



***Acero Inoxidable en
Vagones del Metro***

Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .

- El acero inoxidable ha sido establecido como el material para la construcción de vagones de trenes de pasajeros o del metro en ***Australia, Japón, India y Norteamérica***; a su vez se han introducido en ***Italia, Portugal y Suecia***.
- En la línea 5 del metro de ***Beijing*** se requirieron nuevos vagones. Se eligió el inoxidable por ser menos pesado que el acero al carbono. El aluminio también fue considerado, pero su resistencia al fuego fue inadecuada para esta aplicación
- En la ciudad de Delhi, en la India, se tienen 240 vagones en acero inoxidable.
- Para el 2010 tendrán 860.



Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .



Metro en Japón



Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .



Metro en Japón



Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .



Metro en Delhi, India



Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .



Metro en Delhi, India



Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .



Metro en Japón



Inoxidable en Vagones del Metro

Dónde se usa el inoxidable en el mundo . . .



Metro en Japón



Inoxidable en Vagones del Metro

Algunas ventajas del inoxidable para vagones del metro . . .

- Resistencia a la corrosión
- Facilidad de limpieza y mantenimiento
- Apariencia
- Antigrafiti



Inoxidable en Vagones del Metro

*Peso de la estructura de un vagón (sólo miembros estructurales)
Pesos en kilogramos*

	Vagón de acero	Vagón revestido inoxidable (1)	Vagón semi inoxidable (2)	Vagón de inoxidable (3)	Vagón ligero de inoxidable (4)
Acero	10,000	9,200	4,500	2,900	1,900
Acero inoxidable	0	800	5,000	5,100	4,400
Peso Total	10,000	10,000	9,500	8,000	6,300

Fuente: Development of stainless steel railroad cars in Japan. Nickel Development Institute (NiDI).
Review Series No. 13 006. 1991

3.7 toneladas menos pesado que el acero al carbón

- (1) Revestimiento exterior, excepto el techo, es de acero inoxidable.
- (2) Además de lo anterior, miembros estructurales, excepto para el marco inferior, son de inoxidable.
- (3) Revestimiento y miembros estructurales, excepto refuerzo de marco inferior, son de inoxidable.
- (4) Vagón diseñado con nuevos desarrollos de ingeniería y tecnologías de manufactura.

Inoxidable en Vagones del Metro

Seguridad en caso de incendio . . .

- El aluminio se derrite a 660°C , que es muy cerca de la temperatura de una flama. En caso de incendio la estructura del vagón se puede vencer en un tiempo insuficiente para evacuar a los pasajeros.
- Por el contrario, el acero inoxidable se derrite a $1,540^{\circ}\text{C}$. Lo más importante es que el acero inoxidable tiene una muy buena resistencia a altas temperaturas.



Inoxidable en Vagones del Metro

Resistencia al impacto . . .

- Los trenes modernos de pasajeros pueden ser contruidos para absorber más energía cinética en una colisión mayor.
- En posibles colisiones, el acero inoxidable se endurece al ser doblado.
- Evaluaciones muestran que el inoxidable no sólo presenta una mayor dureza que el acero al carbón o el aluminio, también puede absorber 2.5 veces más energía durante la deformación que el acero al carbono durante una colisión protegiendo la integridad de los pasajeros.
- También por su dureza, puede soportar un impacto sin presentar fractura.
- En la fotografía se observa como el segundo carro no sufre ningún daño.



Inoxidable en Vagones del Metro



Resistencia al impacto – Absorbe 2.5 veces más energía que el acero al carbono.

Inoxidable en Vagones del Metro

Costo inicial y de mantenimiento . . .

- Los vagones del metro no requiere capas protectoras de pintura.
- Por lo anterior los vagones de inoxidable tienen un costo de ciclo de vida competitivo debido al menor mantenimiento y costo de operación.



Inoxidable en Vagones del Metro

Acero Inoxidable
.....▶

Acero al Carbón
- . - . ▶

Plástico
————▶



Inoxidable en Vagones del Metro

Costo de la estructura de un vagón (sólo miembros estructurales)
Costo en dólares de 1991

	Vagón de acero	Vagón de acero inoxidable	Vagón de aluminio
Acero	6,248	1,699	88
Acero inoxidable	4,301	21,045	0
Aluminio	0	0	34,963
Consumibles de soldadura	1,464	486	2,143
Pintura	12,679	3,486	14,500
Mano de obra	54,643	58,286	80,143
Otros	6,347	6,800	10,547
Costo Total	85,682	91,802	142,384

Fuente: Development of stainless steel railroad cars in Japan. Nickel Development Institute (NiDI).
Review Series No. 13 006. 1991

Inoxidable en Vagones del Metro

*Costo de mantenimiento a lo largo de 20 años
Costo en dólares de 1991*

VER ANEXO



Inoxidable en Vagones del Metro

Inoxidable en otros componentes del vagón . . .

- El inoxidable se utiliza también en los accesorios en el interior de los vagones, pasamanos, asientos, páneles del techo, racks para equipaje, ventiladores, postes de las puertas, alambres protectores de las ventanas .



Inoxidable en Vagones del Metro

Inoxidable en otros componentes del vagón . . .

- También se ha usado para algunos componentes del sistema hidráulico de frenos.



Inoxidable en Vagones del Metro

Aplicación en Vagones del Metro y Carros de Ferrocarril	Acero Inoxidable	
	Familia	Grado
Puertas y cuerpos de vagones y locomotoras.	Austeníticos	1.4301 (AISI 304) 1.4307 (AISI 304L) 1.4310 (AISI 301)
Chasis y componentes estructurales de vagones	Austeníticos	1.4003 (ASTM S41050)[3Cr12] 1.4301 (AISI 304) 1.4307 (AISI 304L)
Chasis y componentes estructurales de vagones de mercancías	Austeníticos	1.4003 (ASTM S41050)[3Cr12]
Sistemas de escape del ferrocarril	Ferríticos Austeníticos	1.4512 (AISI 409) 1.4509 1.4301 (AISI 304) 1.4307 (AISI 304L)
Accesorios como protecciones para las ventanas, pasamanos, racks para equipaje, asientos, etc.	Austeníticos Ferríticos	1.4301 (AISI 304) 1.4307 (AISI 304L) 1.4401 (AISI 316) 1.4404 (AISI 316L) 1.4016 (AISI 430)
Componentes debajo del vagón como tubería para aire comprimido, sistemas de agua, caja de batería, sistema hidráulico de frenos, etc.	Austeníticos	1.4301 (AISI 304) 1.4307 (AISI 304L) 1.4401 (AISI 316) 1.4404 (AISI 316L)

Inoxidable en Vagones del Metro

El acero inoxidable representa una solución ideal en vagones para el metro por ***su peso ligero, resistencia al fuego, dureza y absorción de impactos***, además de su resistencia a la corrosión, apariencia, bajo costo de mantenimiento y valor a largo plazo.





***Acero Inoxidable en
Vagones del Metro***