



ArcelorMittal

REAL ACADEMIA DE INGENIERIA

ARCELORMITTAL ESPAÑA SA
CARRIL DE VIA PARA LAS LINEAS DE AV

OCTUBRE

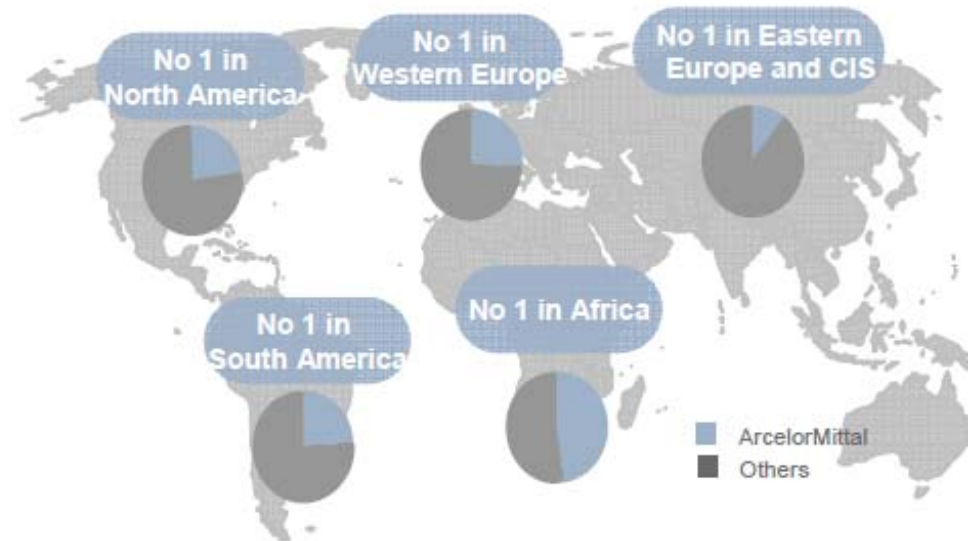
INDICE

- ArcelorMittal, líder mundial en la fabricación de acero de alta calidad
- ArcelorMittal en Asturias: proceso productivo (siderurgia integral)
- Instalaciones: acería y tren de carril, capacidades técnicas
- Especificaciones técnicas del carril de AV fabricado en España: calidad interna y externa
- Referencias mundiales en AV, homologaciones. La interoperabilidad como garantía de calidad
- Carril de AV fabricado en Europa según EN13674-1:2011, mejoras sustanciales frente a competidores externos

INTRODUCCION GRUPO ARCELORMITTAL

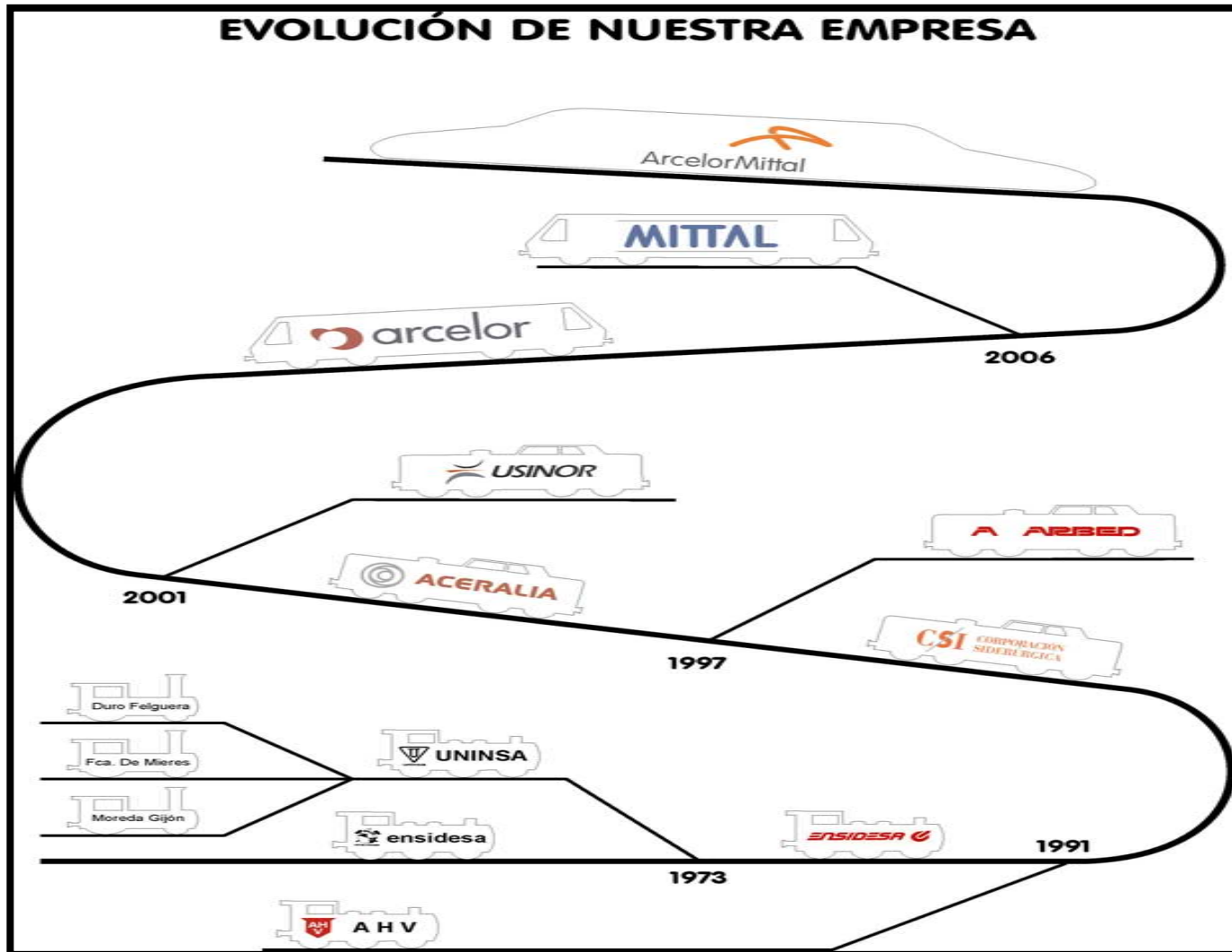
- Líder mundial en la fabricación de acero
- Mas de 260.000 empleados en 60 países
- Factorías localizadas en mas de 20 países
- Capacidad anual total de 91.9 millones de ton (2011)
- Cuota de mercado mundial: 6%

Numero 1 en 5 regiones y
4 continentes !!





INTRODUCCION GRUPO ARCELORMITTAL





INTRODUCCION GRUPO ARCELORMITTAL





ARCELORMITTAL EN ASTURIAS



Avilés Gijón

SIDERURGIA INTERGRAL

Gijón

- ✓ Batería cok: 957.000 t
- ✓ Sinter: 6.000.000 t
- ✓ Hornos altos: 4.7 mt
- ✓ Aceria LDG: 1.1 mt
- ✓ Tren chapa: 600.000 t
- ✓ Tren carril: 380.000 t
- ✓ Tren alambrón: 600.000 t

Productos: carril, alambrón, chapa gruesa

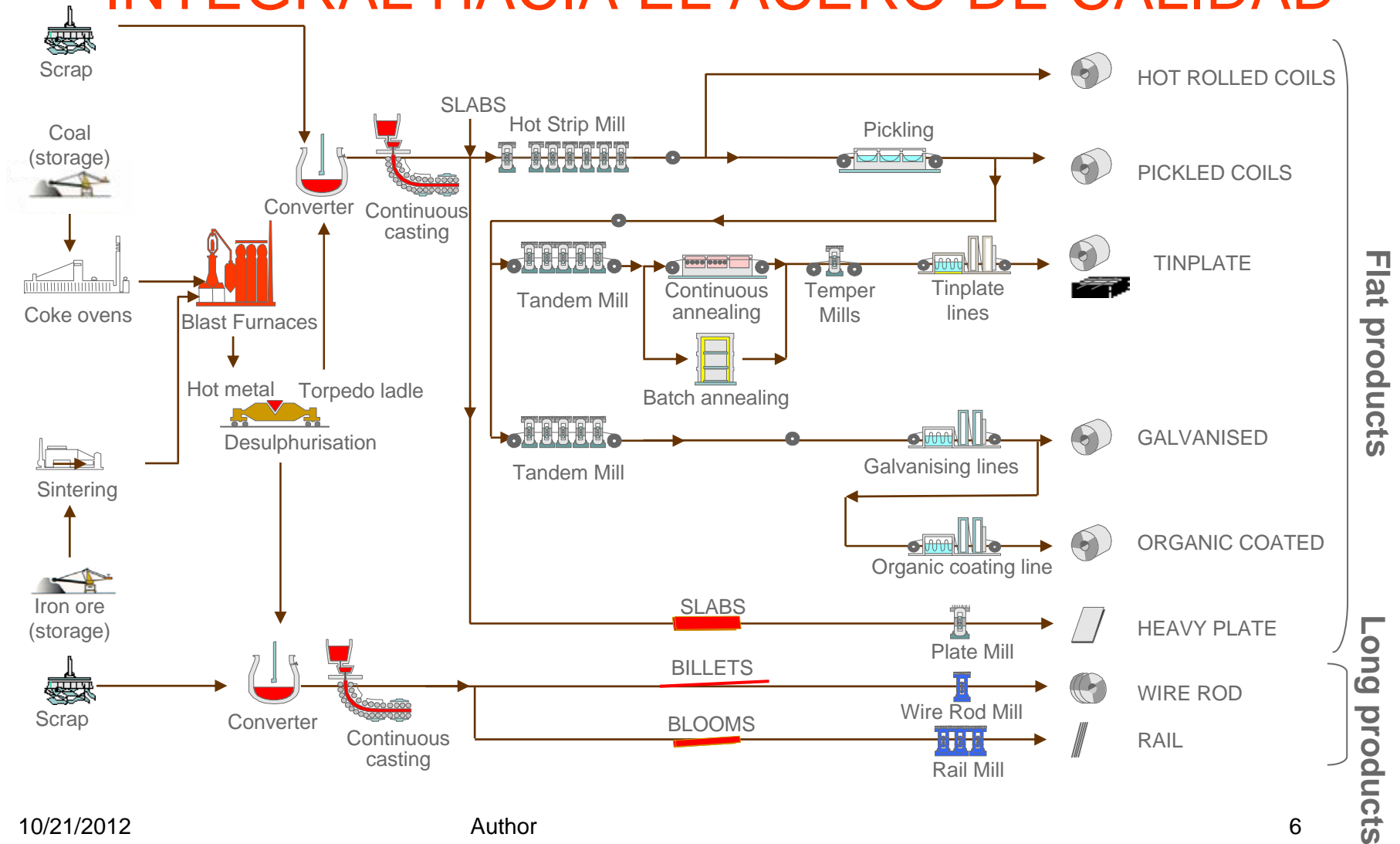
Aviles

- ✓ Batería de cok: 1.4 mt
- ✓ Aceria LDA: 4.2 mt
- ✓ Tren bobina: 3.6 mt
- ✓ Tren galvanizado: 770.000 t
- ✓ Tren hojalata: 400.000 t
- ✓ Tren prepintado: 250.000 t

Productos: bobina en caliente, prepintados, galvanizado, hojalata



ARCELORMITTAL, SIDERURGIA INTEGRAL HACIA EL ACERO DE CALIDAD



Flat products

Long products



INSTALACIONES: ACERIA + TREN DE CARRIL

- Aceria LDG: fabricación de blooms que posteriormente serán laminados en el tren de carril (sección 280x330 o 280x400mm)
- El acero para carriles AV solo puede fabricarse con minerales de la mejor calidad (para evitar residuales) y de la siguiente manera:

Materias Primas



Convertidores



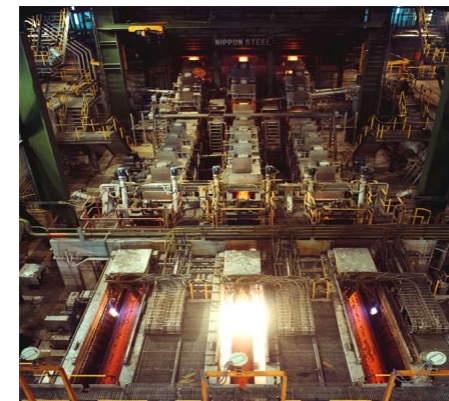
Horno Cuchara



RH



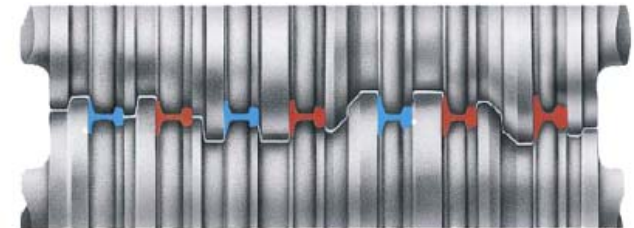
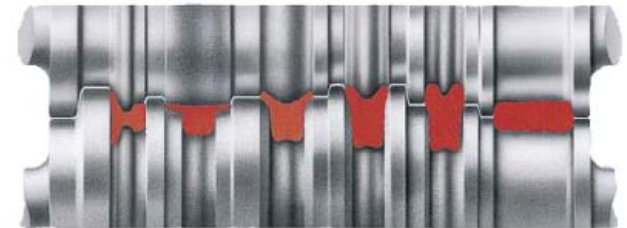
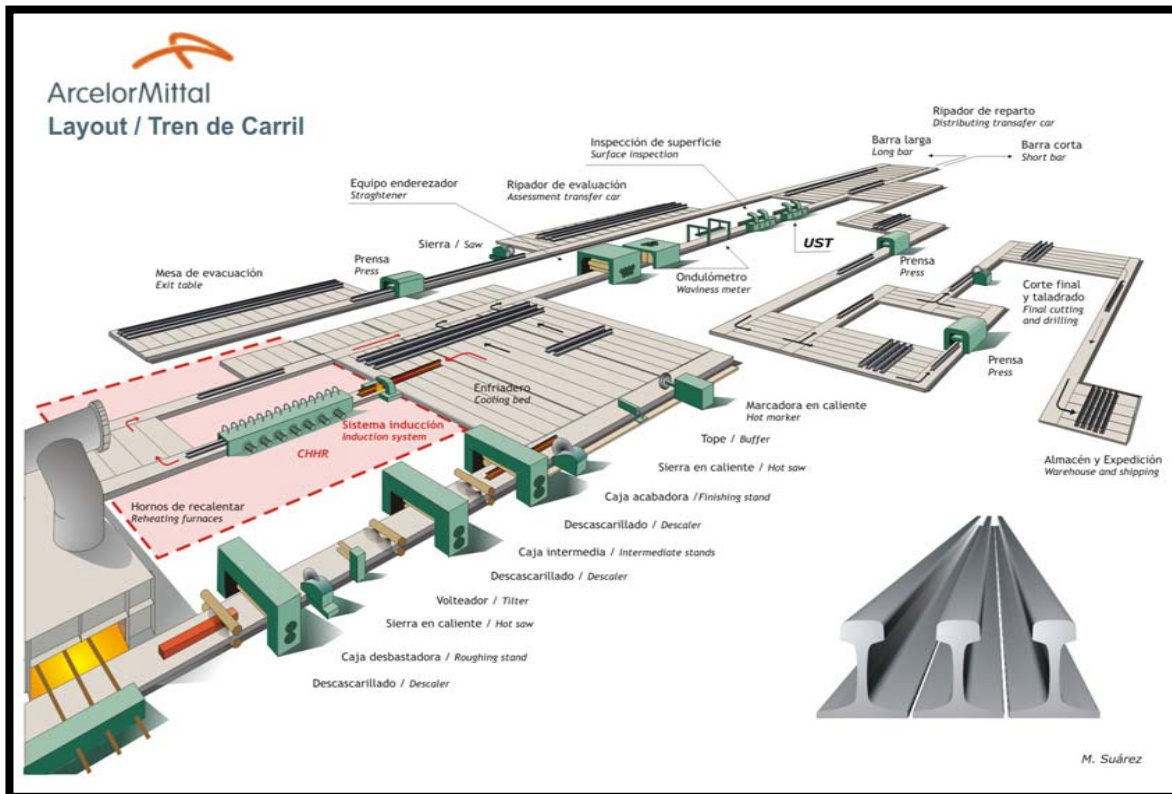
Colada Continua





INSTALACIONES: ACERIA + TREN DE CARRIL

- Tren de carril para la laminación y procesamiento en frío del carril:



INSTALACIONES: ACERIA + TREN DE CARRIL

- Línea en caliente para el tratamiento térmico de la cabeza del carril:
Hasta 75m grado R350HT, perfiles 60E1, 54E1, 60E2, 60E1A4, 60E1A1, 54E1A1, 50E6, 54E4....

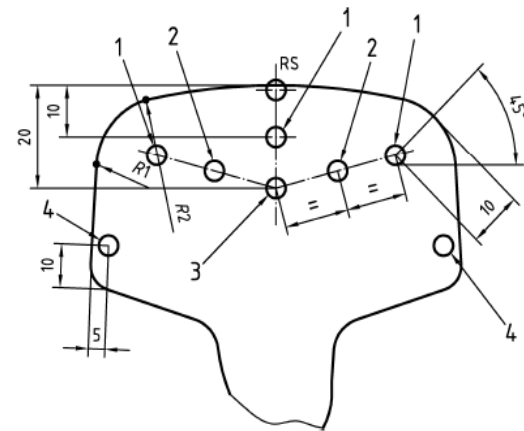


Table 7 — Hardness testing positions and requirements

Position	Rail Steel Grade						
	R200	R220	R260	R260Mn	R320Cr	R350HT	R350LHT
	Hardness (HBW)						
RS ^a	200-240	220-260	260-300	260-300	320-360	350-390 ^b	350-390 ^b
1						340 min	340 min
2						331 min	331 min
3						321 min	321 min
4						340 min	340 min

^a RS = Point on the centre line running surface.

^b If the hardness exceeds 390HBW, the rail is acceptable provided the microstructure is confirmed to be pearlitic, and the hardness does not exceed 405 HBW.



ESPECIFICACIONES TECNICAS CARRIL AV

- Comp. química y limpieza del acero: grados R260/260Mn, R350HT

Table 5 a) — Chemical composition and mechanical properties

Steel grade		% by mass											Tensile strength R_m min. MPa	Elongation A min. %	Hardness of the rail running surface, centre line ^c HBW
Steel name	Sample	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Al max.	V max.	N max.	O ^a	H ^b			
R200	Liquid	0,40 to 0,60	0,15 to 0,58	0,70 to 1,20	0,035	0,035	≠ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	3,0			
	Solid	0,38 to 0,62	0,13 to 0,60	0,65 to 1,25	0,040	0,040	≠ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	3,0	680	14	200 to 240
R220	Liquid	0,50 to 0,60	0,20 to 0,60	1,00 to 1,25	0,025	0,025	≠ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	3,0			
	Solid	0,48 to 0,62	0,18 to 0,62	0,95 to 1,30	0,030	0,030	≠ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	3,0	770	12	220 to 260
R260	Liquid	0,62 to 0,80	0,15 to 0,58	0,70 to 1,20	0,025	0,025	≠ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5			
	Solid	0,60 to 0,82	0,13 to 0,60	0,65 to 1,25	0,030	0,030	≠ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	860	10	260 to 300
R260Mn	Liquid	0,55 to 0,75	0,15 to 0,60	1,30 to 1,70	0,025	0,025	≠ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5			
	Solid	0,53 to 0,77	0,13 to 0,62	1,25 to 1,75	0,030	0,030	≠ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	860	10	260 to 300
R320Cr	Liquid	0,60 to 0,80	0,50 to 1,10	0,80 to 1,20	0,020	0,025	0,80 to 1,20	0,004	0,18	0,009	20	2,5			
	Solid	0,58 to 0,82	0,48 to 1,12	0,75 to 1,25	0,025	0,030	0,75 to 1,25	0,004	0,20	0,010	20	2,5	1 080	9	320 to 360
R350HT	Liquid	0,72 to 0,80	0,15 to 0,58	0,70 to 1,20	0,020	0,025	≠ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5			
	Solid	0,70 to 0,82	0,13 to 0,60	0,65 to 1,25	0,025	0,030	≠ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	1 175	9	350 to 390
R350LHT	Liquid	0,72 to 0,80	0,15 to 0,58	0,70 to 1,20	0,020	0,025	≠ 0,30	0,004	0,030	0,009	20	2,5			
	Solid	0,70 to 0,82	0,13 to 0,60	0,65 to 1,25	0,025	0,030	≠ 0,30	0,004	0,030	0,010	20	2,5	1 175	9	350 to 390
R370CrHT	Liquid	0,70 to 0,82	0,40 to 1,00	0,70 to 1,10	0,020	0,020	0,40 to 0,60	0,004	0,030	0,009	20	1,5			
	Solid	0,68 to 0,84	0,38 to 1,02	0,65 to 1,15	0,025	0,025	0,35 to 0,65	0,004	0,030	0,010	20	1,5	1 280	9	370 to 410
R400HT	Liquid	0,90 to 1,05	0,20 to 0,60	1,00 to 1,30	0,020	0,020	≠ 0,30	0,004	0,030	0,009	20	1,5			
	Solid	0,88 to 1,07	0,18 to 0,62	0,95 to 1,35	0,025	0,025	≠ 0,30	0,004	0,030	0,010	20	1,5	1 280	9	400 to 440

^a See 9.1.3.3.

^b See 9.1.3.2.

^c See Figure 8.

Table 5 b) — Maximum residual elements, % by mass

	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	Cu + 10 Sn	Others
R200, R220, R260, R260Mn	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,01	0,35	0,35 (Cr + Mo + Ni + Cu + V)
R320Cr	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,01	0,35	0,18 (Ni + Cu)
R350HT	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,04	0,35	0,25 (Cr + Mo + Ni + Cu + V)
R350LHT, R370CrHT, R400HT	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,04	0,35	0,20 (Mo + Ni + Cu + V)



ESPECIFICACIONES TECNICAS CARRIL AV

- Tolerancias dimensionales en sección: tolerancia X, la mas estricta del mercado

Table 7 — Profile tolerances

* Reference points (see Figure E.1)		Profile class (tolerances in mm)		Gauge, figure number (see Annex E)	
		X	Y		
Height of rail ^a	< 165 mm	*H	± 0,5	+ 0,5 - 1,0	E.3
	≥ 165 mm		± 0,6	+ 0,6 - 1,1	
Crown profile		*C	+ 0,6 - 0,3	+ 0,6 - 0,3	E.4
- Class A straightness			± 0,6	± 0,6	
- Class B straightness					
Width of rail head		*WH	± 0,5	+ 0,6 - 0,5	E.5
Rail asymmetry		*As	± 1,2	± 1,2	E.6, E.7
Height of fishing	< 165 mm	*HF	± 0,5	± 0,5	E.8
	≥ 165 mm		± 0,6	± 0,6	
Web thickness		*WT	+ 1,0 - 0,5	+ 1,0 - 0,5	E.9
Width of rail foot		*WF	± 1,0	+ 1,5 - 1,0	E.10
Foot toe thickness		*TF	+ 0,75 - 0,5	+ 0,75 - 0,5	E.11
Foot base concavity			0,3 max.	0,3 max.	

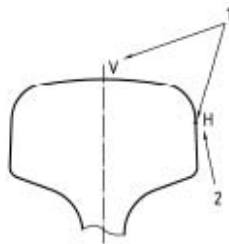
^a The total height variation over any rail length shall not be greater than 1 mm for rails < 165 mm and 1,2 mm for rails ≥ 165 mm.



ESPECIFICACIONES TECNICAS CARRIL AV

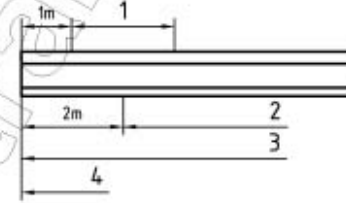
- Tolerancias dimensionales en cuerpo y extremos: clase A, la mas estricta del mercado

Table 8— Straightness, surface flatness and twist tolerances



Key

- V and H: Location of flatness measurements
- the position of H is nominally 5 mm to 10 mm below the gauge corner on the side of the head.



Key

- overlap
- body
- whole rail
- end "E"

Location/Dimensional properties		Class B		Class A		
		d	L	d	L	
BODY *	Vertical flatness V	≤ 0,4 mm	3 m ^a	≤ 0,3 mm	3 m ^c	
		and ≤ 0,3 mm	and 1 m ^c	and ≤ 0,2 mm	and 1 m ^c	
	Horizontal flatness H	≤ 0,6 mm	1,5 m ^c	≤ 0,45 mm	1,5 m ^c	
ENDS *	End "E"	1,5 m		2 m		<p>if e > 0 F ≥ 0,6 m</p>
	Vertical straightness	≤ 0,5 mm	1,6 m	≤ 0,4 mm	2 m	
		and e ≤ 0,2 mm		and ≤ 0,3 mm	and 1 m ^d	
	Horizontal straightness	≤ 0,7 mm	1,5 m	≤ 0,6 mm	2 m	
				and ≤ 0,4 mm	and 1 m ^d	

ESPECIFICACIONES TECNICAS CARRIL AV

- Tolerancias dimensionales en cuerpo y extremos: clase A, la mas estricta del mercado

EN 13674-1:2011 (E)

Table 8 (continued)

Location/Dimensional properties		Class B		Class A		
		<i>d</i>	<i>L</i>	<i>d</i>	<i>L</i>	
OVERLAP ^a	Length of overlap	1,5 m		2 m		
	Vertical flatness <i>V'</i>	≤ 0,4 mm	1,5 m ^c	≤ 0,3 mm	2 m ^c	
	Horizontal flatness <i>H</i>	≤ 0,6 mm	1,5 m ^c	≤ 0,6 mm	2 m ^c	
SWEEP (whole rail)	Upsweep and downsweep	10 mm ^e		10 mm ^e		
TWIST	Whole rail	max. gap of 2,5 mm				(see also 9.2.2 and Figure 9)
	End (1 m)	Max. rotational twist of 0,2° and max. relative twist of 0,003 5 x <i>e</i>				(see also 9.2.2 and Figure 10)

^a Automatic measurement equipment shall measure as much of the rail as possible but, at least the body. If the whole rail satisfies the body specifications, then measurement of end and overlap is not mandatory.

^b Automatic measurement techniques are complex and are therefore difficult to define but the finished rail flatness shall be capable of being verified by straight edge as shown in the above drawings.

^c 95 % of delivered rails shall be within limits specified, with 5 % of rails allowed outside the tolerances by 0,1 mm.

^d Reference *L*: sliding over end E.

^e The ends of the rails shall not be up more than 10 mm when the rail is on its foot when standing on an inspection bed.



ESPECIFICACIONES TECNICAS CARRIL AV

- Calidad interna (control por US) y calidad externa (marcas en caliente y marcas en frío)

9.4.1 Calidad interna

9.4.1.1 Todos los carriles deben someterse a ensayos por ultrasonidos mediante un proceso continuo que garantice la inspección del carril en toda su longitud y del área especificada de la sección transversal, dejando sólo sin ensayar un área muy pequeña. Los extremos que no se han sometido a ensayo se deben ensayar mediante un proceso apropiado o se cortase.

9.4.1.2 El área mínima transversal examinada por la técnica de ultrasonidos debe ser:

- al menos el 70% de la cabeza;
- al menos el 60% del alma;
- el área del patín especificada en la figura 15.

Se establece que estas áreas se basan en la proyección de la dimensión nominal del cristal de la sonda. La cabeza debe someterse a ensayo por ambas caras y por la superficie de rodadura.

9.4.2 Calidad de la superficie

9.4.2.1 Requisitos

a) Marcas calientes, protuberancias y surcos

No se permiten protuberancias en la superficie de rodadura ni bajo el patín, ni que afecte al embridaje a menos de 1 m desde el extremo del carril suministrado.

La profundidad de las marcas en caliente y de los surcos, según se define en la Norma EN 10163-1, no debe superar:

- 0,35 mm en la superficie de rodadura;
- 0,5 mm en el resto del carril.

En el caso de marcas de guiado longitudinales, debe haber un máximo de dos, en los límites de profundidad especificados, en cualquier punto a lo largo del carril, pero no más de una debe estar en la superficie de rodadura. Las marcas de guiado repetidas a lo largo del mismo eje se consideran como una sola marca de guiado.

La anchura máxima de las marcas de guiado debe ser de 4 mm. La relación entre anchura y profundidad de las marcas de guiado admisibles debe ser como mínimo de 3:1.

En el caso de marcas formadas en caliente por la proximidad de los rodillos de laminación, aquellas que se repitan a lo largo del mismo eje, a una distancia igual a la de la circunferencia del cilindro, se deben aceptar como una única marca. Se pueden rectificar, salvo las marcas que estén en la cabeza del carril, donde se permite un máximo de 3 marcas por cada 40 m.

b) Marcas en frío

Las marcas en frío son huellas longitudinales o transversales formadas en frío.

La profundidad de la discontinuidad no debe superar:

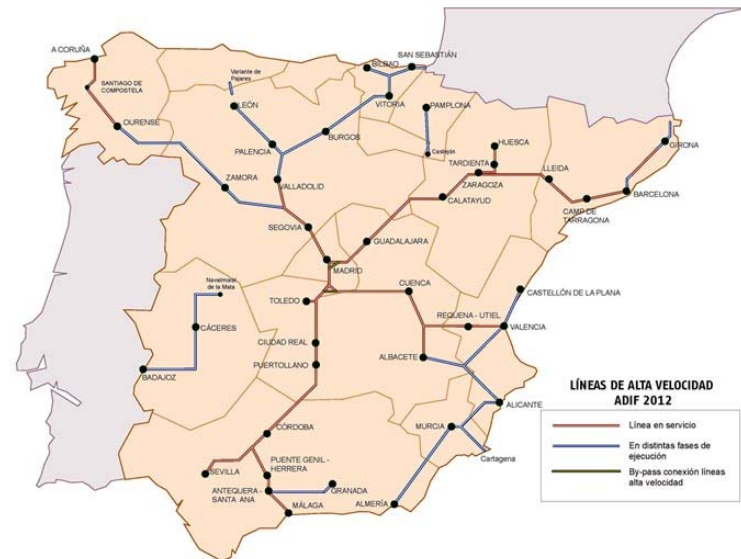
- los 0,3 mm en la superficie de rodadura del carril y la parte inferior del patín;
- los 0,5 mm en el resto del carril.

NOTA Es difícil o imposible detectar en la vía fisuras por fatiga que se hayan iniciado o propagado desde la parte inferior del patín, por ello debería hacerse todo lo posible para evitar en esta zona marcas transversales en frío.



REFERENCIAS EN CARRIL PARA LA AV

- Perfil 60E1/E2 en calidades R260/260Mn a 36, 60, 72 y 90m
- Referencias en AV europeas: ADIF, SNCF, DB, TCDD
- ArcelorMittal es líder mundial en ton producidas para las redes de AV
- La AV Española cumple dos décadas y lo hace como líder mundial en longitud de red, modernidad, versatilidad de flota, velocidad comercial y puntualidad. Sin duda, ADIF dispone del ferrocarril de alta velocidad más moderno y avanzado del mundo.
- Los 2.900km de líneas de AV operadas por ADIF: 100% carril fabricado por ArcelorMittal



REFERENCIAS EN CARRIL PARA LA AV

- También con referencias europeas en: SNCF, DB, TCDD
 - + 150.000t de carril 60E2 para DB
 - + 50.000t de carril 60E1 para TCDD
 - + 10.000t de carril 60E1 para SNCF
- 
- 
- 
- Homologados técnicamente en: España (ADIF), Francia (SNCF), Alemania (DB), Turquía (TCDD), Portugal (REFER), Suiza (SBB), Austria (OBB), Bélgica (Infrabel), Finlandia (VR Track, Finnish Agency), Suecia (Trafikverket), Dinamarca (Banedenmark)....
 - Certificados de Interoperabilidad emitidos por CETREN para los Grados R260/260Mn y R350HT (garantía de calidad)
 - Mas de 6Mio de ton de carril producidas desde 1975 !!!



CARRIL DE AV SEGUN EN 13674-1:2011

- Ej. denominación del carril para AV: 60E1-R260/R260Mn-X+A
- Es sin duda la norma mas moderna y exigente que existe para la fabricación del carril de vía. Se complementa con el Certificado de Interoperabilidad como garantía de cumplimiento en cuanto al perfil del carril y el grado del acero
- El grado R260/260Mn en su composición química incluye contenidos máximos Cr-Al-N-V-O2-H2 y elementos residuales. Garantía de un acero de la máxima calidad y libre de impurezas -> buena soldabilidad a tope por chisporroteo/aluminotermica
- Requiere ensayos de calificación externos e independientes para garantizar las capacidades productivas del carril (tensiones residuales, crecimiento de grietas por fatiga, tenacidad a la fractura y fatiga axial)

CARRIL DE AV SEGUN EN 13674-1:2011

- Requiere ensayos de recepción (laboratorio) como garantía productiva en factoría:

Tabla 4 – Frecuencias de ensayo

Ensayo de	Apartado correspondiente	Grados de acero	
		R200, R220, R260, R260Mn, R320Cr	R350HT, R350LHT, R370CrHT, R400HT
Composición química	9.1.3	Uno por colada	Uno por colada
Hidrógeno	9.1.3.2	Uno por colada (2 ensayos de la primera colada de una secuencia)	Uno por colada (2 ensayos de la primera colada de una secuencia)
Oxígeno total	9.1.3.3	Uno por secuencia ^a	Uno por secuencia ^a
Microestructura	9.1.4	No requerido para los grados R200, R220 y R260 Uno por 1 000 toneladas o fracción, para los grados R260Mn y R320Cr	Uno por 100 toneladas de acero conformado en caliente ^{a, c}
Descarburación	9.1.5	Uno por 1 000 toneladas o fracción ^{a, b}	Uno por 500 toneladas de acero recocido y de acero conformado en caliente ^{a, c}
Pureza inclusionaria	9.1.6	Uno por secuencia ^b	Uno por secuencia ^{b, c}
Imágenes macrográficas	9.1.7	Uno por 500 toneladas o fracción ^{a, b}	Uno por 500 toneladas o fracción ^{a, b, c}
Dureza	9.1.8	Uno por colada ^{a, b}	Uno por 100 toneladas de acero conformado en caliente ^{a, c}
Tracción	8.7 y 9.1.9	Un cálculo por colada/ uno por 2 000 toneladas ^{a, b}	Uno por 1 000 toneladas ^{a, c}

^a Las muestras deben tomarse aleatoriamente, pero solo de carriles procedentes de blooms de la zona de mezcla entre coladas, en caso de coladas continuas en secuencia.
^b Las muestras deben cortarse después del laminado.
^c Las muestras deben cortarse en carriles con tratamiento térmico.

CARRIL DE AV SEGUN EN 13674-1:2011

- Requiere ensayos en-línea como garantía productiva en factoría (control por US, control por corrientes superficiales en cabeza y patín, control dimensional del perfil en sección, control de alineación en cuerpo/extremos, control dimensional por plantillas en mesa inspección)

Sin duda, con la tecnología de fabricación alcanzada en Europa y la EN 13674-1:2011 se consigue el carril mas seguro del mundo !!!!

Accidente AV China





ADIF Y ARCELORMITTAL, MODELO EXITO

Muchas gracias por su atención !!





ArcelorMittal

REAL ACADEMIA DE INGENIERIA

ARCELORMITTAL ESPAÑA SA
CARRIL DE VIA PARA LAS LINEAS DE AV

OCTUBRE