

Oferta de acero inoxidable ferrítico KARA calidad **K41X**



18% de cromo
bi-estabilizado con titanio
y con niobio

Composición química

Elementos	C	N	Si	Mn	Cr	Ti+Nb
%	0.015	0.015	0.60	0.30	17.80	0.65

Valores típicos

Designación europea⁽¹⁾

X2CrTiNb18

1. 4509

⁽¹⁾ Según EN 10088-2

IMDS n°

336816606

Designación americana⁽²⁾

S43932 / S43940

Tipo 441

⁽²⁾ Según ASTM A 240

Esta oferta está conforme con:

- > Ficha de seguridad Stainless Europe n°1: aceros inoxidables (directiva europea 2001/58/EC).
- > Directiva europea 2000/53/EC para los vehículos al final de su vida útil, y el Anexo II del 27 de junio de 2002.

Características generales

El **K41X** se caracteriza por:

- > Buenas características mecánicas en caliente sin riesgo de formación de fase σ a temperaturas intermedias.
- > Una buena conductividad térmica, superior a los austeníticos y un coeficiente de dilatación menor.
- > Una buena resistencia a la corrosión por picaduras.
- > Buena resistencia a la corrosión en la zona fría de la línea de escape
- > Buena resistencia a la corrosión en caliente hasta 950 °C
- > Una buena soldabilidad
- > Fácilmente conformable

"X"

para el escape = garantía:

- > de entregas "just in time"
- > de una calidad fiable
- > de mejora continua para responder a las exigencias del mercado del automóvil.

Aplicaciones

- > Diferentes elementos de líneas de escape (colector, convertidor catalítico, tubo de conexión, silenciador)

Gama de producto

Formas : chapas, formatos, bobinas, flejes, discos.

Espesores : 0.4 a 6.0 mm

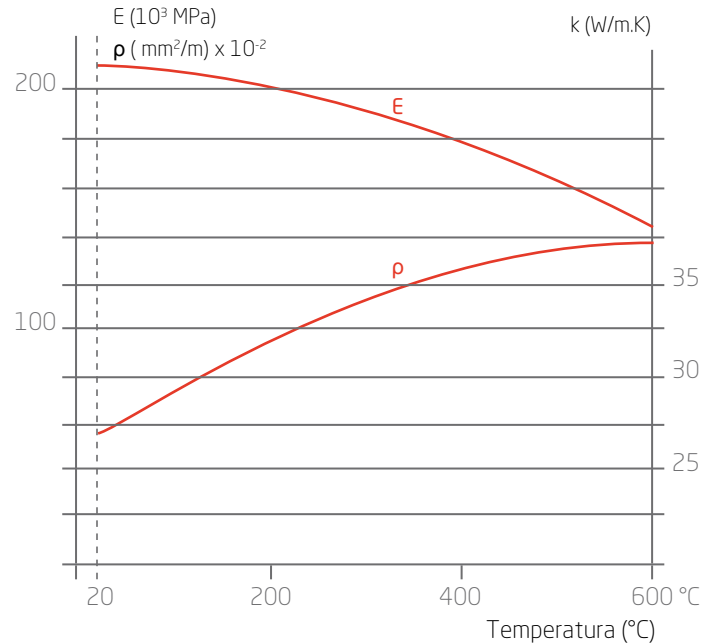
Ancho : según espesor, a consultar.

Acabados : laminado en frío, laminado en caliente según espesor.

Propiedades físicas

Chapa laminada en frío - recocido
(Valores típicos)

Densidad	d	kg/dm ³	20 °C	7.7
Temperatura de fusión		°C	Liquidus	1505
Calor específico	c	J/kg.K	20 °C	460
Conductividad térmica	k	W/m.K	20 °C 500 °C	25 26.3
Coefficiente medio de dilatación térmica*	α	10 ⁻⁶ /K	20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C	11.0 11. 12.1 12.8
Resistividad eléctrica	ρ	Ω mm ² /m	20 °C	0.60
Permeabilidad magnética	μ	a 0.8 kA/m DC o AC	20 °C	850
Modulo de Young	E	10 ³ .MPa	20 °C	220



Propiedades mecánicas

Condición de recocido

Según la norma ISO 6892-1, parte 1, probeta perpendicular al sentido de laminado.

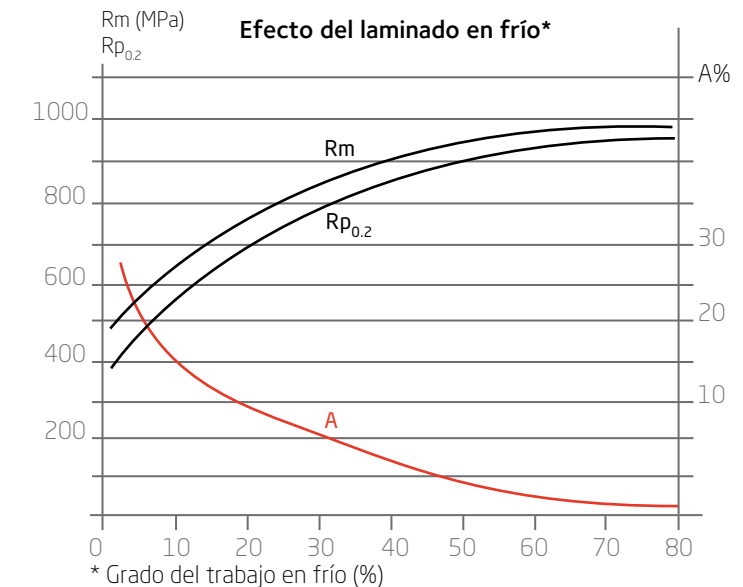
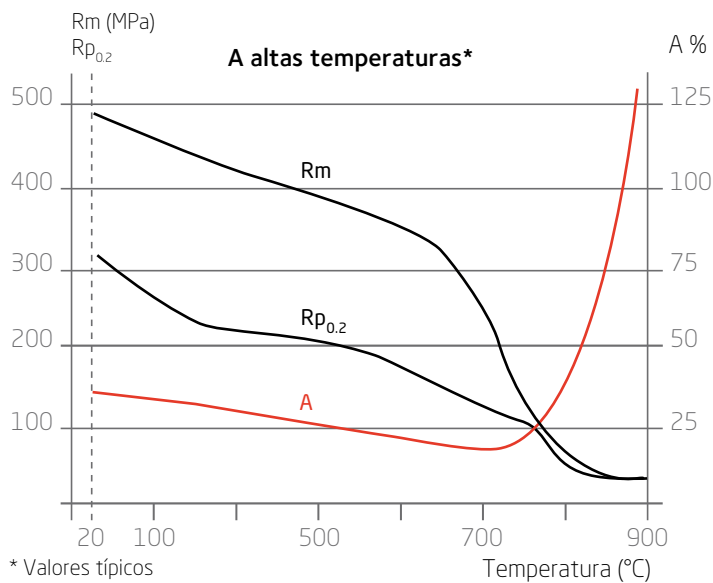
Probeta
L = 80 mm (espesor < 3 mm)
L = 5.65 So (espesor ≥ 3 mm)

Condición	R _m ⁽¹⁾ (MPa)	R _{p0.2} ⁽²⁾ (MPa)	A ⁽³⁾ (%)	HRB
Laminado en frío*	480	310	30	78

1 Mpa = 1 N/mm²

*Typical values

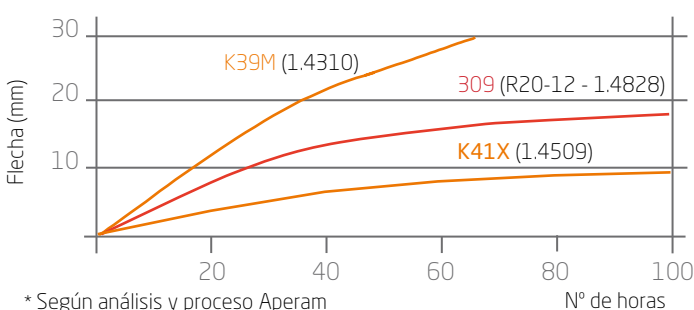
⁽¹⁾ Resistencia máxima a la tracción (UTS) ⁽²⁾ Limite elástico (YS) ⁽³⁾ Elongación (A).



Resistencia a la fluencia

Propiedades del K41X en caliente

Prueba de fluencia Sag-Test a 950° C* (espesor 2 mm)



Hemos optimizado la composición química del **K41X** tomando en cuenta las diferentes piezas de la línea de escape como el colector o el convertidor catalítico. Estas piezas están sometidas a diferentes ciclos de arranque y paro del vehículo. Por lo tanto, el primer criterio que se ha considerado es la resistencia a la fatiga térmica y la capacidad del material para desarrollar una capa pasiva de resistencia a la corrosión.

La mezcla apropiada de estabilizadores, como el titanio y el niobio en el **K41X**, procura a esta calidad una buena ductilidad a cualquier temperatura y una resistencia a la fluencia optimizada como lo enseña el gráfico realizado tras un ensayo realizado a 950° C.

El cromo se difunde más fácilmente en la matriz ferrítica del **K41X** en comparación con una matriz austenítica. Esto permite evitar un empobrecimiento en cromo y favorecer la formación de una capa de óxido protectora rica en este elemento químico.

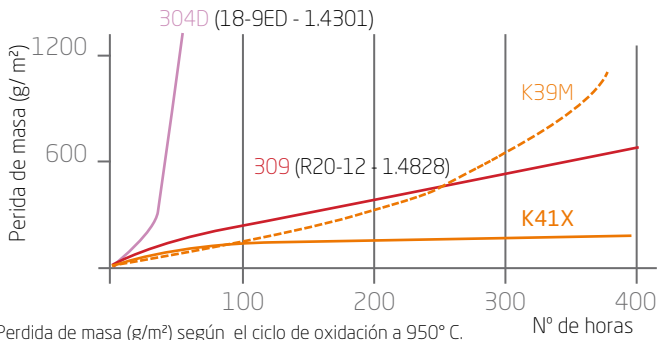
En comparación con los austeníticos, el coeficiente de dilatación del **K41X** es similar al de la capa pasiva que se forma. Las tensiones térmicas son de esta manera también inferiores, por lo que no se observa prácticamente desgaste de la capa pasiva.

Este resultado procura una mínima pérdida de masa.

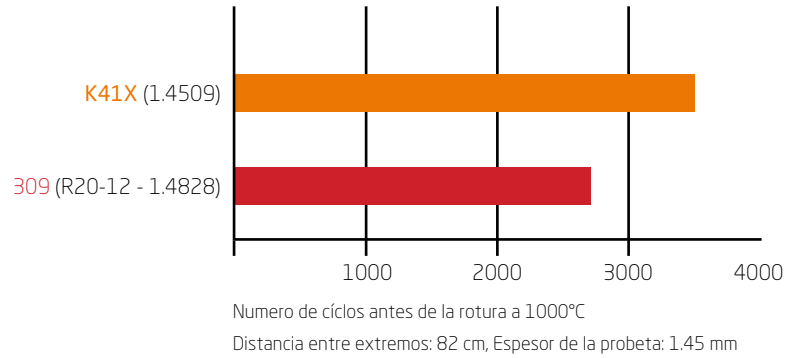
A altas temperaturas el **K41X** presenta una alta resistencia a la oxidación, en particular en caso de oxidación cíclica, lo cual permite un uso hasta 950°C.

Fatiga térmica

Nuestros ensayos, realizados en probetas con forma de V para 100-1000°C, demuestran un buen comportamiento del **K41X** comparado con el austenítico 1.4828.



Perdida de masa (g/m²) según el ciclo de oxidación a 950°C.
Ambiente: aire, Espesor de la probeta: 1.5mm



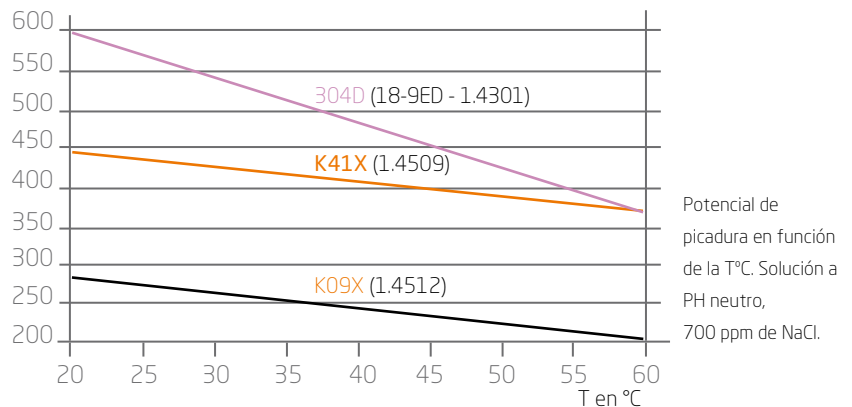
Resistencia a la corrosión

Corrosión por picaduras

Nuestra calidad K41X es insensible a la corrosión por tensiones. La resistencia a la corrosión por picaduras disminuye en función de la temperatura, de manera más importante para los austeníticos que los ferríticos. La calidad **K41X** muestra un buen comportamiento a la corrosión por picaduras cuando la temperatura es elevada.

Resistencia a la corrosión por picaduras

Calidades ⁽¹⁾	Normas		
	ASTM	UNS	EN
K09X	409	S40900	1.4512
K39M	430Ti	S43036	1.4510
K41X (1.4509)	441	S43936	1.4509
304D (18-9ED)	304	S30400	1.4301
309 (R20-12)	309		1.4828



Resistencia a la corrosión en condensados

La calificación de resistencia a la corrosión en condensados en el sector de los escapes automóviles se realiza por ciclos alternos de inmersión-emersión en condensados elegidos con periodos regulares en el horno (tests dip&dry) para simular un ciclo regular. Según los ensayos realizados por los fabricantes de coches, el **K41X** resiste a la corrosión en condensados en las líneas de escape de motores diesel o de gasolina.

Calidades ¹⁾	Tests de simulación acelerada "DIP-DRY"						
	Tests cíclicos en un condensado sintético, horno a 300°C, pH4						
	Profundidad máxima de corrosión en µm						
	Chapa		Corrosión cavernosa		Corrosión por depósitos		
	500 h	1000 h	30 j	90 j	30 j	30 j	5 j
K09X	1.2	3.6	36	100	3.6	21.6	100
K39M	1.2	2.4	7.2	70	2.5	19.2	54
K41X (1.4509)	-	-	3.6	8.5	-	-	-

Resistencia tras ensayo de niebla salina con tratamiento térmico hasta 300°C.

Desde un punto de vista de la corrosión externa, el **K41X** presenta un excelente compromiso técnico-económico respecto a la calidad 304D (18-9ED - 1.4301).

Calidad	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K09X	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K39M	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
304D (18-9ED - 1.4301)	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K41X	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K33X	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K09X Al ⁽¹⁾	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K44X ⁽²⁾	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno



Ilustración del K41X expuesto a condiciones de carretera
Duración del ciclo: 24h
Duración del test: 500h
Tratamiento térmico: 300°C

⁽¹⁾ EN 1.4512 Alusi®, Tipo 409Al, ⁽²⁾ EN 1.4521, Tipo 444

Conformado

Nuestra **K41X** responde perfectamente a los requisitos de conformado a baja temperatura. Para los silenciadores, conos de convertidores catalíticos y colectores que tienen diseños más complejos, el **K41X** ofrece excelentes resultados.

El **K41X** presenta un mejor comportamiento a la embutición profunda que la calidad austenítica 1.4301. Debido a la creciente complejidad de los diseños de los sistemas de escape, los tubos deben tener radios de plegado tan pequeños como sea posible. La aptitud al curvado se mide a través del Ratio Límite de Plegado que es la relación entre el radio de curvatura y el diámetro del tubo.

Calidad	Designación europea	Flecha Erichsen (mm)*	LDR*
K41X	1.4509	10.1	2.31
309 (R20-12)	1.4828	12.0	2.14

* Chapa con espesor de 1.0mm

Curvado de tubos soldados

Curvado	Ra=R/Dmini
Tubo 50 mm ø x 1.5 mm	1.3

* Ra= ratio de plegado, D = Diametro tubo, R =Radio de plegado

Soldadura

El **K41X** es soldable por resistencia tanto por puntos como por roldanas sin necesidad de realizar un tratamiento posterior si el forjado de la soldadura es el suficiente.

Proceso de soldadura	Sin metal de aportación	Con metal de aportación		Gas de protección*	
	Espesores típicos	Espesores	Metal de aportación		* Hidrogeno y nitrógeno prohibidos
			Alambrón	Hilo	
Resistencia : Continua, Por puntos	≤ 2 mm				
TIG	< 1.5 mm	> 0.5 mm	G 19 9L ⁽¹⁾ o 18L Nb ⁽¹⁾ ER 308L ⁽²⁾ o 430LNb 1.4316 o 1.4511 ⁽⁵⁾		Argon Argon + Helio
PLASMA		> 0.5 mm		G 19 9LSi ⁽¹⁾ o 18L Nb ⁽¹⁾ ER 308LSi ⁽²⁾ o 430LNb 1.4316 o 1.4511 ⁽⁵⁾	Argon Argon + Helio
MIG		> 0.8 mm		G 19 9LSi ⁽¹⁾ o 18L Nb ⁽¹⁾ ER 308LSi ⁽²⁾ o 430LNb 1.4316 o 1.4511 ⁽⁵⁾	Argon + 2% CO ₂ Argon + 2% O ₂ Argon + 2% CO ₂ + Helio
Electrodo		Reparación	E 19 9 L (3) E 308 L (4)		
Laser	< 5 mm				Helio, En algunas condiciones : Argon

⁽¹⁾ Según EN ISO 14343, ⁽²⁾ Según AWS A5.9, ⁽³⁾ Según 1600, ⁽⁴⁾ Según AWS A5.4, ⁽⁵⁾ Según VDEH

Se tiene que evitar añadir hidrogeno o nitrógeno al argon puesto que estos gases disminuyen la ductilidad de la soldadura. Por las mismas razones, la protección con nitrógeno no debe utilizarse, y la adición de CO₂ debe limitarse a 3%. Con el fin de limitar el crecimiento del grano en la zona termoafectada, se tiene que evitar una potencia de soldadura excesiva. Otro ejemplo: el MIG / MAG pulsado permite un mejor control de la geometría de la unión y del tamaño del grano (la energía de la soldadura es inferior a la utilizada en MIG convencional). EL K33X presenta además una muy buena soldabilidad por inducción, a alta y media frecuencia. En general, no es necesario ningún tratamiento térmico después de la soldadura. Las soldaduras tienen que ser decapadas de manera mecánica o química, pasivadas y decontaminados. Se tendrá que evitar soldar con soplete de oxiacetileno.

Tratamiento térmico y acabado

Recocido

Un decapado profundo es necesario antes de cualquier operación de tratamiento térmico. Evitar superar los 1000°C. Las piezas tienen que ser desengrasadas antes de cualquier operación de tratamiento térmico.

Decapado

Baño fluorútrico (10% HNO₃ - 2% HF). Pastas de descascarillado para las zonas soldadas.

Pasivación

Baño en frío de ácido nítrico (20-25%).

Pastas de pasivación para las zonas soldadas.