



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① N.º de publicación: **ES 2 067 412**

② Número de solicitud: 9301447

⑤ Int. Cl.⁵: E01B 7/00

E01B 19/00

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A2

② Fecha de presentación: **25.06.93**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.95**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.03.95

⑦ Solicitante/es: **Universidad de Cantabria
Avda. de los Castros, s/n
Santander, ES**

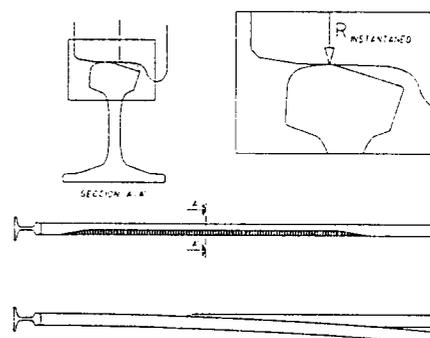
⑦ Inventor/es:
**García Díaz de Villegas, José Manuel y
Rodríguez Bugarín, Miguel Domingo**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Procedimiento para disminuir el desgaste de las agujas de los cambios de desvíos ferroviarios mediante la mecanización de su contraaguja recta.**

⑤ Resumen:

Modificación de la geometría de la sección de la contraaguja recta del cambio de un desvío ferroviario que permite evitar el impacto de las pestañas de las ruedas de los vehículos ferroviarios sobre la aguja recta en su tránsito por el cambio dado por vía directa, e incorporable fácilmente tanto en nuevos diseños de cambios como a aquellos que se encuentran en servicio en vía. Se propone la mecanización de la tabla de rodadura de la contraaguja recta, según un diseño específico para cada cambio, determinado por la geometría original del desvío (geometría en planta y sección de la aguja recta así como de las contraagujas recta y curva en toda la longitud del cambio y el radio de la vía desviada) y las características del tráfico a que está o estará sometido (caracterización geométrica y mecánica de los ejes y bogies de los vehículos tipo, velocidad de circulación tipo). Tras dicha mecanización, se consigue una rodadura más suave de las circulaciones, minimizando en lo posible la agresión de los ejes sobre la aguja recta. Ello permite reducir los costes de conservación, tanto del cambio como del material móvil, así como conseguir mayores niveles de comodidad.



DESCRIPCION

Es conocido como la tradicional forma pseudocónica de los perfiles de las ruedas de los vehículos ferroviarios, junto con la propiedad inherente al eje montado de no permitir giros diferenciales entre ruedas, ha supuesto un sistema elemental de guiado. En efecto, con la introducción de este sistema, hacia 1.825, se consigue teóricamente, haciendo las ruedas cónicas y el eje rígido, que en las curvas una de las ruedas recorra más camino que la otra. Si se produce un desplazamiento lateral del eje en vía recta, se modifican los radios del círculo instantáneo de rodadura de cada rueda (figura 1: \overline{AC} y \overline{DF}), con lo que el bicono que constituye el eje tiene el movimiento instantáneo de un cono cuyo vértice se sitúa en el centro instantáneo de rotación I , y de generatrices que se apoyan en los puntos de los correspondientes círculos de rodadura de cada rueda (\overline{AB} y \overline{DE}).

Este diseño, que ha dado buenas muestras de su bondad a lo largo del tiempo (prueba de lo cual es su vigencia, incluso en trenes de alta velocidad), es el origen de un movimiento perturbador de la marcha del vehículo: el movimiento de lazo.

Se trata de un movimiento complejo, suma del giro alrededor de un eje perpendicular a la vía (OZ) y una traslación transversal (también llamado desplazamiento o choque lateral), según el eje OY (figura 1). El centro del bogie describe una curva aproximadamente senoidal, con eje el de la vía, de longitud de onda bastante constante.

Por lo que respecta al diseño de un cambio moderno, se trata del elemento que permite la separación dos a dos de los hilos del carril. En él existen cuatro piezas fundamentales (figura 2):

Las agujas (1): son dos carriles interiores, especialmente mecanizados a partir de, en la actualidad, un perfil especial. Son solidarias por uno o varios tirantes, que tienen un carácter móvil y su posición determina la dirección que tomará la circulación.

Las contraagujas (2): son dos carriles exteriores a las agujas, sobre las que éstas se ajustan lateralmente. Son fijas y se realizan a partir de perfil normal de carril.

La aguja va aumentando su sección a medida que nos internamos en el cambio. La aguja puede resistir las acciones laterales debidas al guiado de las ruedas, pero no puede hacer lo mismo con las sollicitaciones verticales hasta que no tenga un espesor suficiente. Los autores de la Patente han constatado que dicho espesor mínimo (que, en adelante, denominaremos h), tiene una notable influencia sobre el comportamiento dinámico de los vehículos en su tránsito por el cambio.

Analicemos ahora el paso de un eje por un cambio dado por vía directa. En la figura 3 pueden apreciarse diferentes secciones del semicambio constituido por la aguja recta (3) y la contraaguja curva (4), siendo recorrido por un eje del que se ha dibujado la rueda. En la figura 4 se representa a qué secciones del semicambio corresponden. La sección t_0 indica el comienzo de la aguja; la sección t_6 muestra la aguja en el momento en que su espesor es suficiente como para permitir el contacto de apoyo de la rueda sin in-

tervención de la contraaguja. Las secciones t_2 a la t_5 corresponden a estados intermedios.

En el esquema t_2 , y la contraaguja, que recordemos que es la que es curva, comienza a desplazarse hacia el exterior, en la misma medida en que la aguja va aumentando su sección. Este desplazamiento de la contraaguja conlleva también un desplazamiento hacia el exterior de la rueda del punto de contacto rueda-contraaguja.

Para cada Δt , la contraaguja se desplaza más hacia el exterior de la rueda; con ella, el punto de contacto, que incluso puede hacerlo de modo más rápido, debido a la no linealidad asociada al contacto. Como el perfil de la rueda es troncocónico, con vértices exteriores a la vía, en esa rueda el círculo instantáneo de rodadura es menor que el de la rueda opuesta del eje. Ello implica que el centro instantáneo de rotación se vaya acercando al bicono, estando situado del mismo lado que la contraaguja curva. Ello ocasiona dos fenómenos:

Por estar del mismo lado que la contraaguja curva, la trayectoria elemental del bicono, el arco que describe, va dirigido contra la aguja recta.

Por ser su movimiento de acercamiento hacia el bicono, los radios de las trayectorias elementales serán de cada vez menores; es decir, la tendencia a atacar a la aguja será de cada vez mayor, al ir aumentando el ángulo de lazo.

En resumen, el comportamiento del eje, de manera esquemática, viene caracterizado por buscar su centro el eje efectivo de la vía. Por lo tanto, cuando hay variaciones en la alineación de la vía, como es en el caso de los cambios, donde la vía se abre (los puntos de contacto en cada lado del bicono están más distanciados cuanto más se interna éste en el cambio), el bicono se mueve tratando de colocarse en el centro de la vía. Pero en su camino, se encuentra la aguja recta. Una vez que ésta pasa a soportar la correspondiente rueda (situación t_6), para el bicono la vía se ha estrechado de repente y, dependiendo de su posición relativa con respecto a la nueva situación, volverá a tender a colocarse centrado en la vía. Todo ello se representa en la figura 5.

El ataque del eje sobre la aguja recta explica el desgaste observado por algunas Administraciones Ferroviarias en las agujas de la vía directa de los cambios, así como ciertos movimientos perturbadores que tienen su origen en el paso de los vehículos por el cambio. Todo ello origina:

Desgastes en los elementos del cambio, particularmente en la aguja recta.

Impactos en elementos del cambio y de los órganos de rodadura de los vehículos.

Mayores gastos de conservación, en particular en los elementos del cambio.

Ruidos.

Pérdida de confort.

Las soluciones tecnológicas que, en la actualidad, tratan de evitar este fenómeno se basan en el desplazamiento lateral de la contraaguja recta, de tal manera que, en planta, ésta queda deformada según una curva de radio muy amplio, cuya concavidad está dirigida hacia el eje de la vía y de flecha máxima 15 mm. La traza de dicha curva se obtiene mediante la simulación en el ordenador de un eje aislado, libre y sin masa rodando sobre la geometría deformada.

Este tipo de solución tiene los siguientes inconvenientes:

Requiere el desplazamiento correspondiente, para cada traviesa o longrina, de los elementos de anclaje de la contraaguja. Ello es especialmente complicado cuando las longrinas están construidas en hormigón, ya que los orificios donde se alojarán los pernos de cada sujeción deben ser calculados con gran precisión, introduciendo la correspondiente variación de las cotas debida a la retracción del hormigón.

Dado que la aguja debe apoyarse sobre la contraaguja, la mecanización de aquélla, ya de por sí compleja, se ve dificultada. Se requiere una maquinaria para la mecanización más sofisticada, así como personal muy especializado. Ello encarece el precio de la aguja y, por tanto, del cambio.

Por igual motivo, la sustitución de elementos importantes del cambio (semicambio, por ejemplo) con esta solución, por desgaste o avería, en el futuro supone una dependencia tecnológica de la Administración Ferroviaria con respecto al fabricante, difícilmente soslayable mediante el acopio de repuestos, lo que además supone un coste por material inmovilizado.

Por los motivos anteriores, la adopción de esta solución en desvíos operativos situados en vía supone, prácticamente, la sustitución del cambio (traviesas y semicambio), con lo que ello supone de coste de la operación y tiempo de corte de vía.

Este tipo de soluciones trata de mejorar las condiciones de circulación para composiciones que toman la vía desviada, deformando de forma similar a la antes comentada la contraaguja curva. Ello limita las posibilidades de mejora del tránsito por vía directa, itinerario sobre el cual se produce, en general, la mayor parte de las circulaciones.

Los autores de esta Patente han desarrollado un modelo numérico que permite simular las características de la marcha de un *vehículo ferroviario de bogies* en su tránsito por un determinado cambio. Mediante dicho modelo, es posible evaluar la fuerza de contacto que ejerce la pestaña de la rueda guiadora del bogie sobre la aguja recta de dicho cambio. Se ha constatado que dicha fuerza, para un determinado tipo de vehículo, depende básicamente de tres factores principales:

1. La velocidad de avance de la composición.

Cuanto mayor sea ésta, mayor resultara la velocidad lateral de acercamiento rueda-aguja. Si dicho movimiento se mantiene hasta agotar el semijuego de vía, se producirá el impacto de la pestaña sobre la aguja. La fuerza de impacto desarrollada es aproximadamente proporcional al cuadrado de la velocidad lateral de la rueda.

2. El espesor mínimo de la aguja para permitir el contacto de apoyo de la rueda (h).

Por lo que se refiere a la influencia del parámetro h , éste afecta a la longitud de la zona de contacto pestaña-aguja recta, siendo ésta mayor cuanto mayor sea h (manteniendo constantes los demás factores), siendo la velocidad lateral de desplazamiento del eje independiente de h . Este parámetro determina la longitud de la zona de excitación del movimiento perturbador de cada eje de un bogie, de tal manera que cuanto mayor sea h , mayor va a ser la longitud de la zona de excitación.

3. El radio de la vía desviada.

Se constata que cuanto mayor sea el radio, menor será la velocidad lateral del movimiento de lazo del eje guiador y, en consecuencia, menor valor tendrá la *fuerza de impacto* entre pestaña y aguja. Por contra, si mantenemos el parámetro h constante, la *zona de excitación del movimiento perturbador* es mayor cuanto mayor sea el radio, por lo que tendremos más probabilidades de agotar el semijuego de vía.

Una vez que se ha caracterizado el fenómeno de agresión de los ejes de los vehículos ferroviarios sobre la aguja recta del cambio, se pasa a la etapa de modificación de la geometría de la contraaguja recta, mediante una mecanización de la tabla de rodadura de la misma.

La solución que se plantea es desplazar el punto de contacto rueda-contraaguja recta hacia el exterior de la rueda, con lo que se induce un movimiento en el eje opuesto al de ataque de la aguja recta antes descrito.

Dicho movimiento del punto de contacto se consigue mediante una mecanización específica para cada cambio de la tabla de rodadura de la referida contraaguja recta. En la figura 6 se representa cómo a través de dicha mecanización (7) se consigue desplazar el radio instantáneo de rodadura hacia el exterior de la rueda, con respecto a la situación original (6).

La mecanización de la tabla de rodadura de la contraaguja recta (figuras 7 y 8) se define mediante simulación numérica, al objeto de que el movimiento así inducido en los ejes del bogie evite el impacto de las pestañas sobre la aguja recta, mejorando la suavidad del movimiento de los vehículos a su paso por el cambio. Dicha geometría (8) se estudia en cada caso, dependiendo del tipo de desvío, tipo de bogie más usual y/o agresivo y velocidad tipo de tránsito de las circulaciones por ese desvío.

La solución de mecanización de la tabla de rodadura de la contraaguja no exige ninguna modificación en las piezas que constituyen un determinado cambio, salvo la sustitución de la contraaguja recta (que recordemos está realizada con un carril normal, con lo que no habrá problemas de abastecimiento) por otra previamente mecanizada en taller. Esta mecanización es lo suficientemente simple como para que sea realizable sin necesidad de medios y personal altamente cualificado, ya que no resulta tan compleja como la que tiene que realizarse sobre una aguja. Su sustitución es simple, pudiendo ser realizada por personal de vía de la propia administración ferroviaria en las operaciones de mantenimiento, sin necesidad de herramental específico. Los tiempos de corte de vía se estiman reducidos.

Por ello, la solución de mecanización de la tabla de rodadura de la contraaguja es particularmente interesante por su fácil aplicación a cambios de desvíos existentes, puestos en vía y operativos.

Como conclusión, la solución mediante mecanización de la tabla de rodadura de la contraaguja recta se muestra efectiva para solucionar el problema del contacto pestaña-aguja recta, consiguiéndose:

Solicitaciones laterales y, por consiguiente,

desgaste lateral nulo en la aguja recta.

Movimientos laterales más suaves de los vehículos, lo que redundará en:

- Incremento del confort para el viajero.

- Menores sollicitaciones en los vehículos, con lo que disminuyen los gastos de conservación y mantenimiento.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para disminuir el desgaste de las agujas de los cambios de desvíos ferroviarios **caracterizado** por conseguirse mediante una mecanización específica de la tabla de rodadura de la contraaguja recta, en base a conocer la agresión de los ejes de los bogies de los vehículos ferroviarios mediante simulación numérica en el ordenador, tomando como variables predominantes en el fenómeno las características geométrico-mecánicas del bogie más usual y/o agresivo, la velocidad de circulación tipo y la geometría tridimensional del cambio, con consideración especial a su diseño en planta (radio de la vía desviada) y la sección transversal para cualquier punto del cambio (tipos de carriles y mecanización de la aguja recta).

2. Procedimiento para disminuir el desgaste de las agujas de los cambios de desvíos ferroviarios mediante la mecanización de su contraaguja recta según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la mecanización de la contraaguja no se inicia antes de la sección definida por la junta de la contraaguja (inicio del desvío).

3. Procedimiento para disminuir el desgaste de las agujas de los cambios de desvíos ferroviarios mediante la mecanización de su contraaguja recta según la reivindicación 1 y 2, **caracterizado** porque, para desvíos tangentes de radio único, siendo \underline{R} el radio medido sobre el eje de la vía desviada en metros, \underline{h} el espesor mínimo

de la aguja para permitir el contacto de apoyo de la rueda en milímetros y \underline{a} el ancho de vía en milímetros, la sección final de la mecanización se sitúa, como máximo, a una distancia \underline{DM}_{max} , en metros, referida con respecto a la sección de tangencia entre la alineación recta y la circular (figura 7), definida por:

$$DM_{max} = 3 + \sqrt{\left(R - \frac{a}{2000}\right) \frac{h}{500} - \left(\frac{h}{1000}\right)^2}$$

4. Procedimiento para disminuir el desgaste de las agujas de los cambios de desvíos ferroviarios mediante la mecanización de su contraaguja recta según la reivindicación 1 y 2, **caracterizado** porque para cambios de desvíos con geometrías secantes y/o que empleen parábolas cúbicas, clotoides, curvas sinusoidales o una combinación de las referidas curvas y/o arcos circulares, la sección final de la mecanización de la contraaguja recta se sitúa, como máximo, a una distancia de 3 metros (medida según el eje de la vía directa), hacia el talón de la aguja, con respecto a la sección de la aguja recta de espesor \underline{h} .

5. Procedimiento para disminuir el desgaste de las agujas de los cambios de desvíos ferroviarios mediante la mecanización de su contraaguja recta según la reivindicación 1, 2 y 3 ó 4, **caracterizado** porque la profundidad de la mecanización \underline{PM}_{max} (figura 8), medida con respecto al borde superior del carril, no supere los 14 mm.

35

40

45

50

55

60

65

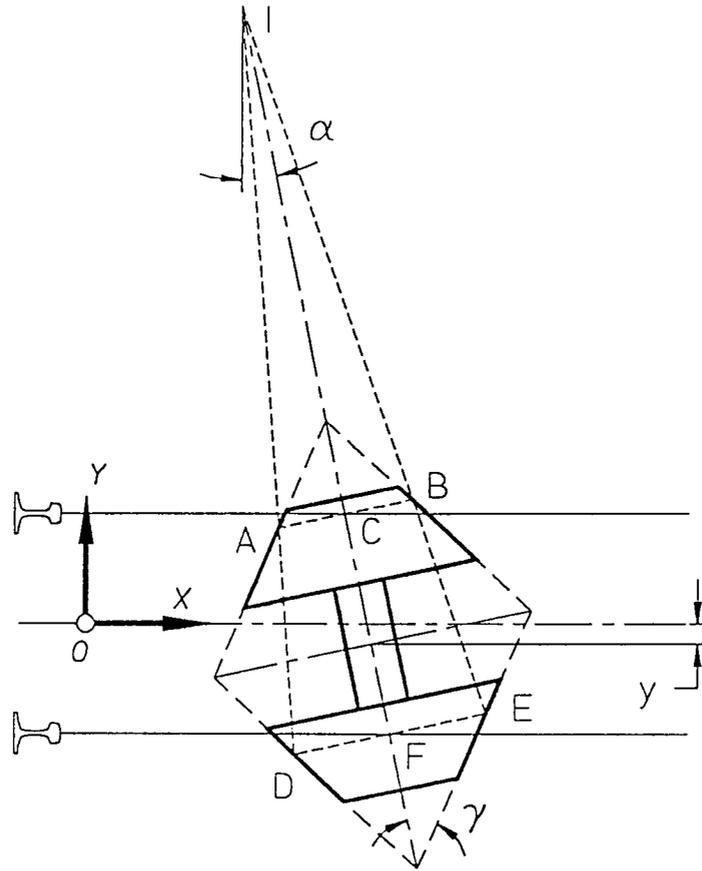


FIGURA 1

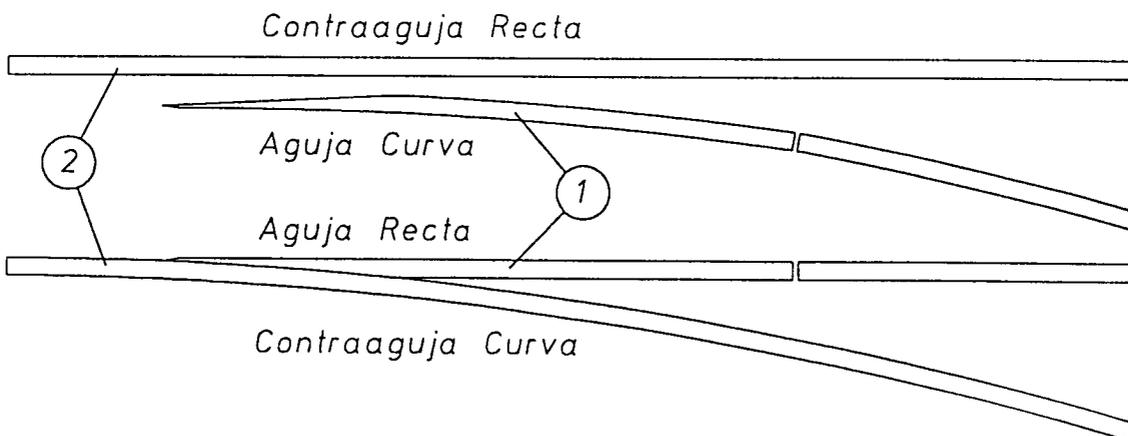


FIGURA 2

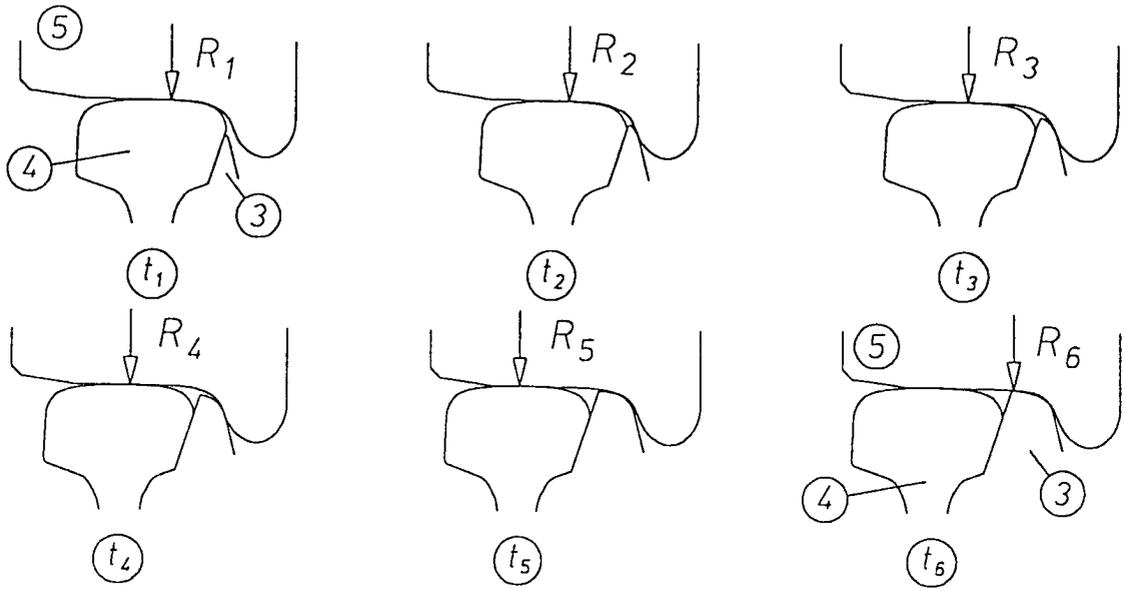
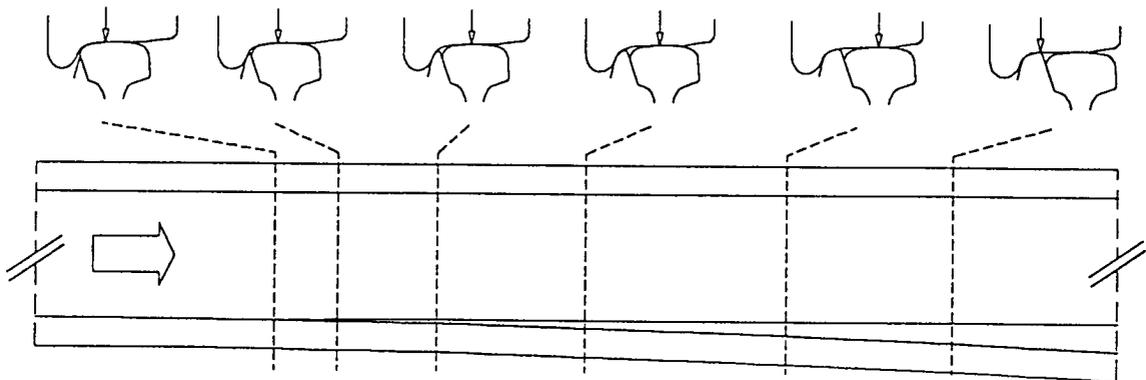
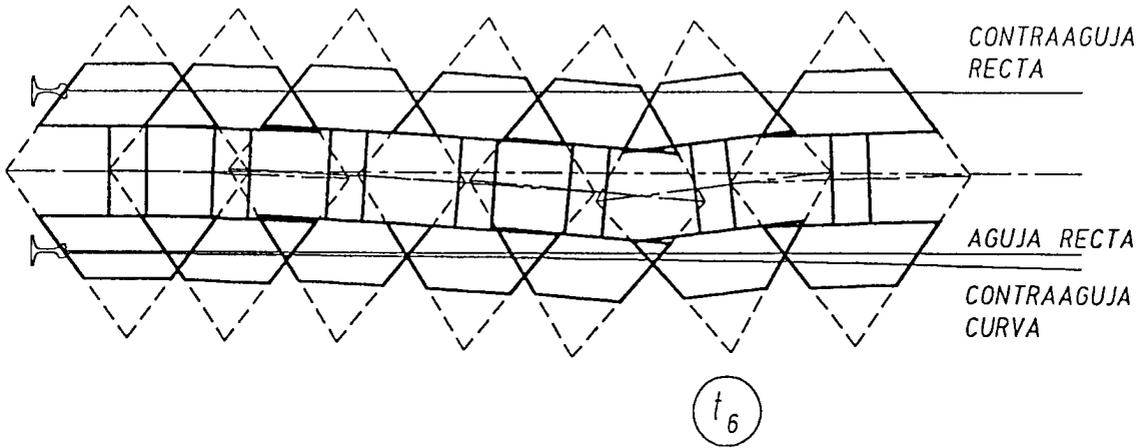


FIGURA 3



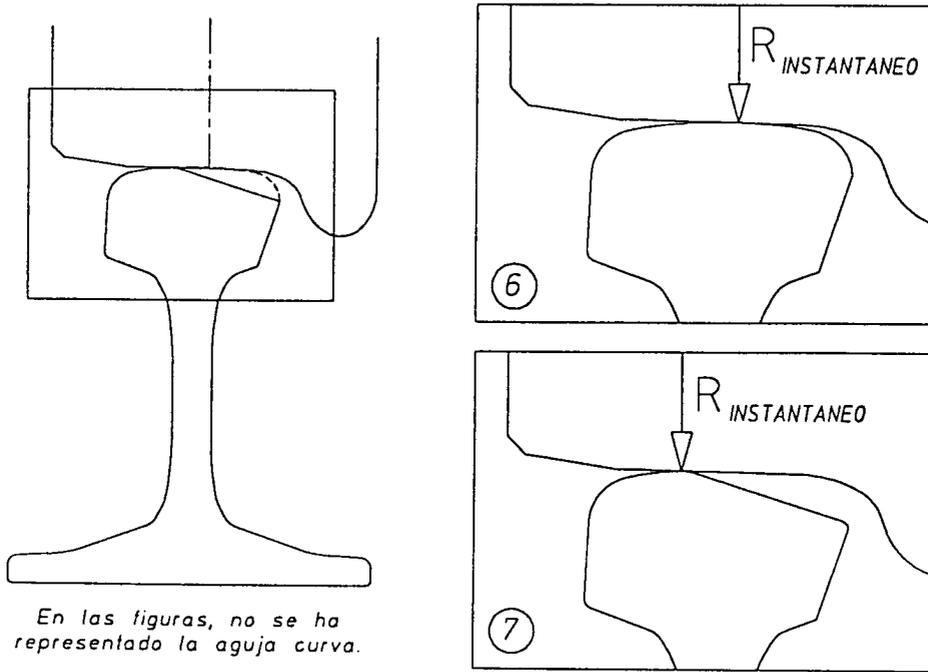
PARA SIMPLIFICAR LA FIGURA,
NO SE HA DIBUJADO LA AGUJA CURVA.

FIGURA 4



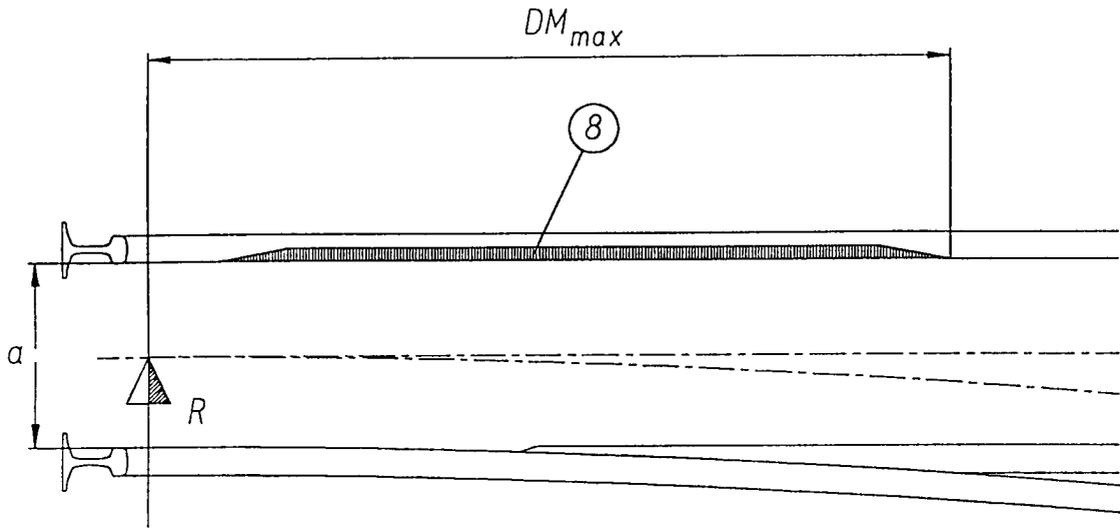
En la figura, no se ha representado la aguja curva del cambio.

FIGURA 5



En las figuras, no se ha representado la aguja curva.

FIGURA 6



*Dibujo no a escala. La zona mecanizada de la contraaguja recta no esta centrada con respecto a la punta de la aguja recta.
El dibujo no indica la forma de mecanizacion.
No se dibuja la aguja curva, para facilitar la claridad del esquema.*

FIGURA 7

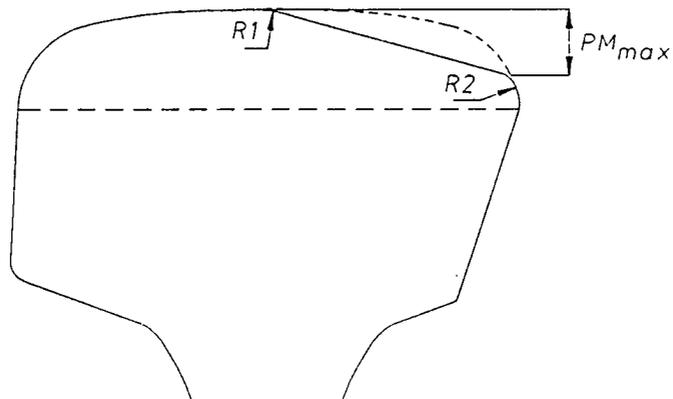


FIGURA 8