



BENEFICIOS DEL AMOLADO ASIMÉTRICO DEL CARRIL EN CURVA

José Julián Mendoza Fernández

*Jefe de Vía U.N. Mantenimiento Infraestructura – RENFE
Est. de Chamartín, Edificio 22, 28036-Madrid.
Tfno: 91-3143074, Fax: 91-3232093*

Javier Gallego Velarde; Moisés Gilaberte Fernández

*Ingenieros de Proyecto – TIFSA
Capitán Haya, 1, 5ª, 28020-Madrid.
Tfno: 91-5559562, Fax: 91-5551041*

RESUMEN

En esta comunicación se presentan las experiencias adquiridas por la U.N. de Mantenimiento de Infraestructura de RENFE en el campo del amolado asimétrico de los carriles en curva. Una orografía sinuosa, como la que posee RENFE en muchas de sus líneas, favorece el desgaste lateral de la cabeza del carril y la aparición del fenómeno de desgaste ondulatorio, ambos asociados a vibraciones y ruidos.

Se ha diseñado un perfil de carril asimétrico especialmente adaptado a los perfiles de rueda de RENFE. Se presentan los criterios seguidos para su diseño. A partir de los perfiles reales de rueda y carril, medidos en distintas condiciones de desgaste, se ha obtenido un perfil teórico de desgaste estabilizado. La geometría de la cabeza del carril se ha optimizado mediante simulaciones en ordenador, atendiendo a la disminución de la presión de contacto y favoreciendo la inscripción en curva de diferentes vehículos del parque de material de RENFE.

El nuevo diseño se ha implantado en una serie de curvas prototipo. Se han efectuado medidas de los esfuerzos de guiado al paso de distintos vehículos y se ha analizado comparativamente la evolución de su desgaste frente a curvas dotadas del perfil simétrico tradicional.

1. INTRODUCCIÓN

En curvas de radio pequeño el carril sufre varios problemas bien conocidos: En el hilo bajo se produce desgaste ondulatorio y deformación plástica sobre la cabeza del carril, mientras que en el hilo alto se genera un importante desgaste lateral. Además de otras actuaciones como la lubricación, el empleo de diferentes calidades en el carril o la mejora en las cualidades de inscripción en curva de los vehículos, el amolado asimétrico del carril se presenta como una posible alternativa para la reducción sobre todo del desgaste lateral en curva. Las primeras experiencias con carril asimétrico se realizaron en los ferrocarriles mineros de Australia, y más recientemente se han experimentado también en líneas de montaña de los ÖBB. En los siguientes apartados se exponen los criterios de diseño y resultados alcanzados con un perfil asimétrico especialmente diseñado para los perfiles de rueda de RENFE.

2. COMPORTAMIENTO DEL EJE MONTADO EN CURVA

Entre la rueda y el carril, en el entorno de la elipse de contacto, se producen movimientos relativos que se oponen a los esfuerzos generados por efecto de la adherencia entre las superficies de ambos cuerpos. Estos esfuerzos laterales y longitudinales dependen del nivel del deslizamiento en las direcciones transversal y longitudinal así como de la adherencia disponible. En dirección transversal, el deslizamiento aumenta a medida que lo hace el ángulo de ataque entre rueda y carril. Dado que al paso por curvas de radio pequeño, el ángulo de posicionamiento del eje respecto a la radial de la curva, puede ser muy importante (hasta 10 ó 20 mrad.), es de esperar en estos casos desgastes muy importantes. En dirección longitudinal, el deslizamiento aumenta a medida que lo hace la desviación entre la Diferencia de Radios de Rodadura (DRR) del eje con respecto a la condición cinemática de rodadura.

Tal como puede apreciarse de la figura 2.1, incluso un eje aislado circulando en curva con aceleración no compensada nula, necesita alcanzar un ángulo de ataque que genere un cierto esfuerzo transversal por deslizamiento para equilibrar la componente horizontal de la carga.

En el eje con guiado elástico, su giro lleva aparejado un par de fuerzas longitudinales generadas por la rigidez longitudinal de la suspensión. El equilibrio de estas fuerzas longitudinales sobre las cajas de grasa requiere de la aparición de unos esfuer-



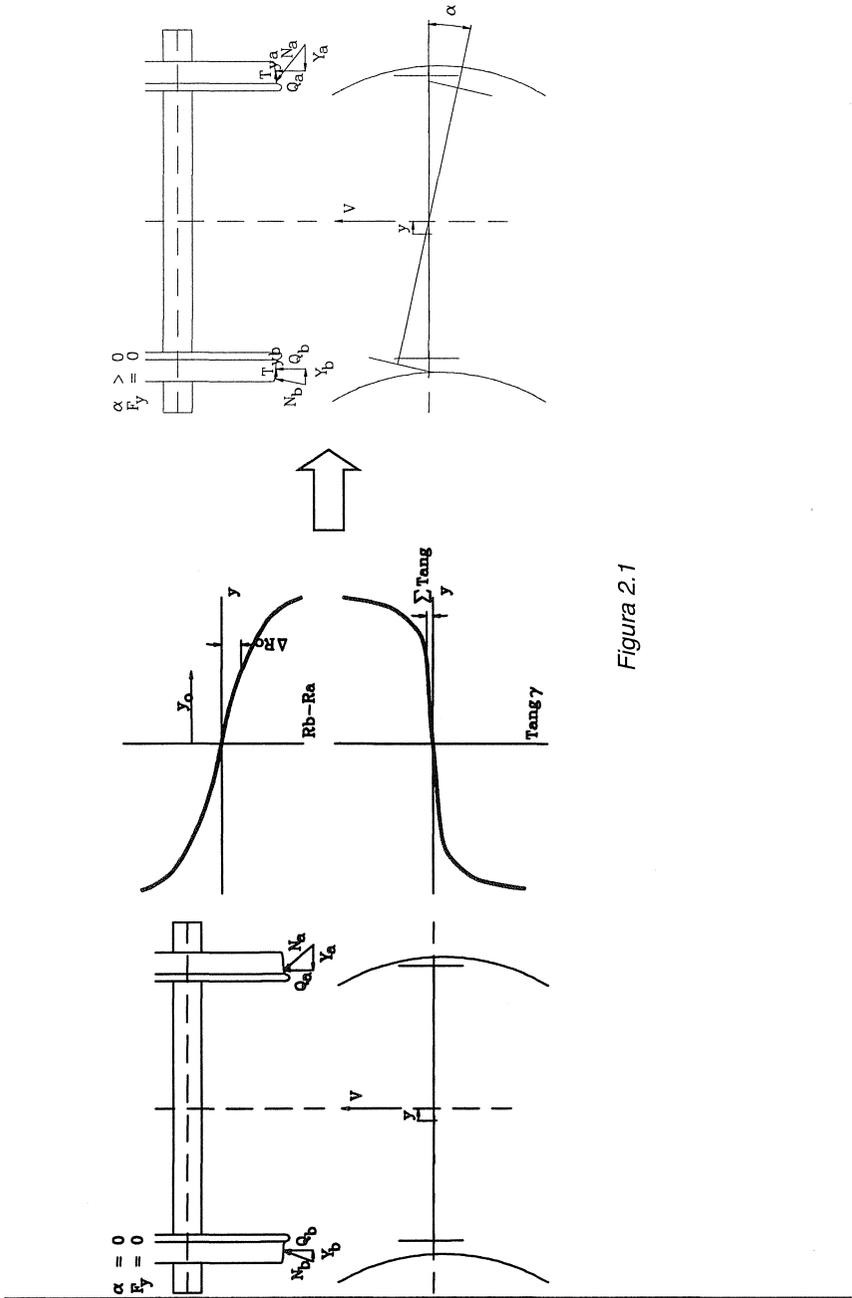
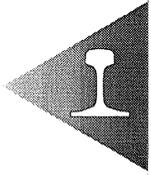


Figura 2.1

zos longitudinales de adherencia que a su vez necesitan de un deslizamiento longitudinal s_x entre rueda y carril, que sólo puede ser generado por una DRR ΔR_{sx} . Tal como se muestra en la figura 2.2, en el eje delantero aparece una diferencia total ΔR_1 que se compone de la parte proporcional ΔR_0 para la rodadura cinemática más la parte proporcional ΔR_{sx1} para la generación de los esfuerzos longitudinales. En el eje trasero aparece una diferencia total de ΔR_2 que se compone de ΔR_0 menos ΔR_{sx2} . La elipse de contacto en el eje delantero se sitúa en la franja de ángulos de contacto elevados por lo que necesita un deslizamiento transversal más importante para alcanzar el equilibrio, mientras en el eje trasero la elipse de contacto se mueve hacia desplazamientos transversales y_2 más pequeños con la consiguiente reducción del ángulo de contacto, de tal manera que el eje trasero puede circular de forma casi radial, sin deslizamiento transversal a lo largo de la curva.

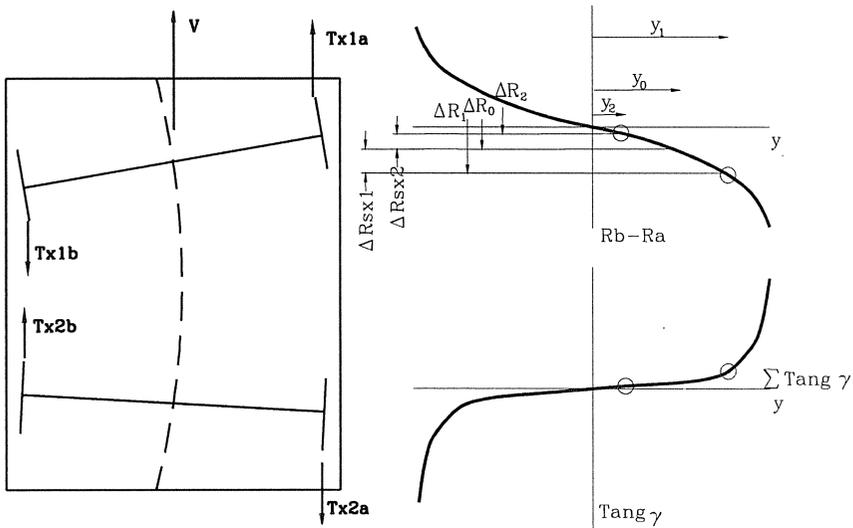


Figura 2.2

3. PERFIL DE CARRIL ASIMÉTRICO

El principio básico que impulsa la definición de un perfil de carril asimétrico es conseguir que en el hilo alto la elipse de contacto se desplace hacia el acuerdo de pestaña, y en el hilo bajo lo haga hacia el exterior de la tabla de rodadura. Tal como se ha mostrado en el apartado anterior, interesa en todo caso mantener una diferencia de ángulos de contacto reducida a fin de limitar el ángulo de ataque. Además es importante reducir la presión de contacto ampliando el tamaño de la banda de rodadura, para lo cual los perfiles de rueda y carril deben poseer cierto grado de conformidad. Una conformidad



excesiva conduciría a elevadas DRR dentro de una misma zona de contacto, con el consiguiente aumento del desgaste por deslizamiento.

Se ha comprobado experimentalmente que el carril, después de un primer periodo con una evolución del desgaste mas o menos rápida en su borde activo, tiende hacia una forma estabilizada que se desgasta paralelamente a sí misma. Esta forma reproduce la huella del paso de las ruedas de los vehículos cuando éstos han alcanzado también su perfil estabilizado. El punto de partida para la definición del perfil de carril asimétrico, es pues la citada forma de carril estabilizada, que deberá ser optimizada con los criterios señalados en el párrafo anterior, mediante la simulación en ordenador del paso de un eje montado con los perfiles de rueda igualmente estabilizados.

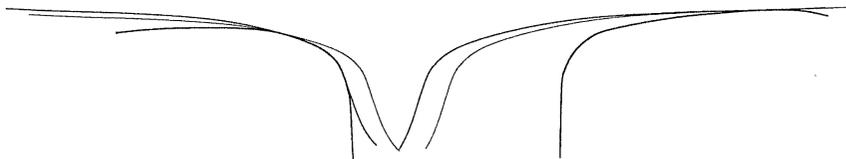


Figura 3.1

En la figura 3.1 se muestran los hilos alto y bajo del perfil asimétrico diseñado en contacto con un eje montado dotado de un perfil de rueda estabilizado, en dos diferentes posiciones transversales.

En la figura 3.2 se muestran los puntos de contacto en rueda y carril, combinando un perfil de rueda estabilizado con un carril UIC54 nuevo, con otro desgastado y finalmente con el nuevo perfil asimétrico.

La evolución de los parámetros de contacto para distintos desplazamientos laterales del eje montado, DRR y recuperación gravitatoria se muestran en la figura 3.3. En la posición que adopta el eje delantero de cada bogie, la recuperación gravitatoria con carril UIC54 nuevo toma el valor mas elevado, lo que eleva la carga lateral que ejerce la rueda y por tanto el deslizamiento transversal necesario para alcanzar el equilibrio. Por otro lado, el eje trasero de cada bogie, situándose centrado en la vía, presenta un importante deslizamiento longitudinal derivado de la insuficiente DRR. El carril asimétrico presenta sin embargo una cierta DRR incluso con el eje en posición centrada. Es importante señalar que con la forma desgastada que adopta el perfil UIC54, la DRR no es positiva hasta que el eje se ha desplazado un cierto valor hacia el hilo alto, por lo que el eje guiado de cada bogie sufrirá un deslizamiento longitudinal muy elevado.

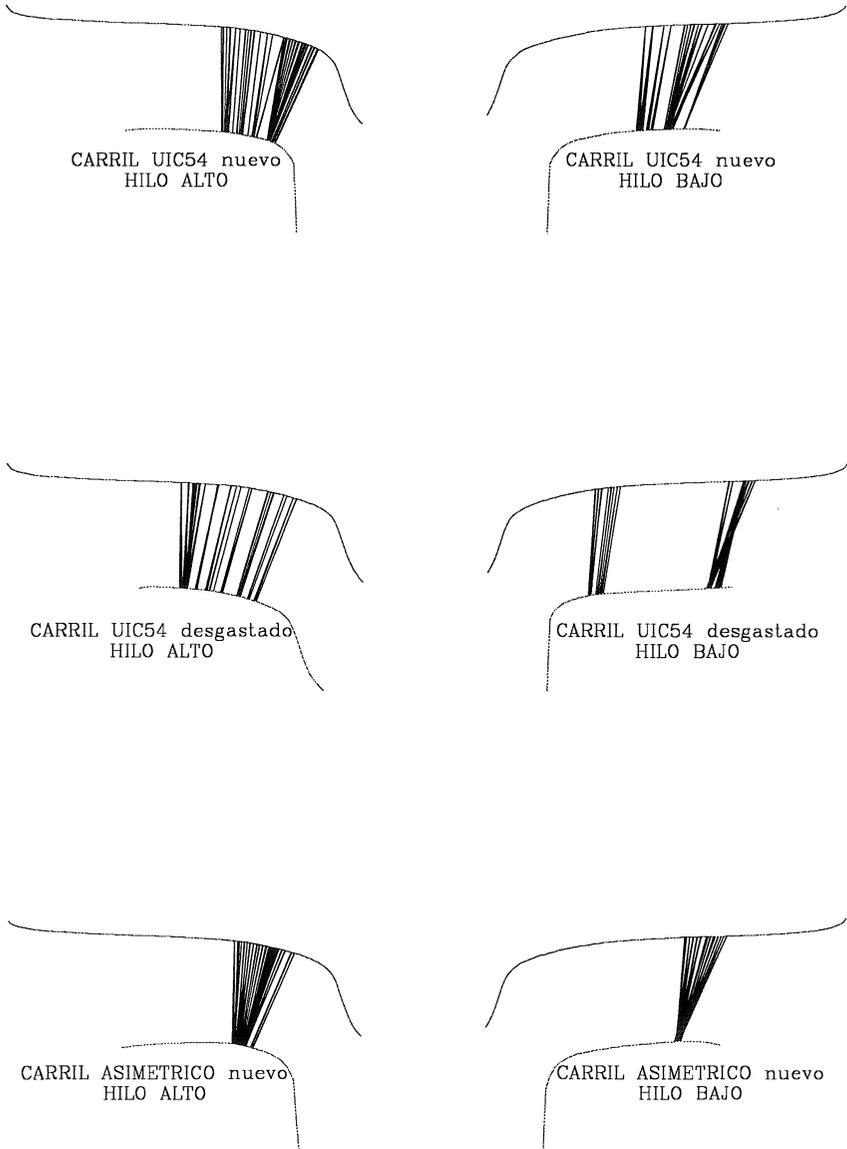


Figura 3.2



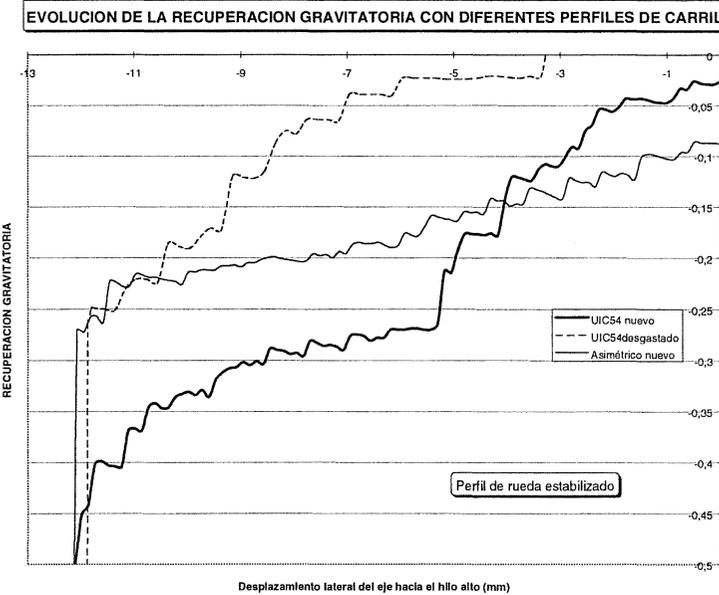
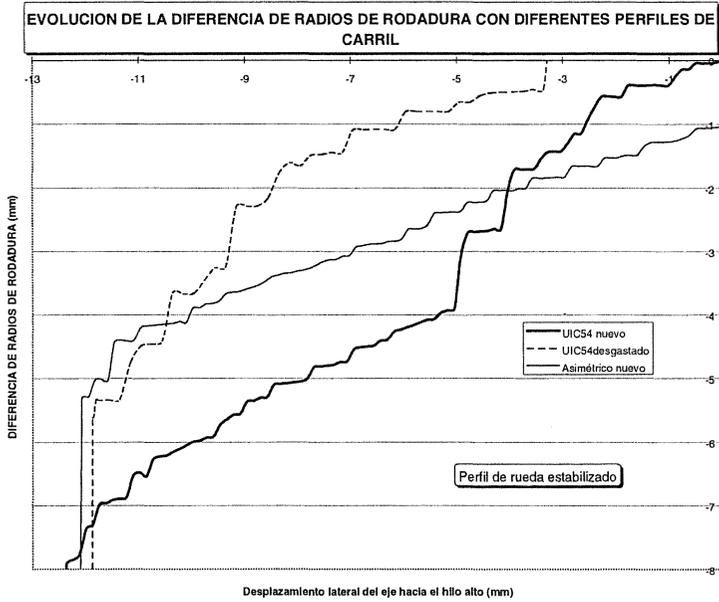
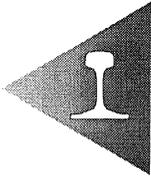


Figura 3.3

4. DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE GUIADO EN CURVA

Con el fin de valorar la reducción del desgaste de carril que puede proporcionar un perfil asimétrico frente al carril simétrico tradicional se realizaron ensayos para la determinación del esfuerzo de guiado sobre el hilo alto de la curva. Estos parámetros permiten calificar el desgaste previsible en el carril en la medida en que determinan la aptitud del perfil de carril para mejorar la inscripción en curva del vehículo. A este fin, la vía par de la curva de radio 362 mts. situada en el Pk. 8.30 del tramo Pitis-Pinar fue amolada con perfil asimétrico, procediéndose a la realización de ensayos comparativos entre secciones de las vías par, con perfil asimétrico e impar con perfil simétrico. El principio de medida para la determinación del nivel de esfuerzo de guiado consiste en la medición de las deformaciones de flexión en el alma del carril. Para ello se disponen galgas extensométricas a uno y otro lado del alma, en puntos predeterminados. En la figura 4.1

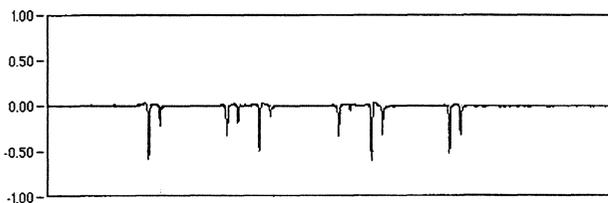


Figura 4.1

se muestra el registro correspondiente al paso de una unidad 446 en composición simple sobre una de las ocho secciones instrumentadas. En las figuras 4.2 y 4.3 se muestra una comparación del

nivel de esfuerzo de guiado obtenido con carril simétrico y asimétrico, al paso de unida-

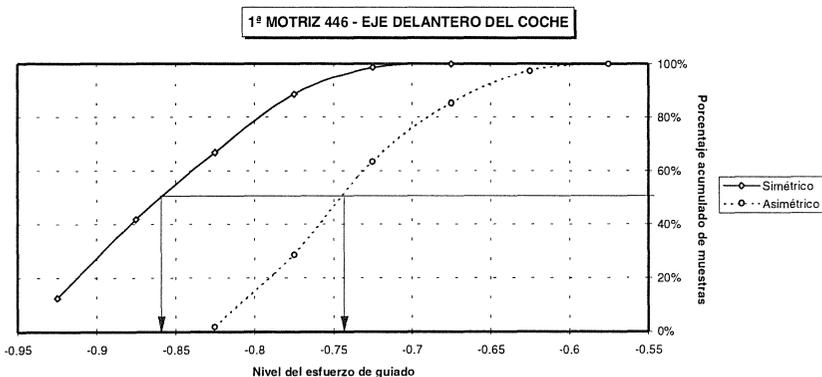


Figura 4.2



des de cercanías de la serie 446. De esta serie se tomaron un total de 576 muestras pertenecientes a cada uno de los 6 ejes directores de las citadas unidades circulando por la vía impar y 504 por la vía par.

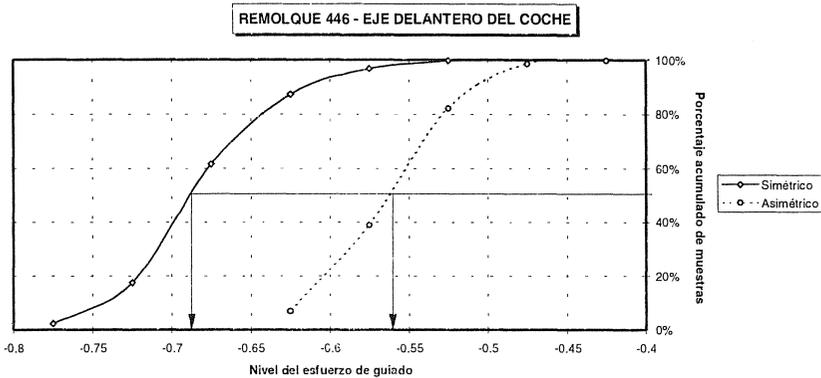


Figura 4.3

Se puede estimar en mas de un 15% el porcentaje medio de reducción conseguido por el uso del carril asimétrico frente al tradicional carril simétrico.

5. INSCRIPCIÓN EN CURVA DEL VEHÍCULO CON CARRIL EN DISTINTOS ESTADOS DE DESGASTE

La cualidad de mayor importancia del carril asimétrico no es tanto su comportamiento en estado nuevo, cuanto su evolución a lo largo del tiempo, que aleja la posibilidad de contacto en zonas que hacen perder radio de rodadura y por tanto aptitud para el guiado natural, al eje montado. En el mes de agosto del año 95, se amolaron varias curvas con perfil simétrico y asimétrico en el tramo Calatayud-Ricla, realizándose a partir de entonces mediciones sistemáticas de la cabeza del carril en las secciones de vía de referencia. En las figuras 5.1 y 5.2 se muestran las posiciones de equilibrio que tomaría un bogie motor de una unidad S/450 al paso por dos de estas curvas, una amolada simétricamente (Pk. 258.600) y la otra asimétricamente (Pk. 259.200). En cada figura se muestra la posición del bogie circulando sobre carril recién amolado, y con el carril medido al cabo de 7 meses.

En estado nuevo el carril asimétrico presenta una reducción del 7% frente al carril simétrico. Al cabo de siete meses, esta reducción se eleva al 22%. Además el carril asimétrico sigue repartiendo todavía una parte importante del esfuerzo transversal sobre el eje guiado que por presentar un ángulo de ataque reducido, genera un menor desgaste.

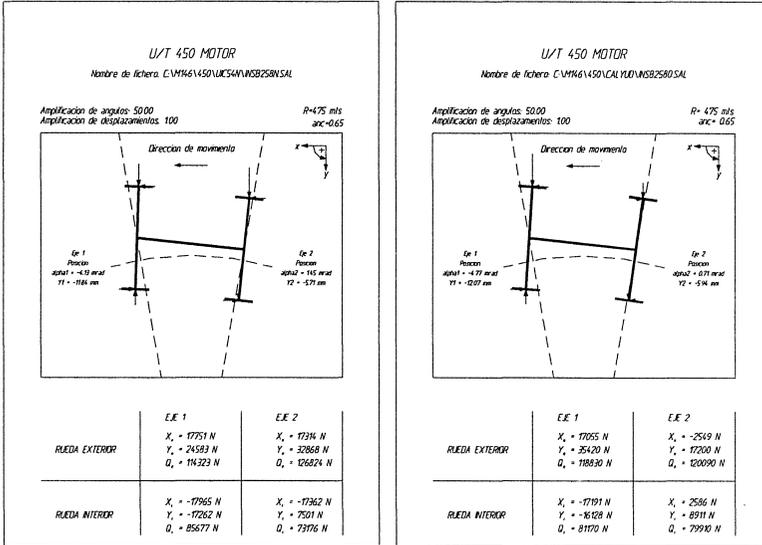


Figura 5.1

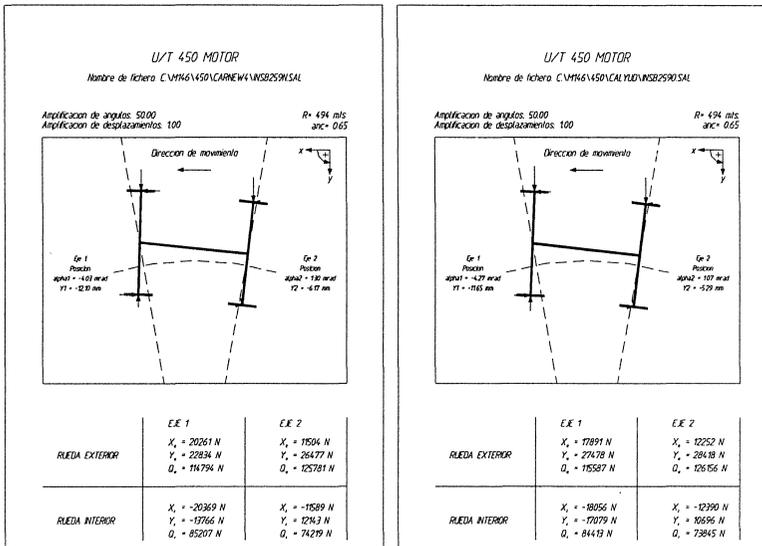


Figura 5.2



6. EVOLUCIÓN DEL DESGASTE EN LAS CURVAS DE REFERENCIA

En las curvas de referencia se ha medido en distintas fechas el ancho de la cabeza del carril y la propia forma desgastada del mismo. En la tabla 6.1 se muestra el resultado obtenido:

P.K.	TIPO	HILO ALTO			HILO BAJO		
		8 / 95	2 / 97	Diferencia (mm)	8 / 95	2 / 97	Diferencia (mm)
258/200	Simétrico	69.25	66	-3.25	70	69.5	-0.5
259/600	Asimétrico	67	67.5	+0.5	70	70.5	+0.5
264/900	Simétrico	70	68.75	-1.25	69	69	0.0
268/300	Asimétrico	69	69	0.0	70	71	+1
273/000	Asimétrico	69.5	69	-0.5	69	70	+1

Tabla 6.1

Los valores positivos no se deben a un aumento del ancho, sino a una bajada del punto de referencia como consecuencia del desgaste inicial que sufre la parte superior de la cabeza del carril. En las figuras 6.1 y 6.2 se comparan las áreas de material perdido desde marzo del 96 hasta febrero del 97, en una sección con perfil simétrico (Pk. 258.600) y otra con perfil asimétrico (Pk. 259.200).

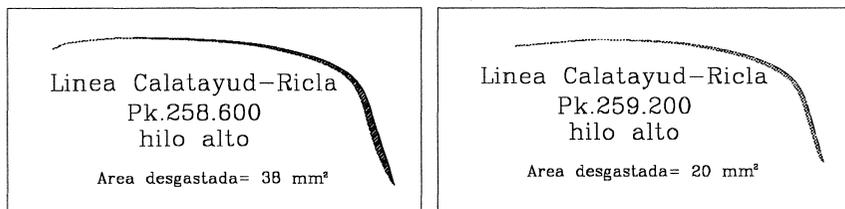


Figura 6.1

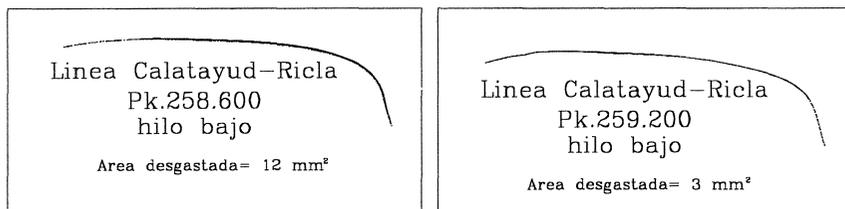
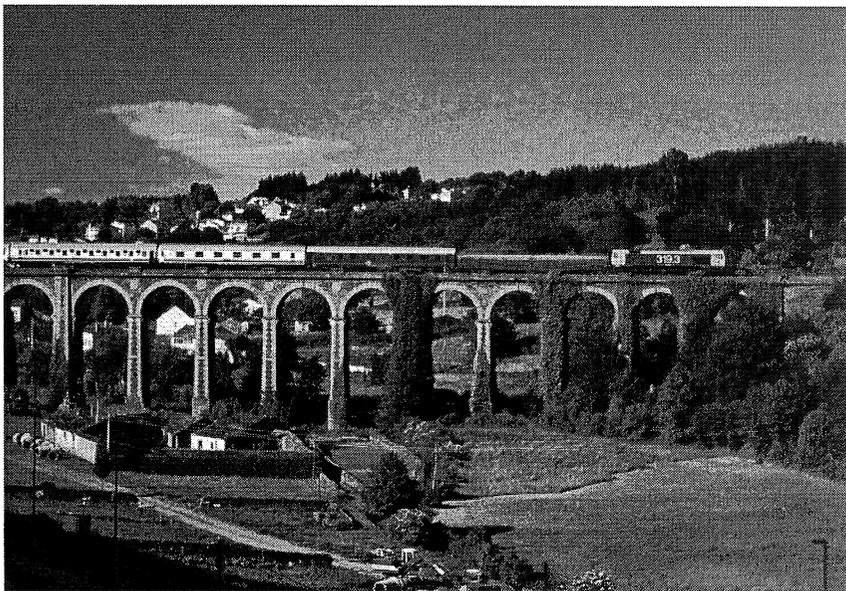


Figura 6.2

Es evidente la notable reducción del desgaste obtenida como consecuencia del empleo del nuevo carril asimétrico frente al tradicional UIC54 simétrico.



Benito Figueroa - Vía Libre

