



Carril y traviesas

Ferrocarriles
Grado en Ingeniería Civil

Luigi dell'Olio
Borja Alonso Oreña
José Luis Moura Berodia

Este tema se publica bajo Licencia:
Creative Commons BY-NC-SA 4.0.



Índice

- El carril
- La traviesa

Índice

- **El carril**
- La traviesa

La vía

- Una infraestructura apta para soportar en condiciones de seguridad, circulaciones en algunos casos de alta velocidad requiere una vía de calidad, es decir, una vía sólidamente constituida y con un mantenimiento cuidadoso.
- Una correcta definición de todos los componentes de la vía conduce a un alto grado de confort para el viajero y se traduce en una reducción de los costes derivados de su explotación

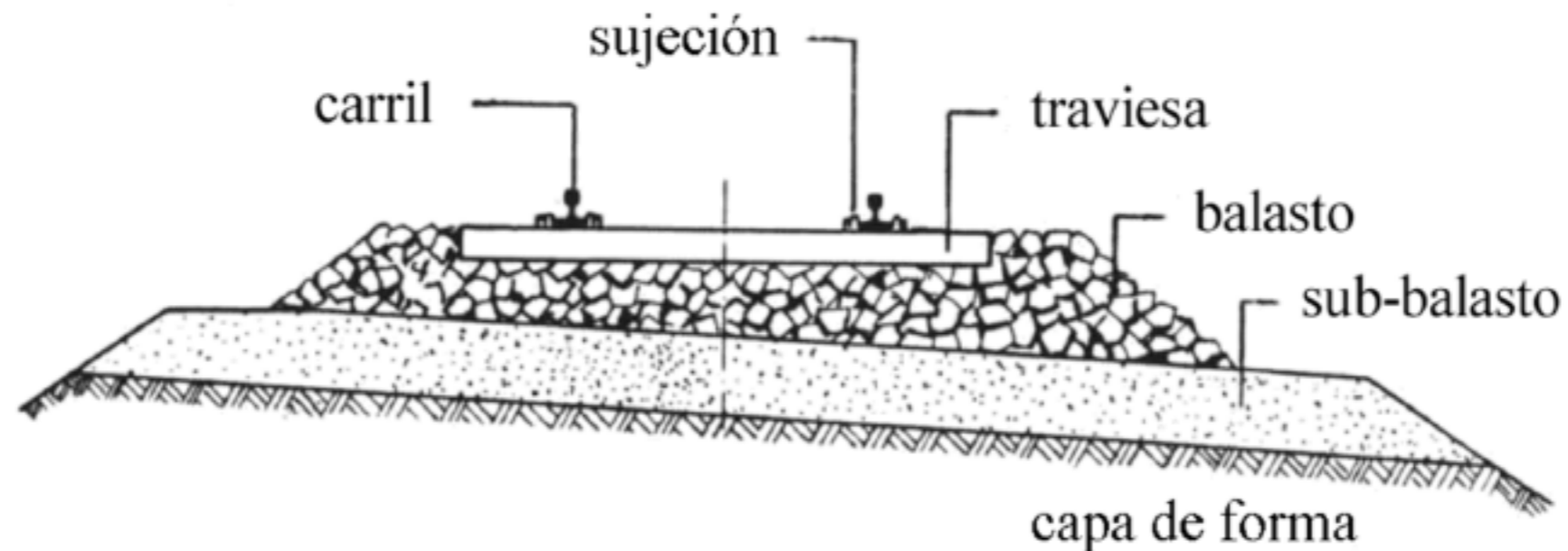


Partes

a) La **infraestructura**. Formada por la plataforma.

b) La **superestructura**. Formada por **el carril, las traviesas, el balasto**.

Para definir mejor la superestructura diremos que está formada por **dos filas de carriles**, por **traviesas** (elementos transversales sobre los que se fijan los carriles) y por el **balasto** (sobre la cual descansan las traviesas). Hay que añadir el **pequeño material** o accesorios de la vía: placas, bridas, clavazón, etc.



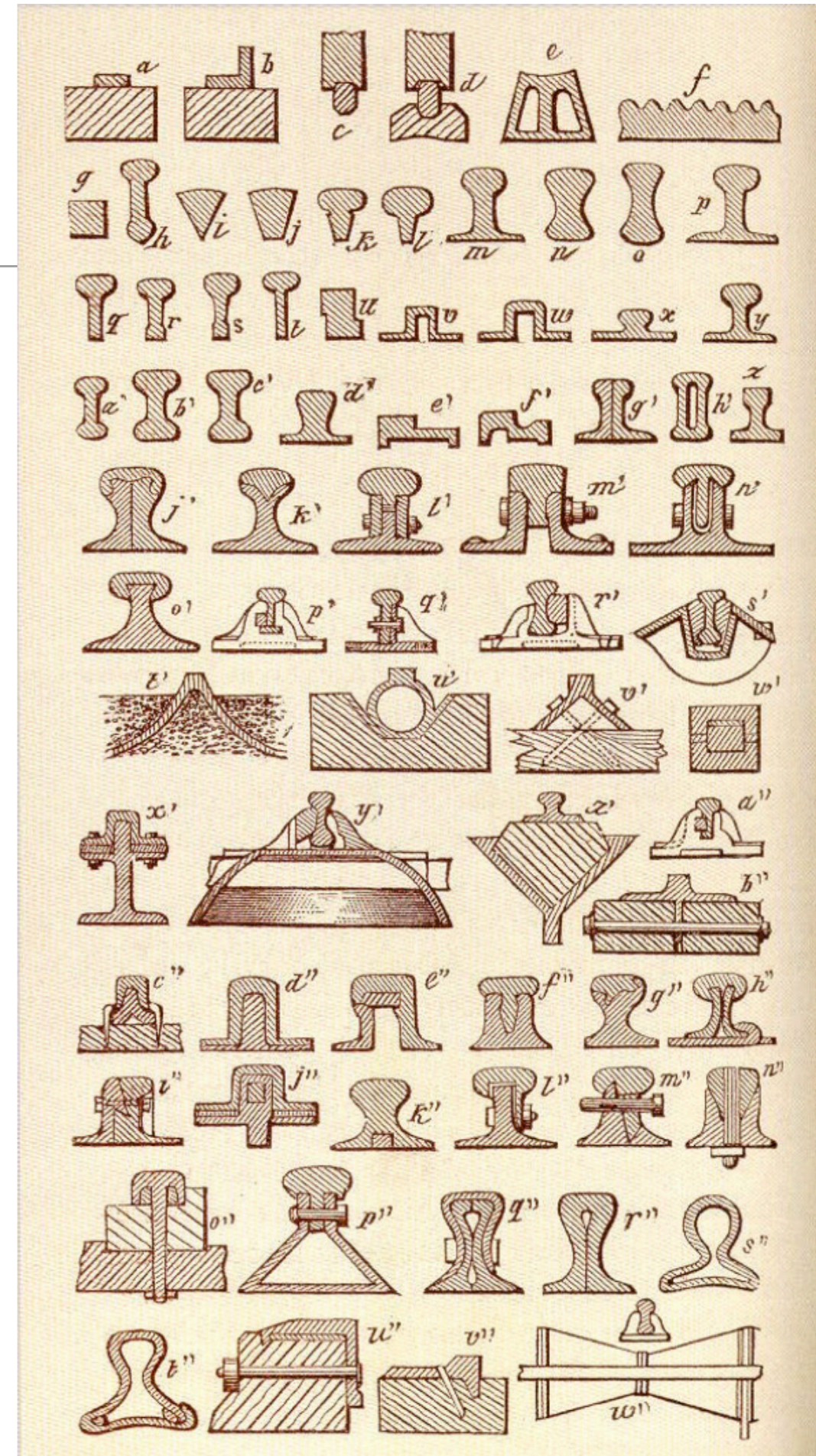
El carril: Definición y orígenes históricos

- **Definición:** el “carril” es el elemento fundamental de la vía: el que está en contacto con el tren y el que más cargas recibe.
- Fueron los egipcios quienes introdujeron el carril metálico, de bronce, como respuesta a la necesidad de trasladar grandes volúmenes de carga.
- La industria minera alemana del siglo XV empezó a utilizar dos series paralelas de maderos planos, provistos de un reborde para el guiado de pequeños vagones. Esta tecnología llegaría poco después a Inglaterra



Definición y orígenes históricos

- En el siglo XVIII, un hundimiento del precio del hierro hizo posible el revestimiento con este metal de los primitivos carriles de madera. En 1789 aparecen los carriles lisos, en combinación con pestañas exteriores en las ruedas. Pero todavía serían necesarias sucesivas modificaciones hasta dar a este elemento una **forma semejante a la actual, lograda hacia 1830**.
- En cuanto a los materiales, los primeros fueron de **hierro fundido**, pero resultaban demasiado frágiles. La laminación les dio mayor tenacidad, pero no la suficiente para evitar el desgaste que suponía el incremento de las cargas por eje y la velocidad. Así se llegó a los carriles de **acero**, una verdadera revolución para la época, pues permitió dilatar la vida en servicio desde los tres meses hasta los 16 años.



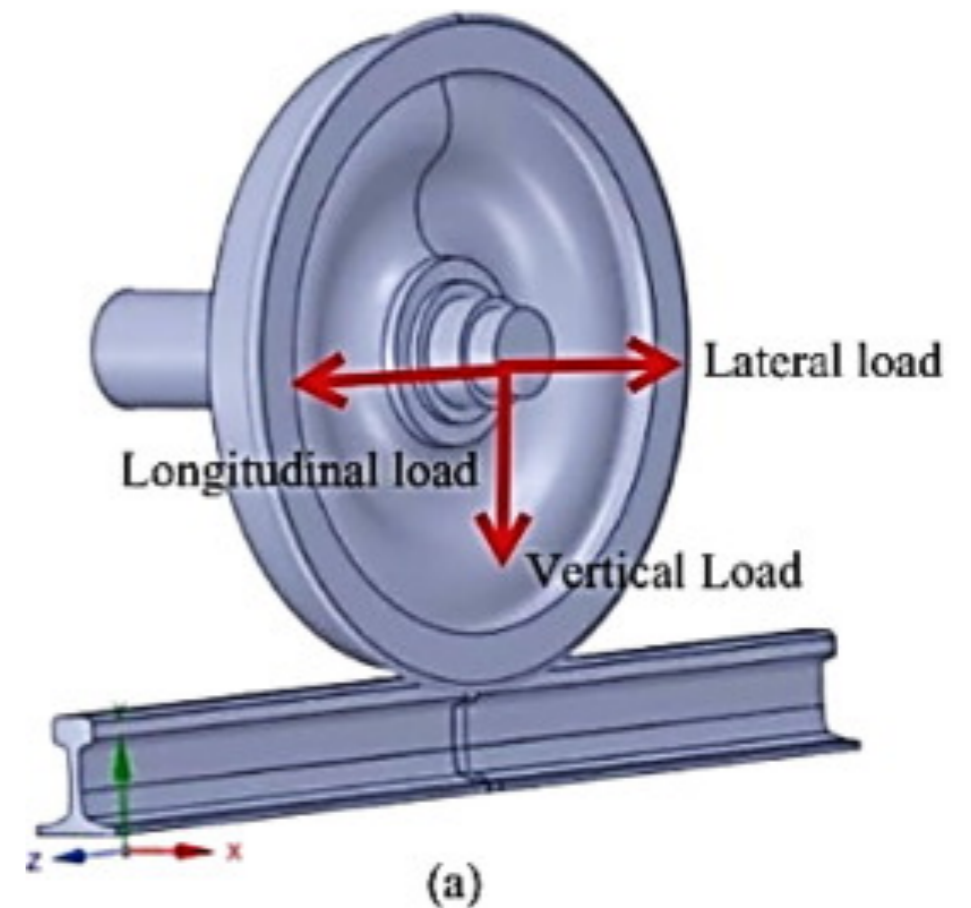
Funciones del carril

- Las principales funciones de los carriles son:
 - **Guiar** el material rodante en planta y alzado
 - Absorber, **soportar** y resistir las **cargas** del tráfico.
 - Conducir la **corriente** eléctrica.
 - Garantizar el **rozamiento** metal-metal.



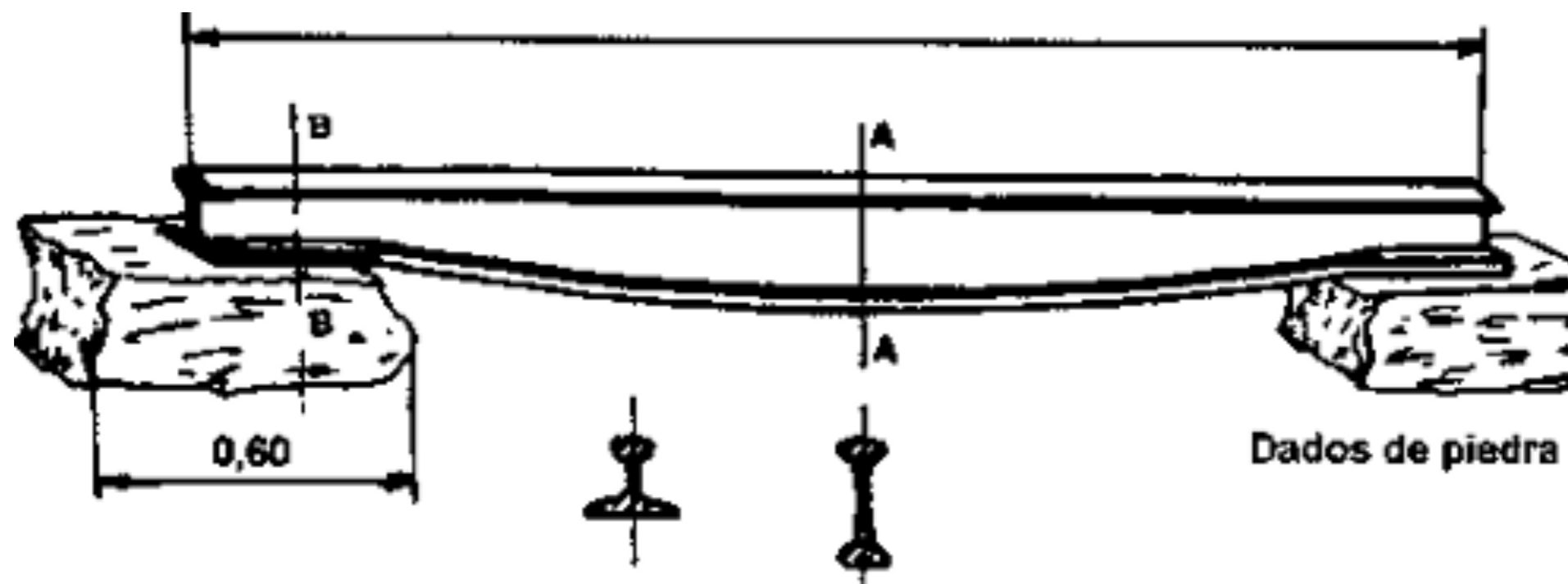
Funciones del carril

- **Esfuerzos** debidos a la interacción con el material rodante e imperfecciones de la vía:
 - **Longitudinales** son debidas esencialmente a las aceleraciones y frenados, así como a la variación térmica.
 - **Verticales** derivan sobre todo del peso propio y cargas del material rodante.
 - **Transversales**, motivan la deformación permanente del camino de rodadura, al ser este límite elástico mucho más reducido.



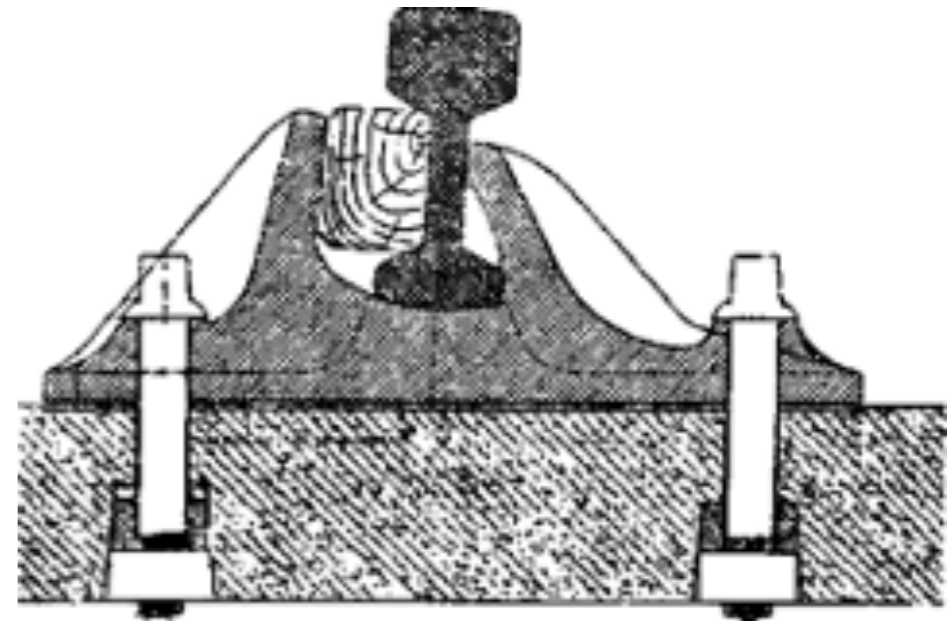
Sección transversal del carril

- En el comienzo de la utilización de locomotoras, el carril, para adaptarse a los esfuerzos, presentaba una **sección variable**, por lo que se denominó carril con vientre de pez (que se apoyaba primero en dados de piedra, como se representa en la figura, hasta 1835, y luego en apoyos metálicos, como campanas y platos y bien pronto traviesas de madera).
- Las dificultades de fabricación eliminaban su pretendida economía, por lo que desapareció su uso.



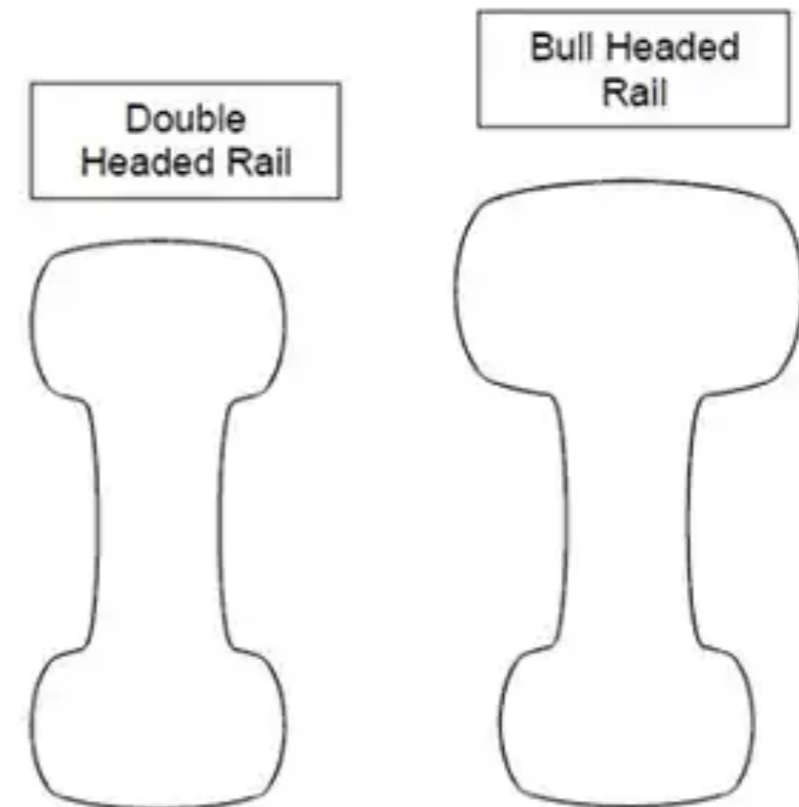
Sección transversal del carril

- **Sección constante.** Su sección responde a sus funciones, que son, por una parte, la de viga que ha de soportar cargas verticales y transversales y, por otra parte, la de guía de las ruedas. Para la primera, convendría una doble T y para la segunda habrá que disponer de una cabeza de forma conveniente.
- Varios se han utilizado, la mayoría con duración efímera. Sólo han permanecido el carril **bull-head** y el **Vignole**.
- El **carril bull-head** es el llamado **carril Stephenson** o carril de cojinetes, porque la fijación se realiza por medio de un cojinete de fundición (o acero moldeado), dentro del cual se mantiene el carril por medio de cuñas de madera o metálicas.



Carril bull-head

- De este carril lo ha habido con **sección simétrica** y **disimétrica**:
 - La primera tuvo su justificación en la creencia de que los carriles, una vez desgastada su cabeza (por el paso de las circulaciones) podrían invertirse, cosa que no se pudo hacer en la práctica porque la sujeción por cojinetes y cuñas dejaban sobre la cabeza inferior entalladuras o huellas que impedían su posterior utilización.
 - Por ello, sólo se empleó el disimétrico, con la consiguiente economía de material (no hace falta proveer en la cabeza inferior material para el desgaste).



Carril bull-head

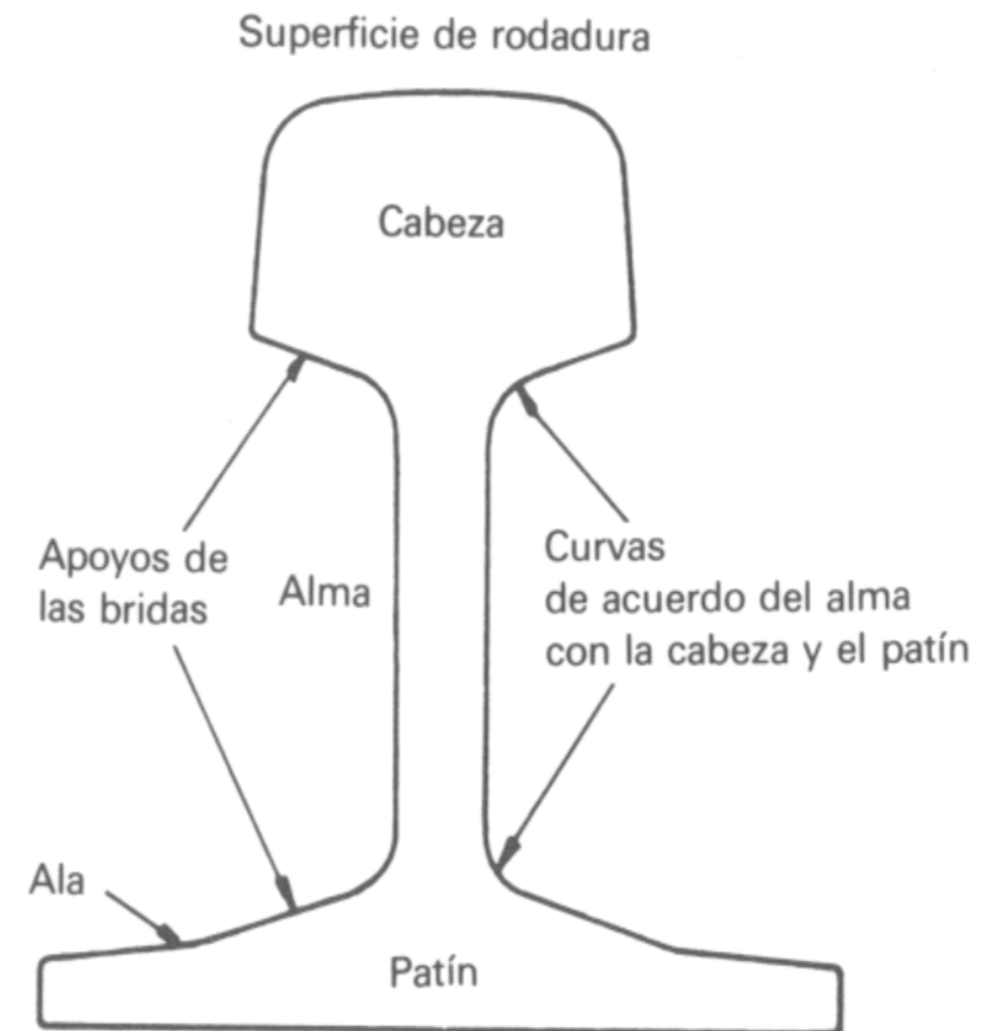
- Tiene sobre el carril de patín algunas ventajas que hicieron que fuera adoptado en todas las líneas inglesas, así como en algunas Compañías Francesas (Sur y Oeste) y en Suiza. Sus ventajas con respecto al carril Vignole son:
 1. Mejor repartición de la materia entre las dos cabezas y el alma (repartición que es muy disimétrica en el carril de patín), por lo que la laminación, enfriamiento y enderezamiento del carril se hace en condiciones más favorables.
 2. Menor tendencia al arrancamiento de los tirafondos, ya que el esfuerzo de levantamiento de las traviesas al paso de las cargas se hace sentir con menor intensidad, porque el carril se sujeta por una cuña que presenta siempre cierta elasticidad e impide que se aflojen los tirafondos.
 3. Mayor facilidad de renovación de la vía o sustitución de los carriles, puesto que las traviesas vienen ya con los cojinetes sujetos y solamente queda por hacer la colocación del carril y su sujeción por medio de la cuña. Y menores gastos de conservación de este tipo de unión.

Carril bull-head

4. Mayor estabilidad bajo los esfuerzos transversales (depende del tipo de sujeción).
 5. Posibilidad, gracias al cojinete, cuya superficie de apoyo puede llegar a 680 cm², de utilización de traviesas de madera blanda, lo que no es posible con el de Vignole si reposa directamente el patín sobre la traviesa.
- A pesar de todo ello, en la actualidad no se utiliza para el tendido de vía con carriles nuevos; los ferrocarriles ingleses, que fueron los últimos partidarios, lo abandonaron hacia el año 1938. Ahora bien, sigue prestando servicio en líneas secundarias y de maniobras, por ejemplo, en Francia en líneas del Sur y del Oeste.
 - El motivo básico de su abandono tiene como causa principal el **coste del cojinete** (comparar con el de tirafondos) y como secundaria la dificultad de conservar la alineación de la vía.

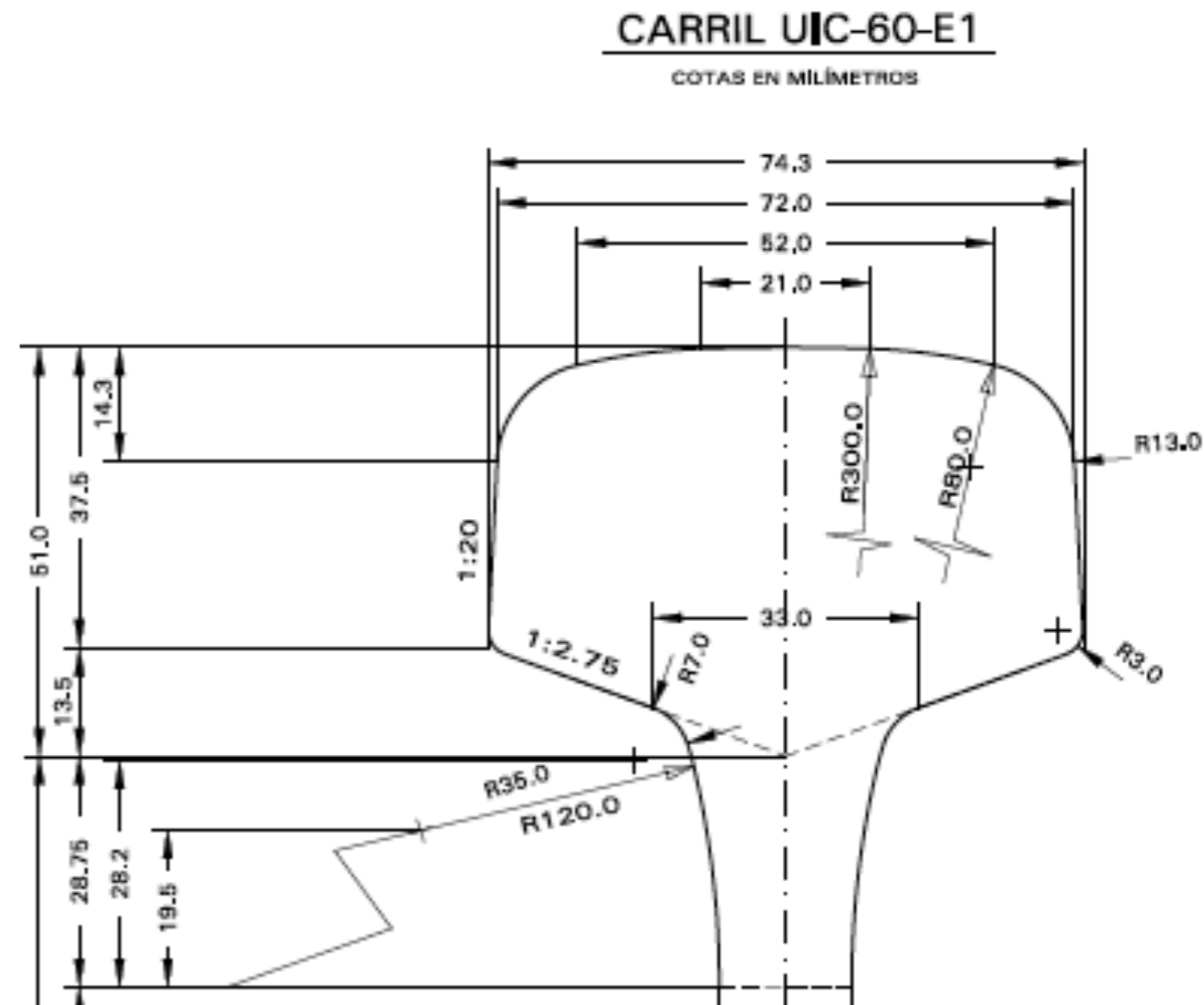
El carril tipo Vignole

- El carril de patín, llamado en Europa de **Vignole** en honor de Charles Vignoles, ingeniero inglés que lo introdujo en el viejo continente (a pesar de ser ideado por el americano Stevens).
- Su forma estaba condicionada por la necesidad de utilizar bridas.
- Partes del carril:
 - **Cabeza**: transmite esfuerzos y evita el descarrilo al tener las caras laterales inclinadas.
 - **Alma**: transmite tensión a la parte inferior y aporta inercia vertical y, por lo tanto, a flexión.
 - **Patín**: reparte cargas, evita el vuelco y sostiene las sujeciones.



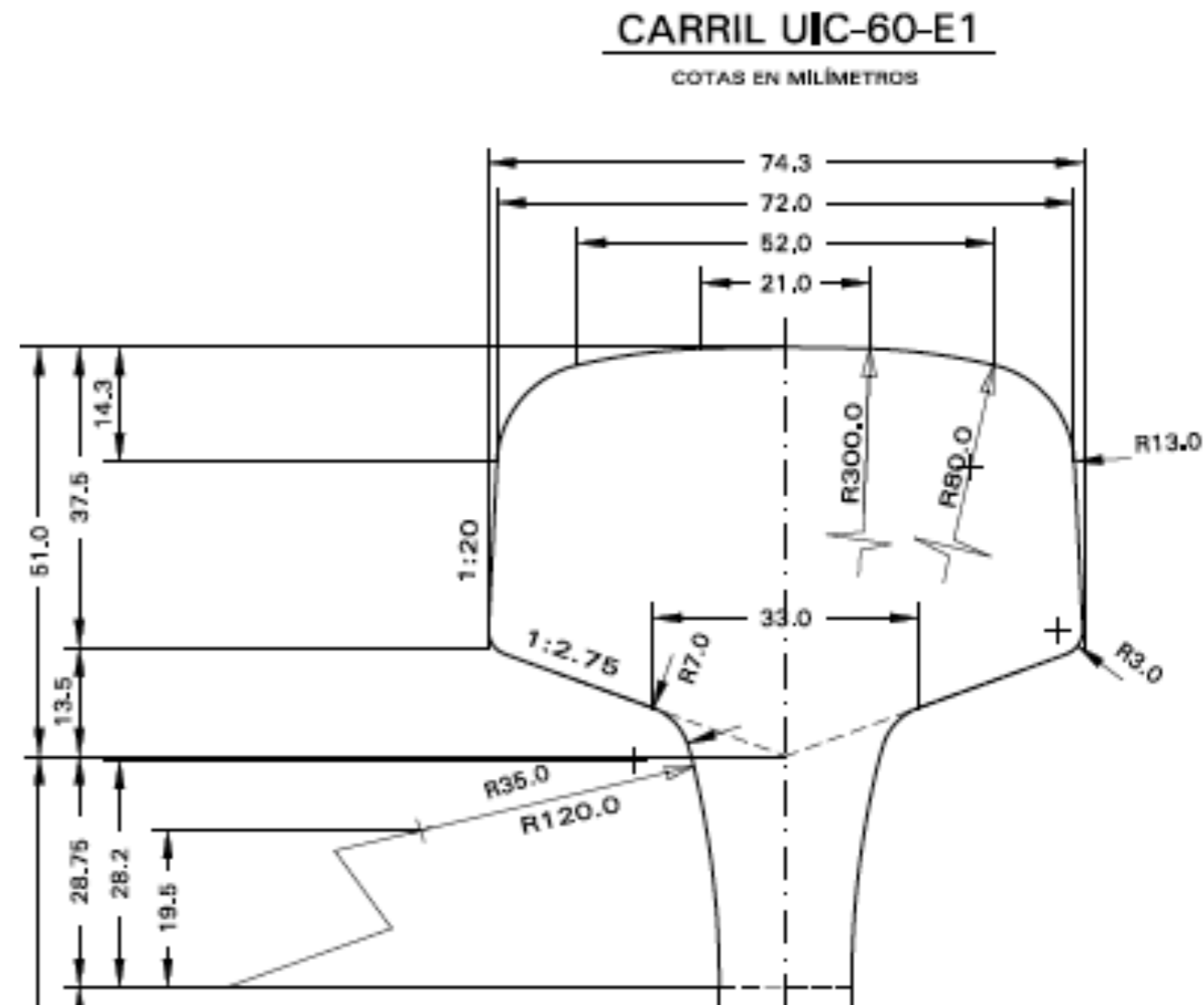
El carril tipo Vignole

- En la cabeza del carril debe ser considerada su:
 - **Altura.** Alcanza los 50 mm y debe ser superior a la que exija la condición de resistencia, ofreciendo una reserva de metal para desgaste. Como orden de magnitud, podemos decir que la cabeza del carril pierde un milímetro de altura al paso de 100.000 trenes 80 (millones de t).
 - **Anchura de la cabeza.** Al existir también desgaste del lateral provocado por la pestaña, debe existir una relación entre la anchura y la altura de la cabeza de carril, de forma que su sustitución se debe por haber llegado el desgaste a cota inadmisiblemente simultáneamente en ambos casos. Ello lleva a que la anchura del carril sea del orden de 65 a 72 mm, valor que se adopta además porque, acercándose a la anchura de la llanta de la rueda, no permite un exceso de excentricidad de los puntos de aplicación de la carga.



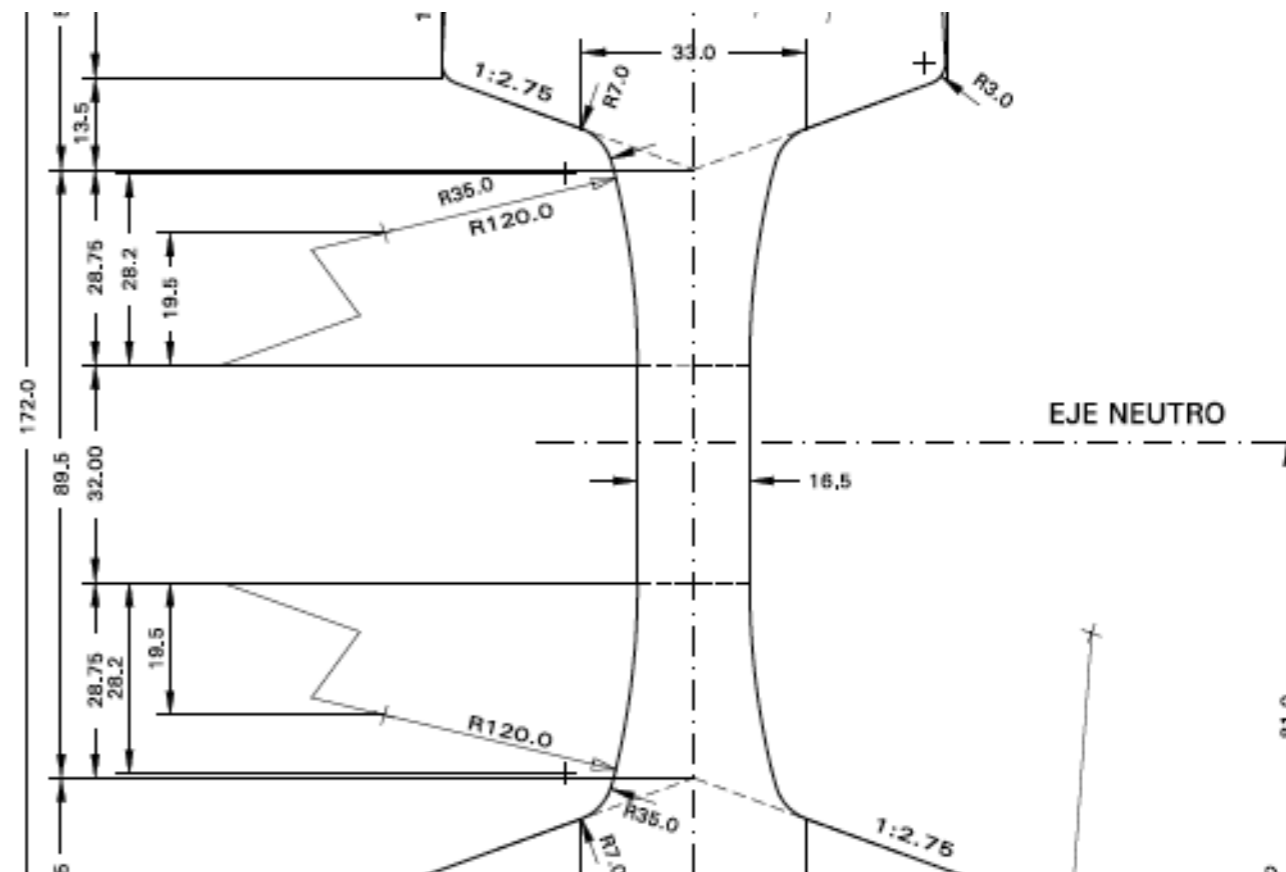
El carril tipo Vignole

- En la cabeza del carril debe ser considerada su:
 - Para reducir la presión de contacto, y por tanto el consiguiente desgaste, las caras se inclinan hasta una pendiente 1/20, inclinación que además tiene la ventaja de incrementar la anchura de las caras inferiores de la cabeza, lo que favorece el acoplamiento de las bridas de unión.
 - El valor de la **inclinación de los planos inclinados**, unión de la cabeza del carril con el alma (que con respecto a la horizontal suele adoptarse 1/3), se justificará en el tema en que desarrollamos las bridas.



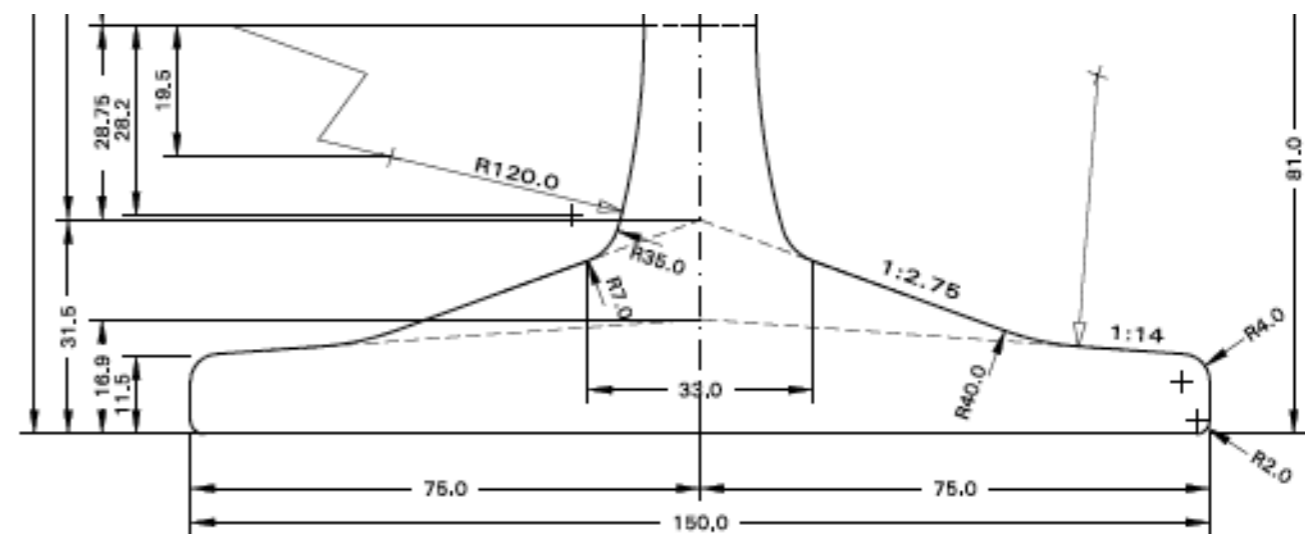
El carril tipo Vignole

- En el alma del carril debe considerarse:
 - El **espesor**, teniendo en cuenta los esfuerzos cortantes que esta parte del carril soporta, cuyo máximo se encuentra en el plano que pasa por la fibra neutra, es decir, muy próximo a los orificios practicados para el embridado. Además, el espesor debe estar previsto para soportar el desgaste por corrosión. Por ello, salvo en túneles, suele adoptarse el valor de 15-17 mm.
 - La **forma de las paredes del alma**, que no son rectas verticales. Ello es debido a que como el carril tiene que soportar las sollicitaciones transversales que le transmiten las pestañas, de hecho actúa como una pieza empotrada en el patín, por lo que el alma tiene mayor espesor que el citado en su unión con el patín. Análogo espesor se da a la unión alma-cabeza por el gran número de roturas que en esa zona se detectan, caso de no tomar esta precaución. Las caras laterales del alma son así superficies cóncavas coincidiendo su mínimo espesor en el eje neutro.

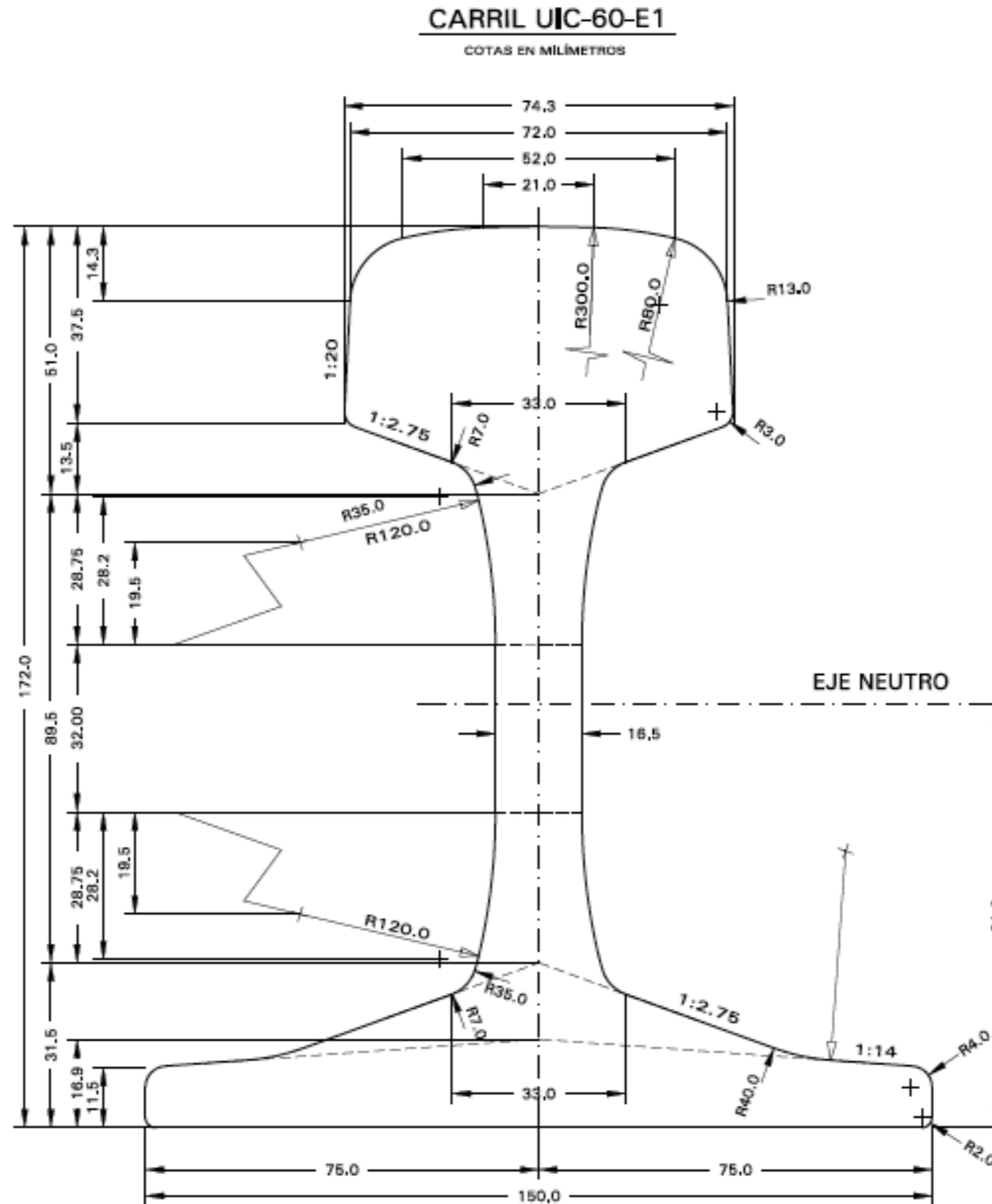


El carril tipo Vignole

- El patín se caracteriza por su **anchura** y por la forma y **espesor de sus alas**.
 - De la anchura depende la rigidez del carril en el plano horizontal. Asimismo, la superficie de apoyo sobre la traviesa y, por tanto, la presión que se ejerce sobre éstas. Forma de disminuirla es la utilización de placas de asiento metálicas. Para asegurar una repartición correcta de la carga sin giro del carril, es preciso encontrar una relación óptima entre la altura total del carril y la anchura del patín, que debiera ser 1,1-1,2.
 - La tendencia al vuelco por la acción de la pestaña y las solicitaciones, que resultan en las sujeciones carril-traviesa, son función de la relación antedicha (altura-anchura).
 - El **espesor y la forma de las alas** viene condicionado por la preocupación de conseguir un equilibrio entre la sección del patín y de la cabeza del carril, con objeto de prever buenas condiciones de laminación y enfriamiento.



El carril tipo Vignole



El carril tipo Vignole

- Otras características importantes de la sección:
 - La **tensión de cortadura**
 - **Adecuado reparto de masa entre la cabeza, alma y patín** del carril, para que al final de la laminación la estructura sea homogénea en toda la masa y en el enfriamiento posterior no existan diferencias de comportamiento entre sus diversas partes. Ello evita la tendencia que tienen los carriles a curvarse por enfriamiento desigual. Se ha confirmado que el reparto de masas más apropiado es:
 - Cabeza - 35 - 40%
 - Alma - 27 - 22%
 - Patín - 38%



El carril tipo Vignole

- Aparte de su forma, la característica esencial de un carril es su **peso**, que se mide en kilogramos por metro lineal (UK. y EE.UU. libras por yarda).
- Los primeros perfiles eran muy ligeros, del orden de 25 kg/m y hubo de llegar el siglo XX para que apareciesen los valores de 40-50 k/m. En este período se pasó de 3 tn/eje a los valores actuales, 20-22 tn/eje. Hoy día son usuales pesos de 60-70 e incluso 90 kg/m (en EE.UU.).
- La tendencia generalizada es emplear carriles pesados por la reducción que supone de gastos de conservación.
- El objetivo buscado al aumentar el peso del carril es incrementar su momento de inercia (con respecto a su fibra neutra, I_x), es decir, su módulo resistente W .
- Un problema de diseño que se plantea es conseguir con el mismo peso (coste) secciones de mayor I .

El carril tipo Vignole

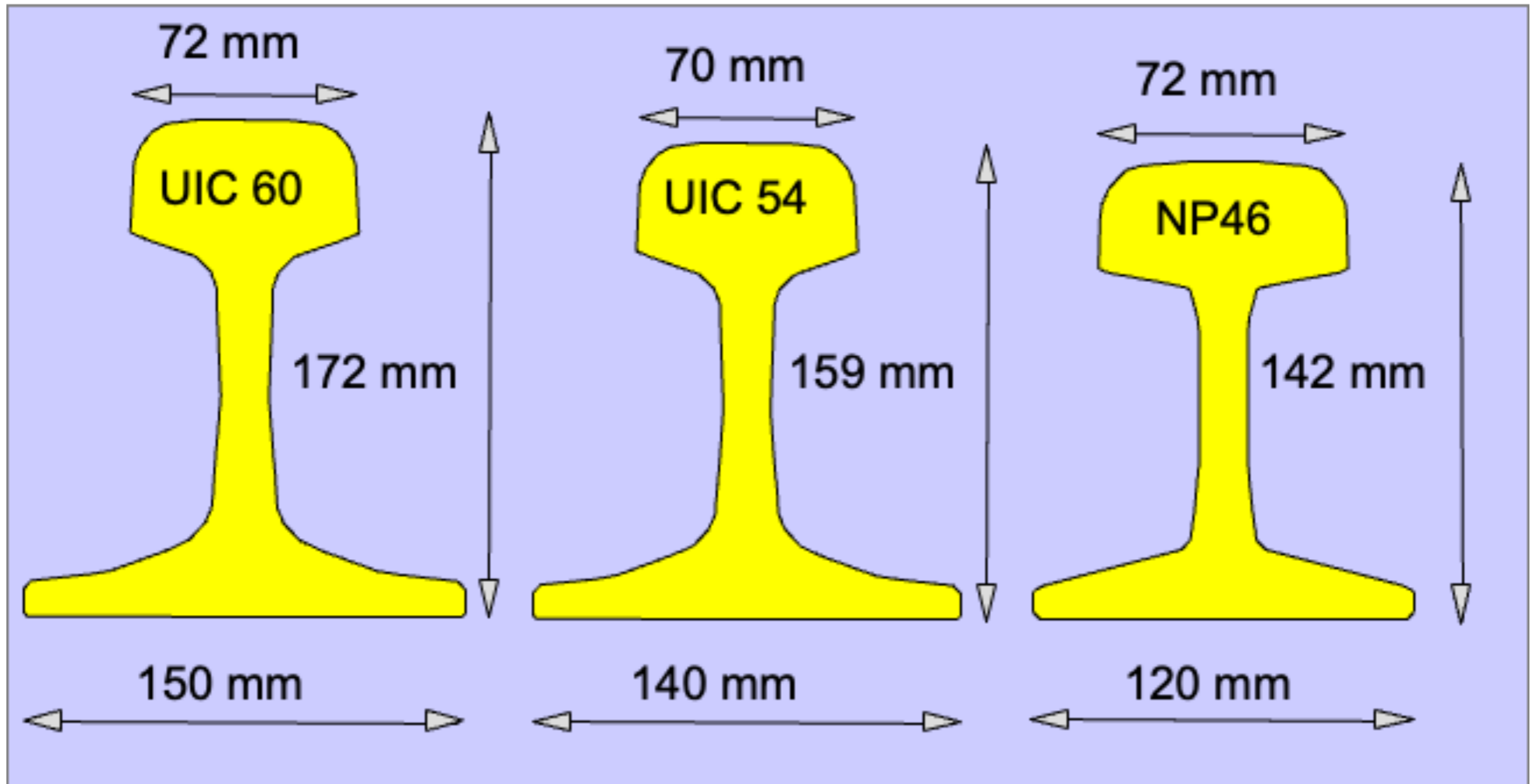
- En realidad, el problema importante no es el resistente sino el de desgaste; así, en el proyecto de una vía nueva debe tenerse en cuenta a la vez: la adaptación del carril elegido al tonelaje T previsto que va a circular por esa vía, en millones de toneladas brutas, la V máxima y el peso por eje q . Una fórmula empírica utilizada es la de Shajunianz (1971):

$$P = 1,2 \cdot (1 + T^{1/4}) \cdot (1 + 0,012 \cdot V)^{2/3} \cdot q^{2/3}$$

- Debiera, además, tenerse en cuenta que el conjunto carril-traviesa tuviera una vida equilibrada para evitar una renovación prematura de uno de los dos; por ejemplo, la norma francesa aconseja:

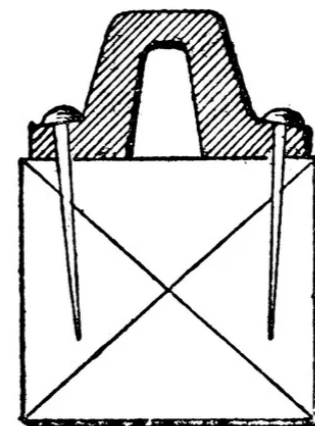
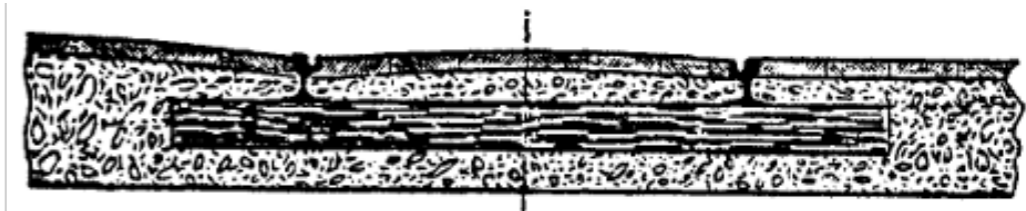
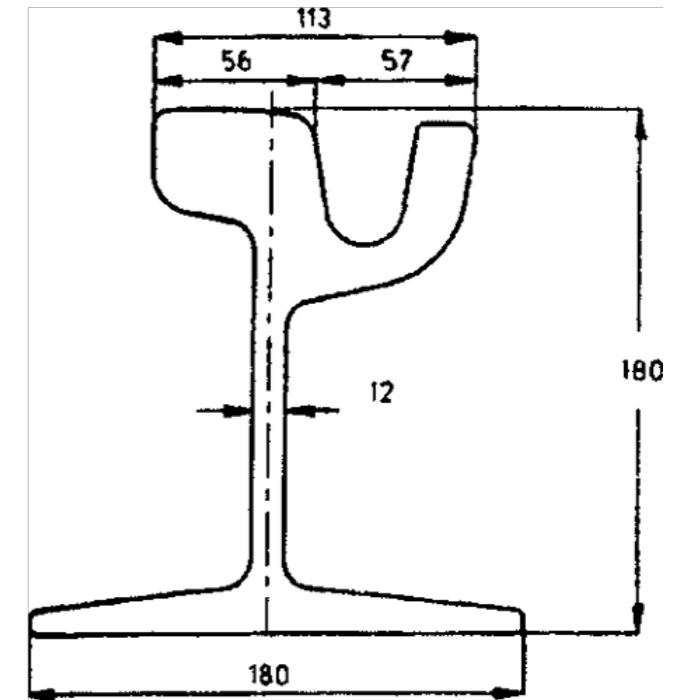
<i>TONELADAS BRUTAS REMOLCADAS (T.B.R.)</i>	<i>TIPO DE CARRIL</i>	<i>TIPO DE TRAVIESA</i>
T.B.R. < 25.000	50 kg/m	Traviesa de madera
25.000 < T.B.R. < 35.000	50 kg/m	Traviesa de madera
	60 kg/m	Traviesa de hormigón
T.B.R. > 35.000	60 kg/m	Traviesa de hormigón

El carril tipo Vignole



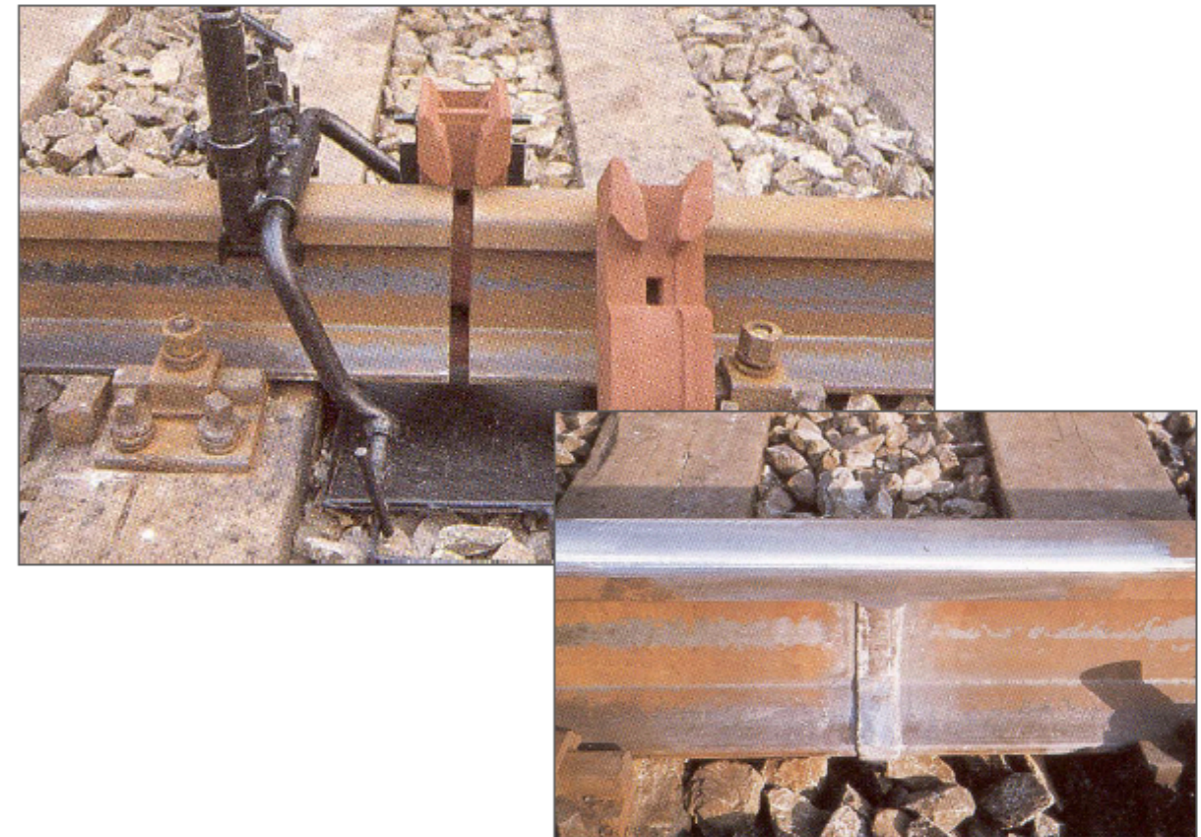
Otros tipos de carril

- Existen otros perfiles para usos especiales, citemos:
 - El **carril Phoenix**, de **garganta** o portuario, que no supone obstáculo a la rodadura del vehículo de carretera al disponerse según indica la figura, y cuyo empleo es más económico que la solución de emplear contracarriles.
 - El carril **Brunel**, de reducida altura, es el Vignole al que se le suprime el alma, se utiliza en aparatos accesorios de vía, como placas y puentes giratorios.



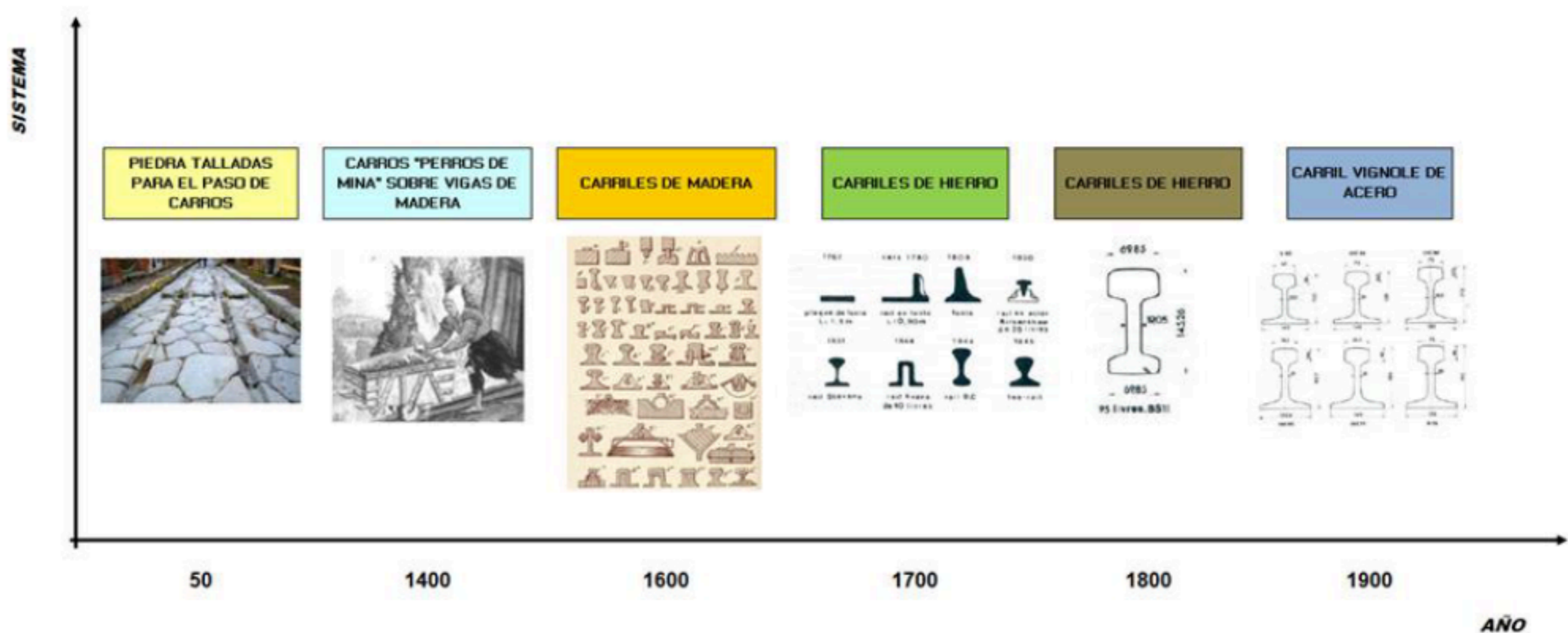
Exigencias que se demandan al carril

- Exigencias fundamentales:
 - Geometría (tolerancias muy estrictas).
 - Propiedades mecánicas (inercia vertical).
 - Longitud.
 - Enderezado.
- Otras exigencias funcionales:
 - resistencia a la abrasión y durabilidad.
 - ausencia de fragilidad, sin presentar roturas
 - soldabilidad
 - sencillez y fabricabilidad (economía)



Composición

- El material utilizado es, desde aproximadamente el año 1860, el **acero**. Ahora bien, las cualidades pedidas son contradictorias entre sí, puesto que un acero que soporte el desgaste debe ser duro y, por consiguiente, con tendencia a la fragilidad y difícil de soldar. El acero utilizado debe ser el resultado de un compromiso entre exigencias opuestas.



Composición

- Sin entrar en el estudio siderúrgico del acero de los carriles, la composición del acero de los carriles entra:

Adif - ET 03.360.161.8 Carril

- El **carbono**, de 0,37 a 0,73%. Con él aumenta la dureza y resistencia al desgaste, pero también la fragilidad.
- El **manganeso**, de 0,86 a 1,74%. Aumenta la dureza, la resistencia al desgaste y la tenacidad, pero disminuye la soldabilidad.
- El azufre y el fósforo, menos ambos del 0,06%. Dan fragilidad, pero no son eliminables sin alto costo.
- El **silicio**, 0,30%. Aumenta la dureza, la resistencia al desgaste y facilita la laminación del carril.

Tabla 3. Composición química del acero

Grado		% en masa									10 ⁻⁴ % (ppm) max en masa	
Acero	Muestra	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Al max.	V max.	N max	O	H
R260	Líquido	0,62 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,025	0,025	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5
	Sólido	0,60 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,030	0,030	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5
R350HT	Líquido	0,72 a 0,80	0,15 a 0,58	0,70 a 1,20	0,020	0,025	≤ 0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5
	Sólido	0,70 a 0,82	0,13 a 0,60	0,65 a 1,25	0,025	0,030	≤ 0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5

Tabla 4. Máximos de elementos residuales

	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	Cu y 10 Sn	Otros
R260	0,02	0,1	0,15	0,03	0,02	0,025	0,01	0,35	0,35 (Cr+Mo+Ni+Cu+V)
R350HT	0,02	0,1	0,15	0,03	0,02	0,025	0,04	0,35	0,25 (Cr+Mo+Ni+Cu+V)

Fabricación

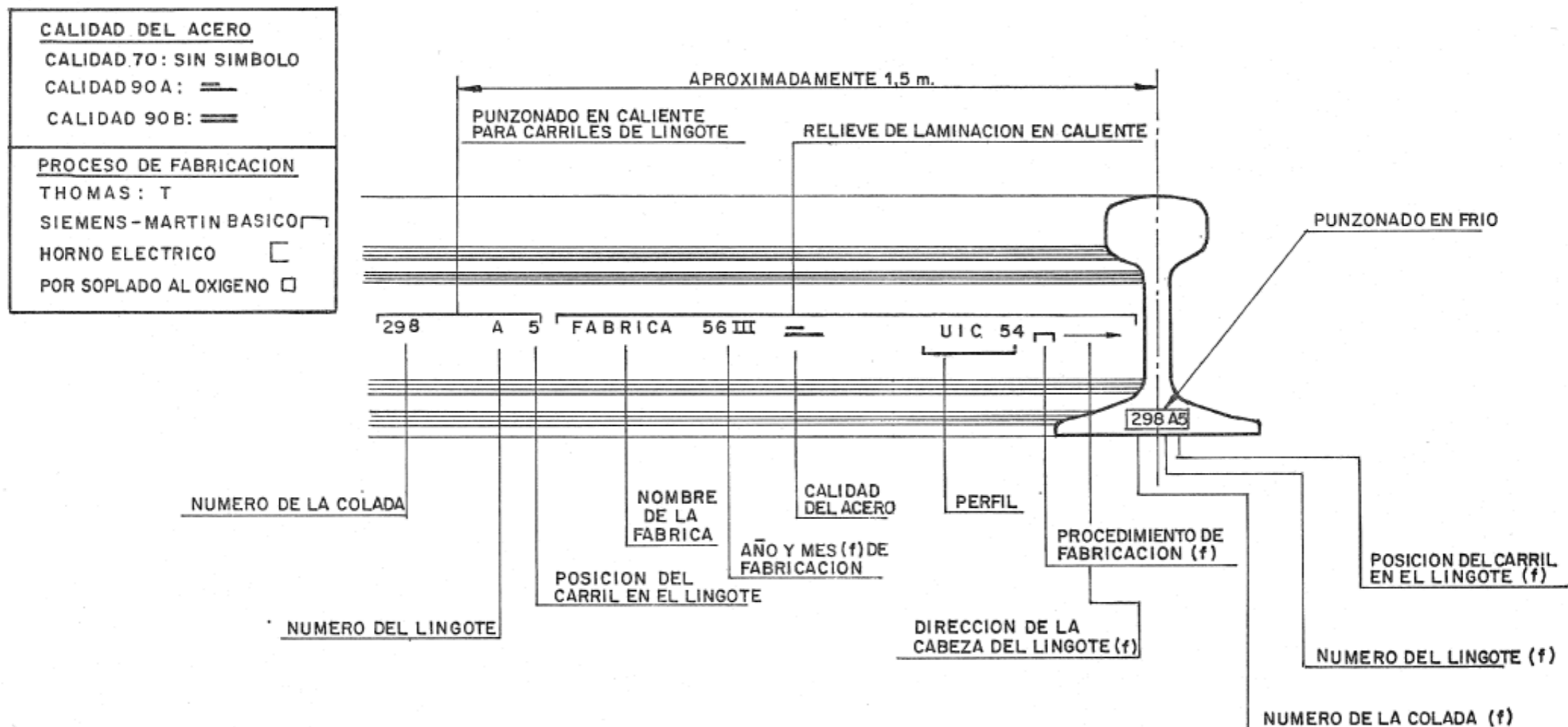
- La fabricación del carril a partir del Bloom que llega de instalaciones de cabecera se divide en varios procesos:
 - Proceso en Caliente: Laminación (aprox. 1250°-920°C)
 - Proceso de Enfriamiento (<920°C). Puede ser:
 - Al aire: para fabricar carriles estándar
 - Controlado: para fabricar carriles de cabeza endurecida (aprox. 750°-500°C)
 - Proceso en Frío (<80°C):
 - Enderezado
 - Inspección Automática
 - Corte a longitud comercial
 - Prensado de extremos del carril
 - Inspección Manual
 - Almacén, Cargue y Expedición

Fabricación



Recepción

- Se entiende por **bautizo** las marcas que en el alma del carril se inscriben, durante la laminación, para su identificación y cuyo objeto principal es permitir tomar medidas de seguridad en caso de producirse roturas durante su vida útil.
- Dichas marchas indican el fabricante, año de fabricación, el mes, calidad de acero, procedimiento utilizado en su fabricación, tipo de carril, merced a una flecha la dirección a la que correspondía la cabeza del lingote, el número de la colada, con una letra de la A a la Z, posición relativa del carril en el lingote y finalmente el número del lingote.



Transporte

- El transporte del carril se realiza en los siguientes medios:
 - Camión: Hasta 25m
 - Barco: Hasta 72m
 - Ferrocarril: Hasta 108-120m (barra elemental) y 270-288m (Barra Larga Soldada)



Camión de Caja Cerrada



Barco



Ferrocarril

Ensayos

Adif - ET 03.360.161.8
Carril

• Los ensayos que caracterizan al carril son:

- Composición química
- Microestructura y Descarburación
- Inclusiones
- Ensayo de Baumann (impresión macrográfica)
- Dureza
- Tracción

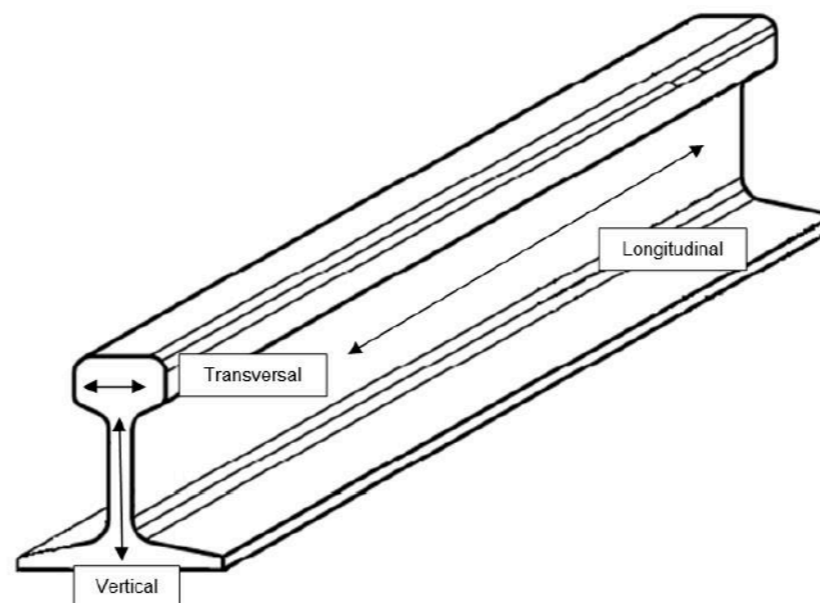
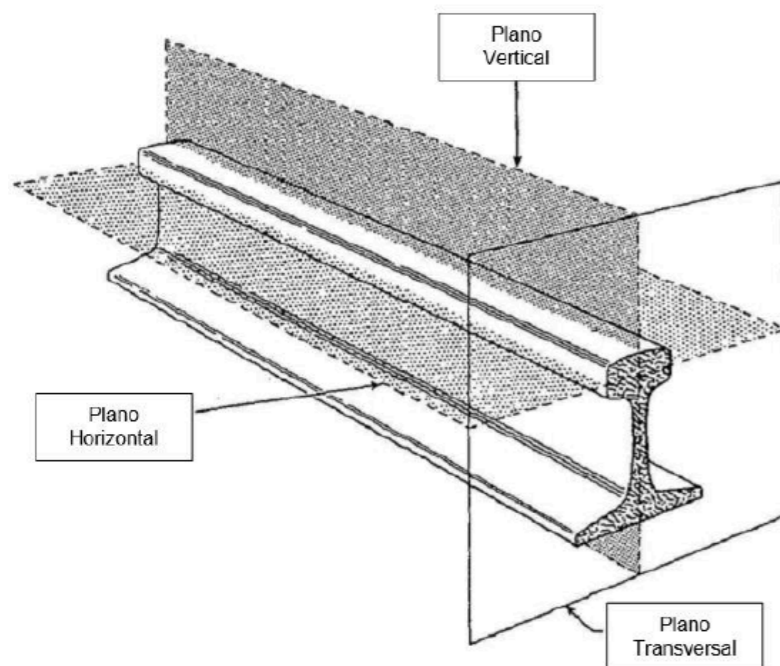
Además, otros ensayos pueden ser requeridos en distintas normas o especificaciones de otras administraciones:

- Ensayo de choque
- Resiliencia

Ensayo de laboratorio	Apartado	Grados del acero		Lugar de ensayo
		R260	R350HT	
Composición química	7.1	Uno por colada		Laboratorio Fábrica
Hidrógeno	7.1.1	Uno por colada (dos de la primera colada de una secuencia)		
Oxígeno total	7.1.2	Uno por secuencia ^a		
Descarburación	7.3	Uno por 1000 toneladas o fracción ^{a,b}	Uno por 500 toneladas de acero recocido y de acero conformado en caliente ^{a,c}	
Limpieza de óxidos o pureza inclusionaria	7.4	Uno por secuencia ^{b o c}		
Inspección macrográficas (Segregación)	7.5	5 ensayos en 5 coladas (excepto para carril RN45)		
Micrografía	7.2	-	Uno cada 100 toneladas de acero en caliente ^{a y c}	
Tracción	7.7	Un cálculo por colada/uno por 2000 toneladas ^{a, b}	Uno por 1000 toneladas ^{a, c}	
Dureza	7.6	Uno por colada ^{a, b}	Uno por 100 toneladas de acero conformado en caliente ^{a, c}	
Variación de la dureza en el eje de la superficie de rodadura	7.6.1	-	Una muestra de un metro en cada extremo y a intervalos de 20 m desde un extremo del carril (cada 5 años).	
Resistencia a la fracturación (K _{IC})	7.8	5 ensayos por cada una de las 3 muestras (cada 5 años)		Laboratorio Acreditado
Velocidad de propagación de fisuras por fatiga	7.9	3 ensayos por cada una de las 3 muestras (cada 5 años)		
Ensayo de fatiga	7.10	3 ensayos en cada una de las 3 muestras (cada 5 años)		
Tensiones residuales en el patín del carril	7.11	1 ensayo en cada una de las 6 muestras (cada 5 años)		
^a Las muestras deben tomarse aleatoriamente, pero solo de carriles procedentes de blooms de la zona de mezclado 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.				

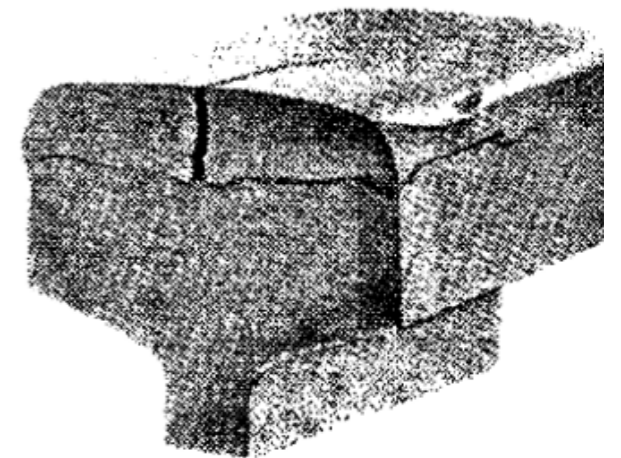
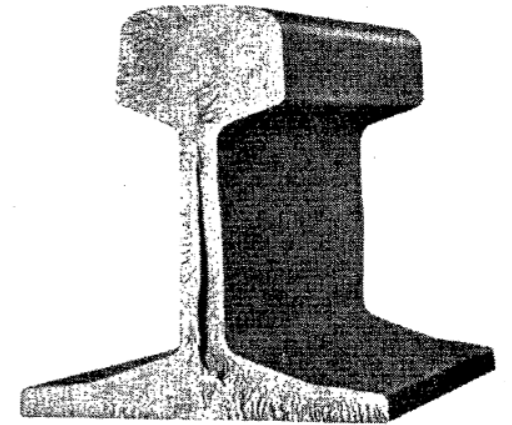
Defectos y roturas de carril

- Se entiende por defecto aquellas **anomalías** que presentan los carriles; su control es de una importancia vital, no sólo desde el punto de vista económico, sino porque debido a su existencia, pueden dar lugar, a causa de las sollicitaciones que las cargas le van a producir durante el servicio, a averías e incluso a roturas de los carriles.
- Pueden clasificarse en:
 - defectos **debidos a la fabricación**
 - defectos que se producen en el **servicio**.



Defectos y roturas de carril

- Defectos debidos a la fabricación:
 - **Rechupe primario**: motivado por insuficiente despunte del lingote. Produce generalmente una fisura vertical en el extremo del carril, desde el alma a la cabeza.
 - **Rechupe secundario**: debido al apresuramiento excesivo de las operaciones de colada, por lo que producen, por contracción, cavidades o grietas.
 - **Segregaciones** (central y/o inversa): motivada por impurezas de P y S. Pueden dar lugar a la formación de grietas longitudinales con desprendimiento de parte de la cabeza.
 - **Inclusiones sólidas y/o gaseosas**: las primeras son escorias u óxidos de Mn y S, silicatos de Fe y Mn. Esto puede provocar la destrucción repentina, p.ej. de la cabeza de un carril ; las segundas se provocan debido a los gases que quedan en el lingote al laminarse, que originan burbujas alargadas que pueden producir futuras grietas.

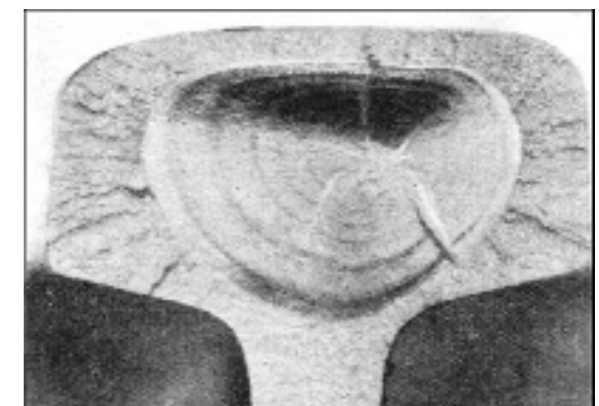


Defectos y roturas de carril

- Defectos debidos a la fabricación:
 - **La fisura transversal**, mancha gris o mancha oval plateada: es la más grave. Se produce por existencia de heterogeneidad interna debido a:
 - Burbujas gaseosas: Si el enfriamiento del acero es muy rápido, el hidrógeno no puede eliminarse, generándose burbujas.
 - Inclusiones sólidas no metálicas.
 - Tensiones internas que se desarrollan durante el enfriamiento de los carriles; cuando su interior está a una elevada temperatura, el metal en estado plástico ofrece una débil resistencia a la tracción.

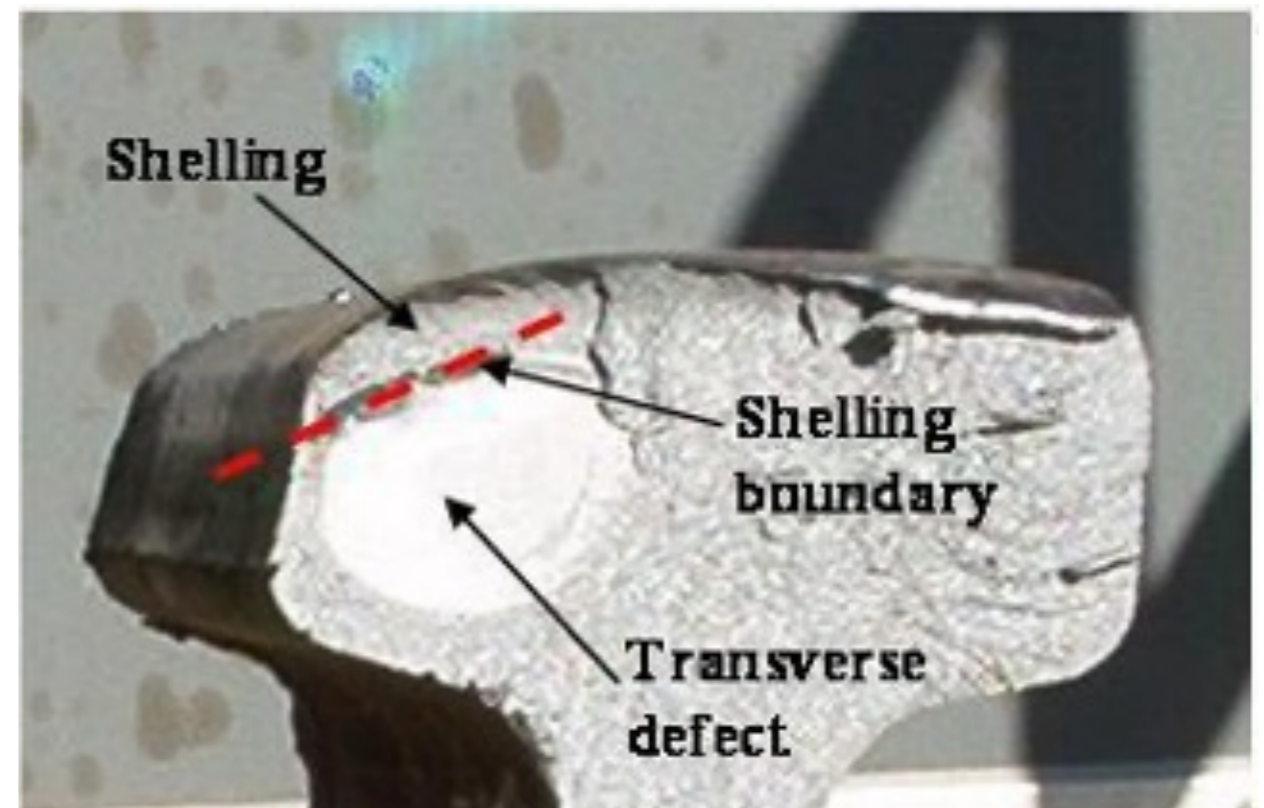
Una vez iniciada la fisura, su propagación es fácil, sobre todo en la zona de la cabeza del carril, donde los esfuerzos cortantes alcanzan las cotas más grandes de variación.

La propagación de la fisura se realiza por anillos o capas concéntricas, y las superficies de la fisura, durante la compresión, se pulimentan mutuamente, dando su aspecto plateado característico.



Defectos y roturas de carril

- Defectos debidos a la fabricación:
 - **Shelling**, Es un defecto de tipo análogo, que se produce en la tabla de rodadura en los carriles que componen el hilo exterior de las curvas, donde se desconcha o incluso se rompe. Esto se produce principalmente en las curvas donde, para evitar desgastes, se han instalado engrasadores de carril en exceso, lo que provoca que la zona de tensiones máximas es siempre la misma, al no haber desgaste.

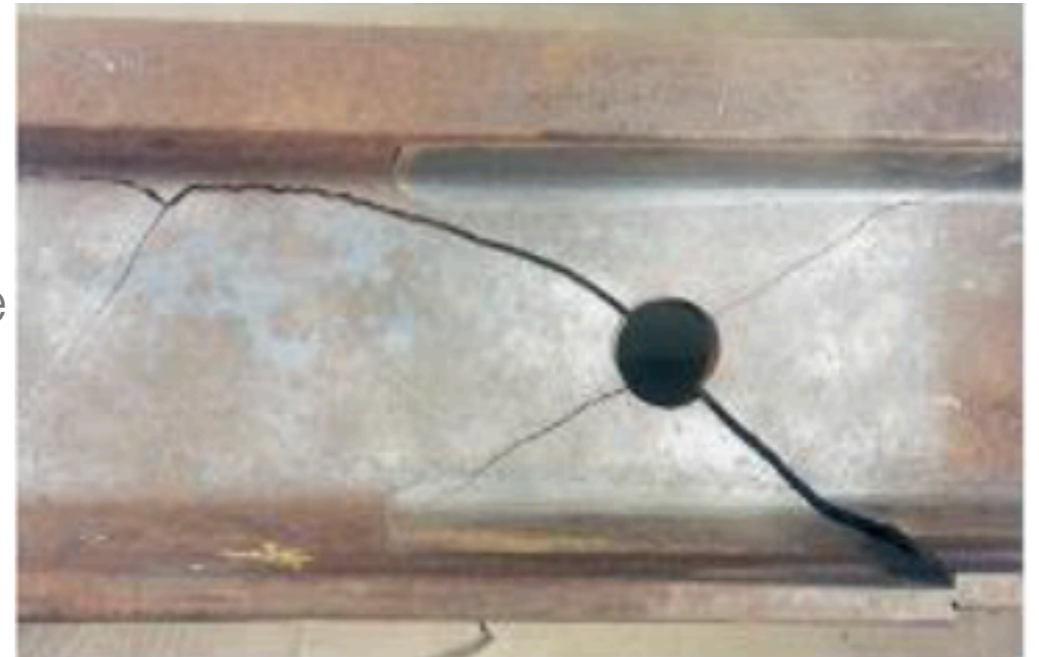


Defectos y roturas de carril

- Defectos originados por el servicio:

- **Choques y flexiones en las juntas:**

- En los extremos de los carriles, y debido al paso de los ejes y la discontinuidad de la junta, se produce un aplastamiento de la superficie de la cabeza.
- Este aplastamiento provoca una desnivelación de la superficie de rodadura que progresa rápidamente. Aumenta la cala, se produce el aplastamiento de los bordes de apoyo de las bridas. Además, los tornillos de sujeción de las bridas martillean las inmediaciones de los taladros, lo que las hace duras y frágiles.
- Por todo ello, se crea un juego cada vez mayor, aumenta la fatiga del material y se provocan grietas, principalmente en los taladros de las bridas y también en el acuerdo del patín y en la cabeza.



Defectos y roturas de carril

- Defectos originados por el servicio:

- **Autotemple superficial:**

- Provocado por patinaje de las ruedas o su bloqueo durante el frenado. El acero del carril se calienta por fricción por encima del punto crítico, se estira rápidamente por compresión y se enfría por convección a la masa fría adyacente.
- Se produce temple en esa zona que determina la formación de grietas superficiales en el camino de rodadura, lo que da un aspecto característico llamado piel de serpiente. Pueden propagarse esas grietas hacia el interior.
- Esta avería suele presentarse en las zonas de arranque de los trenes pesados (ante las señales). Puede llegar a producir desnivelaciones locales en la cabeza del carril de hasta 4 mm de profundidad, en una longitud de varios centímetros. En ese caso hay que sustituir el carril.



Defectos y roturas de carril

- Defectos originados por el servicio:

- Aplastamiento:**

- El paso de las cargas es como una laminación en frío: se aprieta el grano, como en cualquier operación de forja, se endurece la superficie del carril (la tabla de rodadura) y se producen grietas.
- Ahora bien, éstas no se propagan rápidamente al interior del carril, por lo que es menos peligroso que el autotemple, ni como en él, se altera la estructura cristalina superficial.



010501 Aplastamiento de la superficie de rodadura leve [10]



010502 Aplastamiento de la superficie de rodadura moderado [40]



010503 Aplastamiento de la superficie de rodadura severo [40]



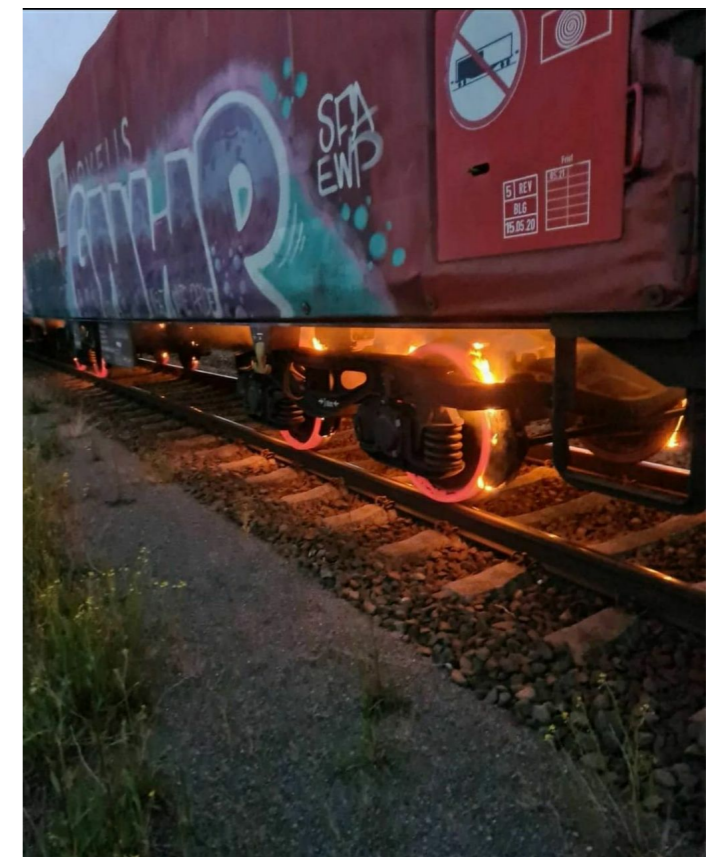
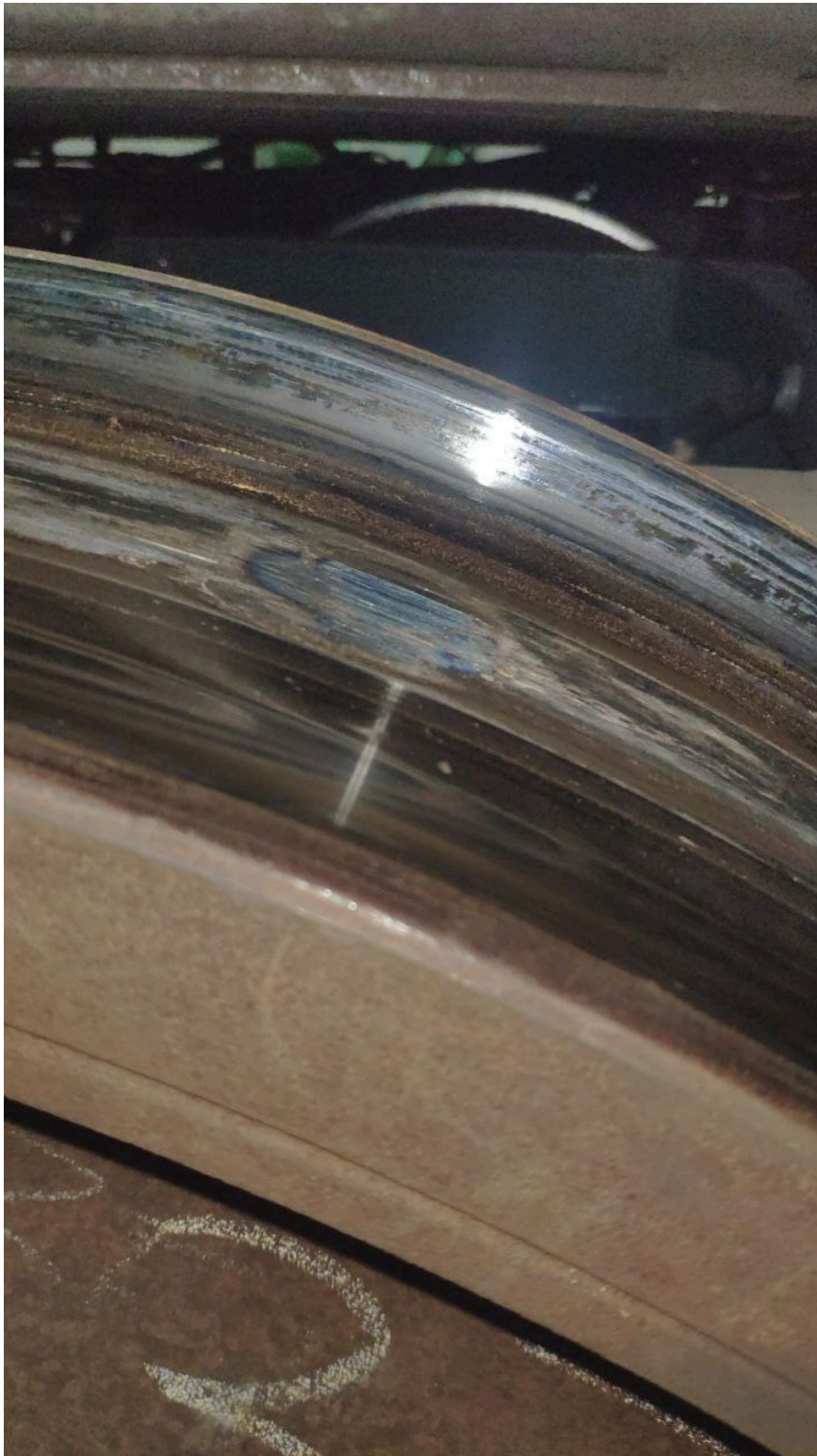
010504 Aplastamiento de la superficie de rodadura muy severo con desprendimientos [40]

Defectos y roturas de carril

- Defectos originados por el servicio:
 - **Roturas debidas a los planos de las ruedas:**
 - Las instrucciones de conservación de material rodante admiten hasta planos de 3 mm (de flecha) en los vagones (1 mm en coches).
 - Sirva como ejemplo que el 30 de enero de 1947 en la línea de Montpellier-Nimes, un coche con una rueda con un plano de 20 mm en una cuerda de 18 cm provocó 267 roturas de carril. Ocurrió a -10°C y, como es sabido, la fragilidad del acero duro aumenta muy rápidamente a bajas temperaturas.



Defectos y roturas de carril



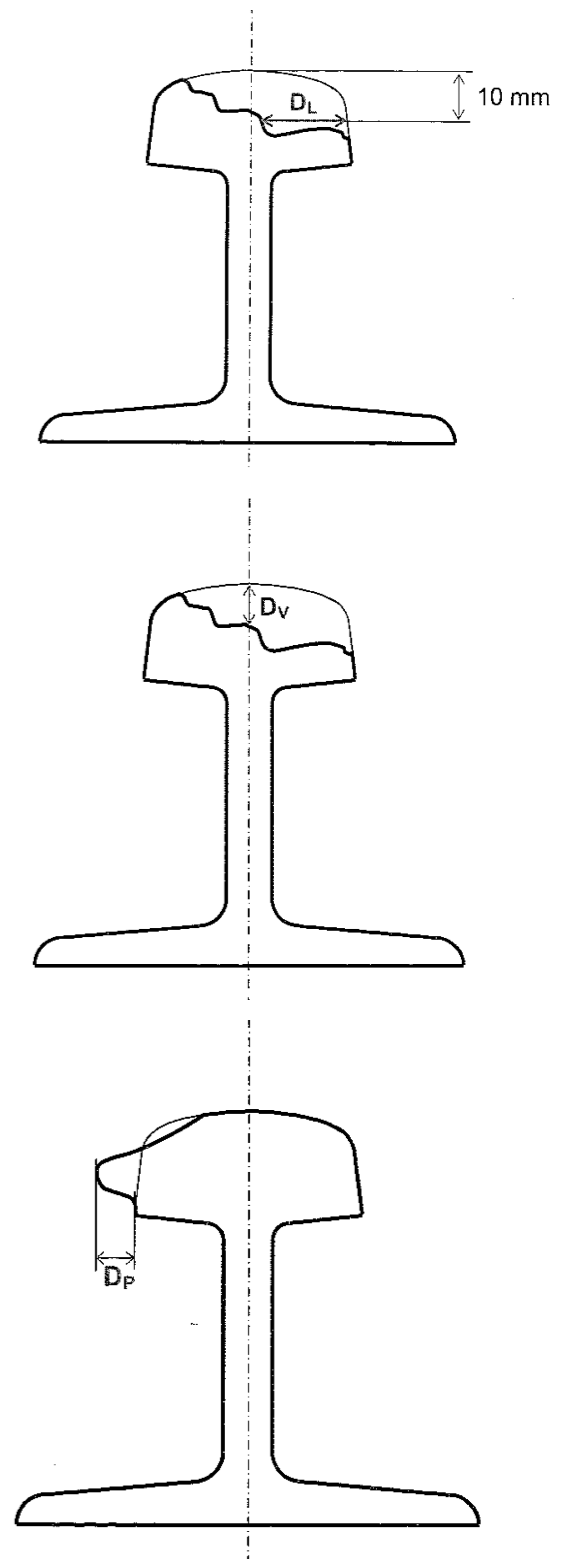
Desgaste de los carriles

- Se entiende por **desgaste** el cambio de dimensiones que sufre el carril, eliminándose material del perfil de la cabeza por la acción de las ruedas de los vehículos.
- La rueda, en la rodadura, solicita al carril con compresiones, tracciones, flexiones, torsiones y choques repetidos; en la zona de contacto se sobrepasa el límite elástico. Mayor importancia aún tienen las sollicitaciones laterales ejercidas por las pestañas.
- Todos estos esfuerzos producen la erosión de la superficie de rodadura de los carriles, así como de su cara interna, dando lugar a un desgaste más o menos rápido según las condiciones en las que se desarrolle el servicio ferroviario (trazado, estructura de vía, velocidad, cargas, deslizamientos, etc.).
- Se podrían dividir en dos grandes tipos:
 - Desgaste normal u ordinario.
 - Desgaste ondulatorio.

Desgaste de los carriles

- **Desgaste Normal u ordinario**

- El **desgaste vertical**: produce una pérdida de altura de la cabeza del carril. Es debido a la abrasión causada por las ruedas, pero principalmente a la corrosión, pues el efecto primero elimina la protección que el propio óxido daría al resto del carril si no se eliminara al paso de las circulaciones. Como orden de magnitud puede retenerse que el desgaste de 100.000 trenes es 1 mm.
- El **desgaste lateral**: tiene lugar en la cara interna de los carriles, en aquellos puntos en que es frecuente el contacto entre la pestaña y el carril, es decir, en las curvas, pero también en las alineaciones rectas debido a las irregularidades que en la marcha del vehículo produce una mala conservación de la vía, las propias oscilaciones del material móvil y especialmente el movimiento de lazo. Este desgaste es especialmente peligroso, pues puede producir una superficie inclinada en la cara interna del carril, llegando a permitir el remonte de la rueda (Provocar descarrilamiento).
- **Deformación plástica**: otra forma de desgaste es la que se produce como consecuencia de la deformación plástica de la superficie de rodadura del carril que, en general, comienza por la formación de una ranura en el lado interior de la cabeza del carril, debajo de la zona cubierta por la pestaña. A continuación, se forma un reborde de unos 5 mm de grosor, que sobresale por la parte exterior de la cabeza del carril.



Desgaste de los carriles

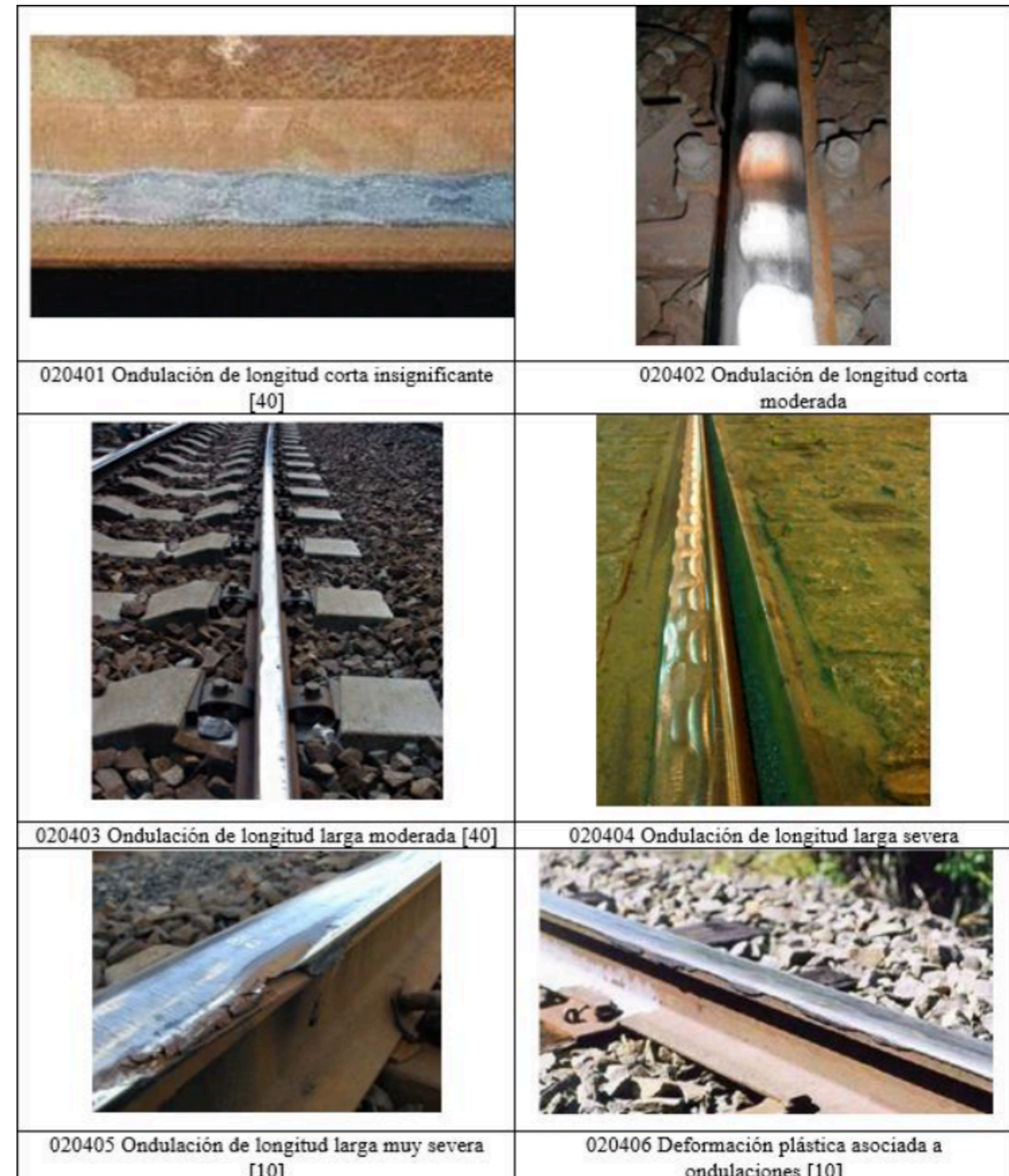
- **Desgaste Normal u ordinario**

- NAV 7-6-0.1: Reparaciones en la vía: Se considerará que un carril asentado en vía, con 1.667 traviesas por kilómetro, es inútil cuando:
 - El desgaste total excede de 21 mm si es modelo RN-45, de 24 mm si es UIC-54 y de 27 mm si es UIC-60.
 - El desgaste lateral es mayor de 8 mm en el perfil RN-45, de 10 mm en UIC-54 y de 12 mm en UIC-60.
 - El desgaste lateral alcanza el borde inferior de la cabeza.
 - El desgaste lateral presenta, en el chaflán formado, un redondeo acusado en su borde inferior.
 - El desgaste lateral permite que rocen las pestañas de las ruedas con las bridas.
 - El desgaste del alma excede de 4 mm en carriles RN-45. de 7 mm en UIC-54 y de 7,5 mm en UIC-60.
- Observaciones. 1.- Los carriles que presenten desgastes laterales como los descritos pueden reutilizarse hasta su inutilización usando, como flanco activo, el lado sin desgastar de su cabeza. Cuando estén soldados debe comprobarse la calidad de alineación de las soldaduras del flanco "no activo" antes de pasarlo a "activo", haciendo el amolado de rectificación correspondiente, en caso de ser posible.
2.- Desgastes superiores a los descritos suponen la inutilización del carril por las dos caras.

Desgaste de los carriles

- **Desgaste Ondulatorio**

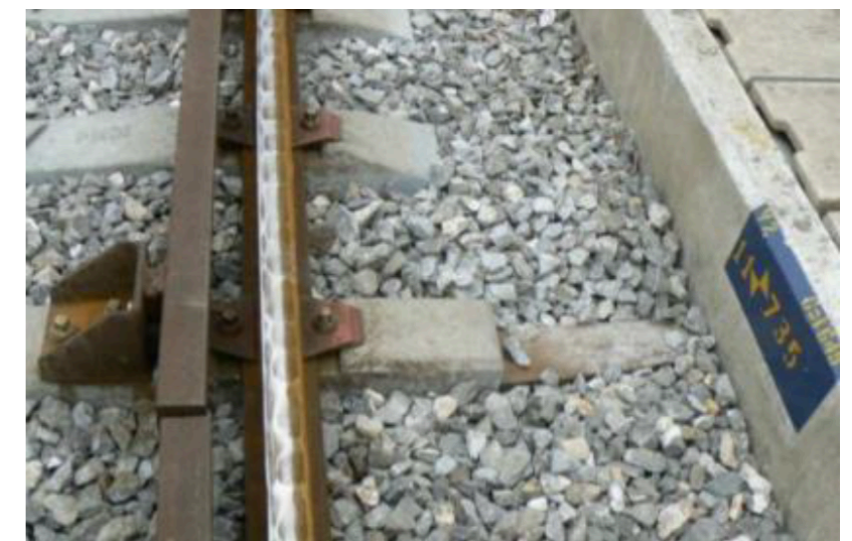
- Al cabo de meses o años, después de una colocación de carriles aparecen, a veces, unos defectos superficiales de longitud de onda constante. Pueden ser:
 - **De onda corta:** El camino de rodadura presenta una serie de manchas brillantes con una longitud de onda de 60 mm, correspondientes a los nodos de la ondulación, que es el lugar donde el carril ha sufrido cementado superficial. La profundidad de los vientres, sensible a partir de 4 ó 5 centésimas de milímetro, puede llegar a valer 2 ó 3 décimas.
 - **De onda media:** intermedio entre ambos extremos.
 - **De onda larga:** De 60 cm a 2 m de longitud de onda. Es de difícil observación puesto que el carril no presenta una zona que haya sufrido temple.



Desgaste de los carriles

- **Desgaste Ondulatorio**

- El desgaste ondulatorio de onda corta, que es el de mayor incidencia en las líneas ferroviarias, da lugar a vibraciones en la superestructura de la vía y en los vehículos que circulan por ella, perjudicando a ambos y encareciendo los costes de mantenimiento.
- Se produce un incremento de las cargas dinámicas con el crecimiento de la velocidad de circulación, llegando a igualarse con las estáticas, aunque los esfuerzos que ocasiona se amortiguan rápidamente en las traviesas y producen peores consecuencias en ellas y en el carril que en la nivelación de la vía.
- El desgaste de onda media aparece generalmente en curvas de radio inferior a 500 m y en el hilo bajo. Afecta principalmente a líneas por las que circulan vehículos con elevadas cargas.
- Se puede afirmar que la existencia del desgaste ondulatorio en el carril reduce la vida útil de la superestructura de la vía y del material rodante, aumenta el ruido y disminuye el confort del viajero, incrementa la fuerza de tracción necesaria para el remolque del material, multiplica los costes de conservación del sistema rueda-carril y reduce el factor de seguridad de la circulación.



Índice

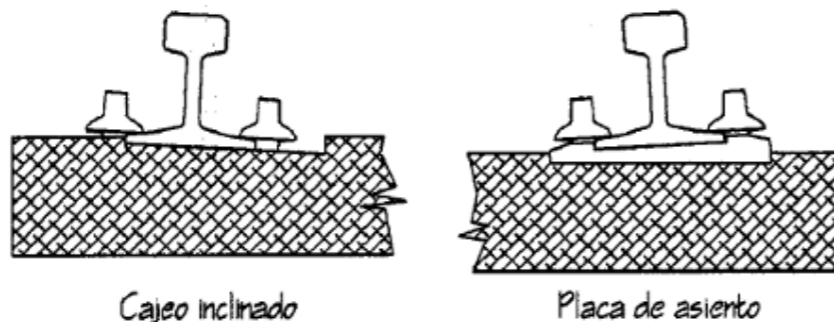
- El carril
- **La traviesa**

La traviesa

Las traviesas son elementos que se sitúan en dirección transversal al eje de la vía, sobre los que se colocan los carriles y constituyen a través de la sujeción el nexo o elemento de unión entre el carril y el balasto, formando con aquél el armazón o emparrillado de la vía.

Funciones:

- **Transmitir y repartir las cargas** del carril al balasto a través de su superficie de apoyo.
- **Asegurar el ancho de vía** arriostrando los carriles.
- **Inclinar el carril** Vignole $1/20$ hacia el interior, condición obligada por las llantas troncocónicas para compensar la tendencia al vuelco. En algunos casos se utiliza el cajeadado y en otros se utiliza la placa de asiento.



La traviesa

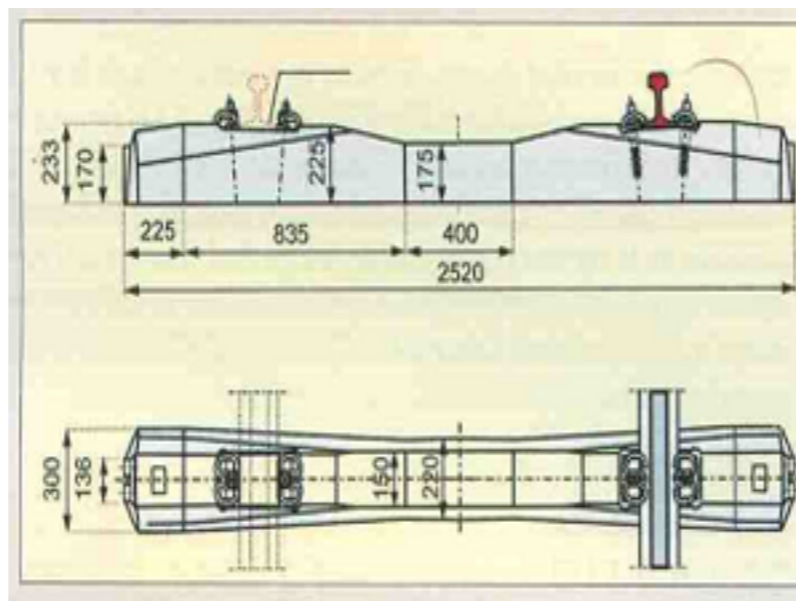
- Además de estas misiones, la traviesa debe **mantener la estabilidad de la vía**, tanto en el plano horizontal (longitudinal y transversalmente) como el vertical, tanto frente a los esfuerzos estáticos procedentes del peso propio y a las variaciones térmicas como frente a los dinámicos debidos al paso de los trenes. En el caso de que la línea posea circuitos de señalización, la traviesa **deberá aislar eléctricamente** los dos hilos del carril.
- Por lo que respecta a la estabilidad de la vía, las dimensiones a considerar de la traviesa son:
 - Estabilidad en el plano vertical: longitud y anchura.
 - Estabilidad en el plano lateral: anchura, altura y peso.
 - Estabilidad en el plano longitudinal: las tres dimensiones y el peso.

La traviesa

Desde los orígenes del ferrocarril, después de un breve período en que se utilizaron bloques de piedra como soporte de los carriles, ha sido la **madera** (roble, haya, pino (malo), abeto, abedul, cedro, eucalipto y maderas tropicales) el material que se impuso como más apto para cumplir las funciones de la traviesa.

Sólo la escasez de madera en algunos países o en algunas épocas, han llevado a los ferrocarriles a emplear otros materiales como sustitutos del primitivo: acero y hormigón armado.

Las traviesas de hormigón han ido evolucionando hasta llegar a las actuales traviesas de **hormigón pretensado**.



Traviesas de madera

Las traviesas de madera tuvieron desde los principios del ferrocarril gran aceptación debido a sus magníficas características:

- Elevada elasticidad. Clavabilidad. Relativa facilidad de conservación y reparación. Elevado aislamiento eléctrico. Generalmente abundante en el mundo, así como una buena distribución geográfica.
- Gran resistencia a todo tipo de esfuerzos; así solicitada localmente, como en un descarrilamiento, no se rompe, sino que se hace una entalladura. Buena resistencia al deslizamiento sobre el balasto por una ligera incrustación de éste en aquélla. Peso reducido, relativamente, lo que facilita su manejo y abarata el transporte.
- Posibilidad de reutilización en vías secundarias o de servicio, pues una traviesa puede ser recuperada mediante tratamiento mecánico. Proceso de fabricación económico y sencillo.
- Tenacidad (no frágil). Resistencia a los agentes atmosféricos. Admite ligeras deformaciones por flexión en su punto medio sin partirse.

Traviesas de madera

Por contra, presenta algunas **desventajas**:

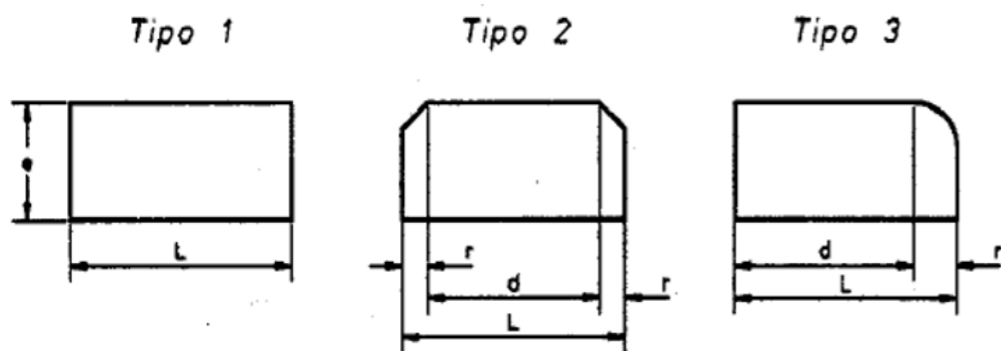
- Envejecimiento en servicio con cambios sustanciales de sus características primitivas (elasticidad, resistencia, etc.): vida útil 20-25 años.
- Combustibilidad.
- Degradación por ataque de microorganismos, hongos, gusanos y termitas.
- Debilitamiento de las sujeciones.
- Actualmente poco peso (70-80 kg).



Traviesas de madera

Las diversas formas de sección están, en líneas generales, normalizadas por la UIC exigiendo que la cara inferior sea totalmente plana, las laterales sensiblemente perpendiculares a ella y la superior zonas planas horizontales en el lugar adecuado, para allí apoyar los carriles o ser cajeadas. Es decir, una forma más o menos paralelepípeda.

La Especificación Técnica de la UIC exige como anchura de la cara inferior de 0,26 a 0,22 m de altura de 0,16 a 0,13 m y para las zonas citadas de la cara superior, de 0,20 a 0,13 m.



Categoría	Tipo 1				Tipo 2				Tipo 3			
	L	e	d	r	L	e	d	r	L	e	d	r
Primera	230	140	0	0	230	140	150	40	240	140	160	80
Segunda	210	130	0	0	210	130	140	35	220	130	150	70
Primera	240	150	0	0	240	150	160	40	245	150	165	80
Segunda	230	140	0	0	230	140	160	35	235	140	165	70

Traviesas metálicas

- La traviesa metálica es un producto industrial de fabricación sencilla. Está constituida por un perfil laminado en forma de U invertida, con rebordes en sus extremos para formar una especie de azadas, con el fin de que se puedan hincar en el balasto oponiéndose de esta manera al desplazamiento transversal de la vía, consiguiéndose así un muy eficaz empotramiento.
- El carril se fija mediante grapas que se apoyan sobre el borde del patín. Las grapas se sujetan con tuercas atornilladas en pernos y la combinación de dos o tres tipos permite realizar los sobreanchos necesarios. Se pueden, igualmente, adaptar dispositivos elásticos.
- La traviesa metálica es relativamente ligera (80 kg) y fácil de colocar; no obstante, esta cualidad del peso es negativa en vía de circulación pesada y rápida. Es **ruidosa y conductora eléctricamente**, lo cual no nos permite aislar carriles, a no ser que coloquemos dispositivos especiales con el consiguiente gasto adicional.
- Las traviesas metálicas pueden ser de acero o de fundición, éstas últimas resisten mejor la corrosión y son de más sencilla fabricación; no obstante, las más extendidas son las de acero, que al ser laminado es más barato.

Traviesas metálicas

- En Europa, la traviesa metálica no tuvo demasiada aceptación, debido a que los recursos forestales eran elevados, pero en zonas desérticas o semidesérticas, como África del Norte y Asia Meridional, y sobre todo en la India, el empleo de la traviesa metálica ha sido muy importante. Cabe señalar el antiguo ferrocarril Central de Aragón que las utilizó y donde aún se encuentran en vías secundarias, en Suiza, Austria y Alemania. Por su gran empotramiento, se han utilizado con frecuencia en funiculares y de cremallera (el de Nuria), con sujeción elástica.
- Tienen **problemas de oxidación importantes en zonas de alta humedad**: túneles, trincheras profundas, terrenos pantanosos. Son fácilmente atacadas por el aire salino de las costas o por los sulfuros del balasto de escoria o en las proximidades de fábricas de productos químicos que desprenden vapores ácidos.
- En caso de tracción eléctrica de la línea, presentan el inconveniente de que provocan una puesta tierra franca, que puede dar lugar a la **circulación de corrientes vagabundas** y a fenómenos de electrólisis, con el peligro que ello supone.
- Como principal ventaja, puede estimarse la de una larga duración. Debido a que su punto débil son las sujeciones, su vida depende más del número de las circulaciones que de su edad, por lo que en principio son más ventajosas en líneas de débil tráfico, en que las de madera se pudren o pierden sus características mecánicas antes de haber completado su desgaste mecánico.

Traviesas metálicas

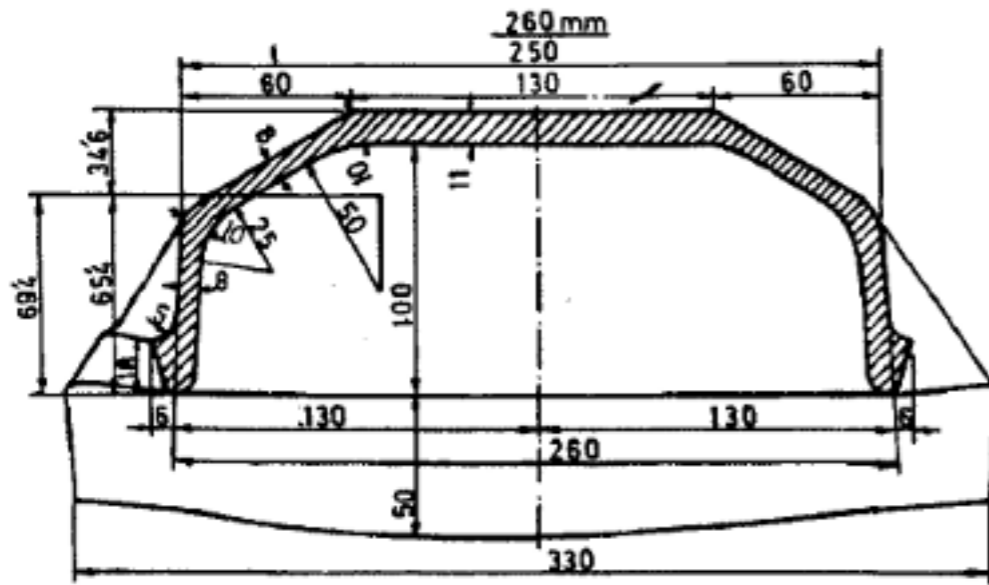
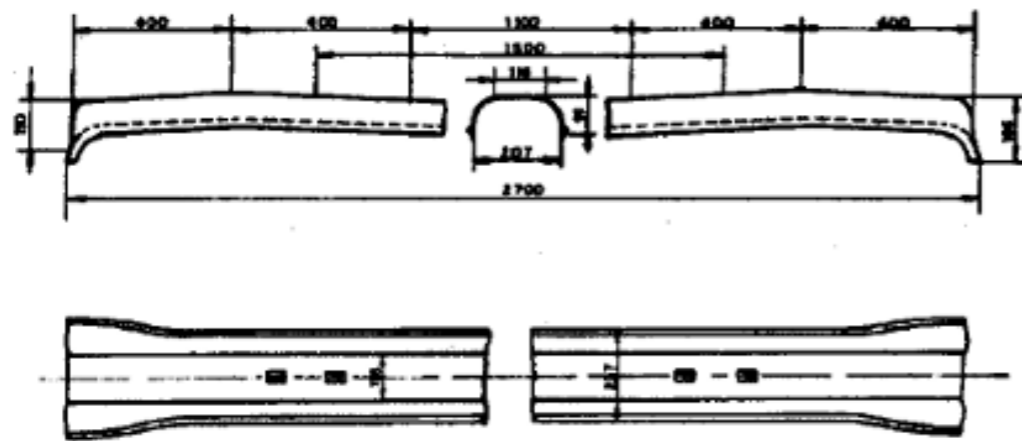


Figura 7. Sección de una traviesa metálica alemana.



Traviesas de hormigón

El agotamiento de los bosques en una serie de países y el crecimiento del coste de la madera derivado de ello, así como el amplio consumo de madera como materia prima en ramas industriales, como la química, celulosa y papel, muebles, etc., donde su uso es más adecuado, desde el punto de vista económico, mantuvieron un permanente interés hacia los resultados de los ensayos con traviesas de hormigón armado.

Las pruebas con traviesas de hormigón armado alcanzaron un desarrollo considerable durante la Primera Guerra Mundial, debido a problemas de suministros, pero los resultados fueron insatisfactorios.

Por los mismos motivos, vuelve a desarrollarse el interés durante la Segunda Guerra Mundial, pero ahora con el respaldo que supone para el hormigón armado la técnica del pretensado.

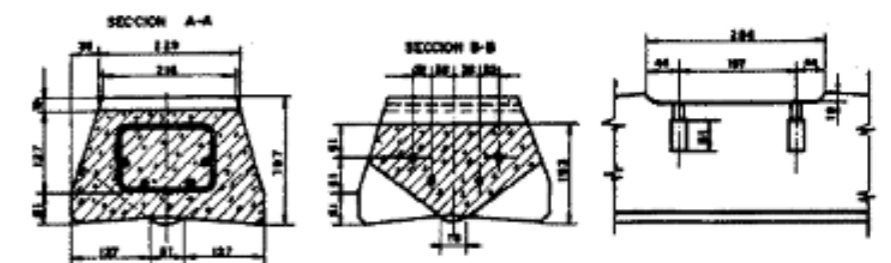
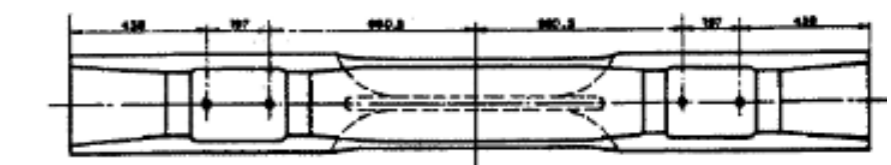
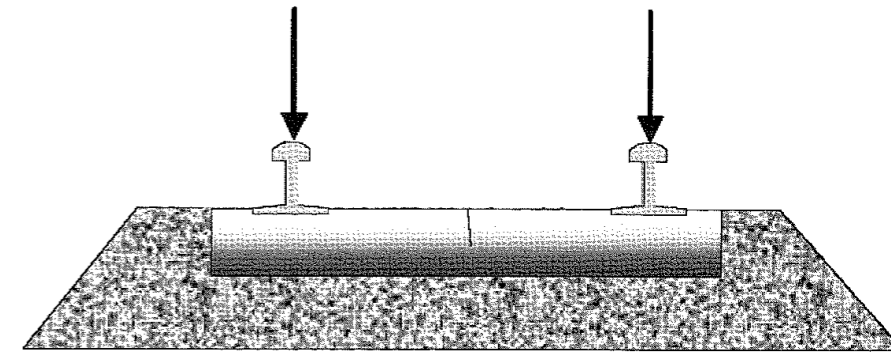


Traviesas de hormigón

Al principio de su utilización, imitaron la forma de la traviesa de madera, es decir, eran paralelepípedicas. Problema: con el paso de las cargas, agravado por la gran rigidez de la traviesa, se produce un enrarecimiento del balasto y, por contra, concentración del mismo en el centro de la traviesa. Con el tiempo el fenómeno se acentúa mucho, los extremos de la traviesa asientan más que su parte central y en esta parte surge un gran momento flector negativo, lo que supone que el hormigón trabaja a tracción en la parte central de la traviesa: **fisuración**.

Para evitar esta situación se idearon varias soluciones:

- Reforzar las armaduras.
- Se actuó no sobre la traviesa, sino sobre el balasto, practicando un surco longitudinal en la parte central de la vía, para evitar que la traviesa se apoyara en esa zona.
- La solución simétrica también se intentó, es decir, crear el surco en la traviesa adelgazando su canto en la parte central.
- Adelgazar la parte central de la traviesa, no su canto, sino su ancho, por lo que debido al reparto de las reacciones de apoyo del balasto sobre la traviesa, el momento flector en la parte central disminuye.



Traviesas de hormigón

Ventajas:

- **Elevada vida útil:** puede estimarse de dos a tres veces la correspondiente a la traviesa de madera (tratada).
- **Permanencia de sus características elásticas:** debido a la muy importante homogeneidad en el estado físico del material que las constituye a lo largo de todo el período de su utilización, tenemos una gran homogeneidad de las características elásticas del apoyo bajo el carril.
- **Elevada estabilidad de la vía:** debido a su gran peso, que puede ser de 300 kp contra 80 kp el de la madera. Esta estabilidad en sentido longitudinal, coadyuva a la utilización de la barra larga soldada. Y en sentido transversal, disminuye el riesgo al pandeo.
- **Adaptabilidad de su diseño:** de su forma a la más conveniente para soportar los esfuerzos de servicio.

Traviesas de hormigón

Inconvenientes respecto a la traviesa de madera:

- Son **más caras**.
- **Conducen mejor la corriente eléctrica**, con el subsiguiente problema de aislamiento de los dos hilos de carriles cuanto éste es necesario por la existencia de circuitos de vía.
- Su mayor peso, que si bien era ventaja, es ahora inconveniente si contemplamos el aspecto de su **manejo** (colocación, conservación y sustitución).
- Mayor módulo de elasticidad del hormigón ($E = 400.000 \text{ kp/cm}^2$) que el de la madera ($E = 80.000 \text{ kp/cm}^2$), lo que supone una **mayor rigidez de la vía montada** sobre traviesa de hormigón armado.



Ensayo Conductividad



Ensayo Dinámico

Traviesas mixtas de dos bloques

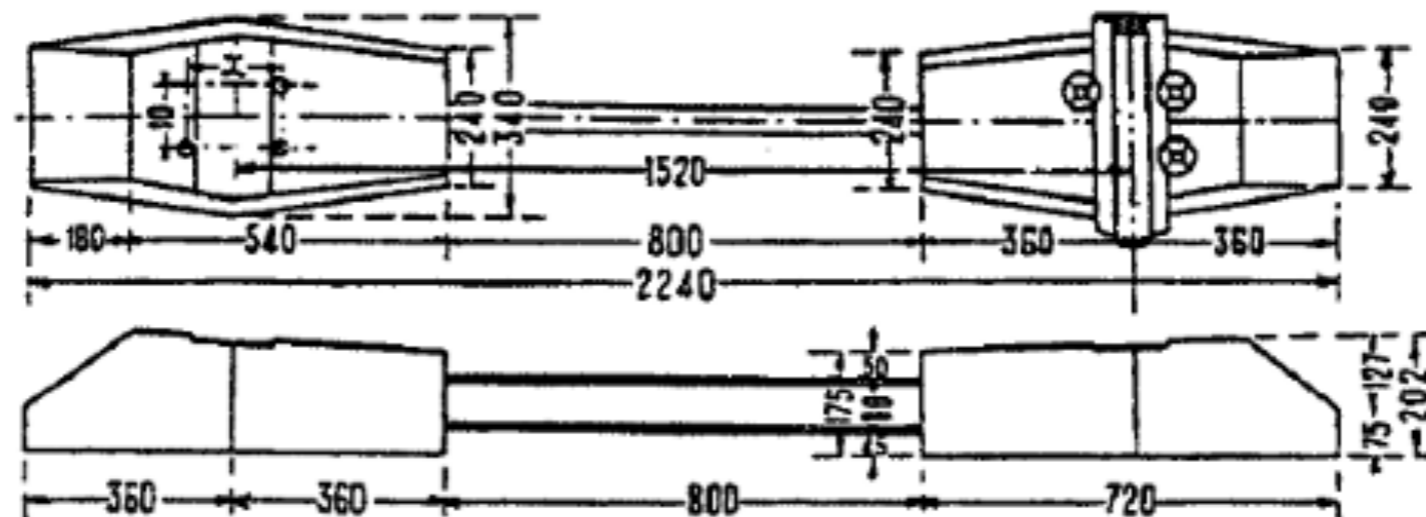
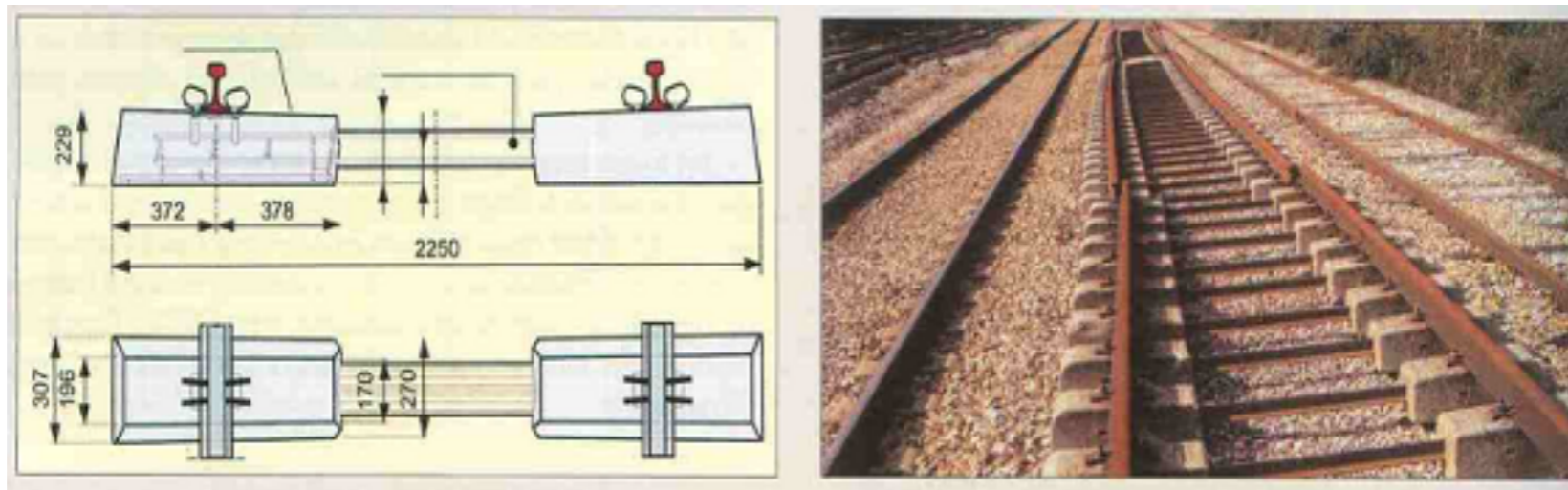
Consiste en **sustituir la parte central problemática por una viga metálica**, cuyo perfil es suficientemente rígido para asegurar el mantenimiento del ancho de la vía y la inclinación de los carriles y, al mismo tiempo, lo bastante elástica para absorber (sin peligro para las piezas de hormigón en las cuales está empotrada por adherencia) los esfuerzos de torsión o flexión provocados por la desigualdad del bateo bajo ambas cabezas o por la desnivelación de una respecto a la otra.

Sin bien **son simples de construcción** lo que ha motivado su importante desarrollo, presentan **inconvenientes** como son:

- gran consumo de acero, el de la arriestra
- mala conservación del ancho de vía, sobreanchos de 10 mm y más, lo que la hace inadecuada para velocidades importantes (mayores de 140 km/h), debido a su pequeña rigidez vertical y transversal;
- corrosión de la riostra
- mal comportamiento en los descarriles
- rotura de la riostra, etc.

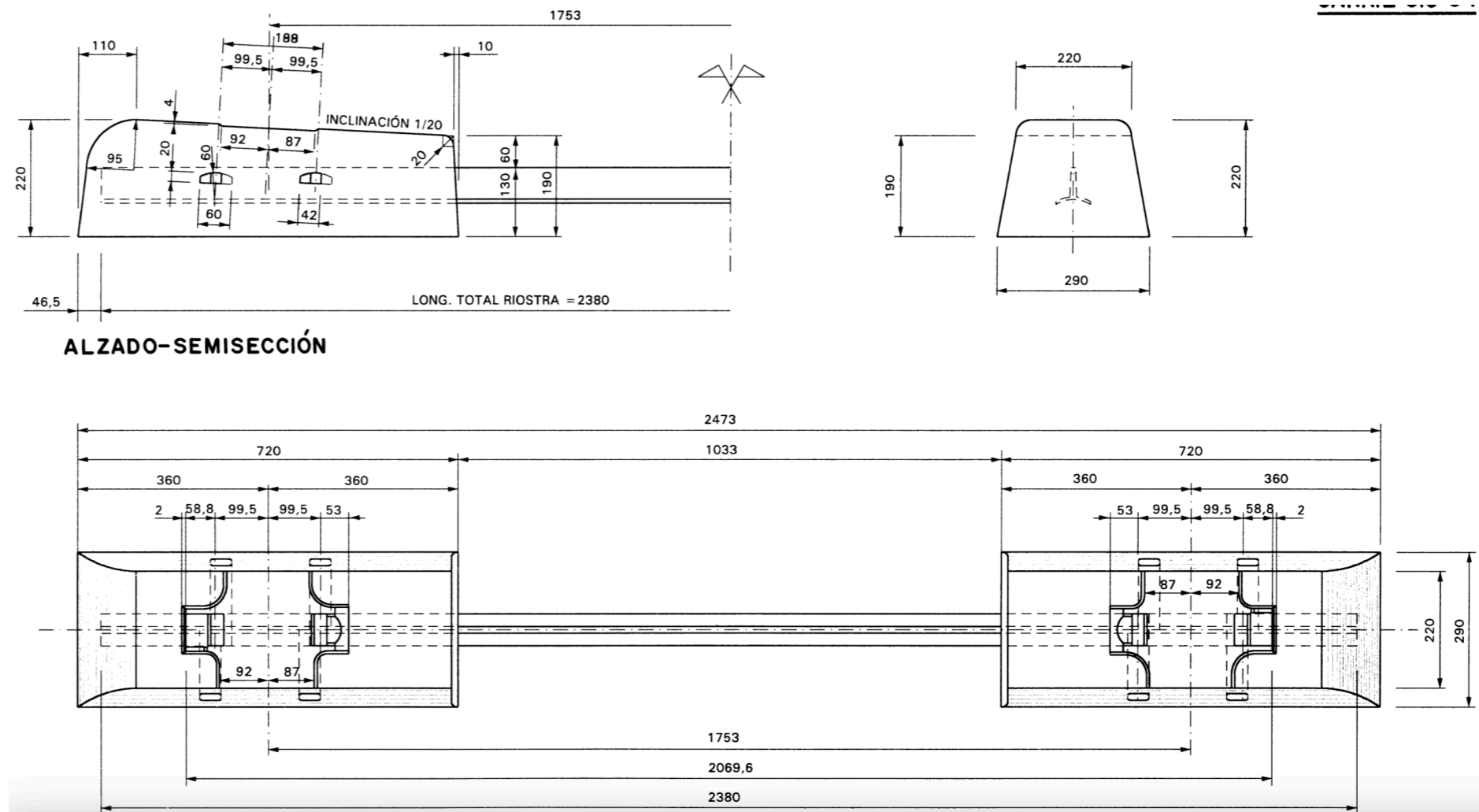
Traviesas mixtas de dos bloques

Aparecen hacia 1925, y entre ellas se encuentran la traviesa Vagneux, que es una traviesa mixta de acero y hormigón de tipo semirrígido. La parte central es una viga metálica, de perfil en doble T, empotrada por adherencia en dos bloques o cabezas de hormigón armado, de 70 cm de longitud por 25 a 35 cm de anchura.



Traviesas mixtas de dos bloques

En España en 1965 se comenzaron en RENFE las primeras experiencias sobre traviesas de dos bloques, de hormigón armado, **tipo R.S.** (en la imagen). Posteriormente se desarrollaron variaciones: Traviesas bibloque - RENFE (BR-94); Traviesas polivalentes bibloque (PB-91) que pueden instalarse en ambos anchos de vía; Traviesas especiales, en placa de hormigón, monovalentes Stedef, para ancho RENFE o para ancho internacional; Traviesas especiales, en placa de hormigón, polivalentes Stedef, para vía ancha de 1.668 mm y para vía internacional de 1.435 mm.



Traviesas monoblock de hormigón pretensado

Aparecen hacia 1950 y es una solución seductora, puesto que permite:

- Obtener una **mejor resistencia a los esfuerzos alternados**, puesto que el hormigón trabaja siempre a compresión.
- **Disminuye el espesor de las traviesas** (respecto de las monobloque), particularmente en su centro, puesto que las armaduras no deben, como en el hormigón armado ordinario, estar situadas lo más lejos posible de la fibra neutra. El riesgo de la concentración del balasto en la parte central, lo que era muy grave en la monobloque de hormigón armado, está muy reducido en esta traviesa. La posición muy próxima de la fibra neutra de los hilos de la armadura, permite rebajar de forma notable la cara interior de la traviesa en su parte central.
- **Disminuyen el acero necesario**



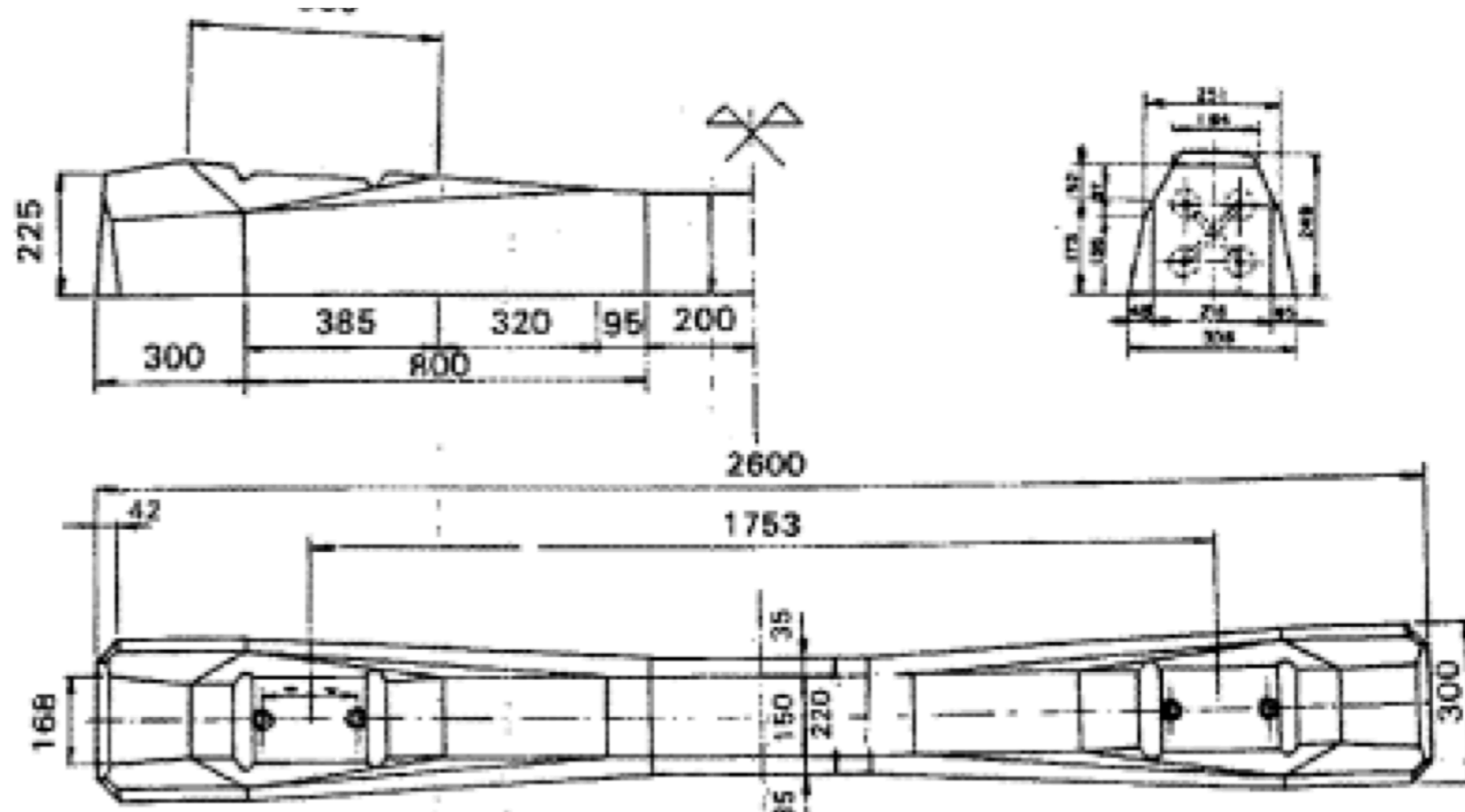
Traviesas monoblock de hormigón pretensado

Características:

- Peso aprox.: 300Kg
- Excelente sujeción longitudinal y transversal de la vía
- Favorece la conservación de la geometría de la vía (menos mantenimiento)
- Recomendable para túneles y ambientes húmedos
- Aptas para grandes cargas y velocidades. Ideal para vía con BLS (se emplean en Alta Velocidad).
- Rigidez:
 - Necesidad de mayor espesor de balasto
 - Necesidad de placas de asiento elásticas

Traviesas monoblock de hormigón pretensado

Con el fin de solucionar los problemas que presentaban la traviesa R.S., y al mismo tiempo para satisfacer las superiores necesidades que la infraestructura presenta frente a las previsiones de velocidad, tráfico y confort, Renfe decidió adoptar la traviesa monobloque (monobloc) y entre las existentes, por razones técnico-económicas, la traviesa alemana Dywidag (**D.W.**) y la sujeción de la casa Vossloh Werke, tipo HM, que es directa y elástica.

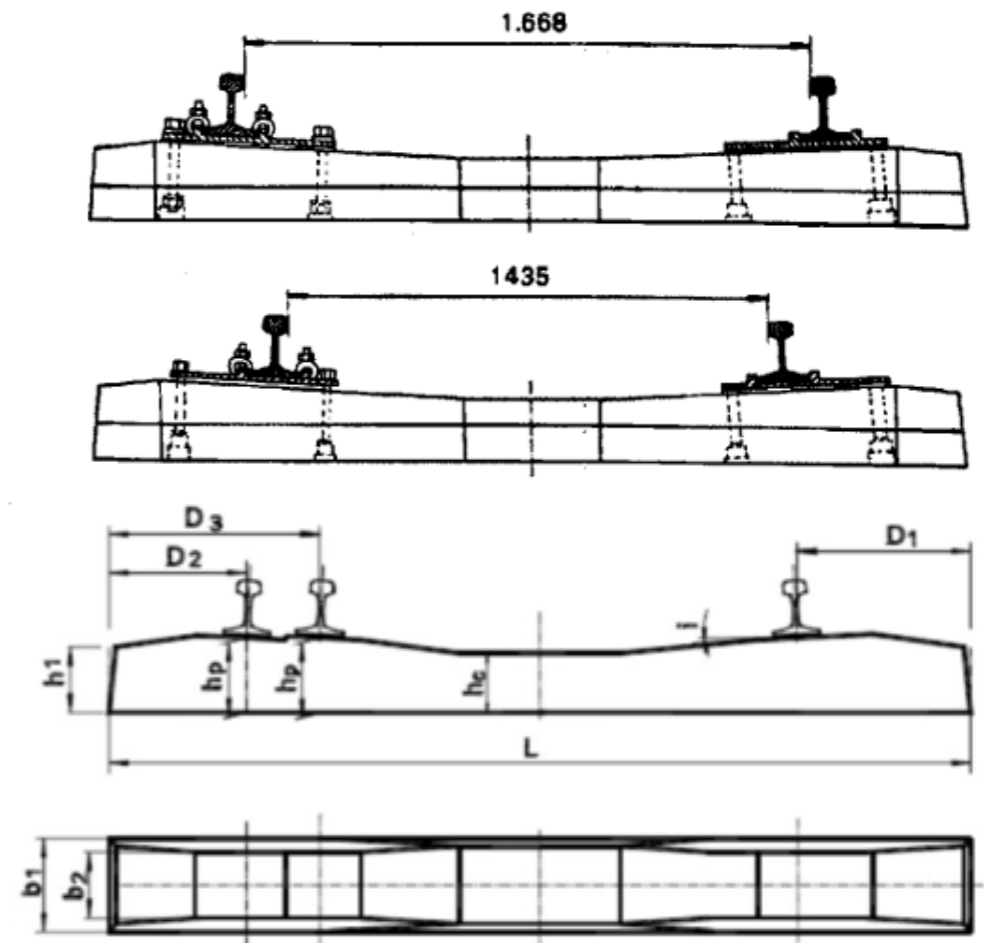


Traviesas monoblock de hormigón pretensado

Al objeto de poder realizar la operación de cambio del ancho de vía de la red española de 1.668 mm a 1.435 mm, se han desarrollado una serie de diseños de **traviesas polivalentes**, cuya característica principal es que permiten la fijación de los dos hilos del carril en dos posiciones distintas, quedando en una de ellas la vía con ancho nacional (1.668 mm) y en la otra con ancho internacional (1.435 mm).

También existen las **traviesas de tres hilos**, que permiten el ancho de vía ibérico y el internacional a la vez (No son polivalentes). Unos de sus inconvenientes es el mayor desgaste del carril común.

Para Alta Velocidad en ancho internacional, la traviesa empleada es la AI 04.



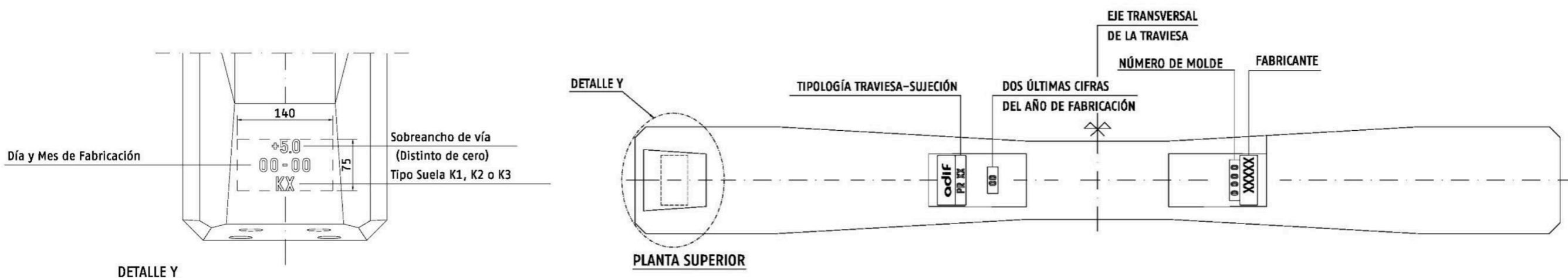
Traviesas monoblock de hormigón pretensado

Tipo de traviesa	Ancho nominal	Perfil de carril	Otras características
MR	1.668	54E1/60E1	Monovalente y simétrica. Longitud 2.600 mm
PR	1.435 ó 1.668	54E1/60E1	Polivalente y simétrica. Longitud 2.600 mm
AI	1.435	60E1	Monovalente y simétrica. Longitud 2.600 mm
AE	1.435	60E1	Monovalente, simétrica y con geometría optimizada frente al vuelo de balasto. Longitud 2.600 mm
AM	1.435 y 1.668	54E1/60E1	Ancho múltiple, asimétrica en ambos anchos y con 3 hilos. Longitud 2.750 mm
SR	1.435 y 1.668	54E1/60E1	Ancho múltiple, simétrica en 1668 (permite dos posiciones en 1435) y con 4 hilos. Longitud 2.750 mm
SI	1.435 y 1.668	54E1/60E1	Ancho múltiple, simétrica en 1435 (permite dos posiciones en 1668) y con 4 hilos. Longitud 2.750 mm
MM	1.000	RN45/54E1	Monovalente y simétrica. Longitud 1.900 mm

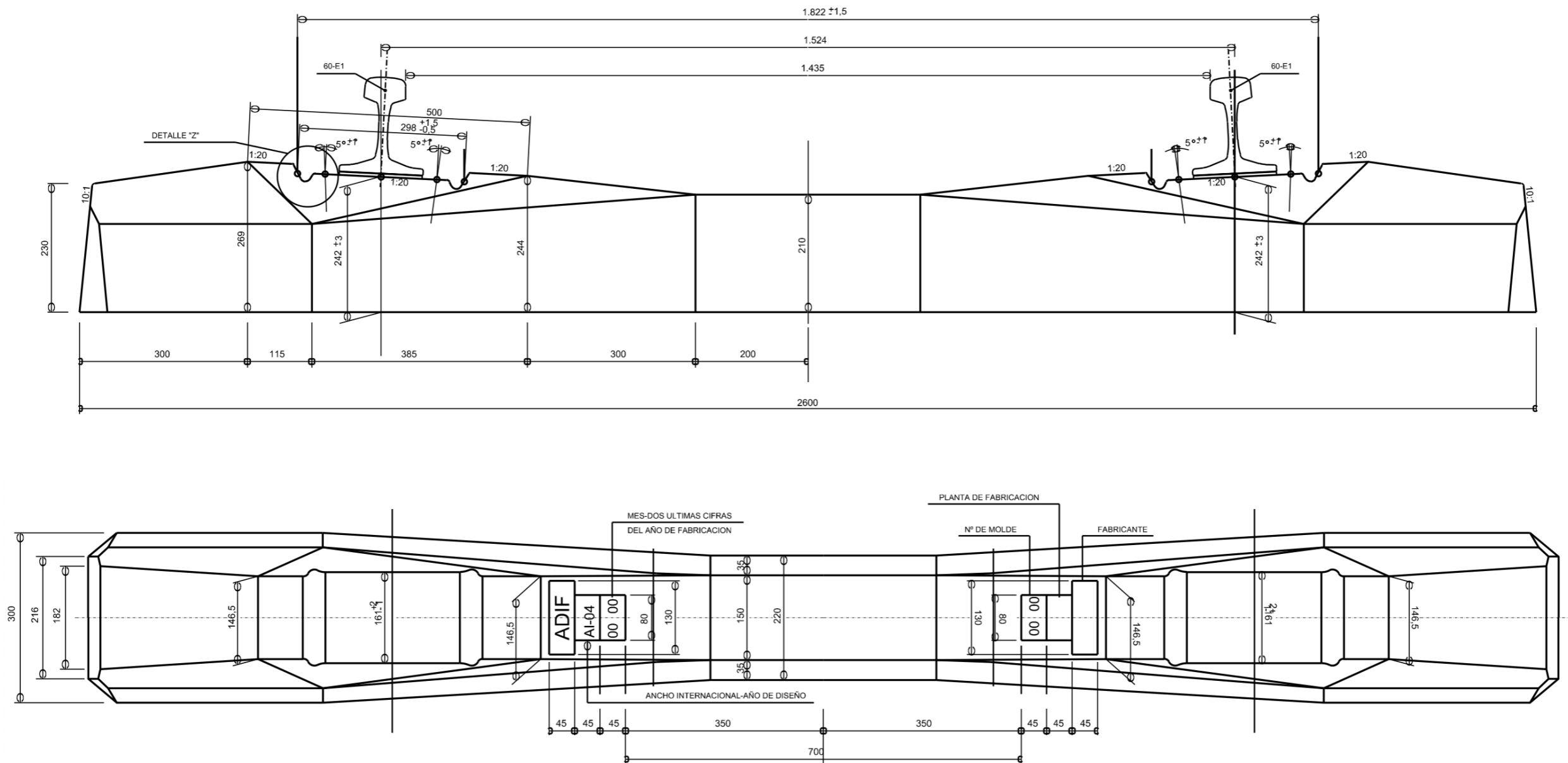
Traviesas monoblock de hormigón pretensado

		Modelo de traviesa				
		AI/AE	PR	AM/SR/SI	MR	MM
Condiciones de uso	Perfil carril	60E1	54E1 ó 60E1	54E1 ó 60E1	54E1 ó 60E1	RN45 ó 54E1
	Inclinación carril	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20
	Sistema sujeción	VM ó VE	VO, VM ó VE	VM ó VE	VO, VM ó VE	VO, VM ó VE
	Ancho nominal (mm)	1.435	1.435 ó 1.668	1.435 y 1.668	1.668	1.000
	Ancho diseño (mm)	1.437	1.437 ó 1.668	1.437 y 1.668	-	-
	Combinación carga por eje (t) / velocidad (km/h)	25/160 ó 22,5/350	25/160 ó 22,5/350	25/160 ó 22,5/350	22,5/220	20/120

Nota: cuando el perfil de carril sea 54E1, las circulaciones de 25t/eje no podrán superar los 150 km/h

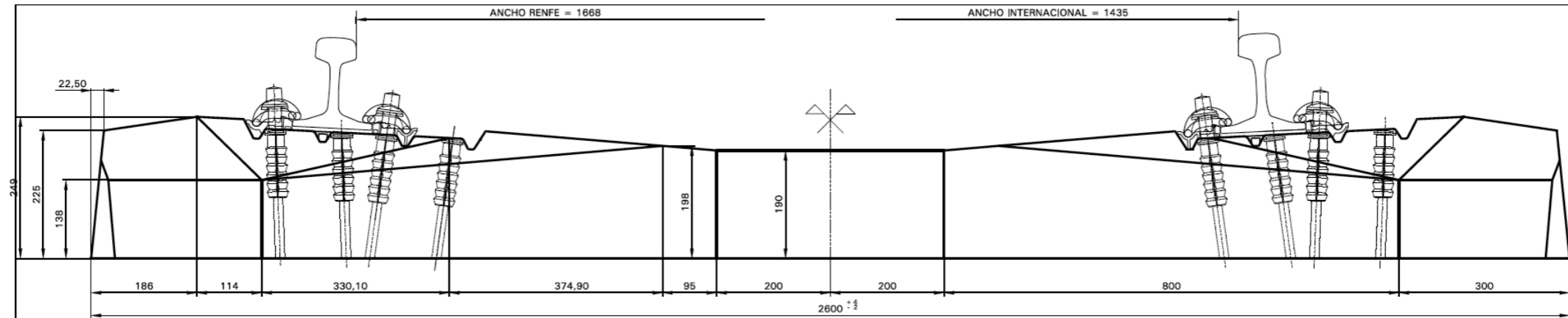


Traviesas monoblock de hormigón pretensado

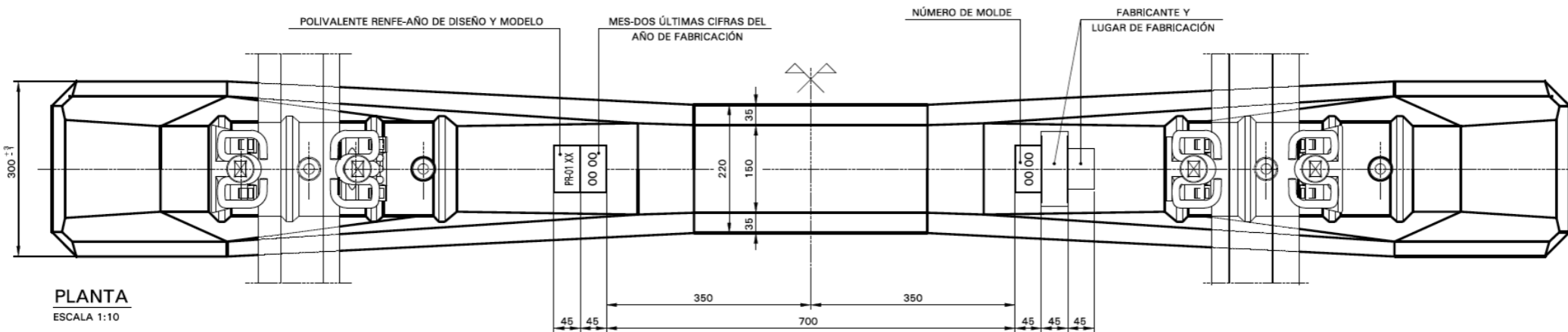


Traviesa AI-04

Traviesas monoblock de hormigón pretensado

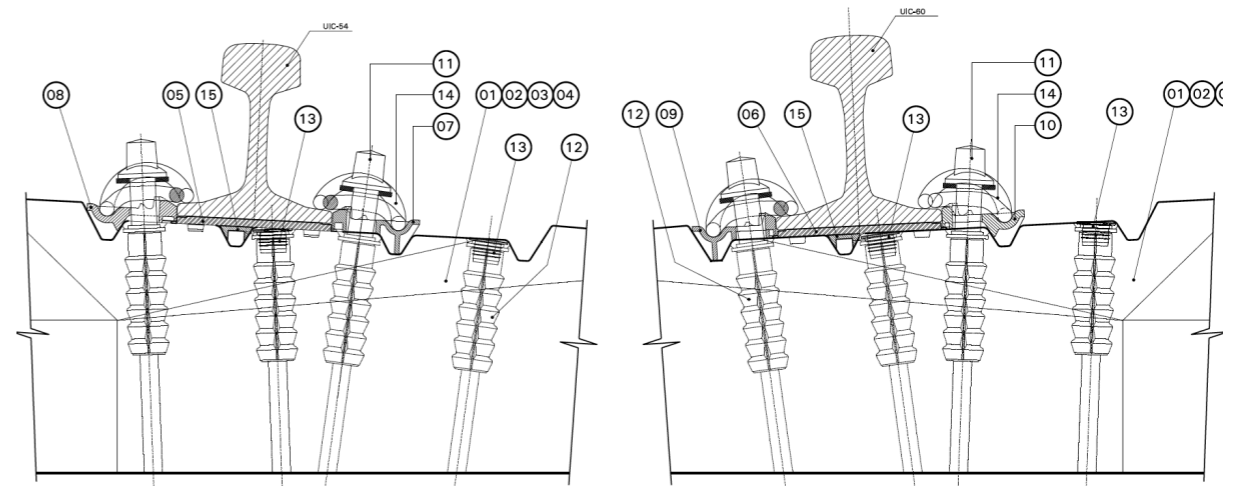


ALZADO
ESCALA 1:10



PLANTA
ESCALA 1:10

UIC-60

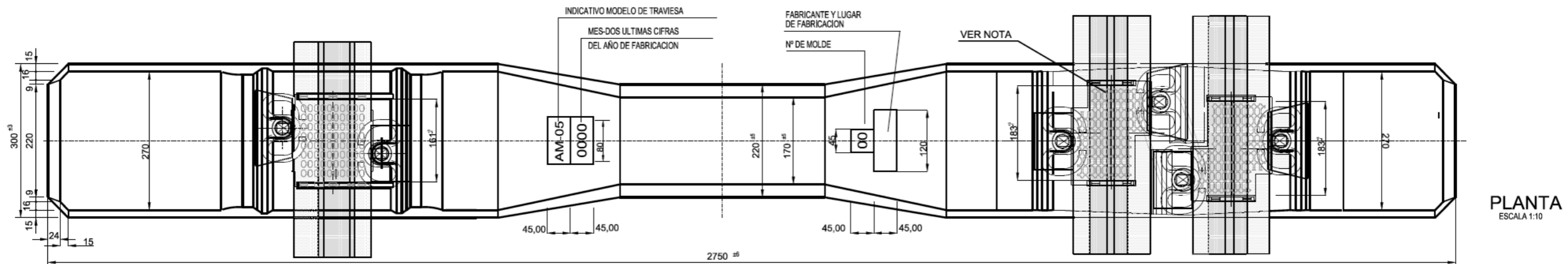
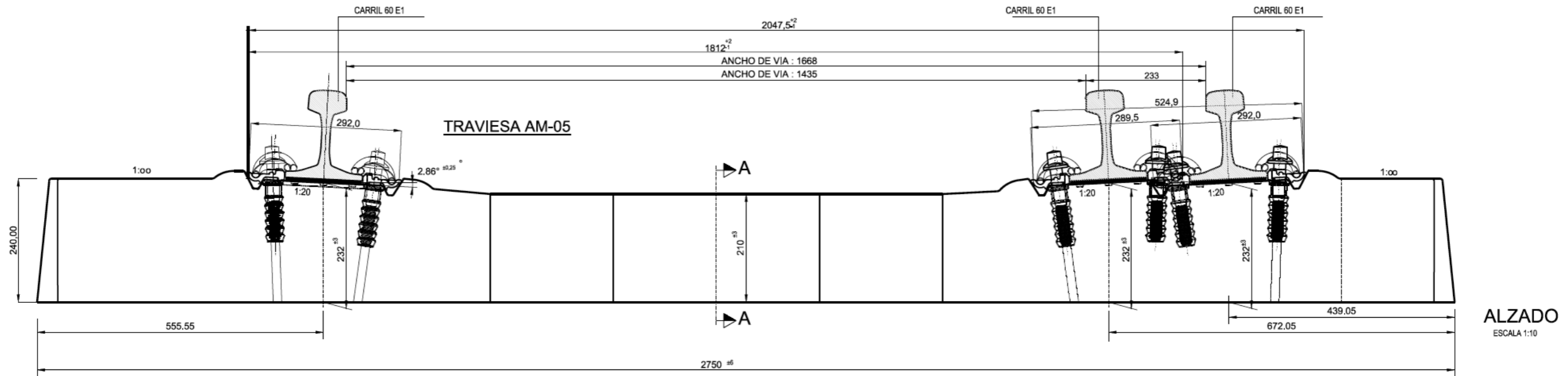


DETALLE DE MONTAJE EN ANCHO RENFE

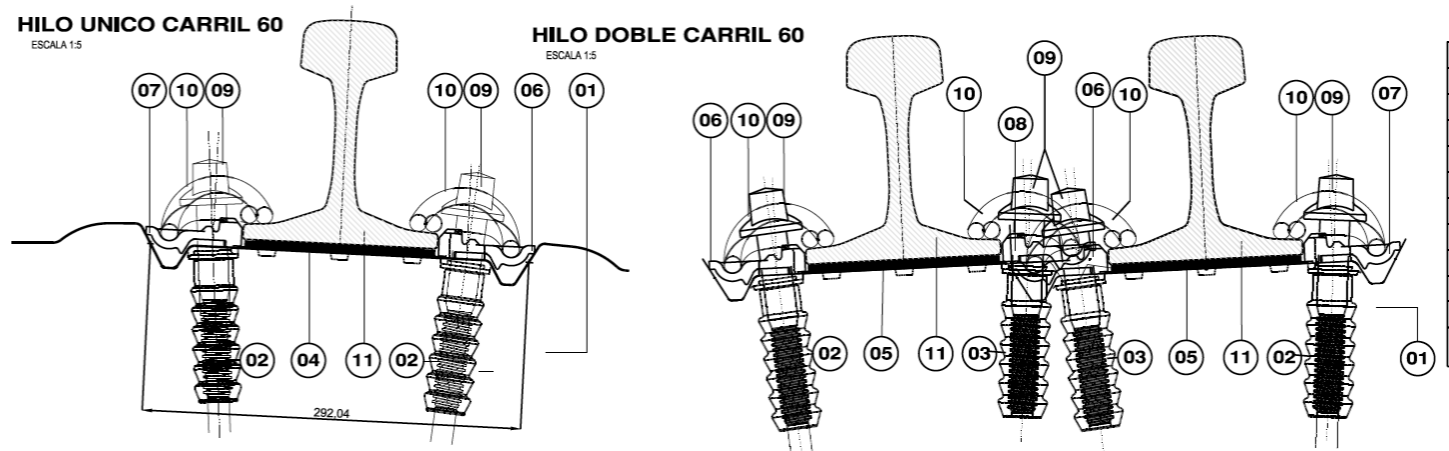
DETALLE DE MONTAJE EN ANCHO INTERNACIONAL

Traviesa PR-01

Traviesas monoblock de hormigón pretensado



Traviesa AM-05



Carril + traviesa



Carril + traviesa



Fuentes bibliográficas

- Díaz de Villegas, J.M. (2003) Ferrocarriles. Apuntes de clase. E.T.S. Ing. Caminos, Canales y Puertos Santander.
- García Álvarez, A. (2022) Manual de ferrocarriles. El sistema ferroviario español. Ed. Garceta.
- Villaronte Fernández-Villa, J.A. (2009) Ingeniería y Tecnología Ferroviaria – Tecnología de la vía. Delta Publicaciones.
- Adif: normativa técnica: <http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf>