

CONTIENE APÉNDICE APLICABLE A:
 EADS-CASA (26-06-06)

Tratamiento térmico de Aceros inoxidables y refractarios

Esta especificación anula y sustituye la edición anterior, de fecha 10-05-82, y sus modificaciones.

preparada

L.E. López	I+D.T.M.	
M.C. Navas	I+D.T.M.	

revisada

L.E. López	I+D.T.M.	

aprobada

E. Redondo	I+D.T.M.	
------------	----------	---

Este documento no podrá ser utilizado para ningún otro propósito distinto al que para el que ha sido entregado, ni puede ser reproducido ni divulgado a terceras personas sin la autorización expresa de Airbus España S.L., excepto EADS-CASA



HOJA DE MODIFICACION

ESPEC.: I+D-P-226 A

TRATAMIENTO TÉRMICO DE ACEROS INOXIDABLES Y REFRACTARIOS

PAG.: 1 de 1

FECHA: 15-07-09

DESCRIPCION:

- AÑADIR el subapartado 4.1.2.1. como a continuación se indica:

4.1.2.1 El tiempo de permanencia, se empezará a contar a partir del momento en que la parte más fría de la hornada ha alcanzado la temperatura mínima del intervalo establecido para cada aleación y forma del producto. Cuando no se utilicen termopares de carga, el tiempo de permanencia se empezará a contar cuando el termopar más frío alcanza la temperatura mínima del intervalo especificado para cada aleación.

Cuando no esté especificada la tolerancia de los tiempos de permanencia del tratamiento térmico, se aplicará como norma general el siguiente criterio:

De -0 a +10 minutos ó +10 % del tiempo especificado (lo que sea menor).

En los hornos de sales se cuenta desde que el baño recupera la temperatura mínima del intervalo, después de que la carga fue sumergida.

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente M&P.

preparada

R. Cifuentes	M&P	
--------------	-----	--

aprobada

L.E.López	M&P	
-----------	-----	--

autorizada

V. Cortés	M&P	
-----------	-----	--

DESCRIPCION:

- SUSTITUIR la TABLA-3 del apartado 4.1.1 como a continuación se indica:

TABLA-3: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS – PH Y MARAGING

DESIGNA- CIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	FORMAS	ESTADOS (1) →		PROCEDIMIENTO			CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS					
			ACTUAL	RESULTANTE	TEMP. (3)	TIEMPO	APAGADO	R MPa	E 0,2 MPa	A% (24)	DUREZA R.C.		
F-0381	17-4PH	Piezas moldeadas	F	N (2)	1150	(4)	Aire (11)	---	---	---	---		
			F o N	SA	1035	(5)		---	---	---	---		
			SA	SH 925	495	(6)	Aire	1170	1034	4	40±48		
			SH 1000	538	4 horas	1034		896	6	35±40			
			SH 1100	593	4 horas	896		825	8	32±37			
		Barras Chapas Laminados Piezas forjadas	SA		SH 900		482	(6)	Aire	1310	1172	10	40±47
					SH 925		496	4 horas		1172	1069	10	38±45
					SH 1025		552	4 horas		1069	1000	12	34±42
					SH 1075		579	4 horas		1000	862	13	31±38
					SH 1100		593	4 horas		965	793	14	30±37
	SH 1150		621	4 horas	931	724	16	28±37					
Todas, después de templadas y enderezadas	SH -		Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---			
F-0382	17-7PH	Chapas Barras Muelles	F	SA	1065	(9)	Aire	---	---	---	---		
			SA	ST	760	90 minutos	(10)	---	---	---	---		
				SR	950	(8)	Aire (12)	---	---	---	---		
			SR	SA -100	-73	3±5 horas	(23)	---	---	---	---		
			SR-100	SRH -950	510	60 minutos	Aire	1378	1034	5±6	44±49		
				SRH -1050	565			1240				39±44	
				SRH -1065	575			1240				1034	5±6
		ST	STH -1050	565	90 minutos	Aire	1240 (14)	1034 (14)	3±7	38±43			
	STH -1080	582	1034	965			6±7				35±39		
	STH -1100	593	1034	965			6±7				34±39		
SC (13)	SCH -900	482	60 minutos	Aire	1655	1585	1	46					
Todas, después de templadas y enderezadas	SRH - y STH -		Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---			

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

preparada

F. Moreno

M&P

aprobada

L. E. López

M&P

autorizada

V. Cortés

M&P

TABLA-3: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS – PH Y MARAGING (CONTINUACIÓN)

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	FORMAS	ESTADOS (1) →		PROCEDIMIENTO			CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS						
			ACTUAL	RESULTANTE	TEMP (3)	TIEMPO	APAGADO	R MPa	E 0,2 MPa	A% (24)	DUREZA R.C.			
F-0383	15-7Mo	Chapas Barras Extrusiones Piezas forjadas	F	SA	1065	(9)	Aire	---	---	---	---			
			SA	ST SR	760 950	90 minutos (8)	(10) Aire (12)	---	---	---	---			
			SR	SR-100	- 73	3÷5 horas (25)	(23)	---	---	---	---			
			SR-100	SRH -950 SRH -1050 SRH -1075	510 565 580	60 minutos	Aire	1551 (26) 1310 (15)	1379 (26) 1172 (15)	1÷5 (26) 4÷5	46÷51 40÷45 41÷44 (15)			
			ST	STH -1050	565	90 minutos	Aire	1310 (16)	1172 (16)	2÷8	40÷47			
			SC (13)	SCH -900	482	60 minutos	Aire	---	---	---	---			
		Todas, después de templadas y enderezadas	SRH - Y STH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---			
F-0384	15-5PH	Piezas moldeadas	F	N (2)	1150	(4)	Aire (11)	---	---	---	---			
			F o N	SA	1035	(5)		---	---	---	---			
		Barras Chapas Laminados Piezas forjadas	SA	SH 925 SH 1000 SH 1100	495 538 593	(6) 4 horas 4 horas	Aire	1170 1034 896	1034 896 825	4 6 8	40÷48 35÷40 32÷37			
			SA	SH 900 SH 950 SH 1025 SH 1075 SH 1100 SH 1150	482 510 550 580 593 620	(6) (6) 4 horas 4 horas 4 horas 4 horas		1310 1170 1068 1000 965 930	1170 1068 1000 862 793 724	5÷10 5÷10 5÷12 6÷13 10÷14 8÷16	40÷45 38÷43 35÷39 32÷37 32÷37 30÷35			
				SH -	Alivio de tensiones	425		1 hora	Aire	---	---	---	---	
				Chapas y Barras	F	SA		(18) (19)	(17)	Aire (17)	---	---	---	---
					SA	SH -1325		720	16 horas	Aire	862 (18) 965 (19)	655 655	4 (18) 12	24÷35 29÷39

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

preparada

F. Moreno	M&P	
-----------	-----	---

aprobada

L. E. López	M&P	
-------------	-----	---

autorizada

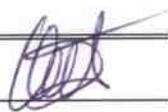
V. Cortés	M&P	
-----------	-----	---

TABLA-3: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS – PH Y MARAGING (CONTINUACIÓN)

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	FORMAS	ESTADOS (1)		PROCEDIMIENTO			CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS			
			ACTUAL	RESULTANTE	TEMP. (3)	TIEMPO	APAGADO	R MPa	E 0,2 MPa	A% (24)	DUREZA R.C.
F-386	PH 13-8 Mo	Barras Placas Piezas forjadas	F	SA	925	(27)	Aire (11)	---	---	---	---
			SA	SH -950	510	4 ho ras	Aire	1517	1413	10	45±48
		SH -1000		538	1413			1310	10	43±47	
		SH -1050		565	1207			1138	12	40±43	
SH -1100	593	1034	931	14	34±39						
SH -1150	620	931	621	14	30 min.						
		Todas, después de templadas y enderezadas	SH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---
F-0387	AM-355	Placas moldeadas	F	N (2)	1093	2 horas	Aire	---	---	---	---
			N	SO (20)	745	3 horas	Aire	---	---	---	---
			SO	SM (21)	565	3 horas	Aire	---	---	---	---
			SM	SL	980	2 horas	Aire (22)	---	---	---	---
			SL	SSC	-73	3 horas	(23)	---	---	---	---
		SSC	SSCT -850 SSCT -1050	455 565	3 horas	Aire	---	---	---	---	
		Placas Barras Piezas forjadas	F	SO (20)	745	3 horas	---	---	---	---	---
			SO	SM (21)	565	3 horas	Aire	---	---	---	---
			SM	SL	930	(7)	---	---	---	---	---
			SL	SSC	-73	3 horas	(23)	---	---	---	---
SSC	SSCT -850 SSCT -1000 SSCT -1050		455 538 565	3 horas	Aire	1138	965	12	37±44		
F-0391	1.6351	Piezas moldeadas en vacío, calidad preferente	F	N (2)	1150	4 horas	Aire	---	---	---	---
			N	SO	593	1÷4 horas		---	---	---	---
			SO	SA	815	(5)		---	---	---	36 máx.
			SA	SM-900	482	3 horas		1600	1450	4÷8	45±52
F-0392	1.6354	Barras Piezas forjadas	F	N (2)	925	1 hora	Aire	---	---	---	---
			N	SA	815	(5)		---	---	---	---
			SA	SM-900	482	4 horas		1950	1900	3÷5	48±52
F-0393	1.6359	Chapas Placas Barras Piezas forjadas	F	N (2)	925	1 hora	Aire	---	---	---	---
			N	SA	815	(5)		---	---	---	---
			SA	SM-900	482	3 horas		1700	1620	2÷6	48±52
F-0394	1.6964	Barras y Piezas forjadas	F	835	835	1 hora	Agua	---	---	---	---
			SA	SM -900	482	6 horas	Aire	1550	1450	8	45±47

Este documento no podrá ser utilizado para ningún otro propósito distinto que para el que ha sido entregado, ni puede ser reproducido ni divulgado a terceras personas sin la autorización expresa de Airbus España S.L., excepto EADS-CASA

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

preparada

F. Moreno	M&P	
-----------	-----	---

aprobada

L. E. López	M&P	
-------------	-----	---

autorizada

V. Cortés	M&P	
-----------	-----	---



HOJA DE MODIFICACION

ESPEC.: I+D-P-226 A

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS INOXIDABLES Y REFRACTARIOS

PAG.: 4 de 5

FECHA: 11-12-08

NOTAS DE LA TABLA-3:

- (1) La designación de los estados de tratamiento térmico corresponde a la convencional americana precedida de una S, de acuerdo con I+D-M-180.
- (2) Corresponde a la HOMOGENEIZACIÓN, que tiene cierta semejanza con el NORMALIZADO (N). Principalmente se aplica a piezas fundidas y se recomienda en los aceros Maraging.
- (3) Grados centígrados. Margen de $\pm 14^{\circ}\text{C}$ para los estados N, SA, SO, SL y Alivio de tensiones. Margen de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ para los estados SH, SR, SM, SRH, STH, SSC y SSCT.
- (4) Dos horas para espesores hasta 25 mm, más 30 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.
- (5) Una hora para espesores hasta 25 mm, más 30 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.
- (6) Una hora para espesores hasta 12 mm, más 2 minutos por cada mm adicional.
- (7) 45 Minutos para espesores hasta 25 mm, más 30 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.
- (8) 10 Minutos de base, más 1 minuto por cada 0,25 mm de espesor o diámetro
- (9) 3 Minutos de base, más 1 minuto por cada 0,25 mm de espesor o diámetro.
- (10) Enfriar hasta una temperatura de 10 a 15°C en un tiempo máximo de 60 minutos, mantener en este intervalo de temperatura durante 30 minutos como mínimo.
- (11) Opcionalmente aceite. Enfriar el material por debajo de 32°C antes del tratamiento subsiguiente.
- (12) Hasta 24°C y antes de 1 hora, enfriar a -73°C , tratamiento subcero que constituye el siguiente escalón.
- (13) El estado SC corresponde a material trabajado en frío, o sea a un estado de acritud (H) sin definición de grado. Se usa para alambres y chapa hasta 1,25 mm de espesor.
- (14) Valores para chapas. Para barras en estado STH-1050 se admiten 70 MPa menos.
- (15) Valores para chapas. Para extrusiones en estado SRH-1075 se admiten 70 MPa menos, con alargamiento de $5\pm 6\%$ y dureza de 39 ± 45 Rockwell C.
- (16) En chapas y extrusiones de espesores mayores a 12,5 mm, 70 MPa menos. En barras y piezas forjadas las características mecánicas requeridas son: $R = 1250 \div 1450$ MPa, $E_{0,2} = 1100$ MPa, $A\% = 6\%$, Dureza HB = 375.

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

preparada

F. Moreno	M&P	
-----------	-----	--

aprobada

L. E. López	M&P	
-------------	-----	--

autorizada

V. Cortés	M&P	
-----------	-----	--



HOJA DE MODIFICACION

ESPEC.: I+D-P-226 A

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS INOXIDABLES Y REFRACTARIOS

PAG.: 5 de 5

FECHA: 11-12-08

- (17) Un minuto por 0,25 mm de espesor o diámetro. 10 minutos mínimo. Barras de espesor menor de 6,35 mm deben apagarse en aceite o agua.
- (18) Chapas (ver Tabla-4). Temperatura de solubilización $982 \pm 14^{\circ}\text{C}$.

TABLA-4: CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS

Espesor mm	R (MPa)	E 0,2 (MPa)	A%
0,63 – 0,96	862	655	4
0,97 – 1,27	896	655	8
1,28 – 2,5	931	655	10
Mayor 2,5	965	655	15

- (19) Barras. Temperatura de solubilización $899 \pm 14^{\circ}\text{C}$
- (20) Tratamiento de homogeneización de estructura aplicable a piezas moldeadas del tratamiento N y directamente a conjuntos soldados, se considera un recocido subcrítico que minimiza el crecimiento del grano durante el ciclo de tratamiento térmico.
- (21) Segundo recocido subcrítico que mejora la maquinabilidad de los materiales que han recibido el tratamiento SO y que es obligatorio en las piezas moldeadas.
- (22) Secciones mayores de 3 mm deben apagarse en aceite.
- (23) Calentar, en el aire, a temperatura ambiente.
- (24) Varía con el espesor. Valor mínimo cuando se indica una cifra.
- (25) 8 horas para barras y piezas forjadas.
- (26) En barras y piezas forjadas las características mecánicas requeridas son: : R = $1380 \div 1650$ MPa, E0,2 = 1200 MPa, A% = 5%, Dureza HB = 415.
- (27) 30 minutos para espesores hasta 25 mm, más 15 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

preparada

F. Moreno	M&P	
-----------	-----	--

aprobada

L. E. López	M&P	
-------------	-----	--

autorizada

V. Cortés	M&P	
-----------	-----	--

DESCRIPCION:

- SUSTITUIR la TABLA-1 del apartado 4.1.1 como a continuación se indica:

TABLA-1: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS-MARTENSÍTICOS

DESIGNACIÓN DEL ACERO (1)	ACERO BASE (2)	TEMPLE		T° DE REVENIDO PARA R (kg/mm ²) (3) (4)				RECOCIDOS (3)			
		Temperatura (3)	Apagado	70 a 100	100 a 125	125 a 140	Más de 140	TOTAL (5)	SUBCRÍTICO (6)	ALIVIO DE TENSIONES	
										Sin templar (6)	Templado (7)
F-3401	F-3401	975	Aceite (8)	600	--	260	--	820	700	650	200
F-3402	F-3402	1000	Aceite	600	--	300	--	840	750	650	200
F-3403	F-3403	1000	Aceite	650	--	590	300	840	750	650	200
F-3404	F-3404	1025	Aceite	650	--	590	260	840	750	650	200
F-3405	F-3405	1025	Aceite	675	--	390	200	820	750	650	200
F-3411	F-3411	990	Aceite	600	--	300	--	850	700	650	200
F-3423	F-3423	1025	Aceite	--	--	--	200	800	--	650	200
F-3427	F-3427	1020	Aceite (9)	650	630	--	280	870 (10)	760	650	260
F-0322	Z 40 CSD10(F)	1050	Aceite	--	750	--	300	875	800	650	200
F-0324	501 (A)	900	Aceite	700	--	250	--	850	--	650	200
F-0341	414 (A)	1025	Aceite	--	--	300	--	800	675	650	200
F-0346	440A (A)	1035	Aceite	--	--	250	150 (11)	870	700	650	150
F-0347	440B (A)	1050	Aceite	--	--	--	150 (11)	870	700	650	150
F-0348	440C (A)	1050	Aceite	--	--	--	160 (11)	900	700	650	150
F-0356	Z 8 CND17-04(F)	1020	Aceite	590	390	--	--	830	750	650	200

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

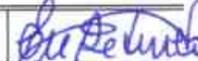
preparada

M.C. Navas	I+D.T.M.	
------------	----------	---

revisada

L.E.López	I+D.T.M.	
J. Broquetas	I+D.T.M.	

aprobada

E. Redondo	I+D.T.M.	
------------	----------	---



HOJA DE MODIFICACION

ESPEC.: I+D-P-226 A

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE
ACEROS INOXIDABLES Y REFRACTARIOS

PAG.: 2 de 4

FECHA: 26-02-07

DESCRIPCION:

NOTAS DE LA TABLA-1:

- (1) Cuando la primera cifra significativa es un cero (F-0XXX), la designación es particular de C.A.S.A. y se refiere a un acero que no está normalizado en España.
- (2) El país de origen de las designaciones extranjeras va codificado a continuación de ellas mediante una letra mayúscula entre paréntesis: (A) americano, (F) francés, (G) alemán.
- (3) Temperatura en grados centígrados $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Los tiempos de permanencia figuran en la Tabla-5.
- (4) Evitar los revenidos entre 370 y 580°C .
- (5) Temperatura $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Tiempos en Tabla-5. Enfriamiento dentro del horno a razón de 20 a 30°C por hora hasta 595°C , después al aire o al agua, salvo indicación especial.
- (6) Temperatura en grados centígrados $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Tiempos en Tabla-5. Enfriamiento al aire.
- (7) Temperatura en grados centígrados $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Tiempo de permanencia, 1 hora por cada 25 mm de espesor o diámetro. Enfriamiento al aire.
- (8) Opcional en sales a 500°C y después al aire.
- (9) Opcional en sales a $205^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y después al aire.
- (10) Enfriar al aire y después calentar a 650°C durante 10 horas y enfriar al aire (ver también punto 4.2.2.b).
- (11) Normalmente precedido de tratamiento subcero (ver 4.2.5.b).

OBSERVACIÓN: La ausencia de valores en la columna de R (Kg/mm^2) indica que el acero no es apto para ese nivel de resistencia.

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I + D. T. M.

preparada

M.C. Navas	I+D.T.M.	
------------	----------	--

revisada

L.E.López	I+D.T.M.	
J. Broquetas	I+D.T.M.	

aprobada

E. Redondo	I+D.T.M.	
------------	----------	--

DESCRIPCION:

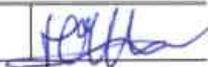
- SUSTITUIR la TABLA-2 del apartado 4.1.1 como a continuación se indica:

TABLA-2: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS-AUSTENÍTICOS Y FERRÍTICOS

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	AUSTENIZACIÓN		RECOCIDO		ALIVIO DE TENSIONES (2)
		Temperatura (1)	Apagado	Temperatura (1)	Apagado	
F-3503	F-3503	1.050	(3)	--	--	
F-3504	F-3504	1.050	Agua	--	--	370
F-3507	F-3507	1.080	Agua	--	--	a
F-3508	F-3508	1.080	Agua	--	--	420
F-3517	F-3517	1.080	Agua	--	--	
F-3523	F-3523	1.020	(4)	900	Aire	700
F-3524	F-3524	1.020	(4)	--	--	
F-3533	F-3533	1.050	Agua	--	--	
F-3534	F-3534	1.050	Agua	--	--	370
F-0316	201 (A)	1.065	Agua	--	--	420
F-0317	202 (A)	1.065	Agua	--	--	
F-0331	12 CN 25-20 (F)	1.080	Agua	--	--	
F-0335	310 S (A)	1.100	Agua	--	--	
F-0336	1.4844 (G)	1.100	Agua	1.036	Aire	
F-0338	309 (A)	1.080	Agua	--	--	320
F-0339	309 S (A)	1.080	Agua	--	--	
F-0349	AMS-5561 (A)	1.100	Agua	--	--	
F-0353	317 (A)	1.090	Agua	--	--	
F-0355	1.4962 (G)	1.120	Agua	960	Aire	
F-3111	F-3111	--	--	775	Horno	
F-3113	F-3113	--	--	800	Aire	260
F-3117	F-3117	--	--	740	Aire	a
F-0343	446 (A)	--	--	800	Aire	425
F-0344	1.4512 (G)	--	--	780	Aire	

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

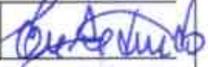
preparada

M.C. Navas	I+D.T.M.	
------------	----------	---

revisada

L.E.López	I+D.T.M.	
J. Broquetas	I+D.T.M.	

aprobada

E. Redondo	I+D.T.M.	
------------	----------	---

DESCRIPCION:
NOTAS DE LA TABLA-2:

- (1) Temperatura en °C con tolerancia de $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Tiempo de permanencia: 1/2 h por cada 25 mm de espesor o diámetro.
- (2) Temperatura en °C con margen de $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Tiempo de permanencia: 1 h por cada 25 mm de espesor o diámetro.
- (3) Espesores hasta 3 mm se pueden apagar en aire forzado. De 3 a 6 mm en aceite y más de 6 mm en agua.
- (4) Hasta 6 mm en aceite. Espesores mayores en agua.

- SUSTITUIR el apartado 4.2.2 como a continuación se indica:

4.2.4 Revenido

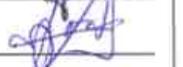
- g) Piezas que fueron cobreadas para protegerlas en el temple, serán revenidas antes de eliminar el cobre, o aliviadas de tensiones durante 1 hora a 180°C - 200°C , eliminando después el cobre en medio alcalino y reviniendo antes de 4 horas. Si fuera necesaria más de una operación de revenido por encima de 600°C en piezas que fueron cobreadas, será preciso restaurar el cobreado antes de volver a calentar.

- El número indicado en la página corresponde al número de modificación realizada.
- Esta hoja de modificación será incorporada a la especificación afectada, hasta la edición de una nueva revisión.
- Para conocer el estado de actualización del documento de referencia, consultar el índice que a tal efecto publica mensualmente I +D.T.M.

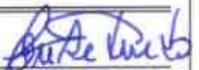
preparada

M.C. Navas	I+D.T.M.	
------------	----------	---

revisada

L.E.López	I+D.T.M.	
J. Broquetas	I+D.T.M.	

aprobada

E. Redondo	I+D.T.M.	
------------	----------	---

CONTENIDO

PÁGINA

1.	OBJETO	2
2.	INSTALACIONES Y EQUIPOS	2
2.1	Hornos	2
2.2	Equipo pirométrico	2
2.3	Generadores de atmósferas controladas	2
2.4	Equipos de apagado	3
2.5	Equipos de tratamiento subcero	3
2.6	Útiles y equipos varios	4
3.	REQUISITOS PARA MATERIALES Y OPERACIONES PREVIAS	4
3.1	Requisitos de los materiales y semiproductos a tratar	4
3.2	Limpieza.....	5
3.3	Preparación de las piezas	5
3.4	Preparación de los hornos y temperatura de carga	5
4.	PROCESOS	5
4.1	Parámetros de tratamiento térmico	5
4.2	Procedimientos	15
4.2.1	Pre calentamiento	15
4.2.2	Recocidos	15
4.2.3	Temple.....	16
4.2.4	Revenido.....	17
4.2.5	Tratamientos especiales	17
4.2.6	Limpieza final y protección	20
5.	REQUISITOS DE CALIDAD	20
5.1	Extensión de control.....	20
5.2	Inspección de instalaciones y equipos	20
5.3	Control de los procedimientos	21
5.4	Aceptación de piezas y materiales tratados	23
6.	CERTIFICACIÓN DEL PROCESO	24
6.1	Extensión de la certificación	24
6.2	Certificación	26
6.3	Criterios de aceptación.....	28
6.4	Registros	29
6.5	Evaluación	29
6.6	Tarjeta personal de certificación.....	29
6.7	Validez de la certificación.....	29
7.	SEGURIDAD E HIGIENE	30
8.	DOCUMENTACIÓN APLICABLE	30

1. OBJETO

- 1.1** Esta especificación contiene las instrucciones generales y la información necesaria para realizar las distintas operaciones del tratamiento térmico de los aceros inoxidable y refractarios utilizados en la fabricación aerospacial.
- 1.2** El proceso descrito en esta especificación cumple con los requerimientos establecidos en AIPS 04-00-004, y estará certificado según los criterios indicados en AIPS 04-00-004 y en el capítulo 6 de esta especificación.

2. INSTALACIONES Y EQUIPOS**2.1 Hornos**

- 2.1.1** Los tratamientos se harán en hornos de aire, atmósfera controlada, en hornos de sales fundidas o en baños de aceite para temperaturas moderadas.
- 2.1.2** Es indispensable que los hornos estén calificados por la norma AM3036-E, así como su calificación periódica y control.
- 2.1.3** Los hornos para operar a más de 600°C, serán como mínimo de la Clases IV, Tipo C. Los destinados a revenido y precipitación, serán de Clase II, Tipo B.
- 2.1.4** Los hornos de baño de sales fundidas usarán productos estables que no reaccionen con los aceros a las respectivas temperaturas de tratamiento y se ensayarán por lo menos una vez a la semana, corrigiendo su composición para asegurar que no descarburan o carburan el trabajo.

2.2 Equipo pirométrico

- 2.2.1** Los hornos para el tratamiento térmico de aceros dispondrán del número necesario de pirómetros automáticos contrastados según la norma AM3036-E con sus bulbos de captación adecuadamente situados para asegurar un eficaz control de la temperatura en todas las zonas de trabajo.
- 2.2.2** Los instrumentos de control térmico deberán ser del sistema potenciométrico y provistos de registro. Los termopares estarán protegidos por fundas para evitar la contaminación por la atmósfera de los hornos, pero estas protecciones no serán de tal naturaleza o espesor que produzcan indeseable inercia de respuesta en los cambios de temperatura.
- 2.2.3** La precisión de los pirómetros y su corrección máxima estarán de acuerdo con la Clase y Tipo del horno y se regirán por los detalles contenidos en la Tabla I de la norma AM3036-E. Los registros de temperaturas corresponderán con las indicaciones del equipo Patrón de calibración, con un error máximo de $\pm 1^\circ\text{C}$.
- 2.2.4** Los instrumentos de medida y registro estarán situados de tal manera que no reciban vibraciones, polvo o temperaturas fuera del intervalo 0-60°C.
- 2.2.5** Cambio periódico de termopares. Los de Chromel-Almuel, serán reemplazados cada 12 meses de operación a 650°C y cada 6 meses si operan a mayor temperatura.

2.3 Generadores de atmósferas controladas

- 2.3.1** Estos equipos serán capaces de producir un gas de la composición y calidad necesaria para cada trabajo y dispondrán de medios automáticos manuales para mantener, regular y controlar los gases componentes.

2.3.2 Es muy conveniente equipar los generadores de atmósfera con dispositivos de medida del potencial de carbono de los gases que la forman, pero, al menos, se dispondrá de instrumentos para determinar el punto de rocío.

2.3.3 Las atmósferas que se utilicen pueden ser: aire, argón, helio o vacío.

2.3.4 Las conducciones de los gases serán adecuadamente selladas para prevenir contaminación.

2.4 Equipos de apagado

2.4.1 Los tanques de apagado serán de dimensiones adecuadas para permitir el enfriamiento de la carga máxima de los hornos con la velocidad necesaria, y el libre movimiento de las piezas. Cuando se requieran medios de apagado líquidos como aceite, agua o soluciones de agua/polímero, éstos se pueden utilizar como esté especificado para el acero y el tratamiento concreto. La consistencia de la efectividad del medio de apagado será determinada en cada tanque mediante uno de los métodos de ensayo indicados en 5.3.4. Los ensayos serán realizados en la preparación del baño de apagado y trimestralmente. Los resultados obtenidos en los ensayos serán comparados con los obtenidos previamente por el mismo método. En la instalación de tratamiento térmico se establecerán los límites de control de cada sistema de medio de apagado y, si los resultados de los controles de los medios de apagado están fuera de los límites establecidos, se corregirán y se repetirán los ensayos hasta que el medio de apagado esté dentro de los límites establecidos.

2.4.2 Estarán dotados de dispositivos para obtener la circulación, agitación y refrigeración del medio de apagado.

2.4.3 Cada tanque estará equipado con indicadores de temperatura, con precisión de $\pm 2,5$ °C.

2.4.4 Mantener el aceite de temple por debajo de 60°C (excepto si existen problemas de distorsión o grietas). Para aceros de templabilidad adecuada puede usarse aceite a un máximo de 90°C. El aceite para Martempering estará entre 150°C y 200 °C, y los baños de sal entre 175°C y 560°C, durante las operaciones de Martempering y Austempering.

2.4.5 Cuando se usen baños de sales para el calentamiento, hay que prever tanques de enjuagues con duchas. Todo residuo de sal tiene que ser eliminado de las piezas inmediatamente después del apagado.

2.4.6 Los baños de agua para el apagado se mantendrán limpios, dotándolos de una entrada suficiente de agua fresca para prevenir concentración de sales disueltas y evitar que su temperatura exceda los 38°C.

2.4.7 Si se usan baños de agua-glicol, el líquido debe mantenerse entre 38°C y 60°C, no permitiendo que se pase de 70°C durante la operación

2.4.8 Se dispondrá del utillaje auxiliar apropiado para limitar la deformación y asegurar que las piezas alcanzan los requerimientos de dureza. Para trabajos de serie, incluso prensas de apagado especialmente diseñadas.

2.4.9 Los equipos de apagado estarán situados de forma que permitan la rápida transferencia de las piezas al baño, a fin de prevenir que se inicie la transformación antes de su inmersión en el medio de apagado. El tiempo de transferencia no será superior a 15 segundos.

2.5 Equipos de tratamiento subcero

2.5.1 Serán recipientes o tanques calorifugados, provistos de tapa y de indicadores de temperatura con precisión de $\pm 2,5$ °C, del tamaño adecuado a las piezas a tratar, conteniendo la cantidad necesaria de hielo seco o una mezcla de éste y queroseno.

2.5.2 Para estabilización criogénica, se requieren equipos especiales con dispositivos de manipulación del nitrógeno líquido.

2.6 Útiles y equipos varios

- 2.6.1** Debe disponerse de soportes y útiles sencillos para la manipulación de las piezas a tratar.
- 2.6.2** En los tratamientos que incluyen la austenización, (recocido total, normalizado y temple), el uso de utillaje robusto, como posicionadores, gatos y fuertes soportes para evitar la deformación, es una practica inútil que produce ordinariamente efectos contrarios al deseado, aunque los útiles sean del mismo material que las piezas y tengan por tanto el mismo coeficiente de dilatación y los mismos puntos críticos.
- 2.6.3** Para el revenido y recocido subcríticos es recomendable, contrariamente a lo indicado en 2.6.2, el uso de hormas robustas, provistas de cuñas para guardar la compresión, a fin de conseguir la conformación de las piezas durante estas fases del tratamiento térmico.
- 2.6.4** Así mismo, el taller debe disponer de ventiladores portátiles y de un equipo de desengrase y limpieza, que puede ser manual y rudimentario si la factoría cuenta con las instalaciones generales para este servicio, pero deberá constar como mínimo de unos recipientes adecuados, desagüe de agua.

3. REQUISITOS PARA MATERIALES Y OPERACIONES PREVIAS

3.1 Requisitos de los materiales y semiproductos a tratar

- 3.1.1** La superficie de los aceros estará libre de materias extrañas, fundentes de soldadura o el menor residuo de sales, antes de introducirlos en los hornos.
- 3.1.2** Los aceros para templar en baños de sales estarán exentos de líquidos o capas que puedan proyectar el baño fundido al exterior o reaccionar con las sales. Es mandatorio secar a fondo las piezas que puedan tener humedad atrapada.
- 3.1.3** Los conjuntos tubulares soldados serán provistos de taladros para el adecuado alivio de presión. Piezas sin la necesaria previsión de expansión del aire de su interior no serán admitidas para el tratamiento térmico.
- 3.1.4** Los aceros PH y Maraging que deban ser endurecidos por el tratamiento de precipitación estarán previamente en estado de solubilización o en el acondicionamiento de austenita.
- 3.1.5** Los aceros martensíticos, estarán en la condición de Recocido, antes de iniciar el calentamiento para el temple.
- 3.1.6** Piezas o materiales templados revenidos que tienen que ser vueltas a templar, recibirán un recocido subscrito o un precalentamiento antes de iniciar el calentamiento para el temple.
- 3.1.7** Los aceros que van a tratarse a 1650 MPa (168 Kgf/mm²) o más, serán previamente desbastados hasta asegurarse de la eliminación de la capa descarbonada que presenta el material de origen. La descarbonación que adicionalmente puede producirse en el temple será prevenida por ajuste del control de las atmósferas de los hornos, adición de rectificadores a los baños de sales y por la aplicación de electrodepositos de cobre según I+D-P-032 o por tratamiento en hornos de vacío.
- 3.1.8** Las piezas con superficies acabadas de mecanizado, que deban ser templadas, serán protegidas por una capa electrolítica de cobre de 25 a 50 µm de espesor o tratadas en instalaciones de vacío. No usar el cobre para temperatura superior a 940°C.
- 3.1.9** Las piezas con superficies acabadas de mecanizado, que deban ser austenizadas o tratadas a temperaturas superiores a 535°C pueden ser protegidas con una película del producto Z-23.317.

3.2 Limpieza

- 3.2.1** Todos los materiales, excepto semiproductos que hayan de ser mecanizados en toda su superficie después del tratamiento térmico, se someterán previamente a un tratamiento de desengrase en fase vapor, según I+D-P-009 y limpieza alcalina mediante productos Z-23.204 (Norma I+D-N-23).
- 3.2.2** Las piezas con superficies acabadas de mecanizado, que deban ser austenizadas o tratadas a temperaturas superiores a 535°C pueden ser protegidas con una película del producto Z-23.317.
- 3.2.3** Todos los útiles de sujeción, soportes y cestas, deberán ser desengrasados con disolventes en fase de vapor de acuerdo con I+D-P-009, mediante desengrase alcalino según I+D-P-038.

3.3 Preparación de las piezas

- 3.3.1** La superficie de los aceros estará limpia según 3.2.
- 3.3.2** Se estudiará la colocación de las piezas dentro del horno, de forma que puedan recibir el calor de la manera más uniforme posible, que no sufran deformaciones por dilatación entre ellas o por el peso de la pieza vecina. Se tendrá prevista la forma de extraerlas del horno y el sentido en que deben entrar en el medio de apagado, para lo cual podrá ser necesario el empleo de útiles sencillos como soportes, ganchos, anillas o cestas.
- 3.3.3** Las piezas complicadas, con oquedades o taladros que produzcan cambios bruscos de sección, pueden prepararse para el apagado taponando algunos orificios con tornillos holgados o con pastas refractarias adecuadas.

3.4 Preparación de los hornos y temperatura de carga

- 3.4.1** Cuando el material, tamaño y forma de las piezas, o condiciones de operación, puedan asegurar que no hay peligro de grietas o excesiva deformación, los hornos pueden cargarse a cualquier temperatura, no excediendo la máxima de trabajo especificada. Para evitar grietas y minimizar distorsión, se deben cargar los hornos a temperatura varios cientos de grados por debajo de la temperatura de trabajo y, cuando esto no es compatible con el rendimiento de la instalación, se debe hacer previamente un recocido subcrítico o un precalentamiento de las piezas o materiales.
- 3.4.2** No se introducirán piezas o materiales de diámetro o espesor mayor de 100 mm, que estén a la temperatura ambiente, en hornos cuya temperatura sea superior a 350°C.
- 3.4.3** Como regla general, la forma de reducir a un mínimo los riesgos de agrietamiento y distorsión de las piezas, consiste en efectuar un calentamiento lento y obtener un enfriamiento homogéneo en el apagado. La primera condición no siempre puede respetarse, por ejemplo en los hornos de sales, y por ello se recurre al precalentamiento de las piezas, cuyo estado inicial preferible es el de Recocido.

4. PROCESOS

4.1 Parámetros de tratamiento térmico

- 4.1.1** Las condiciones de trabajo para los tratamientos térmicos de los aceros martensíticos, austeníticos y ferríticos, PH y Maraging, se encuentran definidos en las Tablas 1, 2 y 3, respectivamente.

TABLA-1: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS MARTENSÍTICOS

DESIGNACIÓN DEL ACERO (1)	ACERO BASE (2)	TEMPLE		T° DE REVENIDO PARA R (kgf/mm ²) (3) (4)				RECOCIDOS (3)			
		Temperatura (3)	Apagado	70 a 100	100 a 125	125 a 140	Más de 140	TOTAL (5)	SUBCRÍTICO (6)	ALIVIO DE TENSIONES	
										Sin templar (6)	Templado (7)
F-3401	F-3401	975	Aceite (8)	600	--	250	--	820	700	650	200
F-3402	F-3402	1000	Aceite	600	--	300	--	840	750	650	200
F-3403	F-3403	1000	Aceite	650	--	590	300	840	750	650	200
F-3404	F-3404	1025	Aceite	650	--	590	260	840	750	650	200
F-3505	F-3505	1025	Aceite	675	--	390	200	820	750	650	200
F-3411	F-3411	990	Aceite	600	--	300	--	850	700	650	200
F-3423	F-3423	1025	Aceite	--	--	--	200	800	--	650	200
F-3427	F-3427	1020	Aceite (9)	650	630	--	280	870 (10)	760	650	260
F-0322	Z40CSD10(F)	1050	Aceite	--	--	300	300	875	800	650	200
F-0324	501 (A)	900	Aceite	700	700	--	--	850	--	650	200
F-0341	414 (A)	1025	Aceite	--	--	--	800	800	675	650	200
F-0346	440A (A)	1035	Aceite	--	--	150 (11)	870	870	700	650	200
F-0347	440B (A)	1050	Aceite	--	--	150 (11)	870	870	700	650	150
F-0348	440C (A)	1050	Aceite	--	--	160 (11)	900	900	700	650	150
F-0356	Z40CSD10(F)	1020	Aceite	590	390	--	830	830	750	650	200

NOTAS DE LA TABLA-1:

- (1) Cuando la primera cifra significativa es un cero (F-0XXX), la designación es particular de C.A.S.A. y se refiere a un acero que no está normalizado en España.
- (2) El país de origen de las designaciones extranjeras va codificado a continuación de ellas mediante una letra mayúscula entre paréntesis: (A) americano, (F) francés, (G) alemán.
- (3) Temperatura en grados centígrados $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Los tiempos de permanencia figuran en la Tabla-5.
- (4) Evitar los revenidos entre 370 y 580°C .
- (5) Temperatura $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Tiempos en Tabla-5. Enfriamiento dentro del horno a razón de 20 a 30°C por hora hasta 595°C , después al aire o al agua, salvo indicación especial.
- (6) Temperatura en grados centígrados $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Tiempos en Tabla-5. Enfriamiento al aire.
- (7) Temperatura en grados centígrados $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Tiempo de permanencia, 1 hora por cada 25 mm de espesor o diámetro. Enfriamiento al aire.
- (8) Opcional en sales a 500°C y después al aire.
- (9) Opcional en sales a $205^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y después al aire.
- (10) Enfriar al aire y después calentar a 650°C durante 10 horas y enfriar al aire (ver también punto 4.2.2.b).
- (11) Normalmente precedido de tratamiento subcero (ver 4.2.5.b).

OBSERVACIÓN: La ausencia de valores en la columna de R (Kgf/mm²) indica que el acero no es apto para ese nivel de resistencia.

TABLA-2: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS-AUSTENÍTICOS Y FERRÍTICOS

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	AUSTENIZACIÓN		RECOCIDO		ALIVIO DE TENSIONES (2)
		Temperatura (1)	Apagado	Temperatura (1)	Apagado	
F-3503	F-3503	1.050	(3)	--	--	
F-3504	F-3504	1.050	Agua	--	--	370
F-3507	F-3507	1.080	Agua	--	--	a
F-3508	F-3508	1.080	Agua	--	--	420
F-3517	F-3517	1.080	Agua	--	--	
F-3523	F-3523	1.020	(4)	900	Aire	700
F-3524	F-3524	1.020	(4)	--	--	
F-3533	F-3533	1.050	Agua	--	--	370
F-3524	F-3534	1.050	Agua	--	--	
F-0316	201 (A)	1.065	Agua	--	--	420
F-0317	202 (A)	1.065	Agua	--	--	
F-0331	Z 12 CN 25-20 (F)	1.080	Agua	--	--	
F-0335	310 S (A)	1.100	Agua	1.036	Aire	
F-0336	1.4844 (G)	1.100	Agua	--	--	
F-0338	309 (A)	1.080	Agua	--	--	320
F-0339	309 S (A)	1.080	Agua	--	--	
F-0349	AMS-5561 (A)	1.100	Agua	--	--	
F-0353	317 (A)	1.090	Agua	--	--	
F-0355	1.4962 (G)	1.120	Agua	960	Aire	
F-3111	F-3111	--	--	775	Horno	
F-3113	F-3113	--	--	800	Aire	250
F-3117	F-3117	--	--	740	Aire	a
F-0343	446 (A)	--	--	800	Aire	425
F-0344	1.4512 (G)	--	--	780	Aire	

NOTAS DE LA TABLA-2:

- (1) Temperatura en °C con tolerancia de $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Tiempo de permanencia: 1/2 h. por cada 25 mm de espesor o diámetro.
- (2) Temperatura en °C con margen de $\pm 14^{\circ}\text{C}$. Tiempo de permanencia: 1 h. por cada 25 mm de espesor o diámetro.
- (3) Espesores hasta 3 mm se pueden apagar en aire forzado. De 3 a 6 mm en aceite y más de 6 mm en agua.
- (4) Hasta 6 mm en aceite. Espesores mayores en agua.

TABLA-3: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS – PH Y MARAGING

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	FORMAS	ESTADOS (1)		PROCEDIMIENTO			CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS			
			ACTUAL	RESULTANTE	TEMP. (3)	TIEMPO	APAGADO	R MPa	E 0,2 MPa	A% (24)	DUREZA R.C.
F-0381	17-4PH	Piezas moldeadas	F	N (2)	1150	(4)	Aire (11)	---	---	---	---
			F o N	SA	1035	(5)		---	---	---	---
		SA	SH 925	495	(6)	Aire	1170	1034	4	40÷48	
			SH 1000 SH 1100	538 593	4 horas 4 horas		1034 896	896	825	6 8	35÷40 32÷37
Barras Chapas Laminados Piezas forjadas	SA	SH 900	482	(6)	Aire	1310	1170	5÷10	40÷45		
		SH 950	510	(6)		1170	1068	5÷10	38÷43		
		SH 1025	550	4 horas		1068	1000	5÷12	35÷39		
		SH 1075 SH 1150	580 620	4 horas 4 horas		1000 930	862 724	6÷13 8÷16	31÷38 30÷35		
Todas, después de templadas y enderezadas	SH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---		
F-0382	17-7PH	Chapas Barras Muelles	F	SA	1065	(9)	Aire	---	---	---	---
			SA	ST	760	90 minutos	(10)	---	---	---	---
				SR	950	(8)	Aire (12)	---	---	---	---
			SR	SA -100	-73	3÷5 horas	(23)	---	---	---	---
			SR-100	SRH -950	510	60 minutos	Aire	1378	1034	5÷6	44÷49
				SRH -1050 SRH -1065	565 575			1240 1240			
		ST	STH -1050 STH -1080 STH -1100	565 582 593	90 minutos	Aire	1240 (14) 1034 1034	1034 (14) 965 965	3÷7 6÷7 6÷7	38÷43 35÷39 34÷39	
SC (13)	SCH -900	482	60 minutos	Aire	1655	1585	1	46			
Todas, después de templadas y enderezadas	SRH - y STH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---		
F-0383	15-7Mo	Chapas Barras Extrusiones Piezas forjadas	F	SA	1065	(9)	Aire	---	---	---	---
			SA	ST	760	90 minutos	(10) Aire	---	---	---	---
				SR	950	(8)	(12)	---	---	---	---
			SR	SR -100	- 73	3÷5 horas	(23)	---	---	---	---
			SR-100	SRH -950	510	60 minutos	Aire	1551	1379	1÷5	46÷51
				SRH -1050 SRH -1075	565 580			(26) 1310 (15)	(26) 1172 (15)	(26) 4÷5	40÷45 41÷44 (15)
		ST	STH -1050	565	90 minutos	Aire	1310 (16)	1172 (16)	2÷8	40÷47	
SC (13)	SCH -900	482	60 minutos	Aire	---	---	---	---			
Todas, después de templadas y enderezadas	SRH - Y STH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---		

TABLA-3: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS – PH Y MARAGING (CONTINUACIÓN)

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	FORMAS	ESTADOS (1) →		PROCEDIMIENTO			CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS			
			ACTUAL	RESULTANTE	TEMP. (3)	TIEMPO	APAGADO	R MPa	E 0,2 MPa	A% (24)	DUREZA R.C.
F-0384	15-5PH	Piezas moldeadas	F	N (2)	1150	(4)	Aire (11)	---	---	---	---
			F o N	SA	1035	(5)		---	---	---	---
		SA	SH 925	495	(6)	Aire	1170	1034	4	40÷48	
			SH 1000 SH 1100	538 593	4 horas 4 horas		1034 896	896 825	6 8	35÷40 32÷37	
Barras Chapas Laminados Piezas forjadas	SA	SH 900 SH 950 SH 1025 SH 1075 SH 1100 SH 1150	482	(6)	Aire	1310	1170	5÷10	40÷45		
			510	(6)		1170	1068	5÷10	38÷43		
			550	4 horas		1068	1000	5÷12	35÷39		
			580	4 horas		1000	862	6÷13	32÷37		
			593	4 horas		965	793	10÷14	32÷37		
620	4 horas	930	724	8÷16	30÷35						
Todas, después de templadas y enderezadas	SH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---		
F-0385	A-286	Chapas y Barras	F	SA	(18) (19)	(17)	Aire (17)	---	---	---	---
			SA	SH -1325	720	16 horas	Aire	862 (18) 965 (19)	655 655	4 (18) 12	24÷35 29÷39
F-0386	PH 13-8 Mo	Barras Placas Piezas forjadas	F	SA	925	(27)	Aire (11)	---	---	---	---
			SA	SH -950	510	4 horas	Aire	1517	1413	10	45÷48
		SH -1000		538	1413			1310	10	43÷47	
		SH -1050		565	1207			1138	12	40÷43	
SH -1100 SH -1150	593	3 horas	Aire (22) (23)	1034	931	14	34÷39				
	620			931	621	14	30 min.				
Todas, después de templadas y enderezadas	SH -	Alivio de tensiones	425	1 hora	Aire	---	---	---	---		
F-0387	AM-355	Placas moldeadas	F	N (2)	1093	2 horas	Aire	---	---	---	---
			N	SO (20)	745	3 horas	Aire	---	---	---	---
			SO	SM (21)	565	3 horas	Aire	---	---	---	---
			SM	SL	980	2 horas	Aire (22) (23)	---	---	---	---
			SL	SSC	- 73	3 horas		---	---	---	---
		SSC	SSCT -850 SSCT -1050	455 565	3 horas	Aire	---	---	---	---	
		Placas Barras Piezas forjadas	F	SO (20)	745	3 horas	Aire	---	---	---	---
			SO	SM (21)	565	3 horas		---	---	---	---
SM SL	SL SSC		930 - 73	(7) 3 horas	---	---		---	---		
SSC	SSCT -850 SSCT -1000 SSCT -1050	455 538 565	3 horas	Aire	1138	965	12	37÷44			
F-0391	1.6351	Piezas moldeadas en vacío, calidad preferente	F	N (2)	1150	4 horas	Aire	---	---	---	---
			N	SO	593	1÷4 horas		---	---	---	---
			SO	SA	815	(5)		---	---	---	36 máx.
			SA	SM-900	482	3 horas		1600	1450	4÷8	45÷52
F-0392	1.6354	Barras Piezas forjadas	F	N (2)	925	1 hora	Aire	---	---	---	---
			N	SA	815	(5)		---	---	---	---
			SA	SM-900	482	4 horas		1950	1900	3÷5	48÷52

Este documento no podrá ser utilizado para ningún otro propósito distinto que para el que ha sido entregado, ni puede ser reproducido ni divulgado a terceras personas sin la autorización expresa de Airbus España S.L., excepto EADS-CASA

TABLA-3: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE ACEROS – PH Y MARAGING (Continuación)

DESIGNACIÓN DEL ACERO	ACERO BASE	FORMAS	ESTADOS (1)		PROCEDIMIENTO			CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS			
			ACTUAL	RESULTANTE	TEMP. (3)	TIEMPO	APAGADO	R MPa	E 0,2 MPa	A% (24)	DUREZA R.C.
F-0393	1.6359	Chapas Placas Barras Piezas forjadas	F	N (2)	925	1 hora	Aire	---	---	---	---
			N	SA	815	(5)		---	---	---	---
			SA	SM-900	482	3 horas		1700	1620	2÷6	48÷52
F-0394	1.6964	Barras y Piezas forjadas	F	835	835	1 hora	Agua	---	---	---	---
			SA	SM-900	482	6 horas	Aire	1550	1450	8	45÷47

NOTAS DE LA TABLA-3:

- (1) La designación de los estados de tratamiento térmico corresponde a la convencional americana precedida de una S, de acuerdo con I+D-M-180.
- (2) Corresponde a la HOMOGENEIZACIÓN, que tiene cierta semejanza con el NORMALIZADO (N). Principalmente se aplica a piezas fundidas y se recomienda en los aceros Maraging.
- (3) Grados centígrados. Margen de $\pm 14^{\circ}\text{C}$ para los estados N, SA, SO, SL y Alivio de tensiones. Margen de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ para los estados SH, SR, SM, SRH, STH, SSC y SSCT.
- (4) Dos horas para espesores hasta 25 mm, más 30 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.
- (5) Una hora para espesores hasta 25 mm, más 30 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.
- (6) Una hora para espesores hasta 12 mm, más 2 minutos por cada mm adicional.
- (7) 45 Minutos para espesores hasta 25 mm, más 30 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.
- (8) 10 Minutos de base, más 1 minuto por cada 0,25 mm de espesor o diámetro
- (9) 3 Minutos de base, más 1 minuto por cada 0,25 mm de espesor o diámetro.
- (10) Enfriar hasta una temperatura de 10 a 15°C en un tiempo máximo de 60 minutos, mantener en este intervalo de temperatura durante 30 minutos como mínimo.
- (11) Opcionalmente aceite. Enfriar el material por debajo de 32°C antes del tratamiento subsiguiente.
- (12) Hasta 24°C y antes de 1 hora, enfriar a -73°C , tratamiento subcero que constituye el siguiente escalón.
- (13) El estado SC corresponde a material trabajado en frío, o sea a un estado de acritud (H) sin definición de grado. Se usa para alambres y chapa hasta 1,25 mm de espesor.
- (14) Valores para chapas. Para barras en estado STH-1050 se admiten 70 MPa menos.
- (15) Valores para chapas. Para extrusiones en estado SRH-1075 se admiten 70 MPa menos, con alargamiento de 5÷6% y dureza de 39÷45 Rockwell C.
- (16) En chapas y extrusiones de espesores mayores a 12,5 mm, 70 MPa menos. En barras y piezas forjadas las características mecánicas requeridas son: R = 1250 ÷ 1450 MPa, E0,2 = 1100 MPa, A% = 6%, Dureza HB = 375.

- (17) Un minuto por 0,25 mm de espesor o diámetro. 10 minutos mínimo. Barras de espesor menor de 6,35 mm deben apagarse en aceite o agua.
- (18) Chapas (ver Tabla-4). Temperatura de solubilización $982 \pm 14^{\circ}\text{C}$.

TABLA-4: CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MÍNIMAS

Espesor mm	R (MPa)	E 0,2 (MPa)	A%
0,63 – 0,96	862	655	4
0,97 – 1,27	896	655	8
1,28 – 2,5	931	655	10
Mayor 2,5	965	655	15

- (19) Barras. Temperatura de solubilización $899 \pm 14^{\circ}\text{C}$
- (20) Tratamiento de homogeneización de estructura aplicable a piezas moldeadas del tratamiento N y directamente a conjuntos soldados, se considera un recocido subcrítico que minimiza el crecimiento del grano durante el ciclo de tratamiento térmico.
- (21) Segundo recocido subcrítico que mejora la maquinabilidad de los materiales que han recibido el tratamiento SO y que es obligatorio en las piezas moldeadas.
- (22) Secciones mayores de 3 mm deben apagarse en aceite.
- (23) Calentar, en el aire, a temperatura ambiente.
- (24) Varía con el espesor.
- (25) 8 horas para barras y piezas forjadas.
- (26) En barras y piezas forjadas las características mecánicas requeridas son: : R = $1380 \div 1650$ MPa, E0,2 = 1200 MPa, A% = 5%, Dureza HB = 415.
- (27) 30 minutos para espesores hasta 25 mm, más 15 minutos por cada 25 mm (o fracción) adicionales.

4.1.2 Los tiempos de permanencia para los distintos tratamientos de aceros inoxidable martensíticos, austeníticos y ferríticos, se establecen en la Tabla-5. En las gráficas 1, 2, 3 y 4 se representan los valores incluidos en la Tabla-5.

TABLA-5: TIEMPO DE PERMANENCIA A LA TEMPERATURA DE TRATAMIENTO

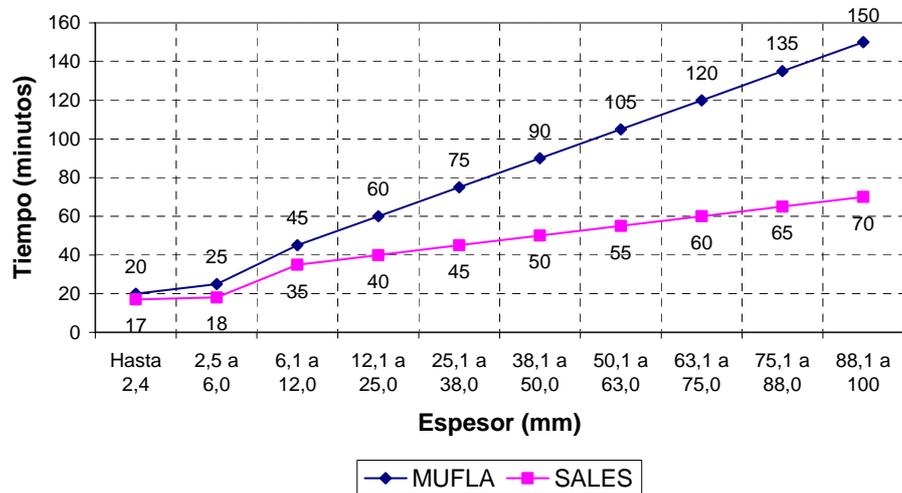
ESPESOR O DIÁMETRO (mm) ⁽¹⁾	TIEMPO MÍNIMO									
	AUSTENIZACIÓN RECOCIDO TOTAL Y ALIVIO DE TENSIONES ANTES DEL TEMPLE		RECOCIDO SUBCRÍTICO		REVENIDO (según nivel de resistencia mecánica)					
					R hasta 155 kgf/mm ²		R de 156 a 170 kgf/mm ²		R mayor de 170 kgf/mm ²	
	MUFLA	SALES	MUFLA	SALES	MUFLA	SALES	MUFLA	SALES	MUFLA	SALES
Hasta 2,4	20 mnt	17 mnt	1 ½ h	1 ¼ h	1 ½ h	1 ¼ h	2 ½ h	2 ½ h	3 h	2 ½ h
2,5 a 6,0	25 mnt	18 mnt	1 ½ h	1 ¼ h	1 ½ h	1 ¼ h	2 ½ h	2 ½ h	3 h	2 ½ h
6,1 a 12,0	45 mnt	35 mnt	1 ½ h	1 ¼ h	1 ½ h	1 ¼ h	2 ½ h	2 ½ h	3 h	2 ½ h
12,1 a 25,0	60 mnt	40 mnt	2 h	1 ½ h	2 h	1 ½ h	3 h	2 ¾ h	4 h	3 h
25,1 a 38,0	75 mnt	45 mnt	2 ¼ h	1 ½ h	2 ¼ h	1 ½ h	3 ¼ h	2 ¾ h	4 ½ h	3 ¼ h
38,1 a 50,0	90 mnt	50 mnt	2 ½ h	1 ¾ h	2 ½ h	1 ¾ h	3 ½ h	3 h	5 h	3 ½ h
50,1 a 63,0	105 mnt	55 mnt	2 ¾ h	1 ¾ h	2 ¾ h	1 ¾ h	3 ¾ h	3 h	5 ½ h	3 ¾ h
63,1 a 75,0	120 mnt	60 mnt	3 h	2 h	3 h	2 h	4 h	3 ¼ h	6 h	4 h
75,1 a 88,0	135 mnt	65 mnt	3 ¼ h	2 h	3 ¼ h	2 h	4 ¼ h	3 ¼ h	6 ½ h	4 ¼ h
88,1 a 100	150 mnt	70 mnt	3 ½ h	2 ¼ h	3 ½ h	2 ¼ h	4 ½ h	3 ½ h	7 h	4 ½ h

NOTA DE LA TABLA-5:

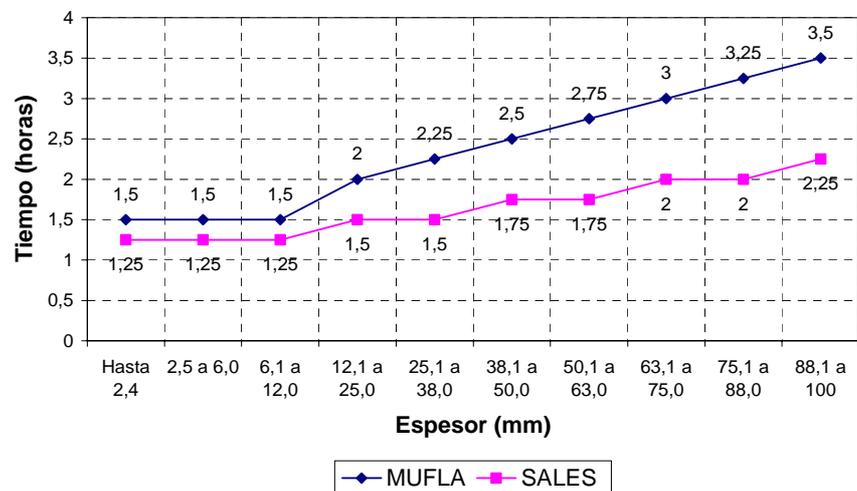
(1) El espesor es la dimensión menor de la sección más gruesa de la pieza.

OBSERVACIÓN: Las abreviaturas **mnt** y **h** se refieren a minutos y horas, respectivamente.

4.1.2

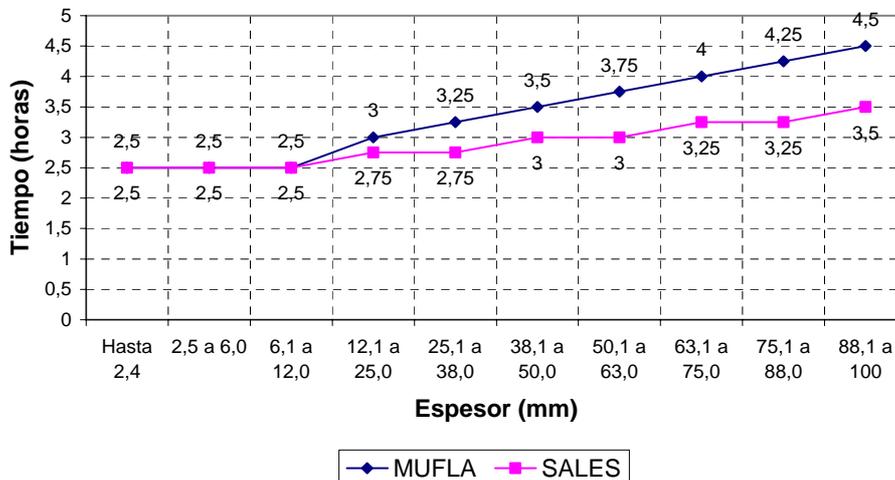


GRÁFICA-1: Tiempo mínimo de permanencia en función del espesor para los tratamientos de austenización, recocido total y alivio de tensiones antes del temple.

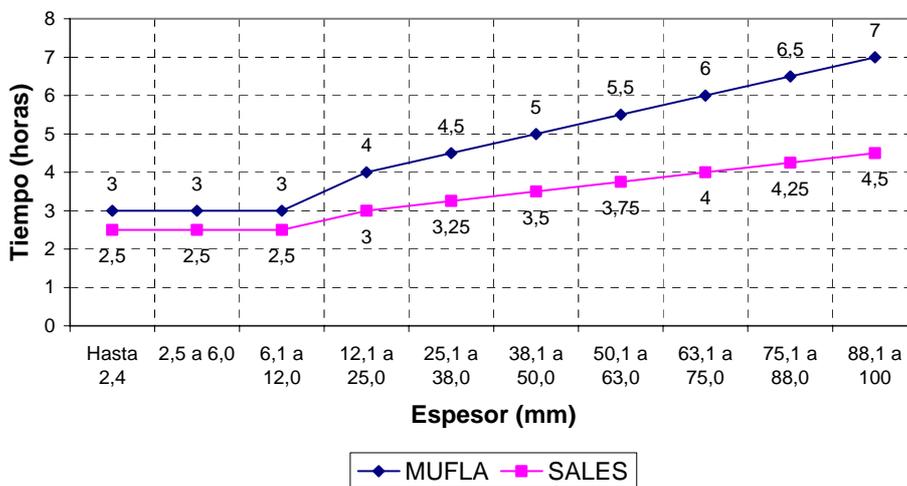


GRÁFICA-2: Tiempo mínimo de permanencia en función del espesor para los tratamientos de recocido subcrítico y revenido hasta 155 kgf/mm².

4.1.2



GRÁFICA-3: Tiempo mínimo de permanencia en función del espesor para el tratamiento de revenido para R entre 156 y 170 kgf/mm².



GRÁFICA-4: Tiempo mínimo de permanencia en función del espesor para el tratamiento de revenido para R mayor de 170 kgf/mm².

4.2 Procedimientos

4.2.1 Precalentamiento

- a) Es una operación de calentamiento previo, que se aplica a los materiales y piezas, entre 50°C y 300°C por debajo de la temperatura del tratamiento fundamental previsto en la documentación de ingeniería. No es operación crítica en cuanto a tiempo y temperatura, siendo la experiencia quien debe fijar estos parámetros. Salvo indicación contraria en la documentación, se recomienda precalentar las piezas durante 1 hora por cada 25 mm de espesor o diámetro.
- b) El precalentamiento es recomendable en todos los casos y obligatorio en los siguientes:
 - (1) Piezas de forma compleja, con bordes agudos, ángulos entrantes o cambios abruptos de sección.
 - (2) Piezas de acero con más de 0,40% de carbono (nominal).
 - (3) Piezas que han sido anteriormente templadas a niveles de resistencia de 980 MPa (100 Kgf/mm²) (30 Rockwell C.) o más altos.
- c) En todos estos casos, las piezas se precalientan a 630°C ± 40°C durante una 1 hora por cada 25 mm de espesor o diámetro antes de introducirlas en el horno de austenizar, a más de 750°C.

4.2.2 Recocidos

a) Recocido total

La temperatura, el tiempo de permanencia y el método de enfriamiento varían con la clase del acero. Los aceros que sufren transformación por debajo de la temperatura de apagado (inoxidables martensíticos) pueden ser completamente recocidos por calentamiento a las temperaturas de la Tabla-1 seguido de enfriamiento lento en el horno (20÷30°C por hora) hasta aproximadamente 500°C y después al aire.

b) Recocido de aceros inoxidables martensíticos

En los aceros inoxidables martensíticos del tipo F-3427 (AISI 431) es difícil mantener el equilibrio de los elementos de aleación, siendo frecuente en las hornadas comerciales que aparezcan bandas de ferrita delta, que no pueden ser corregidas por ningún tratamiento conocido. Por ello, los fabricantes de estos aceros tratan de desplazar el equilibrio hacia estructuras austeníticas, más estables.

Cuando se presenta segregación limitada de austenita, se recomienda el siguiente proceso de recocido:

- Calentar hasta 1200°C mantener 1 hora.
- Enfriar lentamente a la temperatura ambiente.
- Repetir el ciclo tres veces.
- Calentar a 820 ± 10°C y enfriar al aire.

c) Recocido de aceros inoxidables ferríticos

Para recocidos por encima de 440°C de los aceros inoxidables ferríticos adquiridos con acritud (estados H) es necesaria la aprobación especial de I+D.

d) Recocido de aceros PH

Si este tratamiento ha de aplicarse a estos aceros para mejorar su formabilidad, se calientan entre 925°C y 1065°C (según tipo de acero) y se enfrían al aire. Alcanzada la conformación deseada hay que aplicar el tratamiento de acondicionamiento de la austenita en los aceros semiausteníticos y el de precipitación en todos.

4.2.2

e) Recocido subcrítico

- (1) La temperatura y el tiempo de permanencia recomendados, figuran en la Tabla-1. El enfriamiento subsiguiente se realizará en aire tranquilo.
- (2) Los recocidos subcríticos tienen que ser realizados en aire y el óxido eliminado por decapado o limpieza mecánica. Cuando el óxido producido no puede tolerarse hay que usar una atmósfera inerte o plaqueado de cobre (25 µm mínimo), según I+D-P-032.
- (3) Las aplicaciones del recocido subcrítico son:
 - Recocido entre operaciones de conformado.
 - Alivio de tensiones de mecanizado, conformado y soldadura.
 - Ablandamiento de tratamientos anteriores y acritud, en reparación de piezas excesivamente deformadas.

4.2.3 Temple

Comprende el tratamiento de austenización y apagado.

- a) Austenización.- Es la fase del temple en la que se consigue una estructura austenítica lo más uniforme posible.
 - (1) El intervalo de temperatura y los tiempos de permanencia en función del espesor están indicados en las Tablas 1, 2, 3 y 5.
- b) Apagado (ver 2.3)
 - (1) La velocidad de enfriamiento desde la temperatura de austenización, será cuidadosamente controlada para producir la estructura metalográfica y las propiedades mecánicas deseadas. Los aceros inoxidable martensíticos serán apagados a velocidades de enfriamiento más altas que la velocidad crítica de los respectivos aceros.
 - (2) Medios de apagado.- Pueden ser aire o atmósfera controlada (tranquilos o en corriente), sales fundidas, aceite, emulsiones de agua y aceite, soluciones de poliglicoles, agua, agua salada, etc. Las temperaturas recomendadas deben ser las indicadas en el 2.4.4 y 2.4.7. El control de la velocidad de apagado se hará según el párrafo 5.3.4.
 - (3) El medio de apagado hará contacto permanente con la superficie total de las piezas, siendo recomendable para favorecerlo, agitar el medio, las piezas, o ambos. No es buena práctica volcar las piezas a granel sobre el tanque de apagado, porque pueden golpearse entre sí y quedar alguna superficie en contacto con el fondo o paredes del depósito. Puede, sin embargo, ser necesario usar este método de inmersión (tuercas, arandelas, tornillos) y en tales casos debe disponerse una bandeja de tela metálica, a cierta altura del fondo del tanque, que estará en movimiento vertical hasta que las piezas se igualen.
 - (4) Las piezas serán enfriadas a la temperatura del baño de apagado y después a la temperatura ambiente antes de la operación de revenido 4.2.4.
 - (5) Entre el final de apagado y el revenido de los aceros inoxidable martensíticos no deben transcurrir más de 2 horas. Para ciertos aceros de alta templabilidad, esta limitación es de 1 hora. Para la demora entre el apagado de los aceros PH y Maraging y su precipitación o madurado, no hay limitaciones.
 - (6) En piezas de grandes dimensiones el revenido debe ser inmediato al apagado, iniciándolo cuando las piezas tienen una temperatura inferior a 70°C.

4.2.4 Revenido

- a) Consiste en un calentamiento subcrítico de los aceros templados que se aplica en un ciclo temperatura-tiempo para producir las características mecánicas requeridas. La temperatura óptima varía con la composición de la colada, los procesos intermedios y la dureza obtenida en el temple; por lo cual, dicha temperatura sólo puede concretarse como un mínimo y ajustarla después mediante ensayos de tracción o dureza en probetas de la misma colada y del mismo semiproducto del que se obtuvieron las piezas. En las Tablas 1 y 3 se dan las temperaturas y tiempos recomendados como mínimos para distintos niveles de resistencia de los aceros de uso más común.
- b) El revenido produce en los aceros inoxidable martensíticos una disminución de la dureza y un aumento de la ductilidad, pero en los aceros inoxidable PH y Maraging, un tratamiento de revenido provoca la precipitación de compuestos endurecedores, aumentando la resistencia mecánica y la dureza, por este motivo a los revenidos que producen endurecimiento estructural se les llama tratamientos de precipitación (ver 4.2.5 d).
- c) El revenido debe aplicarse inmediatamente después del apagado, para reducir el peligro de grietas. En todo caso, la demora entre el apagado y el revenido no será superior a la indicada en 4.2.3 b) (5).
- d) Cuando la temperatura de revenido excede de 260°C y no puede ser realizado en los plazos señalados, puede hacerse un alivio de tensiones para reducir el peligro de grietas, por el siguiente proceso:
 - (1) Dejar que las piezas se enfríen a 70°C o menos.
 - (2) Calentar 2 horas a 190°C ± 14°C y enfriar al aire.
 - (3) Hacer necesarias comprobaciones dimensionales, calibrado, etc., pero no mecanizar o rectificar.
 - (4) Revenir tan pronto como sea posible.
- e) Las piezas estarán como máximo a 70°C antes de iniciar el calentamiento para el revenido.
- f) El enfriamiento desde la temperatura de revenido, una vez transcurrido el tiempo señalado en el ciclo, se hace normalmente al aire; pero algunos aceros (Cr-Ni) requieren enfriamiento en aceite, e incluso en agua, para evitar la “fragilidad de revenido”.
- g) Piezas que fueron cobreadas para protegerlas en el temple, serán revenidas antes de eliminar el cobre, o aliviadas de tensiones durante 1 hora a 180°C÷200°C, eliminando después el cobre en medio alcalino y reviniendo antes de 4 horas. Si fuera necesaria más de una operación de revenido por encima de 600°C en piezas que fueron cobreadas.

4.2.5 Tratamientos especiales

- a) Acondicionamiento de la austenita en los aceros PH y Maraging
 - (1) Algunos aceros endurecibles por precipitación (aceros PH), concretamente los semiausteníticos, necesitan un tratamiento de preparación de la austenita para que en otra operación posterior de precipitación, puedan desarrollar las características mecánicas deseadas.
 - (2) El acondicionamiento de la austenita consta de 2 fases, un calentamiento de 760÷950°C (según acero), seguido de enfriamiento al aire, con el que se consigue agotar la austenita en cromo y carbono, y una segunda fase de tratamiento subcero, a -70°C durante varias horas, para desarrollar la reacción martensítica. Esta 2ª fase se consigue en ciertos casos a 12°C, y entonces no es necesario el tratamiento subcero.

4.2.5

b) Tratamientos subcero

- (1) A veces, ciertos aceros de buena templabilidad sufren una transformación incompleta en el temple y su estructura a temperatura ambiente retiene cierta cantidad de austenita residual, que puede eliminarse, en parte, por enfriamiento de las piezas a temperaturas del orden de 70°C bajo cero. Esto se consigue normalmente en baños de queroseno al que se añade el hielo seco necesario, o enfriando mediante una adecuada instalación frigorífica. Este tratamiento subcero debe ser ejecutado, de preferencia, inmediatamente después del temple, para evitar la estabilidad que adquiere la austenita residual a la temperatura ambiente. Su duración normal es de 4 horas, calentando después al aire a temperatura ambiente.
- (2) El mismo tratamiento (-70°C) y con la finalidad de provocar la reacción martensítica total, se aplica a los aceros PH semiausteníticos después de haber sufrido el temple y la primera fase en caliente del acondicionamiento de la austenita.

c) Estabilización criogénica

Cuando la documentación de Ingeniería pida este tratamiento, se efectuará por el siguiente proceso:

- (1) A continuación del apagado del temple, enfriar las piezas de 50 a 70°C y revenirlas a 150±10°C durante 1/2 hora. Este revenido será cumplimentado dentro de la hora siguiente al apagado.
- (2) Enfriar las piezas en aire tranquilo hasta la temperatura ambiente y a continuación introducir las en nitrógeno líquido a -195÷5°C y mantenerlas 2 horas.
- (3) Extraerlas y dejarlas al aire hasta que adquieran la temperatura ambiente.
- (4) Revenir a la temperatura requerida para la resistencia prescrita, dentro de las 4 horas siguientes al tratamiento criogénico en nitrógeno líquido.

d) Tratamiento de precipitación

- (1) Los aceros inoxidable PH y Maraging se endurecen sometidos a los ciclos de tiempo-temperatura indicados en la Tabla-3.
- (2) El tratamiento de precipitación tiene que aplicarse después del acondicionamiento de la austenita (4.2.5 a) en el caso de los aceros semiausteníticos (F-0382, F-0383, F-0387); posteriormente a la austenización en los aceros PH austeníticos (F-0385), y después del temple martensítico en los aceros Maraging (F-0391, F-0392, F-0393) y en los PH martensíticos (F-0381, F-0384, F-0386).

e) Conformado-enderezado

Para corregir pequeñas distorsiones, que se han producido durante el tratamiento de austenización o solubilización, se realizan procesos combinados de conformado o enderezado mecánico. Estos procesos se ejecutan en útiles adecuados (hormas robustas provistas de topes y cierres de palanca, con cuñas regulables). Estos procesos pueden realizarse a temperatura ambiente o en caliente.

- (1) Si el conformado o enderezado se realiza a temperatura ambiente, debe realizarse en los estados SA y SL para aceros de endurecimiento por precipitación (PH) y en todos los estados para aceros austeníticos. Los aceros F-0381 y F-0384 pueden ser conformados o enderezados en el estado de endurecimiento por precipitación realizado para el nivel de resistencia, menor a 1177 MPa (120 Kg/mm²).

4.2.5

- (2) Si el conformado o enderezado se realiza en caliente, se efectuará de la siguiente forma:
- En aceros endurecidos por precipitación, se realizará como máximo a 30°C por debajo de la temperatura de precipitación, siendo el tiempo de permanencia no superior a 20 minutos. El acero F-0383 puede conformarse o enderezarse durante el tratamiento subcero SR-100 cuando se aplique el tratamiento de acondicionamiento de la austenita SR.
 - En aceros austeníticos se realizará entre 280°C y 360°C dependiendo del acero, el tiempo de permanencia no será superior a 30 minutos.
 - Es necesario un posterior alivio de tensiones según las condiciones indicadas en la Tabla-2.
 - Los aceros inoxidables martensíticos serán tratados según el punto 4.2.7 c) de la especificación I+D-P-225.

f) Operaciones posteriores al tratamiento térmico

- (1) Piezas que requieren enderezado o conformado después del tratamiento térmico deben someterse a un proceso de conformado o enderezado según el punto 4.2.5 e).
- (2) Todas las piezas que han sido tratadas a 1275 MPa (130 Kgf/mm²) o más alto y que han sido después conformadas en frío o rectificadas, serán sometidas a un tratamiento de alivio de tensiones según 4.2.5 h).
- (3) Las piezas de aceros PH, excepto F-0385, que han sido trabajadas en frío serán, igualmente, aliviadas de tensiones.

g) Tratamientos posteriores

- (1) Piezas y materiales tratados que presenten dureza más alta que la requerida, pueden revenirse o madurarse a temperatura más alta, a excepción de acero F-0383 que debe recocerse.
- (2) Piezas y materiales tratados, que presenten dureza inferior a la requerida, pueden ser precalentados y retratados, reviniendo o madurando a temperatura más baja que la prevista en el proceso normal.

h) Alivio de tensiones

Consiste en un calentamiento entre 150°C y 675°C, según clase de acero y operación anterior sufrida, seguido de enfriamiento al aire. En aceros templados y revenidos, la temperatura máxima será 30°C por debajo del último revenido o madurado. Se aplica para mejorar la maquinabilidad, y antes del temple, para reducir tensiones resultantes del mecanizado, rectificado, conformado, enderezado y soldadura; también para minimizar las grietas y la distorsión durante el temple, y posteriormente a éste, para prevenir grietas en operaciones mecánicas subsiguientes o durante el plakeado electrolítico o químico. El tratamiento de alivio de tensiones no debe aplicarse a piezas perdigoneadas según I+D-P-006.

i) Recocido contra fragilidad por hidrógeno (Deshidrogenación)

Las piezas de acero con resistencia mecánica igual o mayor a 980 MPa (100 kgf/mm²), que hayan sido sometidas a tratamientos de limpieza, decapado, eliminación de protecciones metálicas depositadas o procesos de protección superficial por vía química o electroquímica, tienen que ser tratadas térmicamente para eliminar la fragilidad que el hidrógeno, absorbido por los aceros, les comunica en dichas operaciones. El tratamiento será realizado según la especificación del proceso aplicado.

4.2.6 Limpieza final y protección

- a) Los aceros tratados en baños de sales serán lavados a fondo, hasta que no quede el menor vestigio salino, a fin de prevenir la corrosión.
- b) Sobre piezas tratadas a 1250 MPa (125 kgf/mm²) o más, no son permitidos los decapados ácidos ni la limpieza catódica, pueden limpiarse en medios fuertemente alcalinos y por vía anódica, pero es más aconsejable el empleo de chorro seco de alúmina, según I+D-P-037.
- c) Eliminar las películas de protección. Si se utiliza película de cobre, se eliminará según I+D-P-032.
- d) Eliminar las películas de protección Z-23.317 mediante el empleo de chorro seco de alúmina según I+D-P-074.
- e) Las piezas acabadas, después de su tratamiento térmico y limpieza completa, se protegerán con un aceite de preservación de los incluidos en I+D-N-11.

5. REQUISITOS DE CALIDAD

5.1 Extensión del control

- 5.1.1 El control del tratamiento térmico de los aceros, según esta especificación, abarca las instalaciones y equipos, los procesos, la calidad de las piezas y materiales tratados, su identificación y el registro de los resultados.
- 5.1.2 La calificación de los hornos y su certificación periódica, así como las comprobaciones de la precisión del sistema y de los instrumentos se harán de acuerdo con la norma AM3036-E y según detalles del punto 5.2 de la presente norma.
- 5.1.3 La inspección de los procedimientos comprenderá la verificación e identificación de los materiales y su preparación inmediatamente antes de introducirlos en el horno. La comprobación de que los intervalos de tiempo y temperatura son los señalados y que la documentación de cada carga está en regla. Los detalles para llevar a cabo esta inspección se consignan en el punto 5.3.
- 5.1.4 La calidad de ejecución y la aceptación de las piezas y materiales tratados, será consecuencia de verificar la calidad de concordancia entre la documentación de Ingeniería y los resultados de los ensayos referidos en 5.4.

5.2 Inspección de instalaciones y equipos

5.2.1 Control de la temperatura de los hornos de mufla

- a) Se hará una inspección semestral de la uniformidad de temperatura, en cada horno, según la especificación AM3036-E.
- b) Si el horno está destinado a recocido, normalizado o alivio de tensiones, y siempre que la historia de sus cargas sea satisfactoria por lo menos en los 6 meses anteriores, la inspección semestral puede dilatarse a anual.
- c) Para el control de uniformidad de temperatura en hornos de menos de 300 dm³ de cámara útil, son suficientes 3 termopares, colocados en el frente, al centro y al fondo, o arriba, abajo y en medio.
- d) La inspección se hará a la máxima y mínima temperatura de los intervalos, con el horno cerrado y después de un periodo de estabilización de 30 minutos mínimo, a contar desde que los instrumentos reguladores alcanzaron la temperatura prevista.
- e) Se harán pruebas con el horno vacío y con una carga representativa de producción, real o simulada.
- f) Leer frecuentemente los pirómetros, mientras se alcanza la estabilización; después cada 5 minutos, hasta 6 lecturas como mínimo.

5.2.1

- g) Cuando se alcance la temperatura de régimen, ninguno de los termopares de control indicará temperatura fuera del intervalo señalado y la diferencia máxima entre los puntos de control más divergentes no pasará de 25°C en los hornos de Austenizar y de 10°C en los destinados a Precipitación o Revenido.
- h) Si en el horno se realizan cambios o reparaciones, se hará una nueva inspección antes de considerarlo apto para la producción.

5.2.2 Control de la temperatura en los baños de sales

- a) Según las dimensiones del crisol y la situación de los elementos de calefacción, para capacidades hasta 1 m³, se distribuirán 3 termopares de control, acodados; aumentando otro termopar por cada m³ en exceso.
- b) Alcanzada la temperatura de régimen, ninguna de las lecturas quedará fuera del intervalo señalado y la máxima diferencia entre los puntos de control, no excederá de 10°C.

5.2.3 Comprobación de la presión del sistema pirométrico y de los instrumentos

- a) Se realizará bajo condiciones de trabajo, mensualmente; a menos que el horno esté equipado con sistema doble potenciométrico de lectura, que se comprueba diariamente uno con el otro. En este caso, la revisión puede ser cada seis meses.
- b) El chequeo se realizará siguiendo las instrucciones de la especificación AM3036-E.
- c) La comprobación de los instrumentos se extenderá a la revisión y mantenimiento de los elementos auxiliares, como contactores, interruptores y relés.

5.2.4 Inspección del baño agua-glicol

- a) Cada 6 meses se determina el contenido de contaminantes sólidos, por sedimentación de una porción del baño bien agitado, en una probeta graduada. Si hay más de 3%, el baño tiene que ser desechado o dejado en reposo y drenado hasta que se obtenga menos de 3^o en volumen, de sólidos contaminantes.
- b) Cada semana, medir la densidad del baño con un densímetro (aerómetro), corregirla a 15°C y calcular la concentración de glicol mediante un gráfico que el Laboratorio de Control debe establecer de acuerdo con el grado de polimerización del glicol (polialquiglicol) usado.

5.3 Control de los procedimientos

5.3.1 El control de los procedimientos usados en el tratamiento térmico de los aceros será evidenciado por los resultados de los ensayos realizados sobre los materiales tratados o sobre probetas representativas de las hornadas.

5.3.2 La verificación de los procesos debe incluir los siguientes puntos de control:

- a) Comprobar que la documentación corresponde con el material recibido y que el máximo espesor de las piezas no excede del máximo templable para ese material.
- b) Comprobar que las temperaturas y tiempos de permanencia se ajustan a los especificados en esta norma (Tablas 1, 2, 3 y 5).
- c) Verificar los tiempos de transferencia.
- d) El punto de rocío de las atmósferas de tratamiento será determinado en cada hornada y registrado en la orden de trabajo.
- e) Verificar que los informes contienen todos los resultados de los ensayos y que las referencias de número de hornada y medio de apagado figuran en los registros de temperatura que deberán quedar conformadas por un sello.

5.3.3 Eficacia de los procedimientos

- a) Para control de la eficacia de los procedimientos de tratamiento térmico, en cada horno se tratarán muestras representativas de la sección máxima de cada clase de material a tratar, que serán examinadas para observar posible contaminación superficial debida al tratamiento y ensayadas en el laboratorio para comprobar si las propiedades mecánicas están de acuerdo con la especificación correspondiente, y para examen metalográfico de zonas inmediatas a la superficie.
- b) Cada material no tratado anteriormente en el equipo, precisa ensayos de probetas tratadas con el horno cargado de piezas. Los resultados de los ensayos mecánicos y metalográficos de las probetas pueden usarse como evidencia de la eficacia del proceso y del equipo.

5.3.4 Control de la velocidad de apagado

Tanto en el control inicial como en los controles trimestrales siguientes, se utilizará uno de los siguientes métodos de ensayo de control de la velocidad de apagado. El método establecido será el adecuado para detectar cambios en la velocidad de apagado por contaminación y tendrá la suficiente sensibilidad para detectar adecuadamente diferencias en aceites de velocidad de apagado lenta, media o rápida y cambios en la temperatura del aceite de 22 °C.

- a) Evaluación comparativa de la curva de enfriamiento: La variación en la eficacia del apagado de un baño de apagado de aceite, agua o polímero acuoso será controlada usando un procedimiento apropiado de evaluación de la curva de enfriamiento.
- b) Ensayos de propiedades mecánicas de todos los medios de apagado serán realizados por el temple de probetas de aceros aleados, de adecuada templabilidad y dimensiones, y ensayando una propiedad mecánica (por ejemplo: dureza, resistencia, módulo de elasticidad), la cual varía directamente o inversamente con la eficacia del medio de apagado. El ensayo específico verificará la efectividad del medio de apagado, por comparación de los resultados de la propiedad mecánica ensayada con las propiedades indicadas en plano o especificación de material.

La selección de la probeta será tal que la combinación dimensiones/templabilidad permita alcanzar aproximadamente la templabilidad total en superficie (95% martensita) y menor templabilidad en el centro (50% de martensita más bainita).

Las probetas pueden ser revenidas a 260 °C después del temple para facilitar el mecanizado.

Los ensayos pueden ser realizados en la mitad del radio, en el centro o en una sección completa de la probeta.

Cuando se ensaye el módulo elástico será realizado por métodos dinámicos similares a los indicados en las especificaciones ASTM C 848 o ASTM C 1259.

- c) La efectividad de la transformación de la estructura de los aceros tratados, será comprobada por ensayos de dureza sobre muestras cilíndricas de tamaño comparable a la sección transversal máxima de las piezas a tratar, después de tratadas con un lote de producción.

Las probetas y la carga del horno serán de la misma composición química. La longitud de la probeta será como mínimo 3 veces su diámetro.

Se hará un corte transversal en las probetas para tener acceso al punto medio en el que se medirá la dureza Rockwell C, la cual no deberá ser menor de la indicada en la curva de templabilidad del acero de ensayo para una distancia al extremo templado de la probeta Jominy correspondiente al diámetro de la muestra, según Tabla-6.

TABLA-6: DUREZA-TEMPLABILIDAD

Diámetro de la probeta muestra en mm (1)	Distancia en mm al extremo templado de la probeta JOMINY					
	Apagado al agua			Apagado al aceite		
	En la superficie	A 3/4 de r desde el centro (2)	En el centro (punto medio del eje) (2)	En la superficie	A 3/4 de r desde el centro (2)	En el centro (punto medio del eje) (2)
15	0,0	1,4	2,2	2,8	3,5	5,8
20	0,0	2,0	3,7	3,0	4,5	5,8
25	0,0	2,8	5,2	3,5	5,7	9,6
30	0,2	3,5	6,5	4,1	6,7	11,2
35	0,5	4,2	8,2	4,5	8,2	13,0
40	0,8	4,8	9,5	5,0	9,5	15,0
50	1,4	6,1	12,5	6,6	12,5	18,5
60	2,0	7,5	16,0	9,0	16,0	22,0
70	2,6	8,7	18,8	11,4	19,0	26,0
80	3,2	10,2	22,0	14,0	22,0	29,5
90	3,8	11,5	25,0	17,5	25,5	34,0
100	4,4	13,0	28,0	22,0	30,0	40,0

NOTAS DE LA TABLA-6:

- (1) Una probeta-muestra de 50 mm de diámetro (150 mm de longitud máxima), deberá tener en el punto medio de su eje, una dureza igual a la que tiene la probeta JOMINY a 12,5 mm del extremo templado, si la probeta-muestra se apagó en agua, o la dureza del punto situado a 18,5 mm, si el apagado se hizo en aceite. Esta misma probeta-muestra tendrá en su superficie una dureza igual a la de los puntos situados a 1,4 y 6,6 mm del extremo templado de la probeta JOMINY, según el apagado se haya hecho en agua o en aceite, respectivamente.
 - (2) Durezas obtenidas en la superficie, a 3/4 del radio y en el centro de probetas cilíndricas templadas, deben coincidir con las obtenidas en la probeta JOMINY a las distancias del extremo templado indicadas.
- d) La curva de templabilidad se determina según ASTM A 255 en probetas de 25,4 mm de diámetro por 100 mm de longitud.
- e) El corte transversal de las probetas templadas deberá vigilarse para asegurar que no existe efecto de revenido en la operación. El método consiste en lavar la superficie con agua caliente, atacarla con ácido nítrico al 5% hasta que se ponga negra. Lavar con agua caliente y sumergirla en ácido clorhídrico al 50% durante 3 segundos. Lavar con agua caliente y secar con chorro de aire. La presencia de ráfagas o de áreas claras y oscuras indica que el corte ha afectado a la estructura, y esta superficie tiene que ser eliminada antes del ensayo de dureza.

5.4 Aceptación de piezas y materiales tratados

5.4.1 Ensayos de dureza

- a) Un mínimo de tres piezas de cada lote, serán comprobadas por dureza Rockwell según norma ASTM E 18, después de ser tratadas térmicamente. La dureza obtenida corresponderá a la prevista en la curva de características del acero.
- b) Las piezas estructurales de responsabilidad, templadas y revenidas o endurecidas por precipitación, serán ensayadas por dureza en el 100 %, comprobando que los valores obtenidos están dentro del intervalo especificado en la documentación. Excepto los aceros endurecibles por precipitación, la conversión de los valores de dureza en resistencia equivalente se realizará utilizando las tablas incluidas en la especificación I+D-E-001.

5.4.1

- c) De estos resultados se llevará un registro en el que figuren todos los pormenores del lote de piezas y de la hornada. Asimismo, se incluirán los valores obtenidos, en la ficha de tratamiento térmico, que acompaña a la documentación del material tratado.
- d) La dureza no es criterio suficiente para considerar satisfactorio el tratamiento térmico, puesto que aceros de grano grueso, sobrecalentados o impropriadamente revenidos, pueden presentar dureza satisfactoria y tener muy deficientes la resistencia, ductilidad y otras propiedades mecánicas.

5.4.2 Ensayos de tracción

- a) En cada hornada se incluirán como mínimo 2 probetas para ensayo de tracción, según ASTM E 8, del mismo material que las piezas con las que sufrirán el mismo proceso. Los resultados de resistencia, alargamiento y estricción obtenidos estarán de acuerdo con las exigencias de la documentación de Ingeniería y con las especificaciones correspondientes del material.
- b) Si los resultados sobre probetas no fueran aceptables, se puede proceder a mecanizar, como mínimo, dos piezas del lote, repitiendo el ensayo de tracción sobre las probetas obtenidas de las mismas.

6. CERTIFICACIÓN DEL PROCESO**6.1 Extensión de la certificación**

6.1.1 La certificación de los procesos de tratamiento térmico de aceros inoxidables y refractarios será extensiva a los siguientes puntos:

- Materiales
- Instalaciones y equipos
- Personal
- Operaciones y secuencias
- Calidad de los tratamientos
- Medios de control
- Requisitos adicionales

6.1.2 La Tabla-7 resume las pruebas de certificación a realizar en las instalaciones de tratamiento térmico de aceros inoxidables y refractarios en función de su aplicación.

TABLA-7: ENSAYOS DE CERTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

ENSAYOS DE CERTIFICACIÓN	
<p>HORNOS DESTINADOS A NORMALIZADO Y AUSTENIZACIÓN: CLASE IV, TIPO C</p> <p>EN VACÍO (SIN CARGA)</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 1050 °C A 900 °C • Aceros Austeníticos y Ferríticos <ul style="list-style-type: none"> A 1120 °C A 1020 °C • Aceros PH y Maraging <ul style="list-style-type: none"> A 1150 °C A 1065 °C A 980 °C <p>CON CARGA SIMULADA (O CARGA MÁXIMA)</p> <p>- Uniformidad de temperatura s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 1050 °C A 900 °C • Aceros Austeníticos y Ferríticos <ul style="list-style-type: none"> A 1120 °C A 1020 °C • Aceros PH y Maraging <ul style="list-style-type: none"> A 1150 °C A 1065 °C A 980 °C <p>HORNOS DESTINADOS A REVENIDO Y PRECIPITACIÓN: CLASE II, TIPO C</p> <p>EN VACÍO (SIN CARGA)</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 750 °C A 390 °C A 150 °C • Aceros PH y Maraging <ul style="list-style-type: none"> A 620 °C A 565 °C A 482 °C <p>CON CARGA SIMULADA (O CARGA MÁXIMA)</p> <p>- Uniformidad de temperatura s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 750 °C A 390 °C A 150 °C • Aceros PH y Maraging <ul style="list-style-type: none"> A 620 °C A 565 °C A 150 °C <p>HORNOS DESTINADOS A RECOCIDO TOTAL: CLASE IV, TIPO C</p> <p>EN VACÍO (SIN CARGA)</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 900 °C A 800 °C • Aceros Austeníticos y Ferríticos <ul style="list-style-type: none"> A 1036 °C A 740 °C 	<p>CON CARGA SIMULADA (O CARGA MÁXIMA)</p> <p>- Uniformidad de temperatura s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 900 °C A 800 °C • Aceros Austeníticos y Ferríticos <ul style="list-style-type: none"> A 1036 °C A 740 °C <p>HORNOS DESTINADOS A RECOCIDO SUBCRÍTICO: CLASE IV, TIPO C</p> <p>EN VACÍO (SIN CARGA)</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 750 °C A 765 °C <p>CON CARGA SIMULADA (O CARGA MÁXIMA)</p> <p>- Uniformidad de temperatura s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 750 °C A 675 °C <p>HORNOS DESTINADOS A ALIVIO DE TENSIONES Y ALIVIO DE FRAGILIDAD</p> <p>EN VACÍO (SIN CARGA)</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 650 °C A 190 °C A 135 °C • Aceros Austeníticos y Ferríticos <ul style="list-style-type: none"> A 700 °C A 425 °C A 190 °C • Aceros PH y Maraging <ul style="list-style-type: none"> A 425 °C <p>CON CARGA SIMULADA (O CARGA MÁXIMA)</p> <p>- Uniformidad de temperatura s/AM3036-E</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceros Martensíticos <ul style="list-style-type: none"> A 650 °C A 190 °C A 135 °C • Aceros Austeníticos y Ferríticos <ul style="list-style-type: none"> A 700 °C A 425 °C A 190 °C • Aceros PH y Maraging <ul style="list-style-type: none"> A 425 °C <p>HORNOS DE SALES: CLASE Y TIPO SEGÚN DESTINO</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <p>A las temperaturas correspondientes al tipo de tratamiento que se destine el horno.</p> <p>EQUIPOS DE TRATAMIENTO SUBCERO</p> <p>EN VACÍO (SIN CARGA)</p> <p>- Pruebas iniciales s/AM3036-E</p> <p>A -73°C</p> <p>CON CARGA SIMULADA (O CARGA MÁXIMA)</p> <p>- Uniformidad de temperatura s/AM3036-E</p> <p>A -73°C</p>

Este documento no podrá ser utilizado para ningún otro propósito distinto que para el que ha sido entregado, ni puede ser reproducido ni divulgado a terceras personas sin la autorización expresa de Airbus España S.L., excepto EADS-CASA

6.2 Certificación

6.2.1 Materiales

- 6.2.1.1 Los materiales utilizados en el proceso, cumplirán con los requisitos indicados en la especificación del producto, indicándose claramente en la documentación de Ingeniería los estados INICIAL (de entrega al taller de tratamientos) y FINAL (requerido para continuar el mecanizado o montaje).
- 6.2.1.2 La designación de los estados estructurales en la documentación de Ingeniería estará de acuerdo con la especificación I+D-M-180.
- 6.2.1.3 Asimismo, se comprobará que todos los materiales se reciben efectuando los análisis y ensayos necesarios, y que después se almacenan en lugares adecuados debidamente identificados.

6.2.2 Instalaciones y equipos

- 6.2.2.1 *Hornos.* Los hornos de tratamiento térmico serán de la Clase y el Tipo indicados en el punto 2.1 y estarán calificados conforme a lo establecido en la norma AM3036-E, y en el punto 5.2.1 y la Tabla-7 de la presente especificación.
- 6.2.2.2 *Baños de sales.* Los baños de sales deberán cumplir las características indicadas en el punto 2.1.4, y su calificación debe efectuarse conforme a lo establecido en el punto 5.2.2 y en la norma AM3036-E.
- 6.2.2.3 *Sistema pirométrico e instrumentos.* El sistema pirométrico y los instrumentos deberán ser de las características indicadas en el punto 2.2, y su campo de trabajo, tolerancia y calificación serán evaluados conforme a lo establecido en el punto 5.2.3 y en la norma AM3036-E.
- 6.2.2.4 *Generadores de atmósferas controladas.* Los generadores de atmósfera controlada deberán cumplir las características indicadas en el punto 2.3 y su control se efectuará mediante la determinación del punto de rocío.
- 6.2.2.5 *Equipos de apagado.* Los equipos de apagado, tanto las instalaciones como los medios de apagado, deberán cumplir con las características indicadas en el punto 2.4.
- 6.2.2.6 *Equipos de tratamiento subcero.* Los equipos de tratamiento subcero deberán cumplir con las características indicadas en el punto 2.5.

6.2.3 Personal

- 6.2.3.1 El personal que realice tratamientos térmicos de aceros inoxidable y refractarios según la presente norma deberá estar certificado.
- 6.2.3.2 Para obtener el correspondiente certificado, el personal deberá superar los siguientes ejercicios:
- 1º Examen teórico. Este examen consistirá en la ejecución de un ejercicio escrito sobre conocimientos generales de la presente norma.
- 2º Examen práctico. Este ejercicio consistirá en la ejecución de un tratamiento térmico.
- 6.2.3.3 Como referencia se podría ejecutar el especificado en el punto 6.2.5.
- 6.2.3.4 Estas probetas serán sometidas a los ensayos indicados en la Tabla-10.

6.2.4 Operaciones y secuencias

Las operaciones básicas de los procesos de tratamiento térmico de aceros inoxidable y refractarios y su secuencia estarán de acuerdo con lo establecido en los puntos que a continuación se indican:

- a) Limpieza. Punto 3.2
- b) Preparación de las piezas. Punto 3.3
- c) Preparación de los hornos y temperatura de carga. Punto 3.4.
- d) Procedimientos:
 - (1) Pre calentamiento. Punto 4.2.1
 - (2) Recocidos. Punto 4.2.2.
 - (3) Temple. Punto 4.2.3.
 - (4) Revenido. Punto 4.2.4.
 - (5) Tratamientos especiales. Punto 4.2.5.
 - (6) Limpieza final y protección. Punto 4.2.6.

6.2.5 Calidad de los tratamientos

- 6.2.5.1 La calidad de los tratamientos térmicos obtenidos en las instalaciones se determinará en función de su actividad (puesta en marcha por primera vez o proceso normal de fabricación).
- 6.2.5.2 En la puesta en marcha de las instalaciones se tratará un lote de cada uno de los materiales indicados en la Tabla-8 de 5 ó 9 probetas dependiendo del tamaño de las instalaciones (ver figura 1 de la especificación AM3036-E). Las características de las probetas, así como el tratamiento que debe dárseles, quedan definidas en la Tabla-8.

**TABLA-8: PROBETAS DE ENSAYO PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LAS
INSTALACIONES TÉRMICAS**

MATERIAL	NÚMERO DE PROBETAS (1)	PROBETAS S/ASTM E 8	TRATAMIENTO TÉRMICO
F-3117	5 ó 9	φ 12,7 mm	0
F-3427	5 ó 9	φ 12,7 mm	T90
F-3523	5 ó 9	φ 12,7 mm	SA
F-0381	5 ó 9	φ 12,7 mm	SH900

NOTA: (1) Las probetas se colocarán en los mismos puntos indicados en la figura 1 de la especificación AM3036-E para la colocación de termopares.

- 6.2.5.3 La calidad de los tratamientos obtenidos en instalaciones que están en proceso normal de fabricación se determinará mediante el procesamiento de 3 probetas mecanizadas de cada uno de los materiales indicados en la Tabla-9. Las probetas se colocarán en las zonas del horno correspondientes a las temperaturas alta, media y baja de la prueba de uniformidad de temperatura.

TABLA-9: PROBETAS DE ENSAYO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN SERVICIO

MATERIAL	NÚMERO DE PROBETAS (1)	PROBETAS S/ASTM E 8	TRATAMIENTO TÉRMICO
F-3117	3	φ 12,7 mm	0
F-3427	3	φ 12,7 mm	T90
F-3523	3	φ 12,7 mm	SA
F-0381	3	φ 12,7 mm	SH900

NOTA: (1) Las probetas se colocarán en los mismos puntos indicados en la figura 1 de la especificación AM3036-E para la colocación de termopares.

6.2.6 Medios de control

6.2.6.1 Dentro de los medios de control se incluyen todos los equipos, instrumentos y personal capacitado necesario para realizar los distintos ensayos establecidos en la presente especificación.

6.2.6.2 Entre los equipos necesarios se incluyen:

- a) Máquina universal de tracción.
- b) Máquina de dureza Rockwell y Vickers

6.2.7 Requisitos adicionales

El responsable por fabricación de efectuar los tratamientos térmicos de las aleaciones de aceros inoxidable y refractarios, dispondrá de toda la documentación aplicable, debidamente actualizada.

6.3 Criterios de aceptación

6.3.1 Para la certificación de los procesos de tratamiento térmico de los aceros inoxidable y refractarios, los criterios de aceptación se basarán en el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la presente especificación, según se expone en los distintos puntos del apartado 6.2 y en la Tabla-7.

6.3.2 Las probetas tratadas según el punto 6.2.5 serán ensayadas conforme a lo establecido en la norma ASTM E 8, debiendo cumplir los requisitos indicados en la Tabla-10.

TABLA-10: REQUISITOS

MATERIAL	ENSAYO DE TRACCIÓN		
	σ _R (MPa)	σ _{R0,2} (MPa) mínimo	A% mínimo
F-3117-0	441/638	255	15
F-3427-T90	883/981	687	10
F-3523-SA	520/736	216	40
F-0381-SH900	1310 mínimo	1170	5-10

6.4 Registros

Garantía de Calidad deberá registrar los siguientes datos:

- a) Desviaciones con respecto a la norma de proceso.
- b) Resultados de todos los ensayos efectuados.
- c) Lugar y fecha de los ensayos.
- d) Fecha de certificación.
- e) Todos los indicados en la Tabla-7.

6.5 Evaluación

- 6.5.1** El proceso se considerará certificado cuando los resultados en cuanto a certificación de instalaciones y calidad de los tratamientos, recogidos en el apartado anterior (Registros) iguallen o superen lo establecido en este documento y en la especificación AM3036-E.
- 6.5.2** Si existieran desviaciones respecto a este documento y a la especificación AM3036-E, serán estudiadas por Garantía de Calidad y Materiales y Procesos (M&P) antes de proceder a la certificación.

6.6 Tarjeta personal de certificación

- 6.6.1** A los candidatos que hayan acreditado su aptitud, se les extenderá la correspondiente “Tarjeta Personal de Certificación” como horneros para tratamientos térmicos de aceros inoxidables y refractarios, según la especificación AP2253-E emitida por Garantía Calidad modelo IN-5026 español e IN-5027 inglés.
- 6.6.2** Se llevará un registro de las tarjetas expedidas, fecha de caducidad y revalidaciones que se efectuarán según el apartado 6.7.

6.7 Validez de la certificación

- 6.7.1** Los procesos de tratamiento térmico de los aceros inoxidables y refractarios no necesitan volver a ser certificados, siempre que se establezcan los controles periódicos indicados en las especificaciones AP2253-E, AM3036-E y la presente especificación, y no concurran ninguna de las circunstancias que se establecen en ellas como motivo de recertificación.
- 6.7.2** La certificación personal en tratamientos térmicos de aceros inoxidables y refractarios tiene una validez de 60 meses.
- 6.7.3** Para mantener el nivel de calidad alcanzado en la certificación inicial, se establece un sistema de auditorías de control del proceso, con carácter anual.
- 6.7.4** La realización de las auditorías se hará de acuerdo con la especificación AP2183-E.
- 6.7.5** La pauta de auditoría del proceso se encuentra recogida en la aplicación informática de auditorías.

7. SEGURIDAD HIGIENE

7.1 Los operarios usarán ropa de trabajo protectora, guantes, gafas de seguridad, caretas resistentes al calor, etc.

7.1.1 No se permitirá que agua, grasas, aceites, y otros contaminantes se pongan en contacto con los baños de sales, por el peligro de explosión.

7.1.2 No mezclar sales de diferentes clases aunque sean del mismo proveedor. Algunas de estas mezclas pueden causar reacciones violentas. Sales de diferentes proveedores que cumplen los requerimientos de una clase y proceso particular, pueden ser mezclas.

7.2 Ningún material inflamable estará en las proximidades de los hornos.

7.2.1 El cloruro de metilo es inflamable y tóxico. Los cilindros que lo contienen deben situarse al menos a 5 metros de llamas abiertas o calor excesivo.

7.2.2 Antes de introducir el cloruro de metilo en los baños de sales, el tubo final de descarga debe limpiarse perfectamente y el sistema purgarse con argón. El tubo de aportación de cloruro de metilo debe introducirse en el baño de sales con la corriente de gas establecida, de manera que haya burbujeo desde que se inicia la inmersión.

7.3 Aspiración

Los talleres de tratamiento térmico estarán dotados de extractores que permitan renovar de 3 a 5 veces por hora el volumen total de aire de la nave y de aspiradores locales, más potentes, con salida al exterior, en las áreas donde se manipulan atmósferas de tratamiento o cloruro de metilo, y en las bocas de los crisoles de los hornos de sales que se usen a más de 650 °C.

7.4 Se aconseja conocer las 'Recomendaciones de Seguridad en Tratamientos Térmicos' publicada por la A.N.Q.U.E.

8. DOCUMENTACIÓN APLICABLE

8.1 AIPS 04-00-004 Heat treatment of steels.

8.2 AM3036-E Calificación de las instalaciones térmicas.

8.3 AP2183-E Gestión de auditorías y calificación de auditores.

8.4 AP2253-E Calificación de procesos.

8.5 ASTM A 255 Standard test method for determining hardenability of steel.

8.6 ASTM C 848 Standard test method for Young's modulus, shear modulus and Poisson's ratio for ceramic whitewares by resonance.

8.7 ASTM C 1259 Standard test method for dynamic Young's modulus, shear modulus and Poisson's ratio for advanced ceramics by impulse excitation of vibration.

8.8 ASTM E 8 Standard test methods for tension testing of metallic materials.

8.9 ASTM E 18 Test methods for Rockwell hardness and Rockwell superficial hardness of metallic materials.

**TÍTULO****ESPEC.: I+D-P-226 A****TRATAMIENTO TÉRMICO DE
ACEROS INOXIDABLES Y REFRACTARIOS****PAG.: 31 DE 31****FECHA: 26-06-06**

- | | | |
|-------------|-----------|--|
| 8.10 | I+D-E-001 | Tablas de dureza- resistencia a la tracción para aleaciones férreas. |
| 8.11 | I+D-P-006 | Perdigoneado (“Shot peening”). |
| 8.12 | I+D-P-009 | Desengrase con disolventes orgánicos estabilizados en fase vapor. |
| 8.13 | I+D-N-11 | Protecciones anticorrosivas. |
| 8.14 | I+D-N-23 | Productos químicos. |
| 8.15 | I+D-M-030 | Manual de normalización de materiales metálicos. |
| 8.16 | I+D-P-032 | Cobreados de aceros para tratamientos térmicos. |
| 8.17 | I+D-P-037 | Chorro seco de componentes aeronáuticos. |
| 8.18 | I+D-P-038 | Limpieza y pasivado de aceros inoxidable y aleaciones refractarias de níquel y de cobalto. |
| 8.19 | I+D-P-074 | Limpieza abrasiva. |
| 8.20 | I+D-M-180 | Definición y designación de los estados estructurales de los materiales metálicos. |
| 8.21 | I+D-P-225 | Tratamiento térmico de aceros al carbono y aceros aleados. |

TITULO**TRATAMIENTO TÉRMICO DE
ACEROS INOXIDABLES Y REFRACTARIOS****APENDICE**

Nº	1
FECHA	26-06-06
FIRMA	

**SOLO APLICABLE A:
EADS-CASA****INSTRUCCION 1ª:**

Para EADS-CASA, los siguientes documentos del Capítulo 8 y donde figure en el texto se sustituirán como a continuación se indica:

AM3036-E	por	CASA-1036	Calificación de las instalaciones térmicas.
AP2183-E	por	CASA-1192	Gestión de auditorías y calificación de auditores.
AP2253-E	por	CASA-1039	Calificación de procesos.