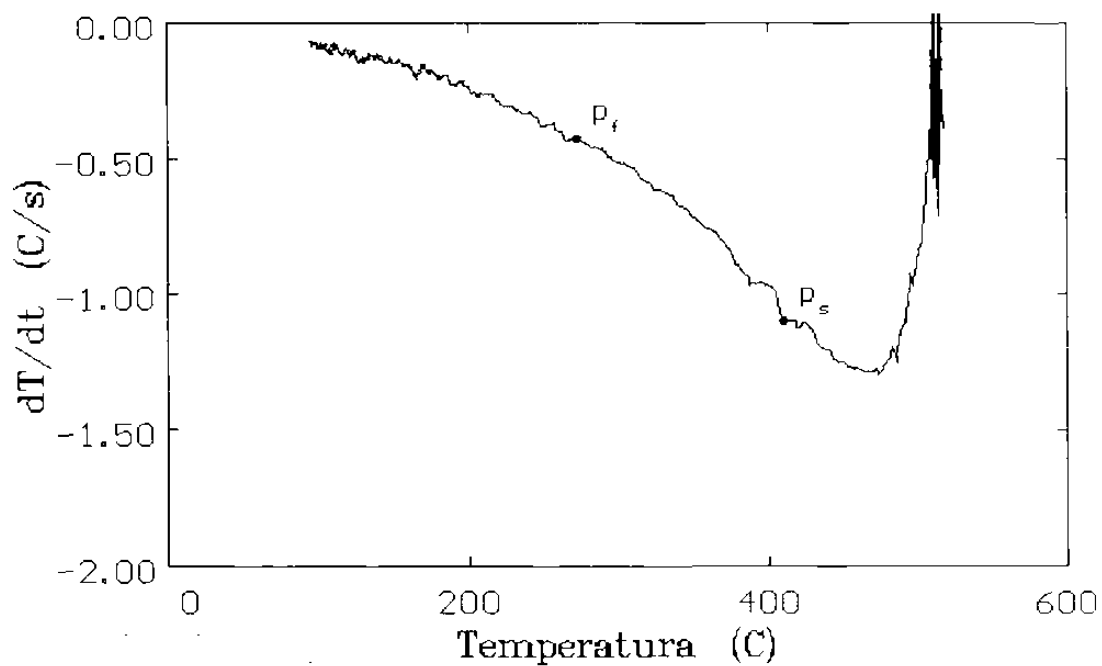


Figura 5.13.- Curva de la velocidad de enfriamiento en función de la temperatura mostrando el inicio y final de la precipitación para la muestra (H).

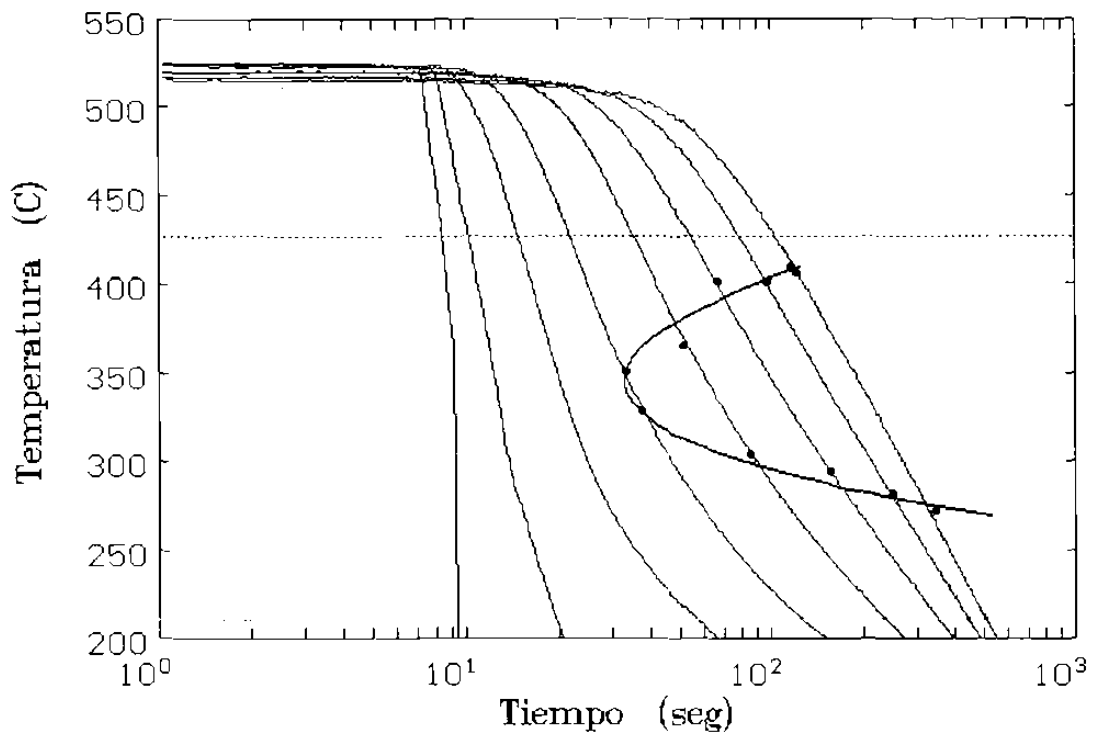


Figura 5.14.- Diagrama de precipitación durante enfriamiento continuo.

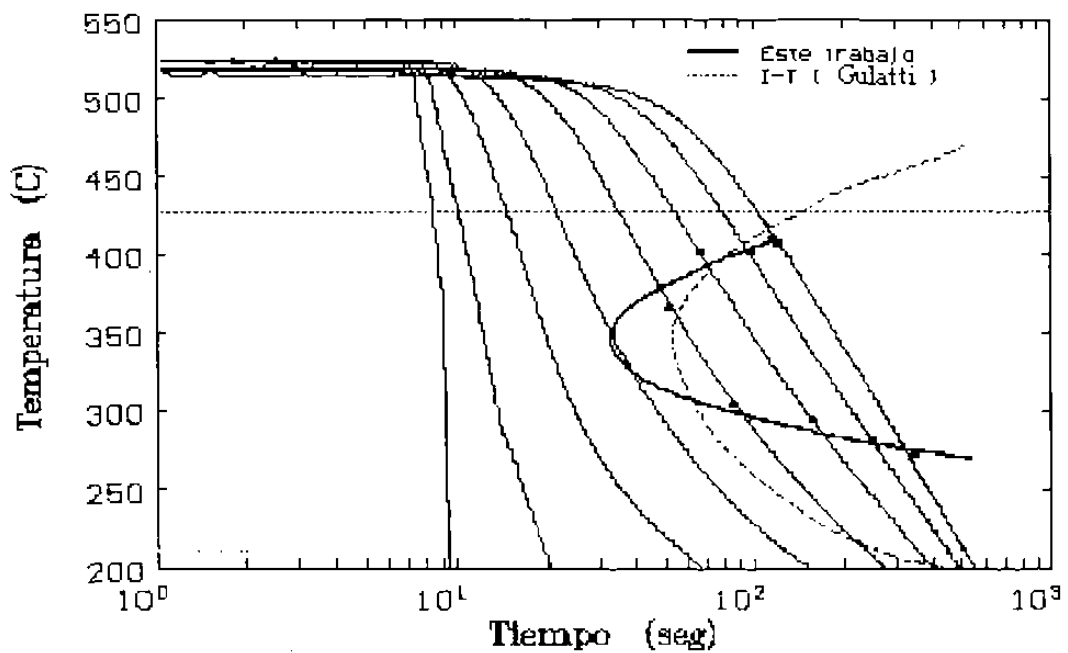
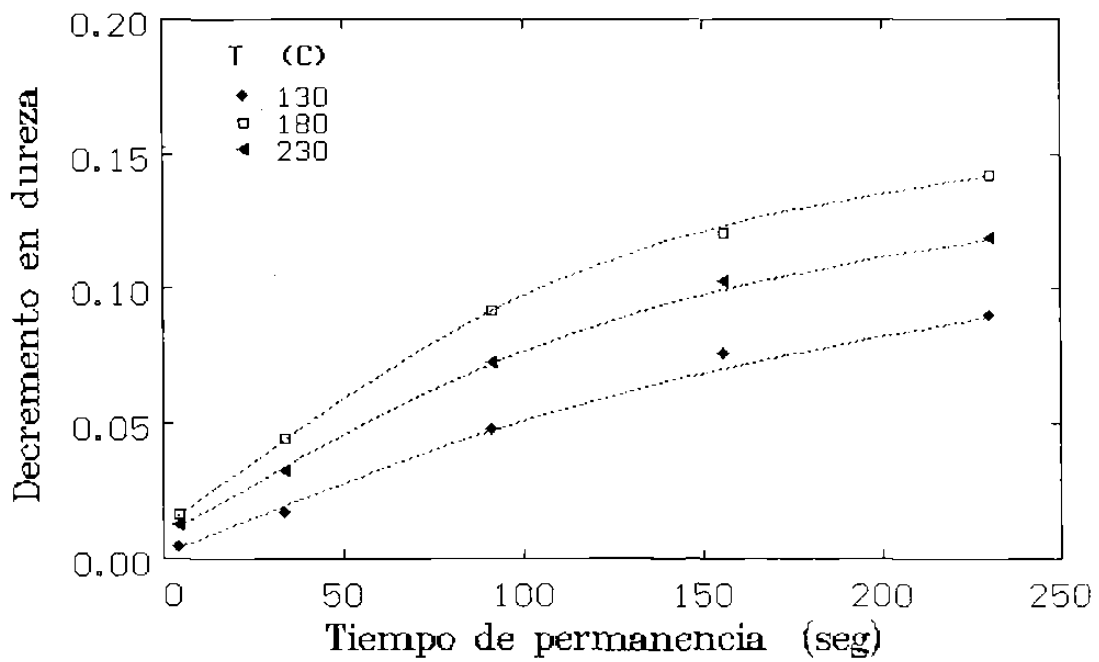
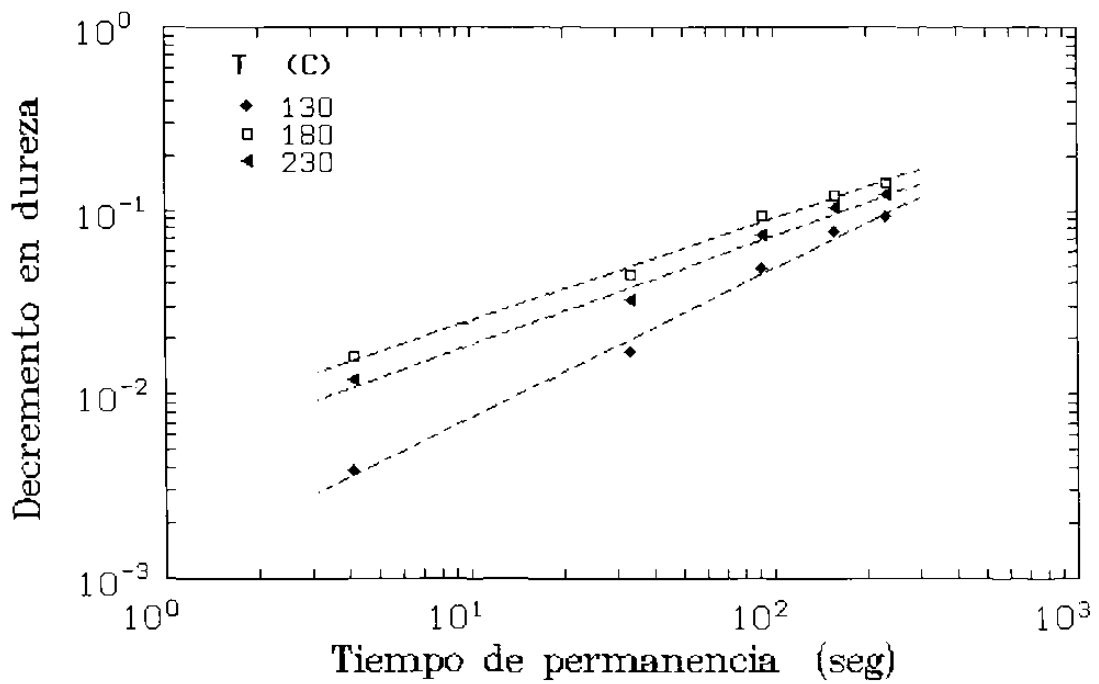


Figura 5.15.-Comparación del diagrama de precipitación en enfriamiento continuo respecto al isotérmico deducido a partir de la pérdida de 0.05 % en resistencia.





a)



b)

Figura 5.16.- Decremento de la dureza máxima en función del tiempo de permanencia en la zona de precipitación durante un enfriamiento continuo. a) escala normal, b) escala log-log.



Figura 5.17.- Precipitado en una muestra sobresaturada enfriada más lentamente 44,000X campo claro

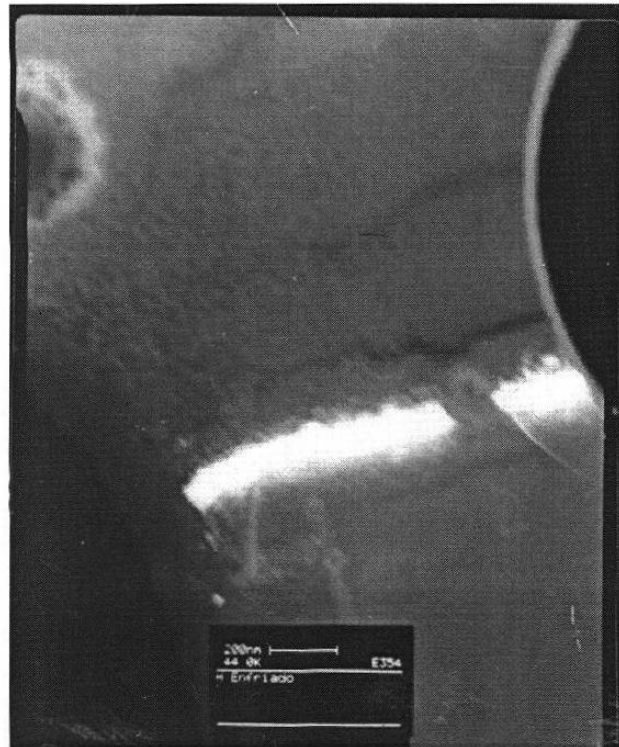


Figura 5.18.- Figura 5.17 en campo oscuro

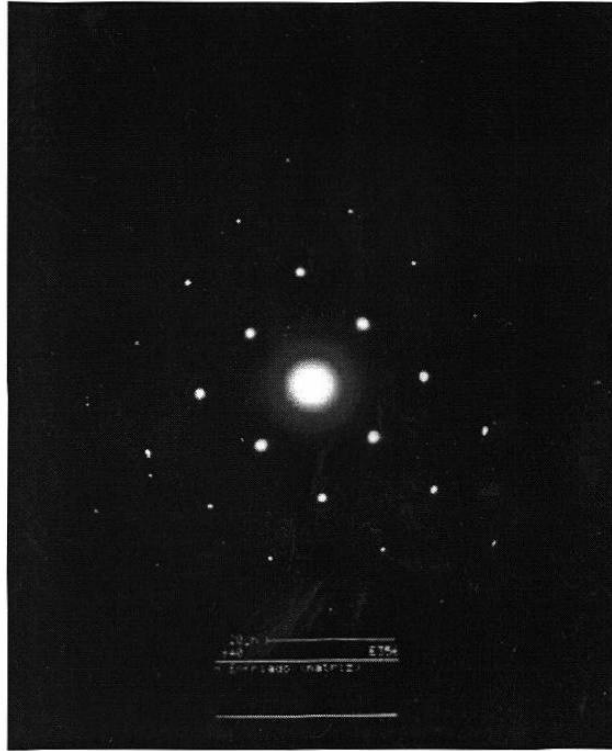


Figura 5.19.- Patrón de difracción para la matriz de la figura 5.18

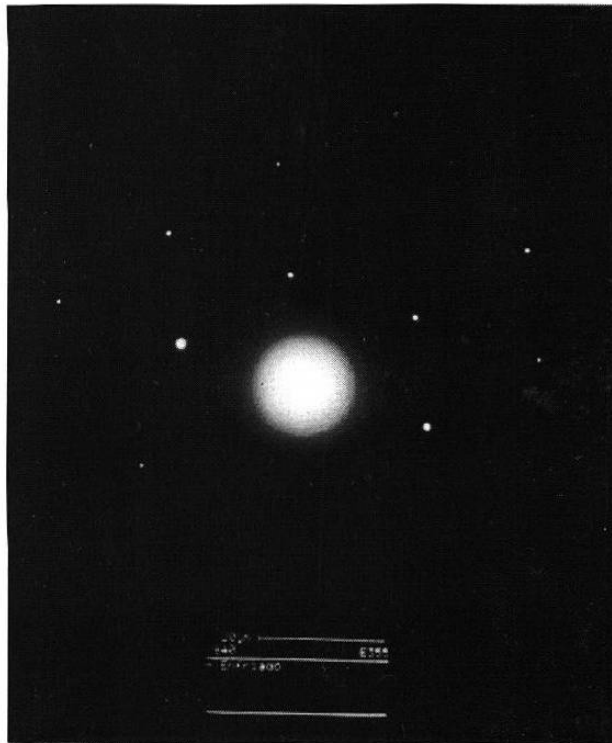


Figura 5.20.- Patrón de difracción del precipitado de la figura 5.18

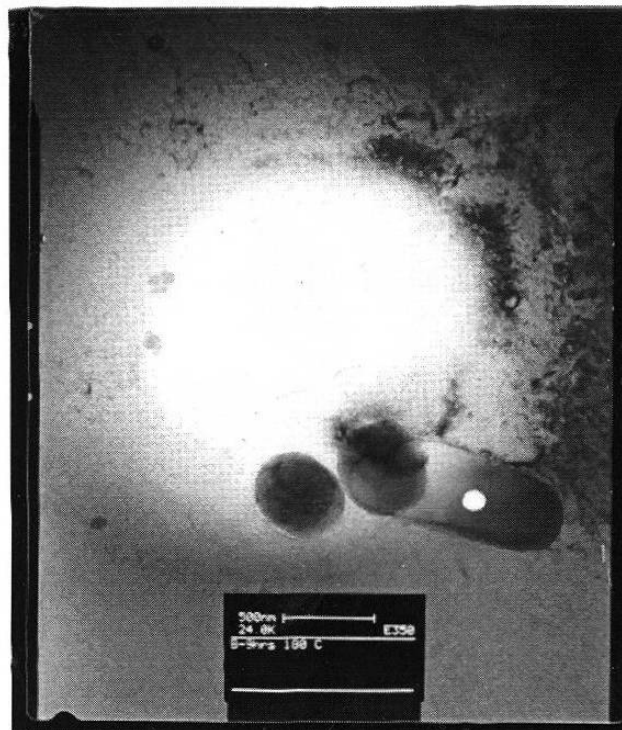


Figura 5.21.- Precipitados encontrados en una muestra con máxima dureza 24,000x

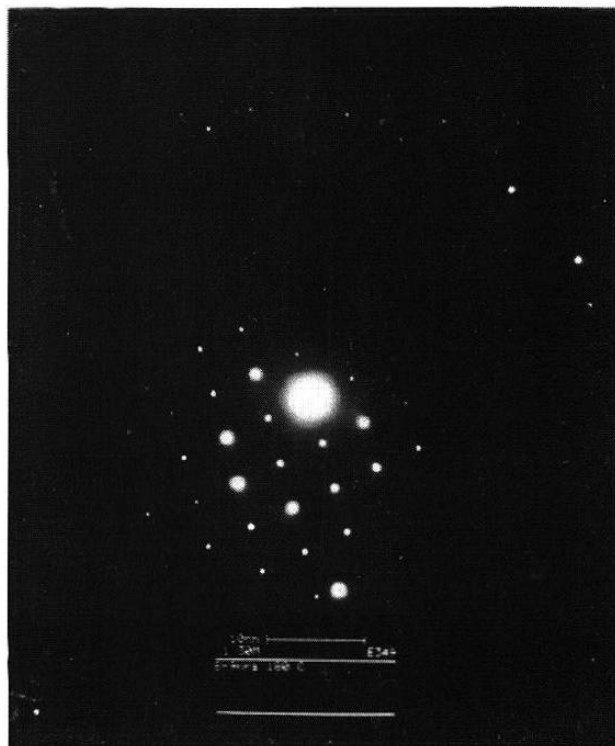


Figura 5.22.- Patrón de difracción del precipitado de la figura 5.21

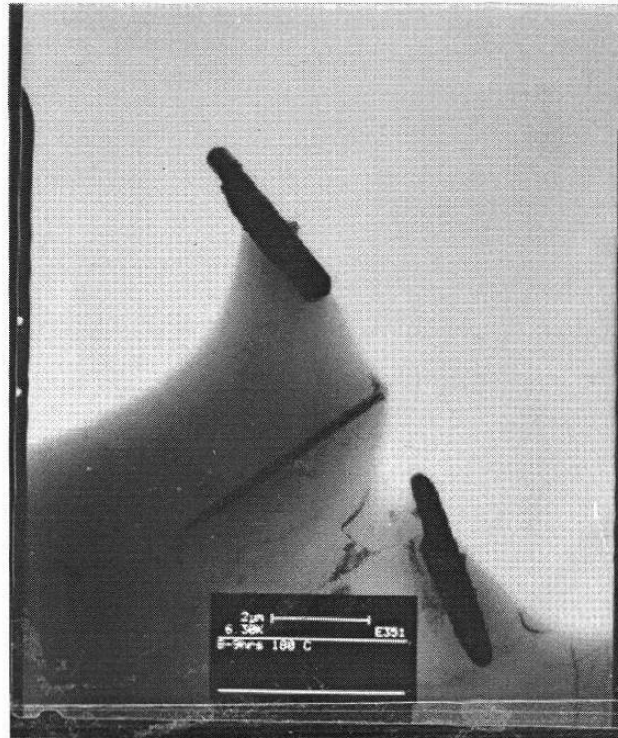


Figura 5.23.- Precipitados en una muestra con máxima dureza 30,000x



Figura 5.24.- Precipitados en una muestra con máxima dureza 30,000x



Figura 5.25.- Matriz de muestra sobresaturada y enfriada a velocidad máxima 50,000x

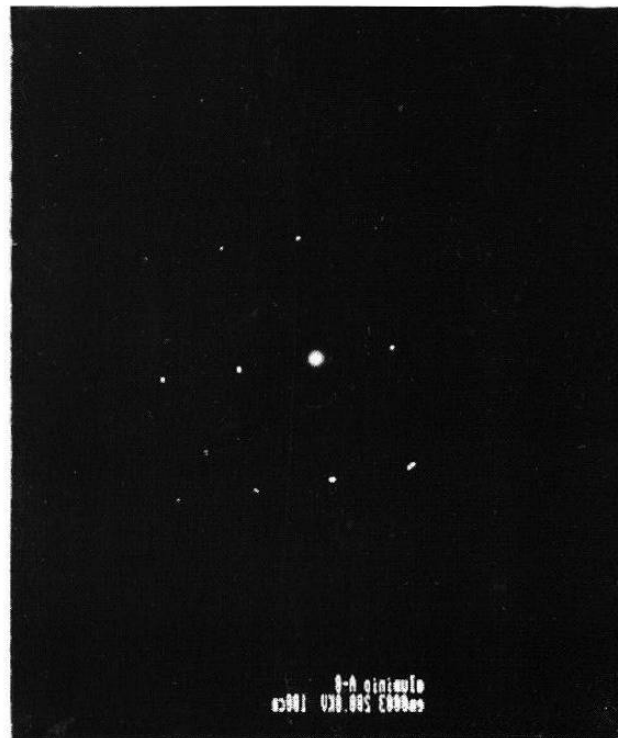


Figura 5.26.- Patrón de difracción de la matriz de una muestra sobresaturada y enfriada a la máxima velocidad

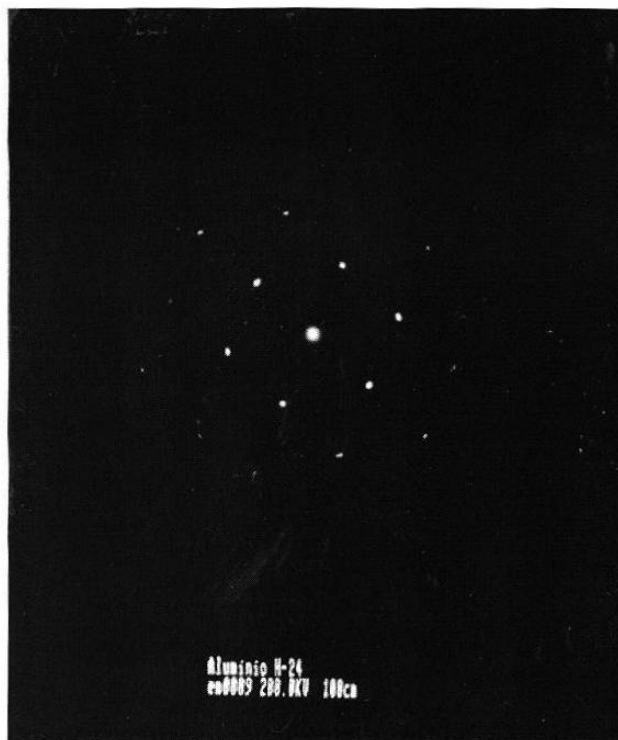


Figura 5.27.- Patrón de difracción de la matriz en una muestra sobreenviejada

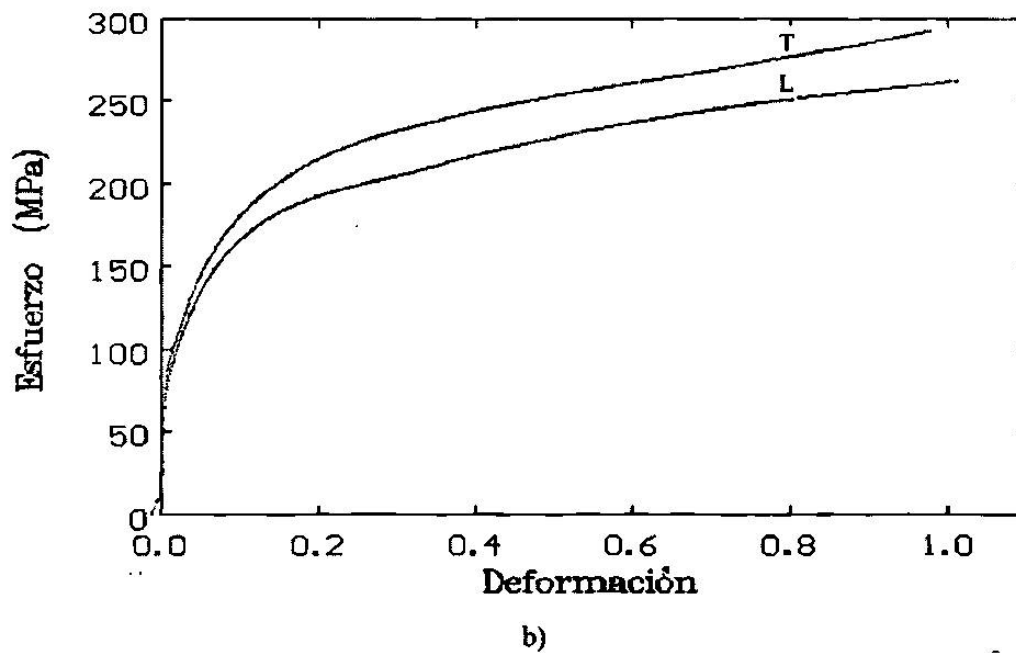


Figura 5.28.- Curvas de compresión a baja velocidad de deformación ( $10^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en una sección transversal y longitudinal

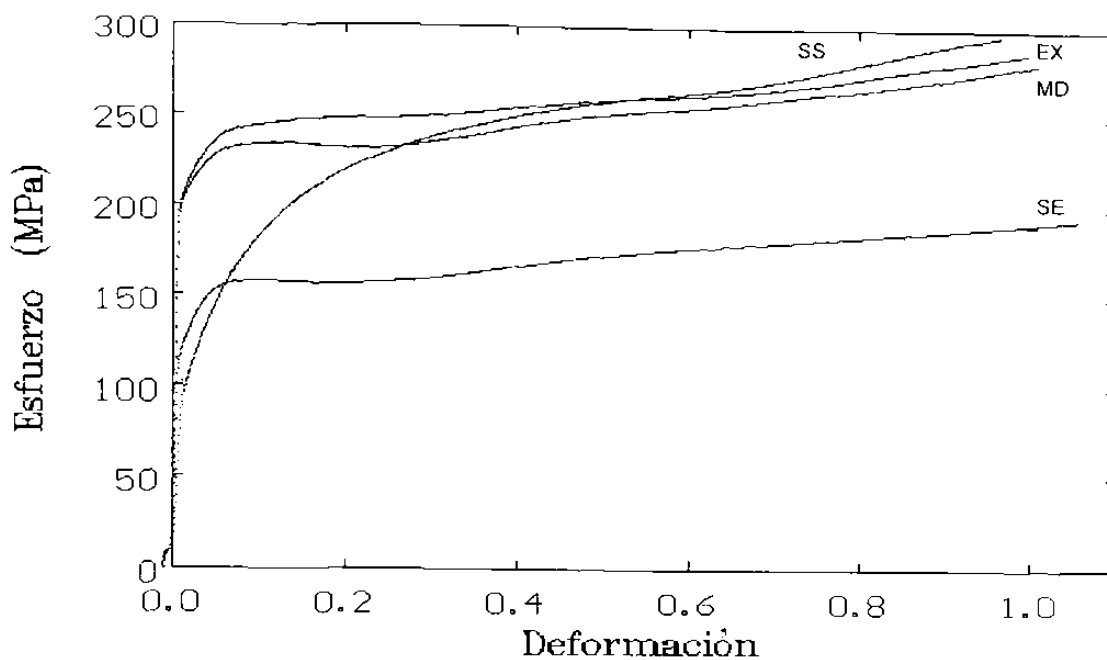


Figura. 5.29.- Curvas de compresión a diferentes tratamientos térmicos (extruído, máxima dureza, sobresaturado y sobreenvejecido) a una velocidad baja de deformación ( $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ) en sección transversal.

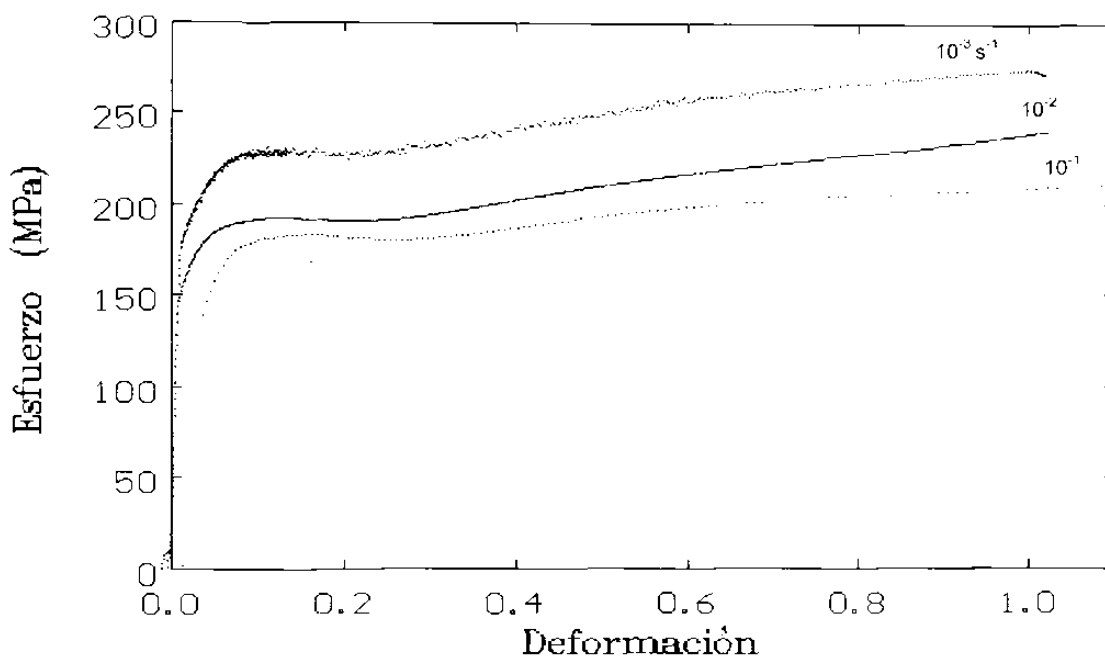


Figura. 5.30.- Curva de compresión de una muestra con máxima dureza en sección longitudinal sometido a tres velocidades de deformación.



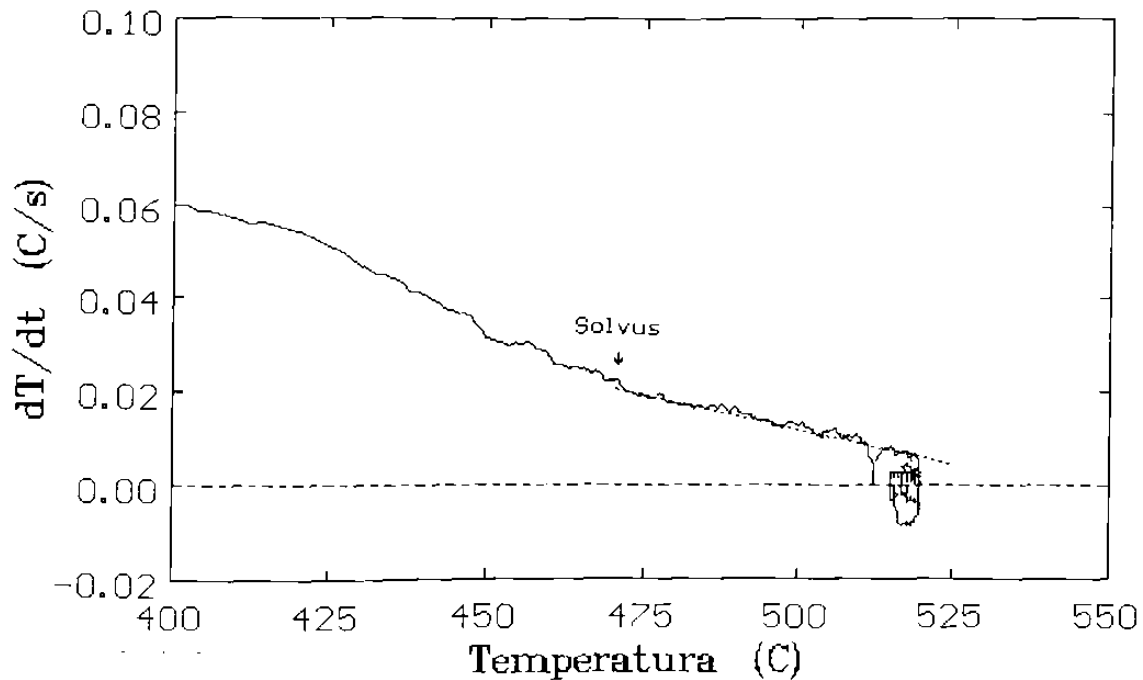


Figura 6.1.- Curva indicando la temperatura de solvus.

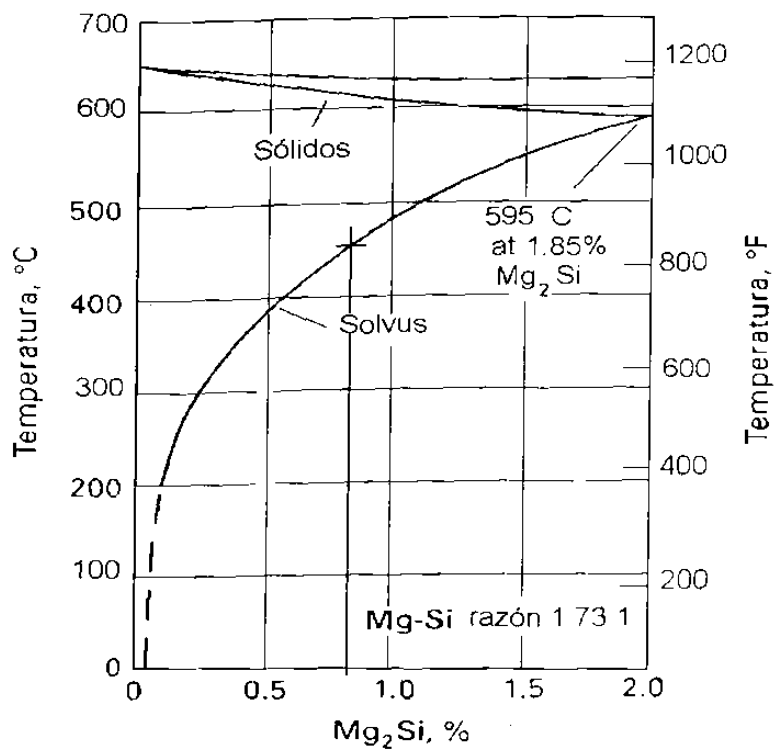


Figura 6.2.- Diagrama de equilibrio indicando la temperatura de solvus.

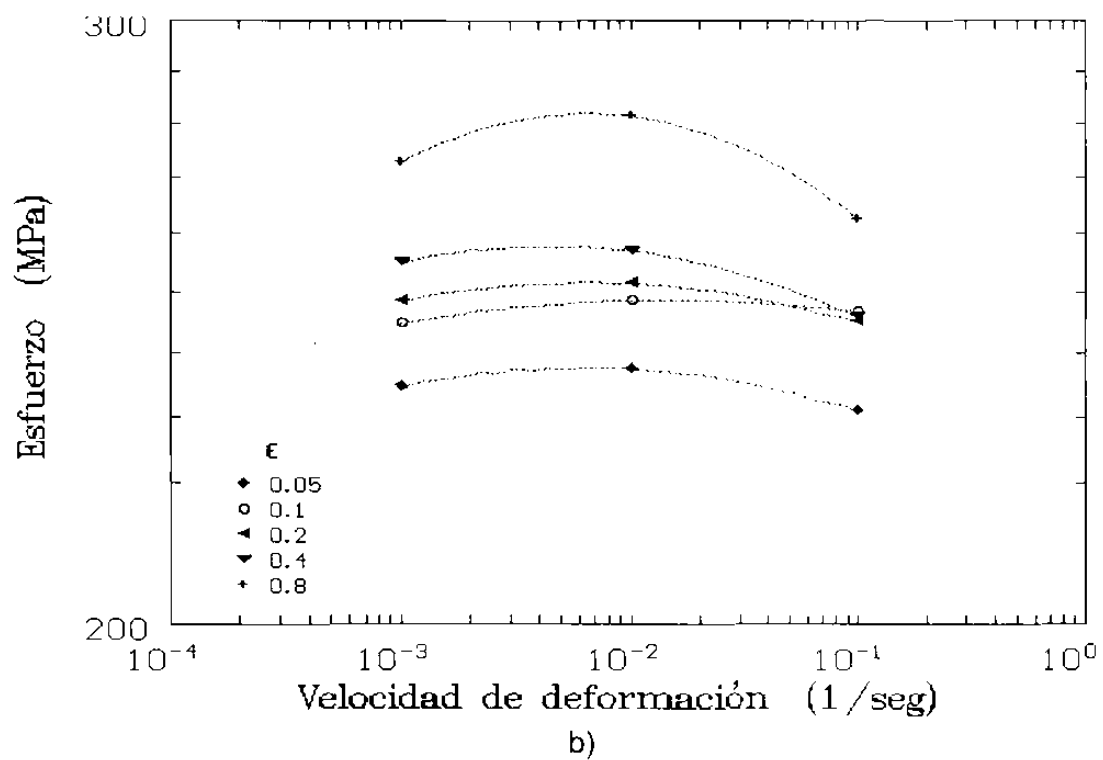
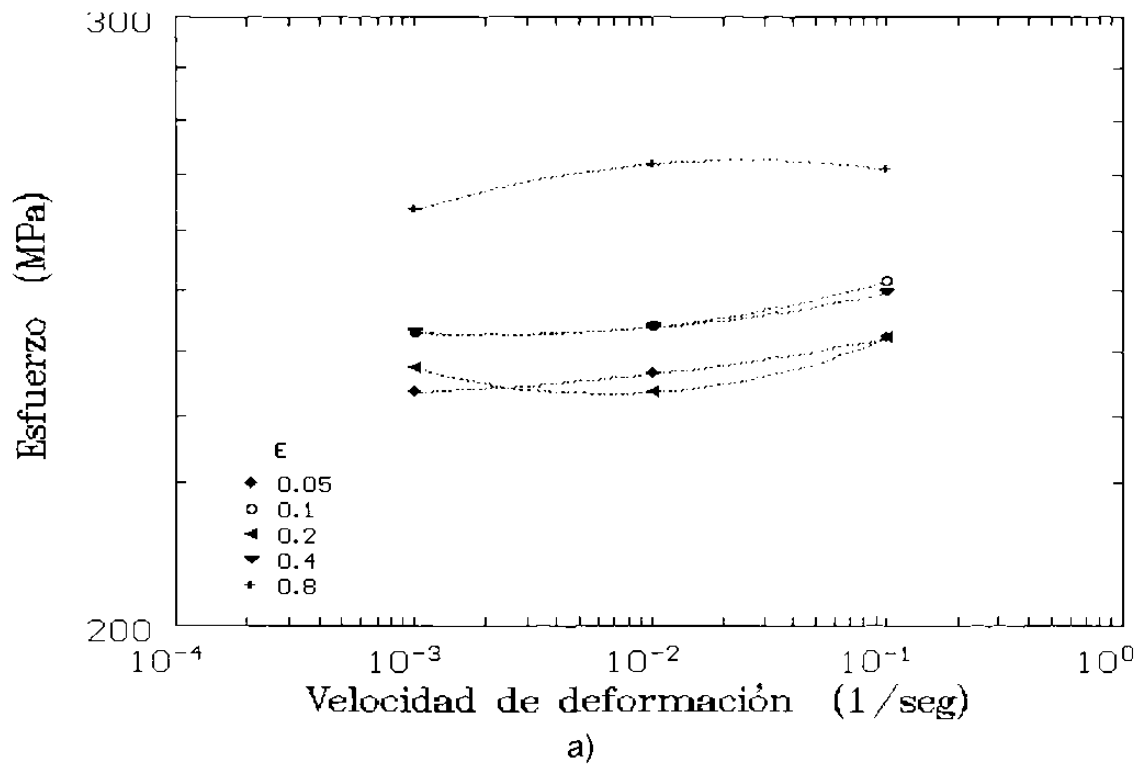
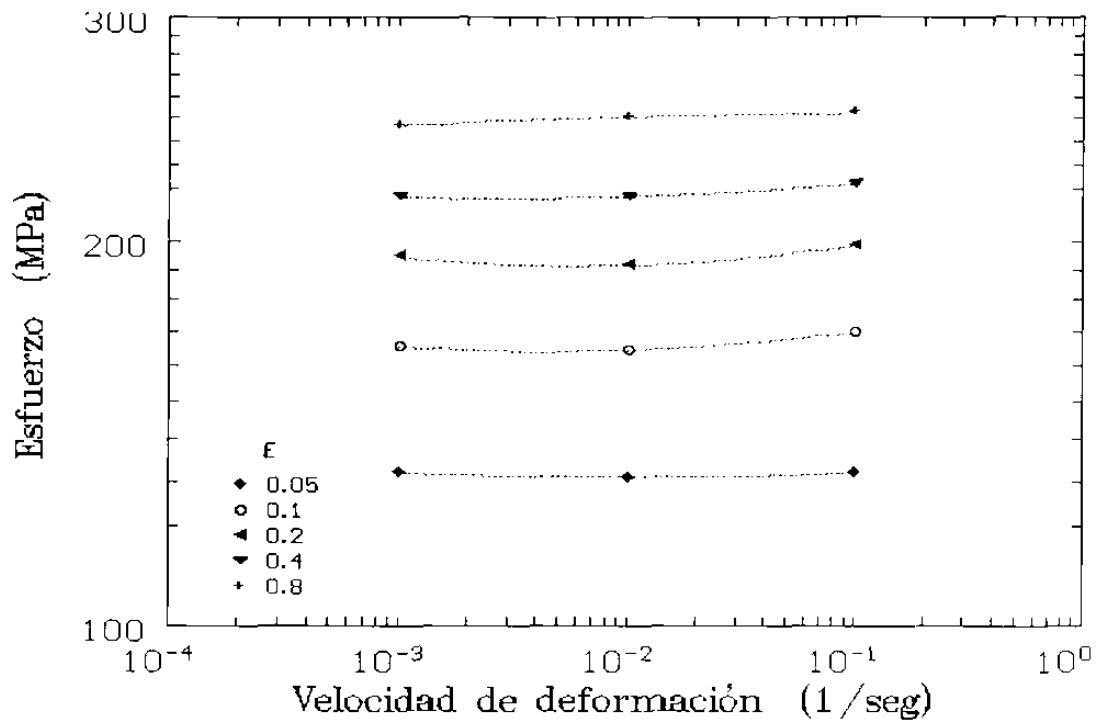
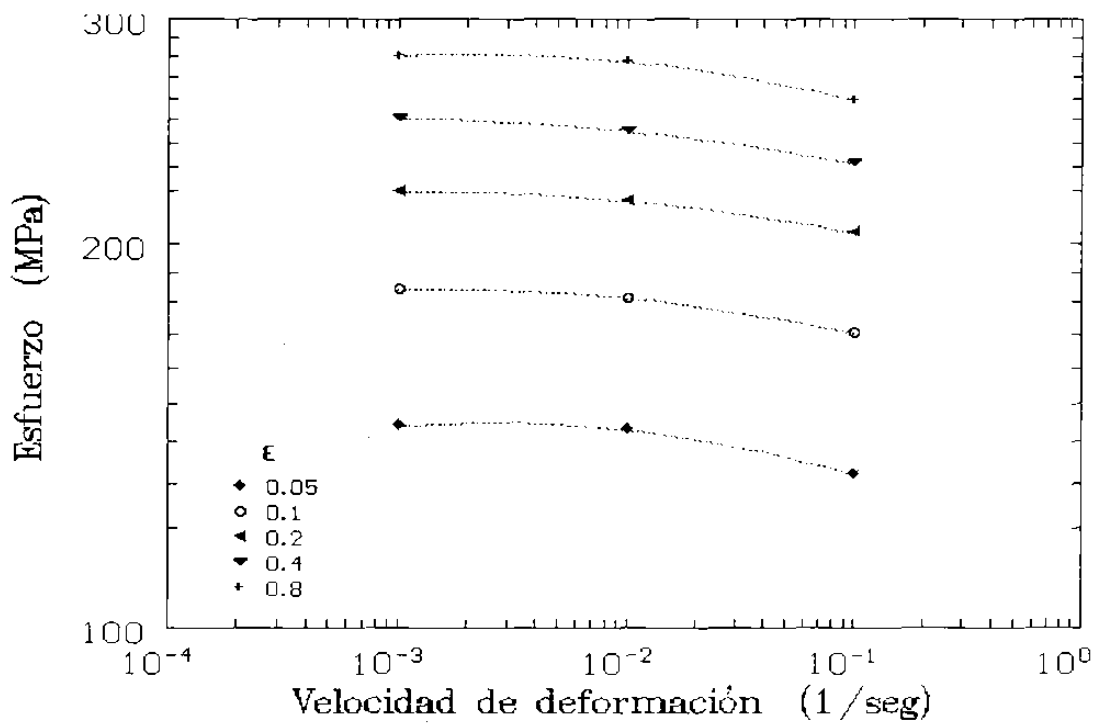


Figura 6.3.- Gráfica doble logarítmica esfuerzo – vel. de deformación a diferentes deformaciones en una muestra extruida con dirección a) longitudinal, b) transversal.

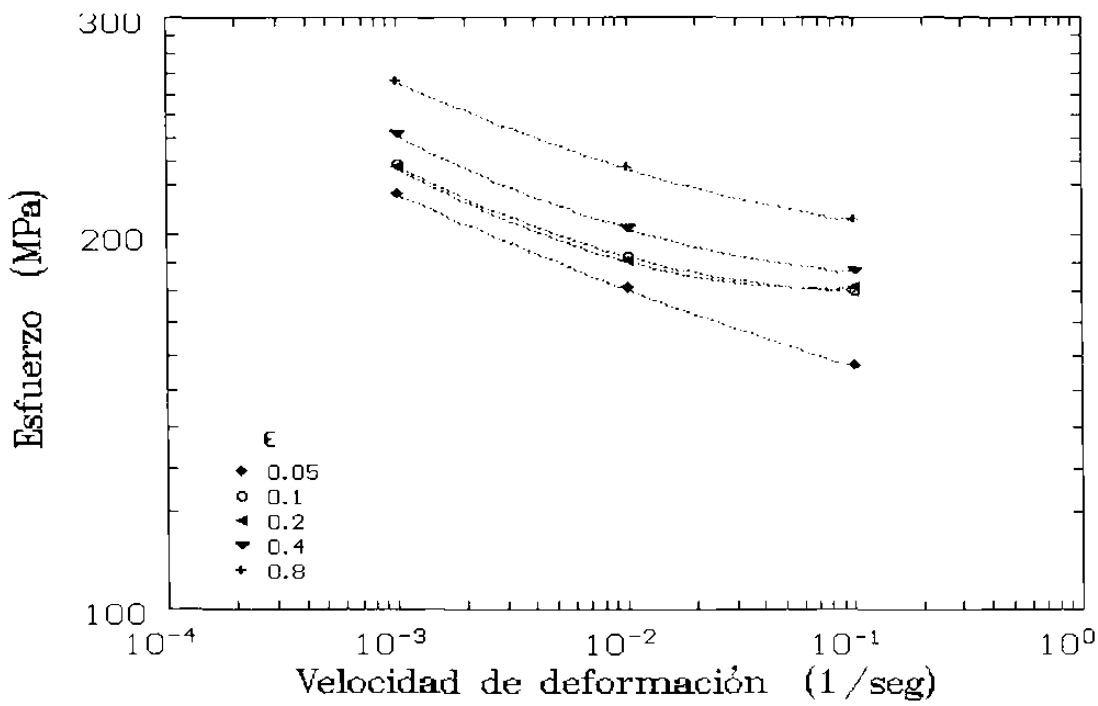


a)

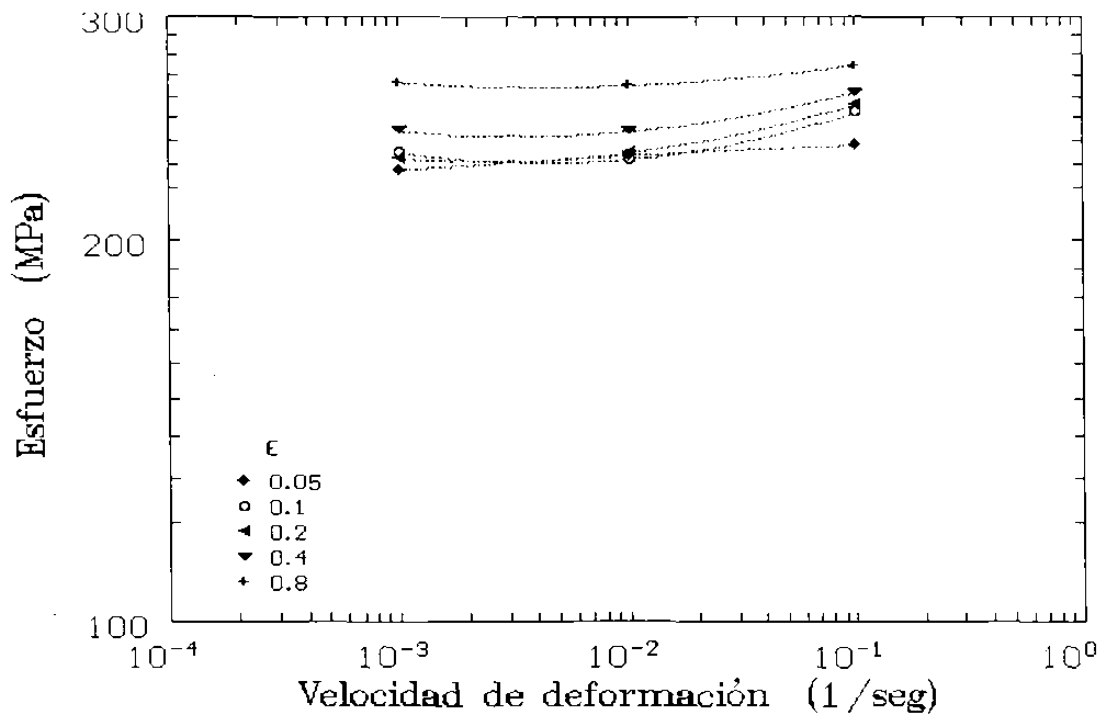


b)

Figura 6.4.- Gráfica doble logarítmica esfuerzo – vel. de deformación a diferentes deformaciones en una muestra sobresaturada con dirección a) longitudinal, b) transversal.

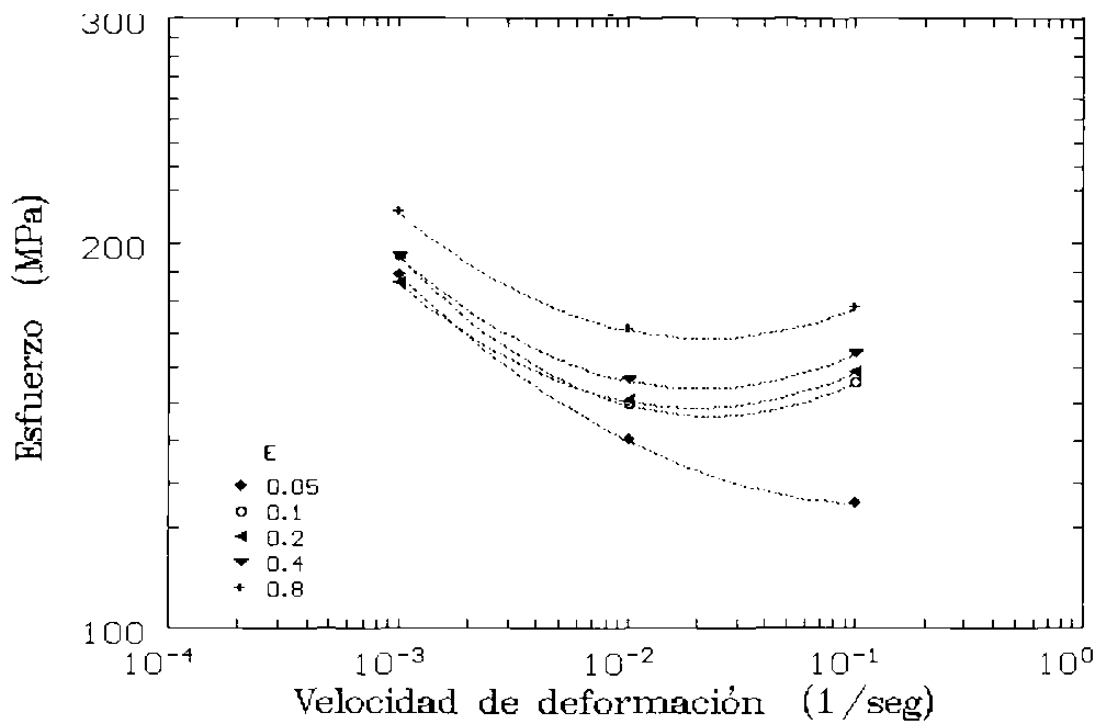


a)

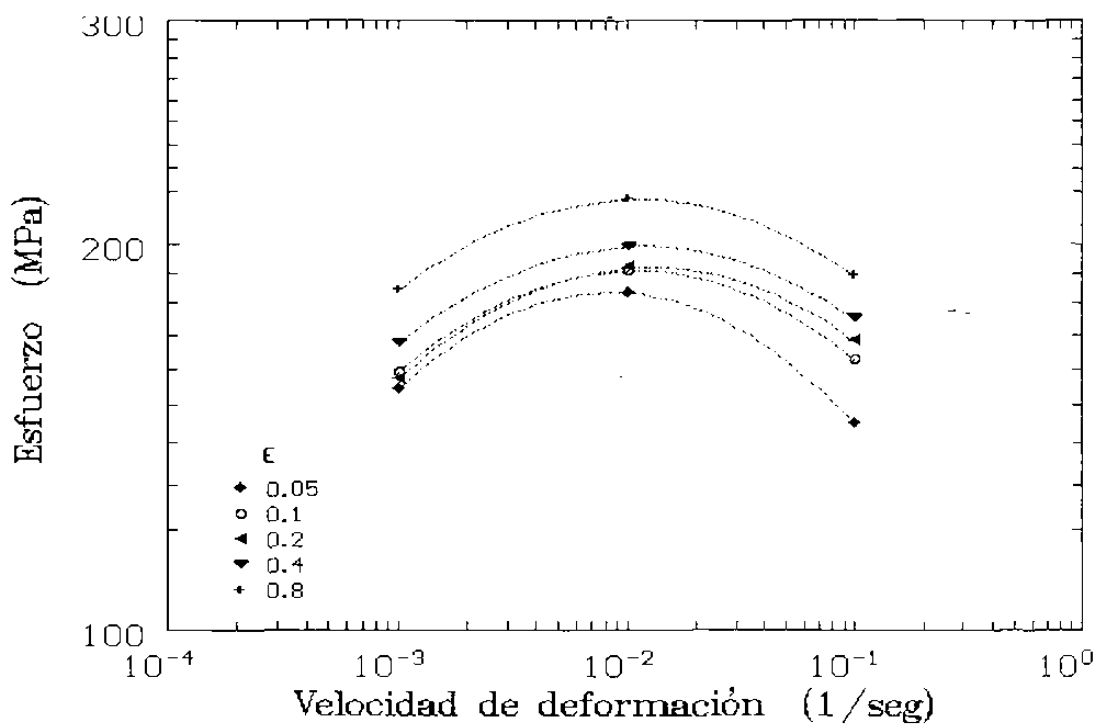


b)

Figura 6.5.- Gráfica doble logarítmica esfuerzo – vel. de deformación a diferentes deformaciones en una muestra de máxima dureza con dirección a) longitudinal, b) transversal.



a)



b)

Figura 6.6.- Gráfica doble logarítmica esfuerzo – vel. de deformación a diferentes deformaciones en una muestra sobreenviejada con dirección a) longitudinal, b) transversal.

Tabla 3.1.- Tiempo para el tratamiento de solubilidad de aleaciones de aluminio trabajadas.

Espesor , in	Tiempo de empape, minutos			
	Horno		baño de sal	
	al aire			
	min	max	min	max
0.016 y menor	20	25	10	15
0.017 a 0.020	20	30	10	20
0.021 a 0.032	25	35	15	25
0.033 a 0.063	30	40	20	30
0.064 a 0.090	35	45	25	35
0.091 a 0.124	40	50	30	40
0.125 a 0.250	50	60	35	45
0.251 a 0.500	60	70	45	55
0.501 a 1.000	90	100	60	70
1.001 a 1.500	120	130	90	100
1.501 a 2.000	150	160	105	115
2.001 a 2.500	180	190	120	130
2.501 a 3.000	210	220	150	160
3.001 a 3.500	240	250	165	175
3.501 a 4.000	270	280	180	190

Tabla 3.2.- Temperaturas típicas para la solubilización de diferentes aleaciones.

		Tratamiento térmico de solubilización		
del metal		Temperatura		
Aleación	Forma del Producto	°C	°F	designación
<b>Aleaciones Al-Cu sin magnesio aleado</b>				
2011	Alambrón y barras laminado en frío	525	975	T3
2219	Alambre, alambrón y barras laminado en frío.	535	995	T351
	Alambrón y barras extruídos.	535	995	T31
2036	Láminas	500	930	T4
<b>Aleaciones Al-Cu-Mg-Si</b>				
2008	Láminas	510	950	T4
2017	Alambres, alambrón y barras laminado en frío	500	935	T4
<b>Aleaciones Al-Cu-Li</b>				
2090	Láminas	540	1000	T3
<b>Aleaciones Al-Mg-Si</b>				
6010	Láminas	565	1050	T4
6063	Alambrón, barras, formas y tubos extruídos	520	970	T1
6262	Alambres, alambrón y barras rolado en frío.	540	1000	T4
<b>Aleaciones Al-Zn</b>				
7050	Placa	475	890	W51
7475	Lámina	515	950	W

Tabla 3.3- Valores de las constantes de difusión ( $D_0$ ) y de la energía de activación (Q) para difusión en varias soluciones sólidas tanto sustitucional como intersticialmente.

Soluto	Solvente ( Estructura múltiple )	$D_0$ cm <sup>2</sup> /s	Q kcal/mol
<b>Difusión sustitucional</b>			
Cobre	Cobre	0.78	50.50
Cobre	Estaño	0.11	45.00
Cobre	Níquel	1.92	68.00
Níquel	Cobre	1.1	53.80
Cobre	Aluminio	0.647	32.27
Zinc	Cobre	0.73	47.50
Plomo	Plomo	0.887	25.50
Titanio	Titanio	0.000358	31.20
Aluminio(4%)	Cobre	0.0455	39.50
Zinc(24-29%)	Cobre	0.095	35.00
<b>Difusión intersticial</b>			
Hidrógeno	Cobre	$10^{-2}$	10.00
Oxígeno	Cobre	$10^{-3}$	46.00
Carbono	Titanio	0.00302	20.00
Oxígeno	Titanio	1	40.00
Hidrógeno	Tantalio	....	6.00
Carbono	Tantalio	0.0061	38.52
Nitrógeno	Tantalio	0.0056	37.84
Oxígeno	Tantalio	0.004	25.45

Tabla 3.4.- Propiedades mecánicas de una aleación 6063 en función del tratamiento térmico.

Temperatura	Esfuerzo a la tensión		Resistencia a la flexión		Elongación %	Dureza HB	Resistencia al corte		Resistencia a la Fatiga	
	MPa	Ksi	MPa	Ksi			MPa	Ksi	MPa	Ksi
O.....	90	13	48	7	...	25	69	10	55	8
T1(antes de T42)....	152	22	90	13	20	42	97	14	62	9
T4.....	172	25	90	13	22	...	...	...	...	...
T5.....	186	27	145	21	12	60	117	17	69	10
T6.....	241	35	214	31	12	73	152	22	69	10
T83.....	255	37	241	35	9	82	152	22	...	...
T831.....	207	30	186	27	10	70	124	18	...	...
T832.....	290	42	269	39	12	95	186	27	...	...

Tabla 3.5.- Propiedades térmicas y eléctricas de una aleación 6063

## Propiedades térmicas

Temperatura de liquidus. 655°C (1211°F)

temperatura de Solidus. 615°C (1139 °F)

Coeficiente de expansión térmica

Lineal:

Intervalo de temperatura		Coeficiente promedio	
°C	°F	μm/m K	μm/m K. °F
-50 a20	-58 a 68	21.8	12.1
20a100	68a212	23.4	13.0
20a 200	68 a 392	24.5	13.6
20 a 300	68 a 572	25.6	14.2

Calor específico. 900 J/Kg K (.0215 Btu/lb°F) a 20°C (68°F)

Conductividad térmica. A 25 °C (77°F):

Temperatura	Conductividad	
	W/m K	Btu/ ft h °F
O	218	126
T1(antes de T42)	193	112
T5	209	121
T6	201	116

Propiedades eléctricas

Conductividad eléctrica a 20° C (68 F):

Temperatura	Conductividad, % IACS	
	Igual Volumen	Igual Peso
O	58	191
T1 (antes de T42)	50	165
T5	55	181
T6, T83	53	175

Temperatura	Resistividad, nΩ m
O	30
T1 (antes de T42)	35
T5	32
T6, T83	33



Tabla 5.1.- Durezas durante el tratamiento de envejecido a 130°C en las muestras enfriadas a diferentes velocidades.

PIEZA	t	MICRODUREZA 500 GRS. 15 SEC. TEMPERATURA 130 °C																			
		0 hrs.	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	4 hrs.	5 hrs.	6 hrs.	7 hrs.	8 hrs.	9 hrs.	10 hrs.	12 hrs.	24 hrs.	36 hrs.	48 hrs.	60 hrs.	72 hrs.	84 hrs.	96 hrs.	
A	61.7 °C/s	55.55	59.44	60.11	64.71	65.92	67.50	69.03	67.27	74.85	78.18	69.14	78.04	102.7	105.4	98.34	101.7	96.15	102.1		
		57.13	59.53	65.81	61.29	62.69	69.26	67.39	63.12	74.31	73.65	74.05	89.47	102.1	104.3	99.98	103.4	103.2	99.57		
		57.49	59.72	66.48	61.79	67.50	67.62	67.62	75.94	79.20	75.12	72.23	86.56	103.8	105.2	100.3	102.3	102.1	98.95		
		54.78	58.03	64.17	66.36	66.48	69.38	72.74	68.67	74.05	77.47	69.38	85.56	95.76	107	99.77	108.4	104.0	101.9		
B	24.8 °C/s	54.78	54.78	65.92	62.40	63.75	65.26	70.85	80.68	75.66	69.14	80.53	91.98						101.5	99.16	
		56.15	56.15	67.62	61.99	64.39	71.22	75.25	75.80	70.97	75.80	79.79	87.40						103.8	103.2	
		51.56	51.56	62.91	64.07	66.59	65.70	73.92	78.04	68.91	72.36	77.47	83.62						95.3	102.5	
		55.80	55.80	67.73	59.82	69.14	70.11	69.50	77.15	71.85	73.39	76.77	87.06						104.0	99.36	
C	11.2 °C/s	54.78	54.78	60.79	60.30	63.43	75.12	75.12	74.18	81.75	71.10	81.59	85.89	102.5	99.77	104.0	97.74	98.75	102.1		
		55.63	55.63	58.31	64.60	65.92	76.49	73.00	71.72	76.77	75.12	74.71	90.53	106.5	101.5	104.5	105.8	103.4	104.5		
		57.04	57.04	62.50	67.85	67.62	69.87	70.35	77.19	80.08	75.39	75.80	90.00	101.7	102.3	103.0	104.5	99.36	99.48		
		57.70	54.70	64.39	67.73	65.15	71.47	77.05	73.52	80.99	70.35	78.18	92.72	100.6	107.2	105.7	105.4	103.0	103.4		
D	4.0 °C/s	55.80	55.80	61.79	58.20	66.25	68.79	67.73	62.91	75.12	73.92	70.72	80.53	103.8	108.8	106.7	104.3	101.0	105.2		
		55.80	55.80	63.22	64.71	69.38	69.26	67.50	65.48	76.77	71.97	72.74	85.89	92.53	104.8	100.2	103.6	105.6	97.94		
		52.50	52.50	63.22	60.11	64.17	68.07	71.35	69.50	75.94	68.55	68.91	81.75	91.8	103	97.54	107.4	100.8	101.7		
		54.19	54.19	60.11	61.09	63.96	64.71	66.14	67.50	76.35	73.00	74.05	83.30	95.57	99.57	109.3	103.2	95.76	97.74		
E	1.87 °C/s	54.86	54.86	55.46	62.71	60.30	67.27	66.25	65.59	70.72	70.72	74.85	87.27						94.99	101.5	
		54.03	54.03	61.19	59.82	59.82	63.54	68.55	70.60	71.72	68.67	75.39	86.06						98.34	97.14	
		54.19	54.19	60.59	59.44	63.86	64.07	65.26	67.97	71.35	67.97	70.48	92.53						99.77	101.2	
		49.55	49.55	60.99	58.59	60.59	62.91	64.28	66.82	68.79	64.82	69.75	87.40						99.57	98.54	
F	1.07 °C/s	50.88	50.88	52.97	58.31	57.76	64.39	63.02	68.32	73.78	70.97	70.35	77.75	97.74	101.7	94.99	98.54	92.35	97.74		
		52.73	52.73	54.36	58.87	59.72	59.82	61.69	67.27	71.60	73.26	72.87	79.20	94.03	100.8	95.57	91.44	97.74	96.74		
		50.28	50.28	58.13	55.98	58.68	64.93	61.09	66.03	77.19	66.03	69.50	78.33	90.71	100.4	103.4	96.15	97.94	98.54		
		51.87	51.87	56.06	55.59	57.67	59.63	57.31	72.23	70.60	69.62	68.55	82.68	97.94	103.4	102.7	96.94	98.75	96.54		
G	0.8 °C/s	52.50	52.50	58.87	54.53	57.76	60.20	58.22	62.71	68.67	68.79	66.82	79.94						91.25	92.53	
		53.21	53.21	54.70	53.05	60.79	57.04	62.50	62.50	69.75	64.07	63.54	82.83						92.53	89.82	
		54.03	54.03	57.58	52.97	55.89	60.99	60.11	60.11	68.20	65.59	68.67	81.90						91.98	90.71	
		54.78	54.78	56.33	52.97	58.03	59.53	59.44	66.59	67.39	64.93	65.37	75.80						93.65	95.95	
H	0.66 °C/s	49.40	49.40	58.40	51.56	57.58	53.78	61.19	58.13	58.87	66.36	65.81	80.38	94.22	91.25	96.15	94.22	91.07	97.54		
		51.10	51.10	54.70	54.86	59.82	58.87	56.68	60.01	51.19	63.12	68.79	80.83	92.53	103.2	96.94	93.84	95.18	90.00		
		51.87	51.87	55.80	50.50	61.89	56.42	57.31	61.59	65.37	65.48	66.36	81.75	95.57	103.8	100.8	94.98	96.15	88.42		
		53.62	53.62	53.62	51.25	65.26	56.95	57.13	61.79	63.33	68.79	69.03	81.14	94.6	92.91	95.57	92.91	93.65	96.35		

Tabla 5.2.- Dureza promedio y desviación estándar de los valores mostrados.

Muestra	Prom. desviación	MICRODUREZA EN LOS GRUPOS DE SEÑAL TEMPERATURA EN °C												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
A 61,7 °C/s	X	52.0975	56.237	59.18	64.162	63.537	65.647	68.44	69.19	68.75	75.602	76.105	71.2	84.9
	S	3.1397	1.1138	0.6716	2.475	2.088	1.799	0.882	2.1408	4.6257	2.046	1.8142	2.045	4.217
B 24,8 °C/s	X	52.7375	54.572	59.49	66.04	62.07	65.96	68.072	72.38	78.067	71.84	76.672	78.64	87.51
	S	1.1918	1.8106	1.6246	1.947	1.5147	2.1129	2.6266	2.304	1.7369	2.446	2.3912	1.562	2.97
C 11,2 °C/s	X	52.1775	55.537	57.45	61.497	65.12	65.53	73.23	73.88	74.15	79.897	72.99	77.57	89.78
	S	1.1918	0.9409	0.7936	2.2378	3.072	1.05062	2.6733	2.491	1.9713	1.899	2.282	2.638	2.4691
D 4,0 °C/s	X	50.7525	54.57	57.742	62.085	61.032	65.94	67.7	68.18	66.347	76.045	73.475	71.605	82.942
	S	1.1212	1.3657	2.0069	1.281	2.3605	2.1784	*	1.928	2.441	0.609	4.3135	1.9565	1.917
E 1,87 °C/s	X	49.442	53.157	54.57	59.557	60.14	61.142	64.447	66.085	67.74	70.645	68.045	72.6175	88.27
	S	1.0913	5.1059	2.1802	2.375	1.549	1.592	1.6805	1.584	1.8507	1.124	2.1185	2.523	2.4128
F 1,07 °C/s	X	54.7675	51.44	53.88	55.38	57.43	58.45	62.19	60.777	68.462	73.242	69.97	70.31	79.4
	S	1.7903	0.9365	1.052	1.9283	1.189	0.8291	2.475	2.1202	2.3212	2.256	2.62	1.605	1.767
G 0,8 °C/s	X	53.5275	53.13	56.51	56.87	55.38	58.117	59.44	60.06	64.585	68.502	65.87	66.1	80.1175
	S	0.9541	1.6167	0.9883	1.5414	0.6647	1.749	1.4788	1.5593	3.505	0.853	1.791	1.8847	2.702
H 0,66 °C/s	X	52.1	51.49	53.615	55.63	52.04	61.137	56.505	58.07	60.38	63.46	65.937	67.49	81.045
	S	0.5024	1.5166	2.0109	1.7753	1.6717	2.826	1.8182	1.8115	1.47	5.1615	2.028	1.4283	0.5276

Tabla 5.3.- Durezas durante el tratamiento de envejecido a 180°C en las muestras enfriadas a diferentes velocidades.

		MICRODUREZA 500 GRS. 10 SEG. TEMPERATURA 180 °C											
PIEZA	t	0 hrs.	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	4 hrs.	5 hrs.	6 hrs.	7 hrs.	8 hrs.	9 hrs.	10 hrs.	12 hrs.
<b>A</b>	---	---	88.08	92.35	91.25	87.23	94.79	84.91	85.23	88.42	81.75	87.57	82.36
	---	---	86.56	88.08	86.22	87.74	90.89	87.06	87.91	94.99	80.23	81.75	83.62
	61.7 °C/s	---	83.94	90.89	86.89	83.15	92.72	90.53	90.18	90.36	88.60	88.08	83.62
	---	---	79.64	87.06	92.35	83.94	89.12	86.06	88.25	90.53	85.40	86.06	82.21
<b>B</b>	---	---	88.08	87.03	88.95	89.12	92.72	90.00	87.06	85.23	93.47	85.07	78.40
	---	---	86.22	92.53	88.77	86.22	90.00	91.80	90.00	91.07	80.53	85.89	80.08
	24.8 °C/s	---	79.79	83.46	83.30	92.17	97.54	84.91	86.56	86.89	87.06	85.70	81.44
	---	---	81.14	87.57	88.42	95.18	90.00	85.56	87.57	85.56	82.52	82.06	87.40
<b>C</b>	---	---	84.74	87.40	87.74	86.56	90.00	89.82	87.06	80.83	80.83	87.40	84.74
	---	---	89.82	91.62	88.25	88.25	92.72	88.42	84.91	86.56	82.52	89.47	92.91
	11.2 °C/s	---	85.72	93.65	91.44	89.12	90.89	88.77	90.89	88.08	82.21	90.36	89.29
	---	---	84.26	87.74	92.72	82.68	90.00	88.60	89.12	84.26	79.35	88.25	92.91
<b>D</b>	---	---	79.79	90.89	93.28	82.83	92.72	86.39	88.08	81.59	87.74	85.72	83.15
	---	---	78.76	86.39	87.91	88.95	87.23	80.23	84.10	82.36	81.90	82.83	83.62
	4.0 °C/s	---	78.76	84.58	91.44	88.42	92.35	86.56	85.72	83.94	81.75	78.48	84.42
	---	---	81.44	87.27	87.23	87.23	93.65	87.23	86.39	82.06	86.56	83.78	82.68
<b>E</b>	---	---	84.91	76.63	83.94	84.10	84.26	79.94	83.94	87.40	87.74	83.30	79.64
	---	---	79.64	73.78	80.99	87.91	83.15	81.90	87.74	83.15	81.90	86.06	81.91
	1.87 °C/s	---	82.99	74.05	86.22	86.39	83.62	79.05	86.22	86.82	81.75	87.06	78.76
	---	---	77.75	78.76	81.44	90.53	86.89	81.59	89.47	85.89	86.56	83.62	83.46
<b>F</b>	---	---	78.62	78.18	80.23	79.94	86.06	81.75	77.61	77.47	80.68	80.53	80.99
	---	---	80.99	80.83	82.36	81.75	81.75	82.36	79.05	81.29	80.83	74.58	80.68
	1.07 °C/s	---	77.75	82.52	80.68	85.89	81.75	82.21	82.21	77.61	80.08	79.49	76.63
	---	---	84.10	77.33	77.75	85.07	87.91	83.94	84.26	78.47	86.89	77.90	75.12
<b>G</b>	---	---	72.74	75.80	75.12	82.99	85.56	76.07	74.45	79.05	80.68	75.25	80.38
	---	---	76.35	81.75	82.21	86.39	90.89	80.23	74.71	79.35	83.94	75.53	80.83
	0.8 °C/s	---	77.33	79.64	77.05	81.75	87.23	87.91	78.04	85.40	76.07	78.76	74.58
	---	---	71.35	86.72	80.08	80.53	90.53	78.18	85.07	76.77	77.47	74.31	80.08
<b>H</b>	---	---	72.61	73.26	76.07	85.89	80.99	74.45	76.35	70.48	73.65	78.91	74.98
	---	---	68.91	72.23	74.98	77.90	84.91	74.98	79.79	73.52	74.45	76.21	76.77
	0.66 °C/s	---	66.59	72.87	78.33	78.91	79.35	81.75	78.04	72.61	74.18	75.66	74.71
	---	---	66.36	71.10	76.07	80.83	81.14	78.18	79.64	75.94	71.72	75.94	77.61

Tabla 5.4.- Dureza promedio y desviación estándar de los valores mostrados.

Muestra	Prom. 1 hrs		MÉDIA DUREZA MO GRS. JS.SEC. TEMPERATURA 180 °C.												
	$\bar{X}$	S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
<b>A</b> 61.7 °C/s	$\bar{X}$		52.0775	84.55	84.177	89.177	85.515	91.88	87.14	87.892	91.075	84.01	85.865	82.95	85.727
	S		3.1397	* 3.2	* 2.661	* 2.6617	* 1.9978	2.1078	* 2.424	1.7642	2.4075	* 3.7837	* 2.8742	0.6696	2.234
<b>B</b> 24.8 °C/s	$\bar{X}$		50.7375	83.80	89.685	87.355	90.67	92.565	88.067	87.78	87.415	85.895	84.605	84.08	81.922
	S		1.2137	* 3.4398	4.5142	* 2.344	* 3.864	3.0794	* 3.3627	1.3241	* 3.1219	4.9727	* 1.7297	* 3.8736	1.4966
<b>C</b> 11.2 °C/s	$\bar{X}$		52.1775	86.135	90.102	90.037	86.652	90.902	88.402	87.995	84.9236	81.227	88.87	89.962	79.817
	S		1.1918	2.1916	* 2.634	2.0997	* 2.4713	* 1.1104	* 0.6281	* 2.584	* 3.1537	* 1.415	1.131	* 3.8773	3.923
<b>D</b> 4.0 °C/s	$\bar{X}$		50.7525	79.68	87.287	89.965	86.857	91.437	85.102	86.072	82.487	84.4875	82.702	83.467	77.182
	S		1.1212	* 1.095	* 2.2975	2.4933	2.4072	* 2.5883	* 3.2685	* 1.6478	* 0.8823	* 3.1125	2.651	* 0.7419	* 1.7695
<b>E</b> 1.87 °C/s	$\bar{X}$		49.4425	81.32	75.805	83.147	87.232	84.48	80.62	86.842	85.677	82.12	81.65	80.94	76.575
	S		1.0193	* 2.794	* 2.0367	* 2.0999	2.3374	1.4461	1.1733	2.0323	1.5613	* 3.1964	4.744	1.851	4.0283
<b>F</b> 1.07 °C/s	$\bar{X}$		54.7675	80.36	79.715	80.255	83.162	84.367	82.565	80.782	78.71	79.54	78.125	78.355	75.732
	S		1.7903	* 2.46	* 2.0709	1.6447	2.4216	* 2.6979	0.825	2.6075	1.5379	* 3.5111	2.2508	* 2.9319	1.9302
<b>G</b> 0.8 °C/s	$\bar{X}$		53.5275	74.442	80.977	78.615	82.415	88.552	80.597	78.067	80.1425	73.5	75.962	78.467	75.282
	S		0.9541	2.4717	* 3.9423	* 2.7264	2.1867	2.2404	4.4707	4.2835	3.1951	1.067	1.677	2.547	2.525
<b>H</b> 0.66 °C/s	$\bar{X}$		52.16	68.617	72.36	76.247	80.67	81.597	75.11	78.455	73.137	74.512	76.68	76.017	67.99
	S		0.5024	2.5116	0.8176	1.1154	* 3.1442	2.037	4.4374	1.3955	1.9583	2.545	1.302	* 1.4009	* 1.5468

Tabla 5.5.- Durezas durante el tratamiento de envejecido a 230°C en las muestras enfriadas a diferentes velocidades.

		MICRODUREZA 500 GRS. 10 SEG. TEMPERATURA 230 °C																							
PIEZA	t	0 hrs.	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	4 hrs.	5 hrs.	6 hrs.	7 hrs.	8 hrs.	9 hrs.	10 hrs.	12 hrs.	24 hrs.											
<b>A</b>			79.49	63.75	68.32	66.95	59.82	58.59	59.06	57.04	57.67	59.44	62.09	58.96											
	61.7		74.45	63.02	68.91	65.37	54.19	58.96	60.20	60.30	57.94	57.94	55.80	54.61											
	oC/s		71.22	64.07	61.99	57.85	60.20	60.50	59.15	60.30	61.19	58.40	59.06	51.71											
			78.76	62.91	59.63	62.19	59.25	57.04	58.22	61.69	60.99	59.53	57.13	51.79											
<b>B</b>			77.47	64.93	65.15	64.39	60.01	61.49	58.40	59.34	55.03	59.25	60.01	55.63											
	24.8		74.71	60.69	62.40	64.07	58.03	56.50	57.85	56.95	61.49	56.15	57.67	54.36											
	oC/s		79.35	64.71	63.54	64.82	59.91	59.34	59.15	58.78	58.87	58.40	59.25	51.56											
			80.83	67.85	62.40	64.50	59.63	59.91	59.63	55.89	56.86	58.22	55.72	56.95											
<b>C</b>			79.05	67.85	63.43	60.40	56.15	56.42	61.89	56.06	61.89	58.78	60.30	51.03											
	11.2		75.12	66.82	62.40	66.48	58.50	67.67	56.36	58.50	60.20	59.25	57.04	49.76											
	oC/s		77.90	66.93	63.02	61.39	60.59	64.70	58.50	57.40	57.85	58.68	61.89	54.11											
			73.78	64.50	64.60	63.22	58.96	54.86	59.06	58.61	58.96	55.80	55.80	53.54											
<b>D</b>			77.90	64.82	65.37	61.29	57.85	57.58	55.80	54.78	62.09	58.03	57.85	56.77											
	4.0		71.22	62.50	66.70	64.28	60.01	60.40	60.20	56.50	59.25	55.37	55.80	54.11											
	oC/s		69.87	64.07	60.89	59.53	58.03	60.99	56.42	54.53	55.80	56.33	54.78	56.86											
			71.35	62.60	64.39	65.81	60.20	59.44	55.29	58.50	62.91	58.46	55.72	50.88											
<b>E</b>			78.18	64.07	60.11	58.78	55.20	357.76	55.12	57.94	56.86	57.49	57.85	54.86											
	4.0		72.36	58.96	61.89	59.53	57.13	58.40	58.13	58.50	58.40	54.53	56.95	54.03											
	oC/s		73.92	59.63	63.02	60.50	54.70	60.11	57.67	58.59	56.59	55.20	59.34	56.42											
			75.53	63.64	61.09	60.59	61.99	57.13	56.50	57.58	59.72	56.33	57.13	53.38											
<b>F</b>			73.52	57.40	66.39	53.46	61.99	58.68	59.82	56.95	55.98	56.06	54.28	50.50											
	1.07		68.91	58.96	60.59	58.13	61.19	58.13	59.91	58.31	57.49	58.86	53.54	53.46											
	oC/s		69.99	60.69	65.48	57.85	58.87	60.99	60.99	58.59	53.46	57.58	54.53	56.50											
			72.61	58.40	61.69	54.44	57.85	54.70	60.01	54.03	58.59	54.70	58.78	51.18											
<b>G</b>			71.35	55.55	57.31	59.25	55.55	55.29	57.31	56.42	56.15	54.11	53.46	51.64											
	0.8		72.61	58.40	57.31	60.20	54.19	51.87	58.40	54.95	58.13	53.29	55.63	50.58											
	oC/s		69.03	61.19	60.99	55.20	56.95	53.70	55.98	54.28	55.33	56.50	50.59	48.76											
			72.48	60.59	62.19	55.46	53.38	54.78	58.78	53.05	56.59	55.63	53.78	51.25											
<b>H</b>			65.48	58.68	58.22	59.15	60.11	54.78	53.21	53.78	53.78	54.11	53.70	50.35											
	0.66		61.29	59.82	63.33	63.22	55.20	57.58	56.50	54.03	57.67	56.68	53.36	52.02											
	oC/s		64.39	60.69	61.39	57.67	53.62	56.77	58.68	56.59	56.95	57.31	53.38	48.34											
			66.03	57.40	57.85	59.91	57.67	54.70	53.38	51.56	55.37	55.37	54.19	48.76											

Tabla 5.6.- Dureza promedio y desviación estándar de los valores mostrados.

Muestra	Prom. $t_{hrs}$ desviación	MICRODUREZA VIKERS 15 SEC. TEMPERATURA 200 °C												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
A	$\bar{X}$	52.0975	75.98	63.437	64.710	60.59	58.365	58.772	59.157	59.732	59.447	58.827	58.52	54.267
	S	3.1997	* 3.355	0.4874	3.9961	3.3972	* 2.434	1.2302	0.7027	1.6061	1.6467	0.67806	2.364	2.9502
B	$\bar{X}$	50.7375	78.04	64.545	63.372	64.445	59.395	59.31	58.7575	57.74	58.062	58.03	58.162	54.625
	S	1.2137	2.286	* 2.5472	1.1268	0.2680	0.8002	1.8034	0.6831	1.3863	2.400	1.1488	* 1.6434	1.9924
C	$\bar{X}$	52.1775	76.462	66.525	63.362	62.872	58.55	55.912	58.952	57.567	59.725	58.127	58.757	52.11
	S	1.1918	2.1071	1.2356	0.8030	2.3154	1.5884	1.2169	* 1.4727	0.96455	1.5011	1.3609	2.4437	1.7842
D	$\bar{X}$	50.7525	72.585	63.497	64.337	62.727	59.022	59.602	56.907	56.077	60.012	57.047	56.037	54.655
	S	1.1212	* 3.1228	0.9845	2.1526	2.4598	1.0864	1.292	1.9312	1.5910	* 2.7855	* 1.2539	1.1206	2.4435
E	$\bar{X}$	49.4425	74.997	61.575	61.527	59.85	55.432	58.715	56.755	58.1525	57.892	55.88	57.817	54.672
	S	1.0913	2.1522	* 2.297	1.0676	0.7445	1.0010	* 1.4168	1.1061	0.4138	1.2609	1.1268	0.9413	1.13713
F	$\bar{X}$	54.7675	71.257	58.862	63.6705	55.97	59.975	53.89	59.582	55.687	57.41	55.537	55.775	52.21
	S	1.7903	* 1.875	1.1939	2.6129	2.0518	1.6787	1.2973	0.5769	2.0112	* 0.9317	0.9667	* 2.0485	1.3935
G	$\bar{X}$	53.5275	71.367	58.932	59.45	57.507	55.017	53.89	57.617	54.675	56.475	54.882	53.455	50.557
	S	0.9541	1.4357	2.2118	* 2.1816	2.2249	1.3587	1.2973	1.0885	1.2162	1.1196	1.2557	1.6666	1.10486
H	$\bar{X}$	52.16	64.297	59.147	60.147	59.987	56.65	55.957	55.442	53.99	55.94	55.867	53.662	49.8675
	S	0.5024	1.8339	1.2353	* 2.272	* 2.0326	* 2.4645	* 1.251	2.2824	1.7805	1.5002	1.2326	0.3313	1.45136

Tabla 5.7.- Posición Angular ( $2\theta$ ) para los planos {311}

<b>MUESTRA</b>	<b>CONDICION</b>	<b><math>2\theta</math></b>
A	Sobresaturada	$78.07^{\circ}$
H	Sobresaturada	$78.10^{\circ}$
A	Máxima Dureza	$78.16^{\circ}$
A	Sobreenviejecida	$78.13^{\circ}$

Tabla 6.1.- Constantes para determinar la dureza máxima

Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	k	b (1/seg)
130	$1.5 \times 10^{-3}$	0.808
180	$7.08 \times 10^{-3}$	0.557
230	$4.79 \times 10^{-3}$	0.593