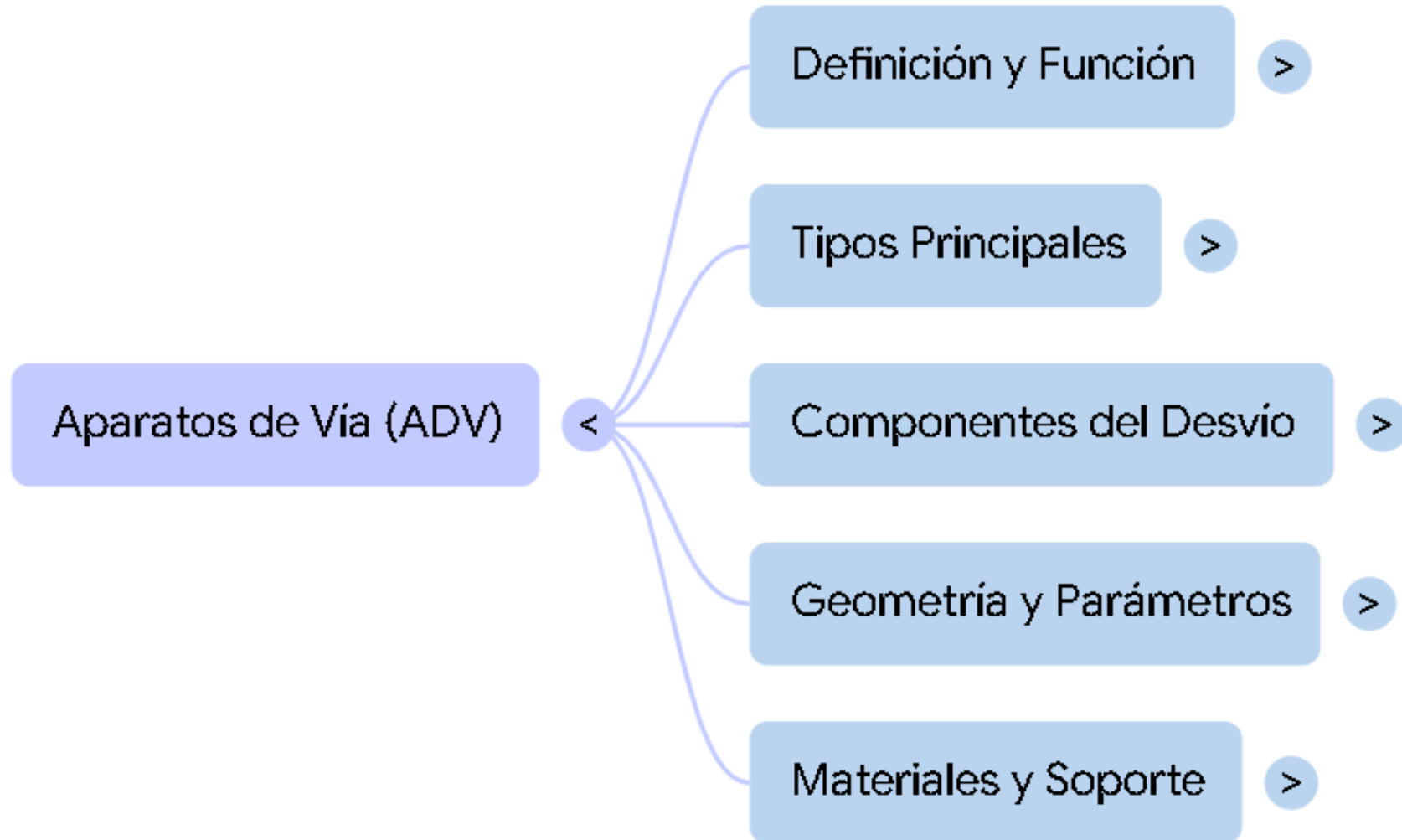
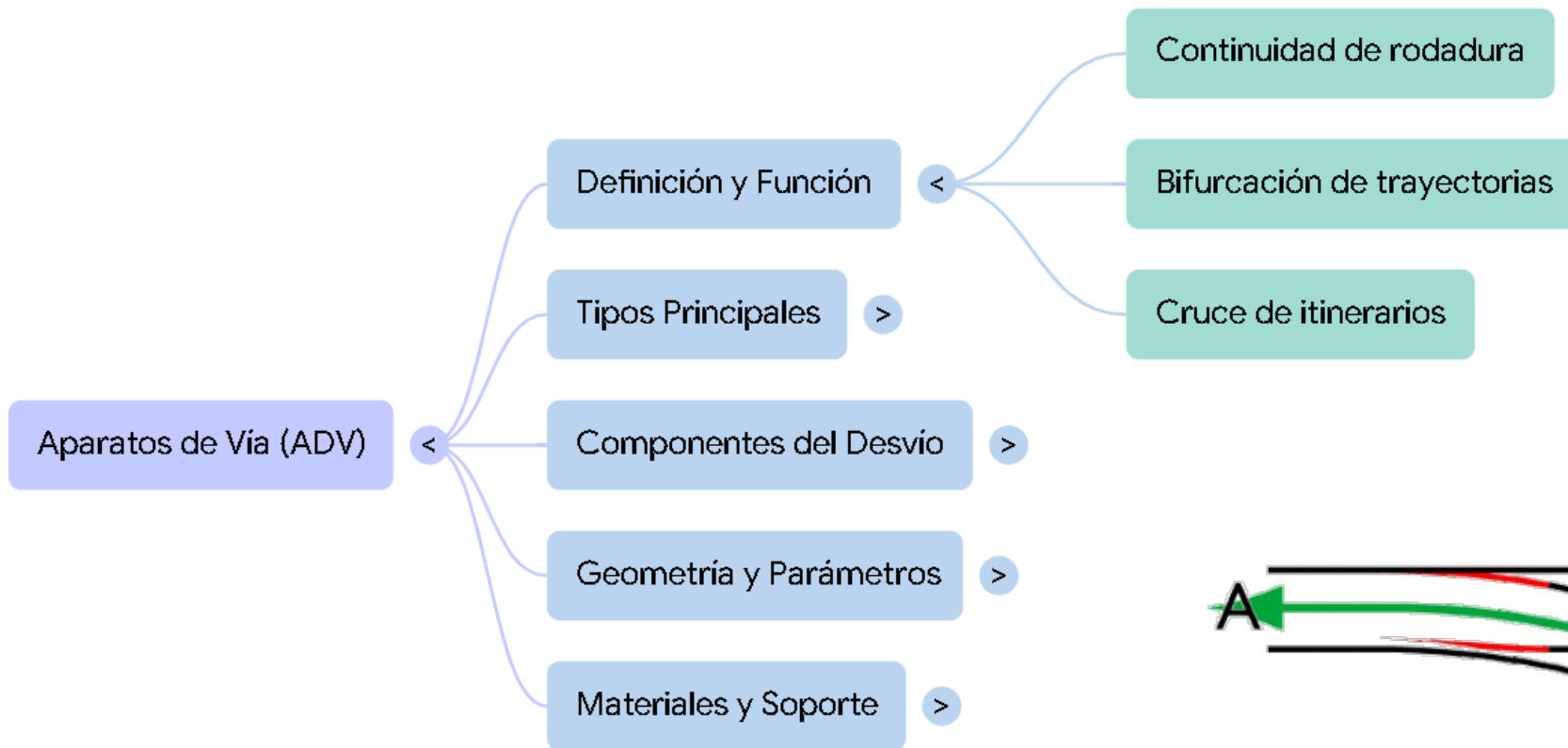


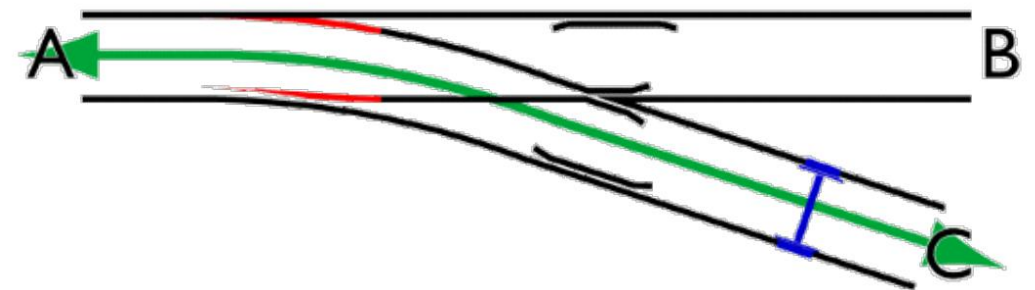
# 4. APARATOS DE VÍA





Ferrocarril = Trayectoria definida

Operación implica modificar la trayectoria o cruzar 2 diferentes

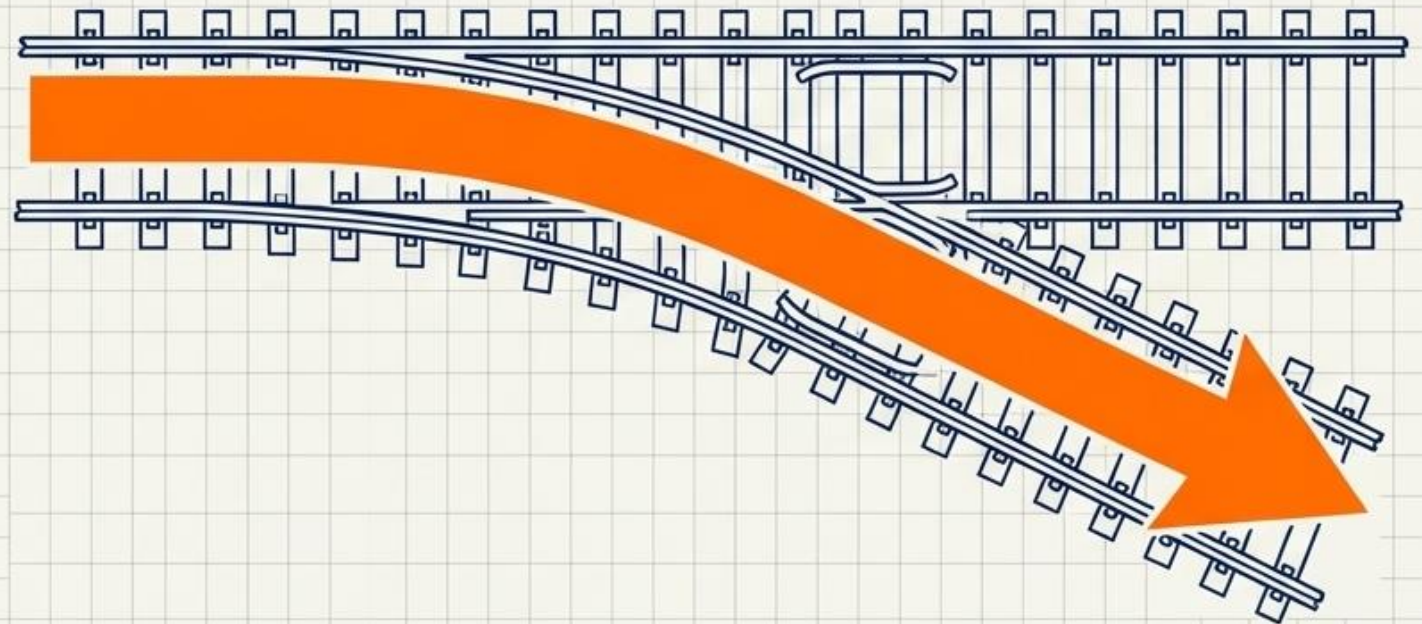


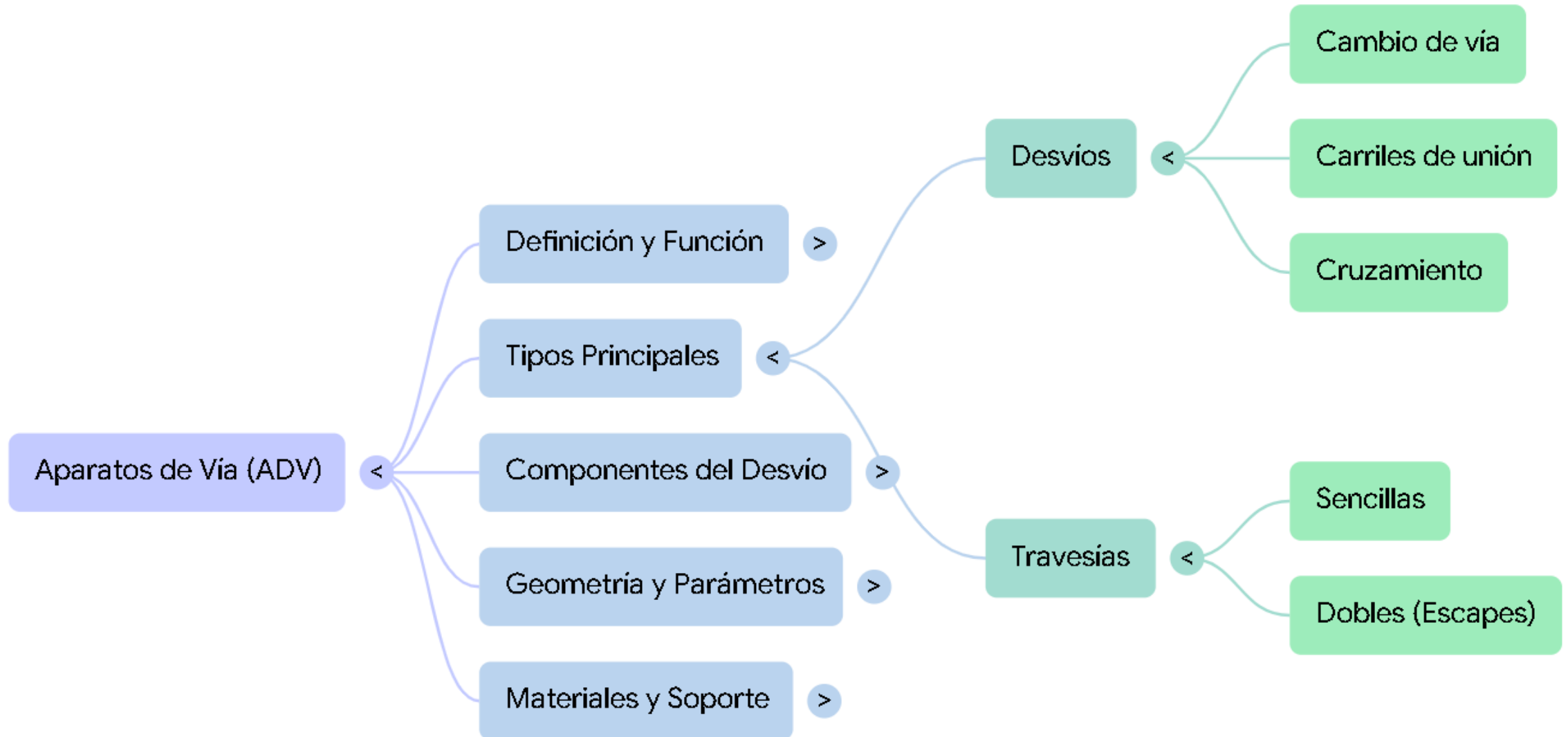
# La necesidad física de alterar una trayectoria definida

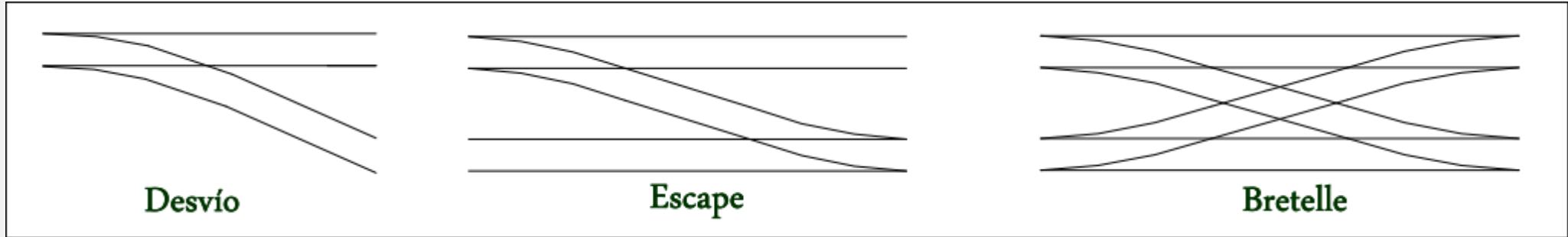
**El Problema:** La operación ferroviaria exige modificar la trayectoria de masas de cientos de toneladas confinadas a una rodadura estricta.

**La Solución:** Dispositivos integrados a la infraestructura que permiten desviar una ruta o habilitar el cruce de itinerarios distintos.

**Funciones Críticas:** Mantener continuidad de rodadura, ejecutar bifurcaciones y permitir cruces seguros.


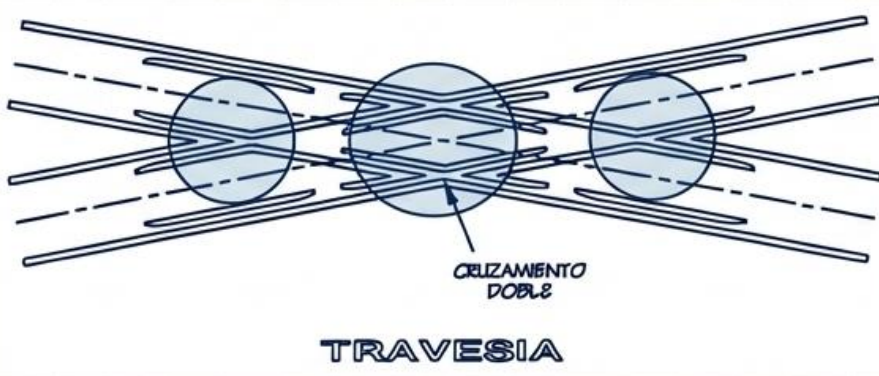


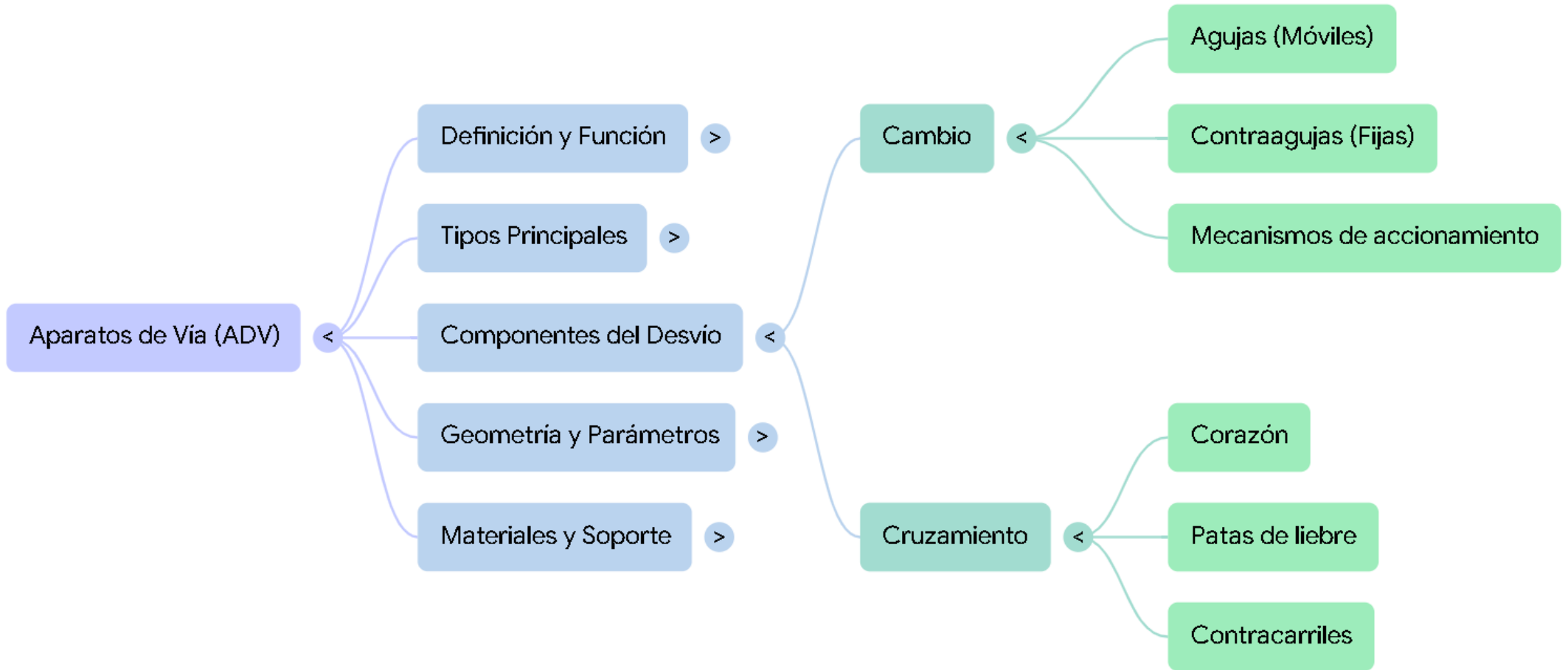




# Topologías base: Desvíos vs. Travesías

La separación o cruce de las filas de rieles se materializa en dos configuraciones geométricas fundamentales:

Desvíos	Travesías
<p>Los ejes de las vías se acuerdan tangencialmente. Contienen un origen común donde las filas se separan (vía directa vs. desviada).</p> 	<p>Los ejes de las vías se cortan directamente, permitiendo el cruce de trayectorias sin unificarlas.</p> 



## TIPOS DE DESVÍO

ADV

Simétrico

Siempre  
divergentes

Asimétrico

Convergentes

Ordinario

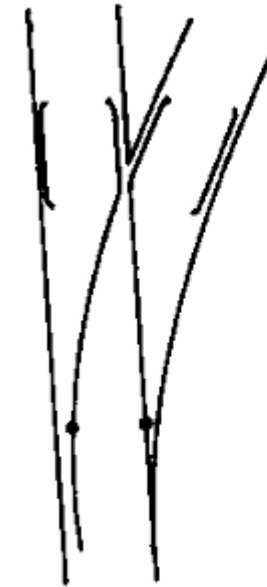
Divergentes



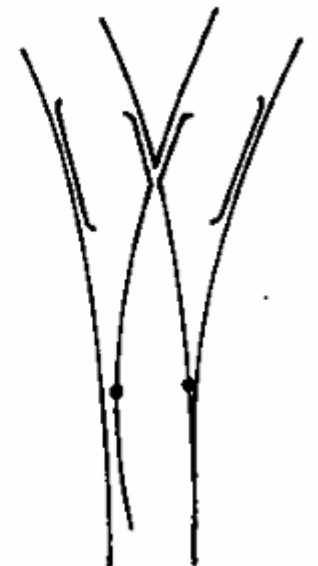
desvío divergente



desvío convergente



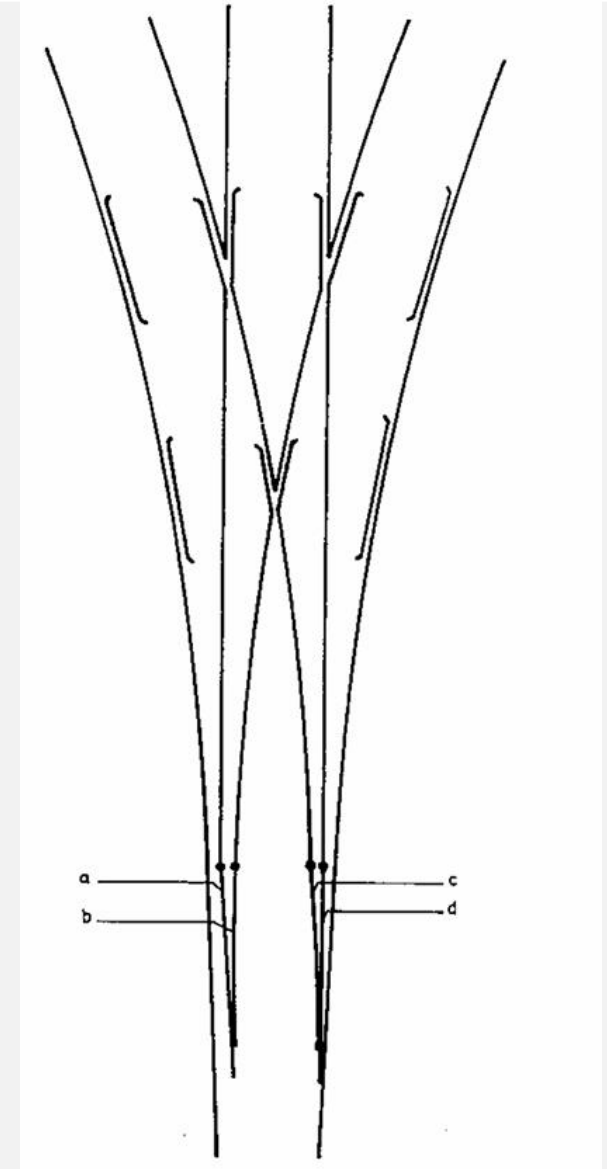
desvío ordinario



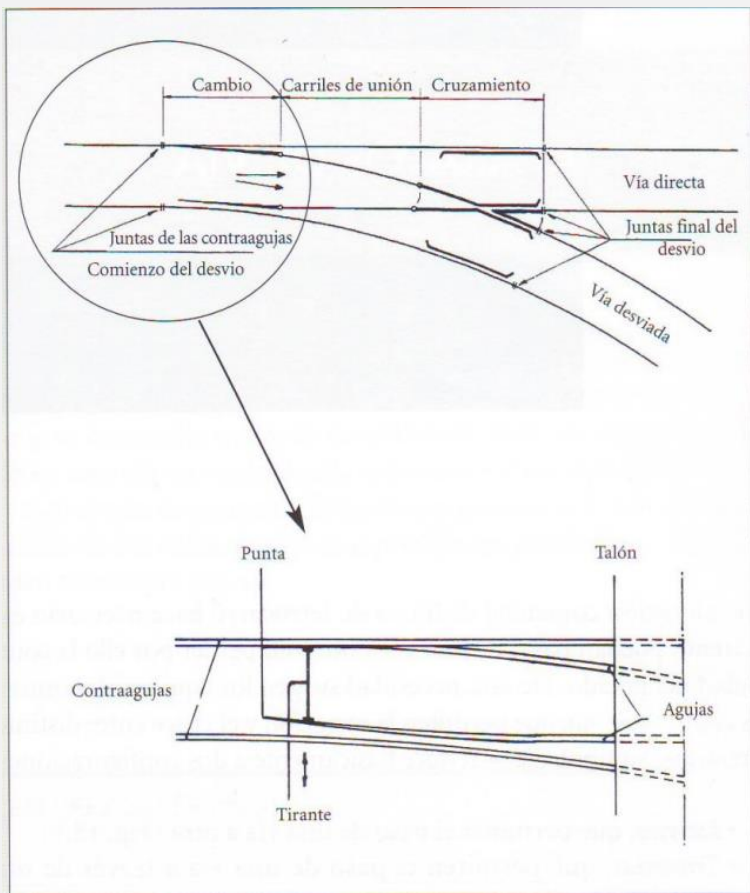
desvío simétrico

## DESVÍO DOBLE

Resuelve el problema de permitir aprovechar bien el terreno para el desdoblamiento de vías y es conveniente su utilización sobre todo en las estaciones de clasificación. En la longitud de un cambio simple se implantan dos



# CAMBIO



## Composición

Contraagujas: par de piezas (rieles) exteriores fijas

Agujas: par de piezas (rieles) interiores, solidarias entre sí y móviles



SYSTEM ARCHITECTURE MAP  
FLOW DIAGRAM V4.2

# Anatomía de un Desvío Sencillo

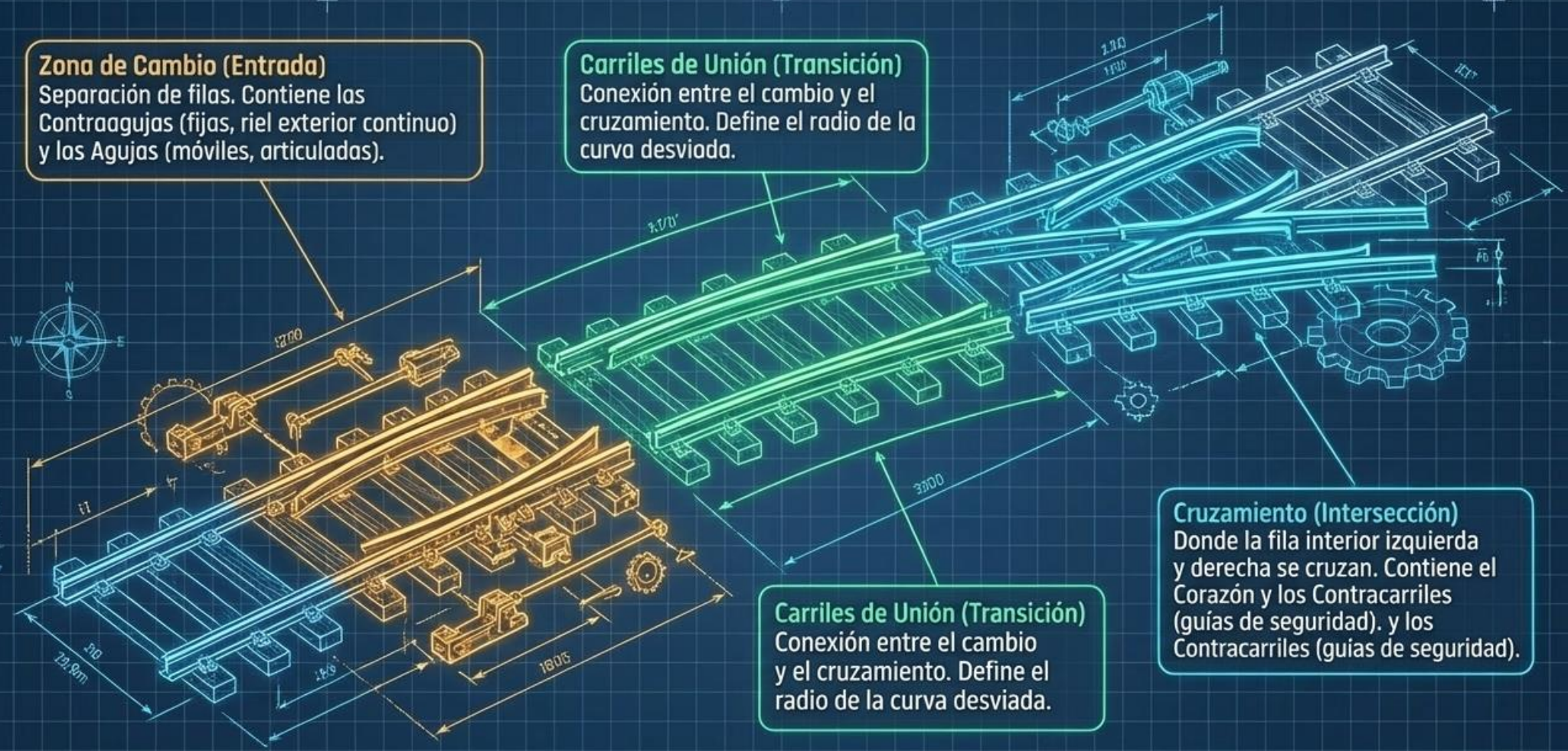
AMS: HORIZONTAL

**Zona de Cambio (Entrada)**  
Separación de filas. Contiene las  
Contraagujas (fijas, riel exterior continuo)  
y las Agujas (móviles, articuladas).

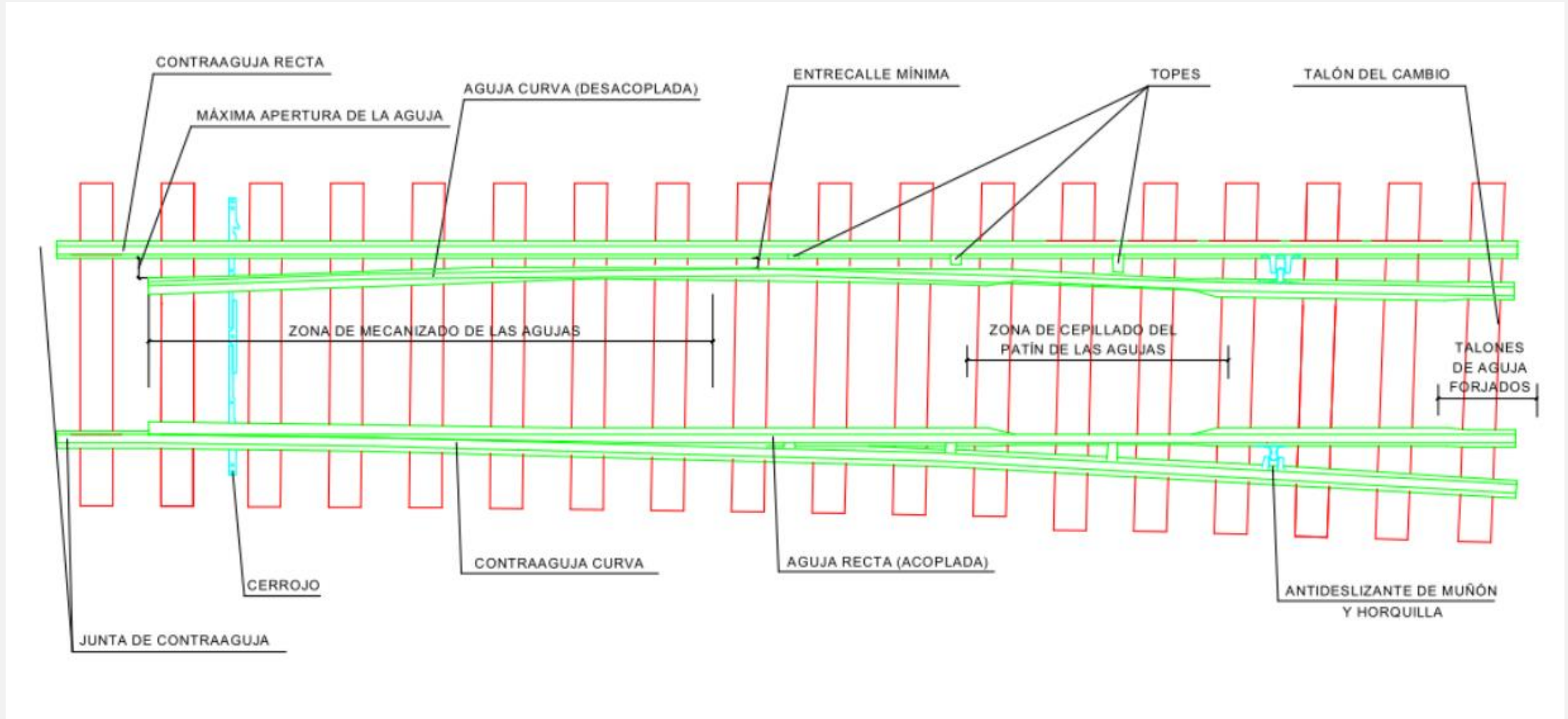
**Carriles de Unión (Transición)**  
Conexión entre el cambio y el  
cruzamiento. Define el radio de la  
curva desviada.

**Carriles de Unión (Transición)**  
Conexión entre el cambio  
y el cruzamiento. Define el  
radio de la curva desviada.



**Cruzamiento (Intersección)**  
Donde la fila interior izquierda  
y derecha se cruzan. Contiene el  
Corazón y los Contracarriles  
(guías de seguridad), y los  
Contracarriles (guías de seguridad).



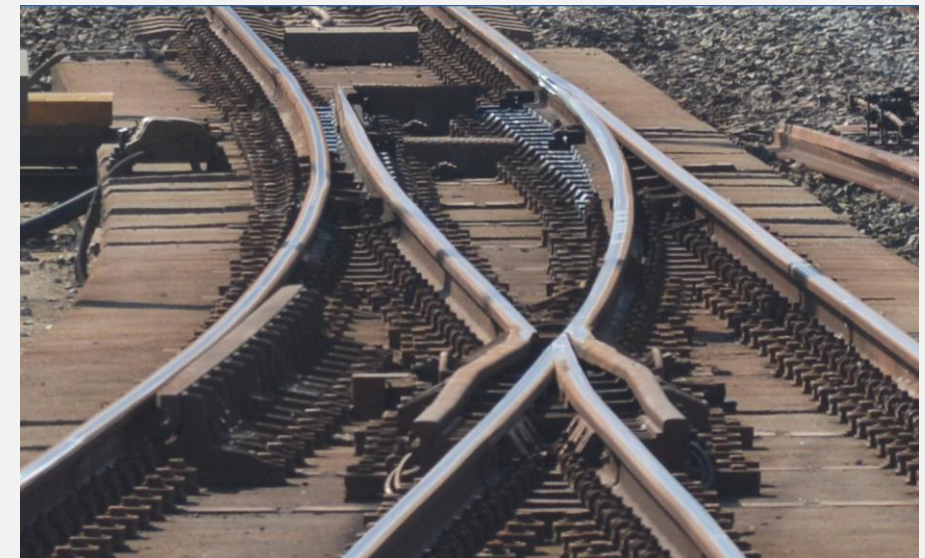
# CAMBIO



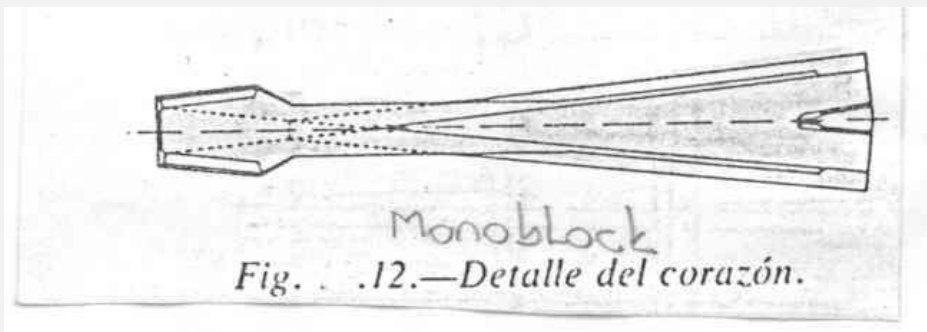
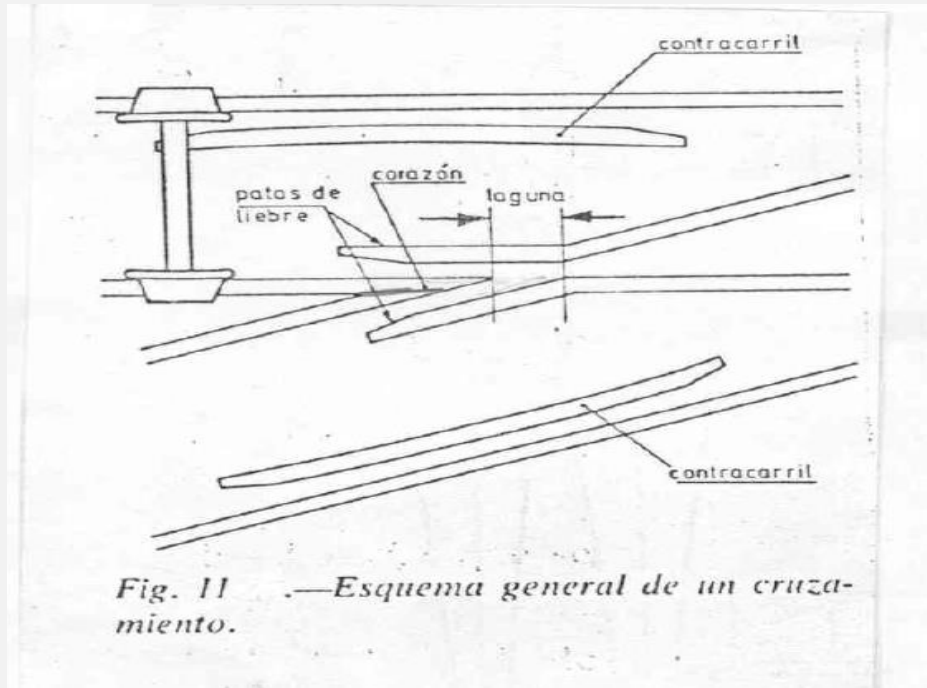
## Matriz de Cinemática: Movimiento en Punta vs. Talón

	Movimiento en Punta (Facing)	Movimiento en Talón (Trailing)
Dirección		
Dinámica de la Pestaña	La pestaña de la rueda enfrenta la aguja (separación milimétrica crítica).	La pestaña empuja y desplaza la aguja si está mal posicionada (cambio talonable).
Riesgo de Descarrilamiento	<b>ALTO.</b> Una mínima abertura provoca que la pestaña entre por la vía equivocada.	<b>BAJO.</b> En el peor caso, rotura o dobladura de bielas mecánicas.
Ecosistema de Seguridad Requerido	Obligatorio (Cerrojos, Barras, Detectores).	No requiere enclavamientos complejos.

# CRUZAMIENTO



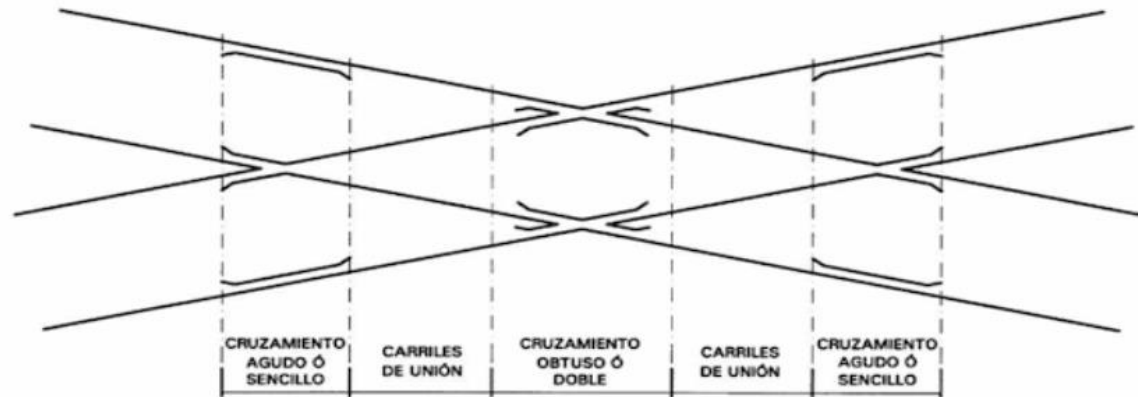
# CRUZAMIENTO



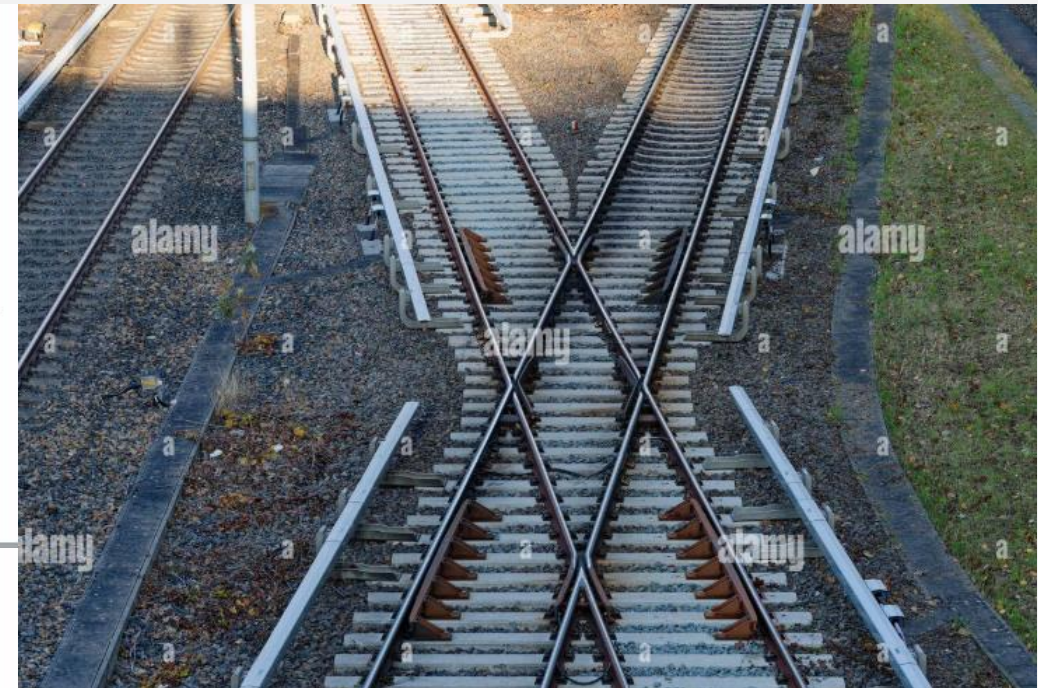
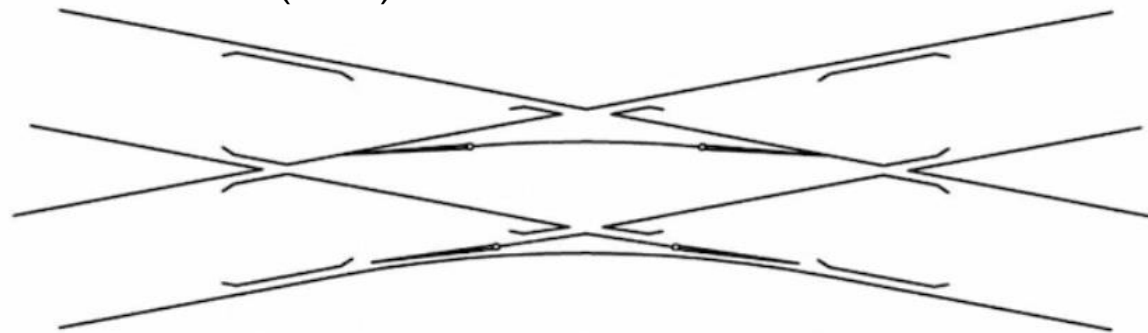
- La punta del corazón suele estar rebajada (ascenso suave de la rueda)
- Se fabrica en aceros especiales con cromo o con aleaciones austeníticas de manganeso (mayor resistencia)
- Pueden ser cruceamientos rectos (caras de trabajo del corazón planas) o cruceamientos curvos (donde tanto las caras activas del corazón como las patas de liebre son curvas)

# CRUZAMIENTOS (TRAVESÍAS)

TRAVESÍA SIN UNIÓN

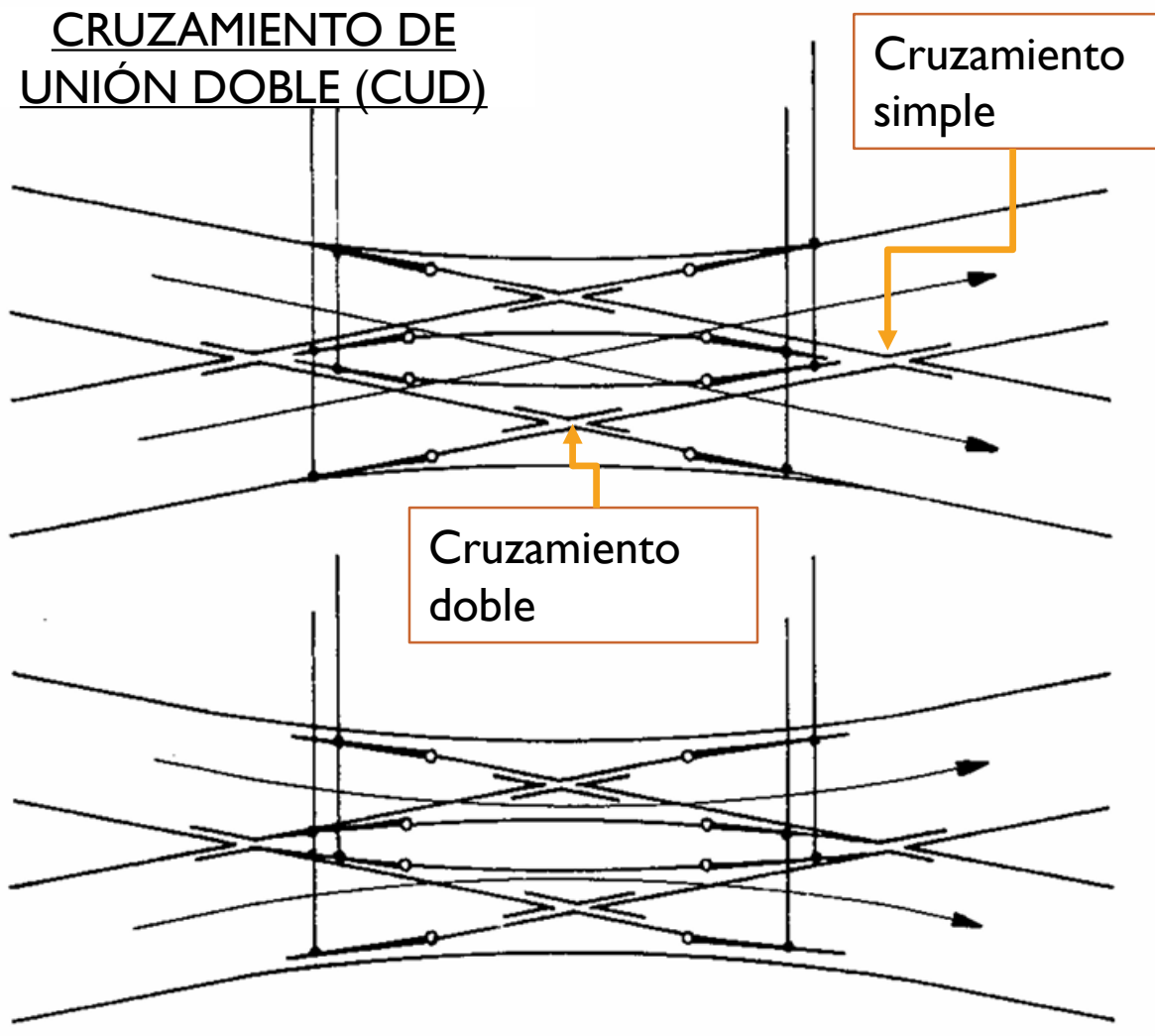


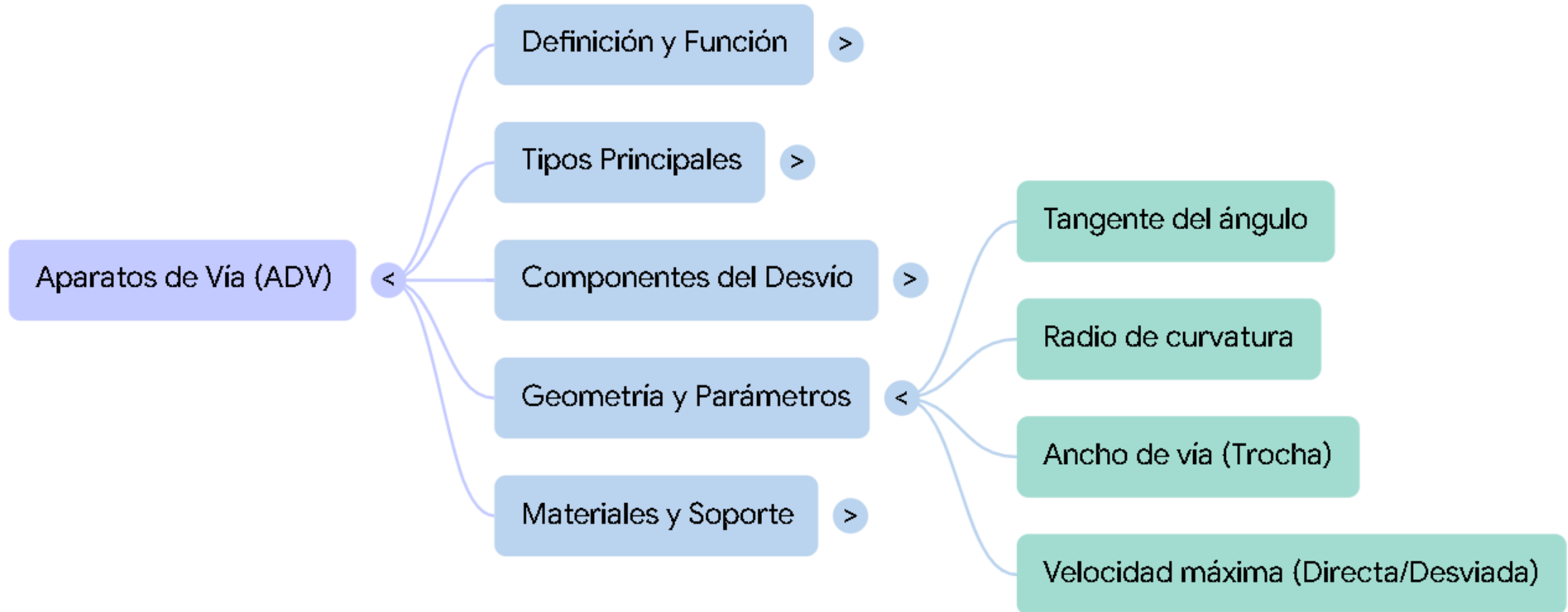
CRUZAMIENTO DE  
UNIÓN SIMPLE (CUS)



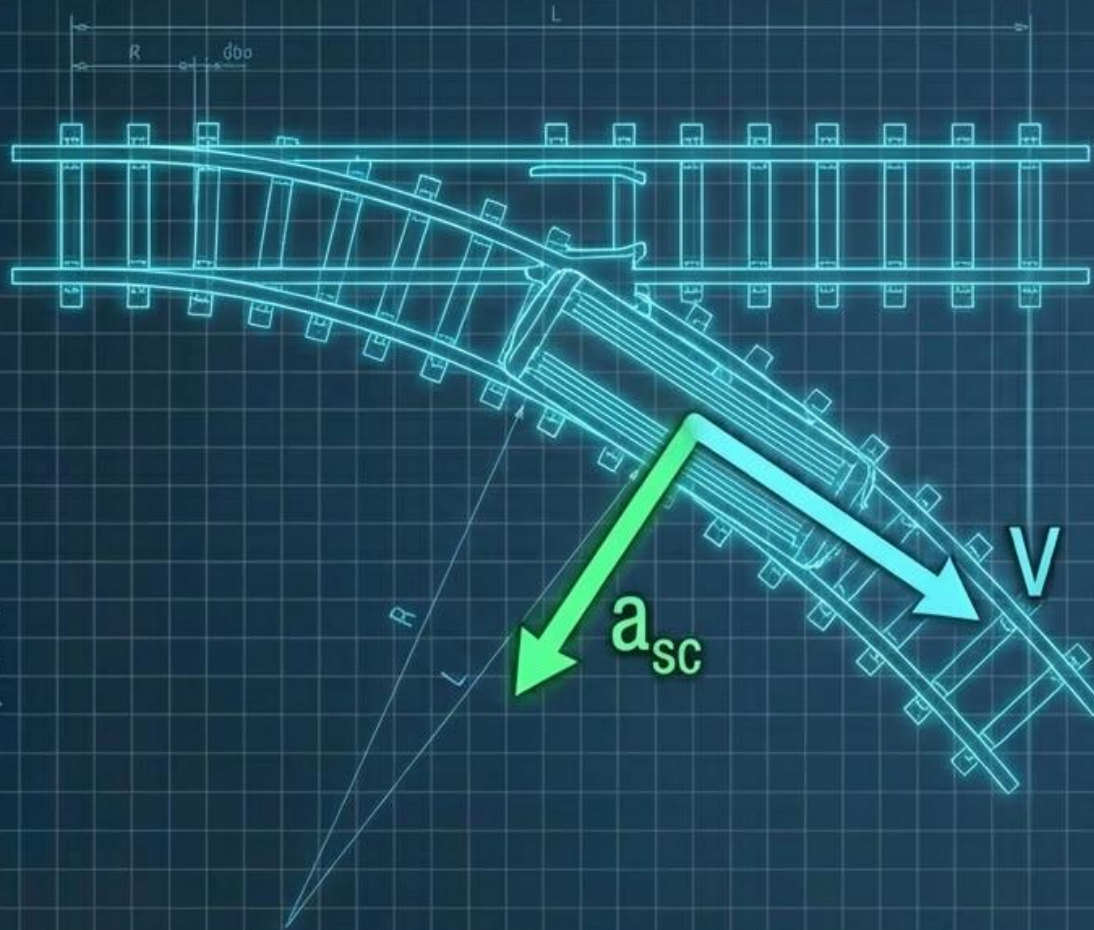
# CRUZAMIENTOS (TRAVESÍAS)

CRUZAMIENTO DE  
UNIÓN DOBLE (CUD)





## La Física de la Curva: Parámetros de Diseño



**Vía Directa:** Velocidad principal (hasta 160 km/h).

**Vía Desviada:** La velocidad está limitada por el radio de la curva y el confort/seguridad del pasajero.

**Aceleración Transversal sin Compensar ( $a_{sc}$ ) - Norma UNE-EN 13803**

**Nominal:**  $0,75 \text{ m/s}^2$  (confortable, uso diario).

**Excepcional:**  $1,05 \text{ m/s}^2$  (límite de seguridad estricto).

## Deducción del Radio Mínimo de Curvatura

Paso 1: Condición Física Base

$$R \geq \frac{V^2}{a_{sc}}$$

(El radio debe ser mayor al cuadrado de la velocidad dividido por la aceleración lateral).

Paso 2: Homogeneización de Unidades

Conversión de  $V$  (km/h a m/s) y adopción de  $a_{sc}$  máxima nominal (0,75 m/s<sup>2</sup>).

$$R = \frac{(V / 3,6)^2}{0,75} \rightarrow R = \frac{V^2}{(3,6^2 \cdot 0,75)} \rightarrow R = \frac{V^2}{(12,96 \cdot 0,75)}$$

Paso 3: Ecuación Práctica de Diseño

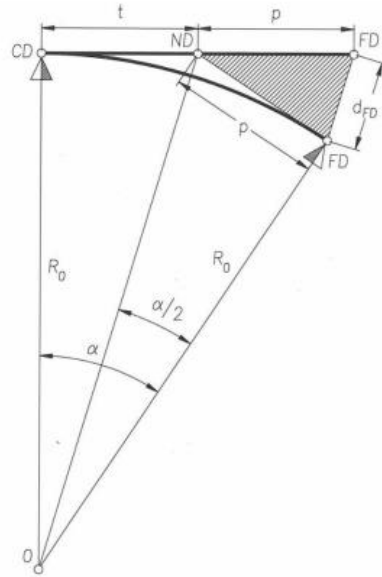
$$R[m] = V[km/h]^2 / 9,72$$

## VELOCIDAD MÁXIMA DE VÍA DESVIADA (PARA RADIOS COMERCIALES)

Radio	Velocidad para asc nominal (0,75 m/s <sup>2</sup> )	Velocidad para asc excepcional (1,05 m/s <sup>2</sup> )
190	43 km/h	51 km/h
300	54 km/h	64 km/h
500	70 km/h	82 km/h

Figura 88 - Esquema de cálculo de la tangencia de un desvío

(García Díaz de Villegas & Rodríguez Bugarín, 1995)



Considerando que:

$$\tan \alpha = \frac{1}{n}$$

Fórmula 172

Se obtiene que:

$$t = \frac{R_0}{2 * n}$$

Fórmula 173

$$n \approx \sqrt{\frac{R_0}{2 * d_{FD}}}$$

Fórmula 174

$$\text{Tangente del Ángulo: } \tan(\alpha) = \frac{1}{n}$$

$$\text{Índice de Cruzamiento: } n \approx \sqrt{\frac{R_0}{2 \cdot d_{FD}}}$$

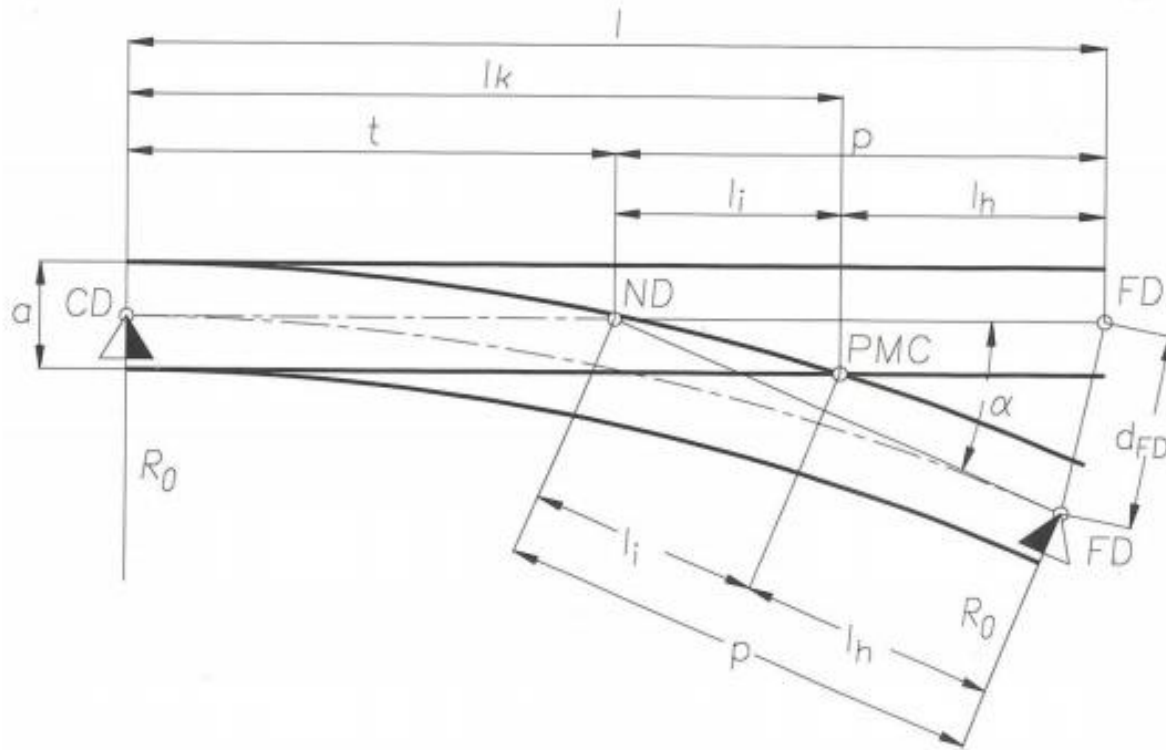
Distancia de Separación Final ( $d_{FD}$ ):

Condición constructiva para fijar los rieles en durmientes independientes.

- Trocha Ancha: 1,95 m
- Trocha Media: 1,75 m
- Trocha Angosta: 1,30 m

Figura 92 - Esquema de cálculo de un desvío tangente con cruzamiento curvo

(García Díaz de Villegas & Rodríguez Bugarín, 1995)



$$l_k = \sqrt{2 * R_0 * a}$$

Fórmula 180

$$l_i = l_k - t$$

Fórmula 181

$$l_h = p - l_i$$

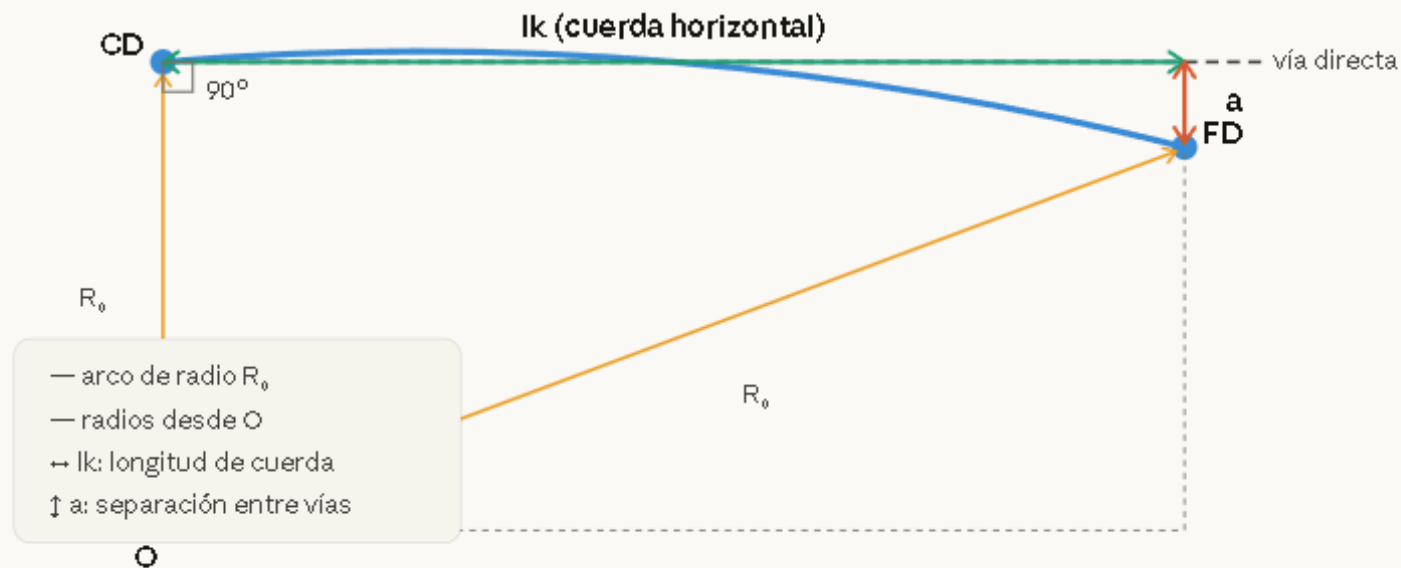
Fórmula 182

$$l = 2 * t = t + p$$

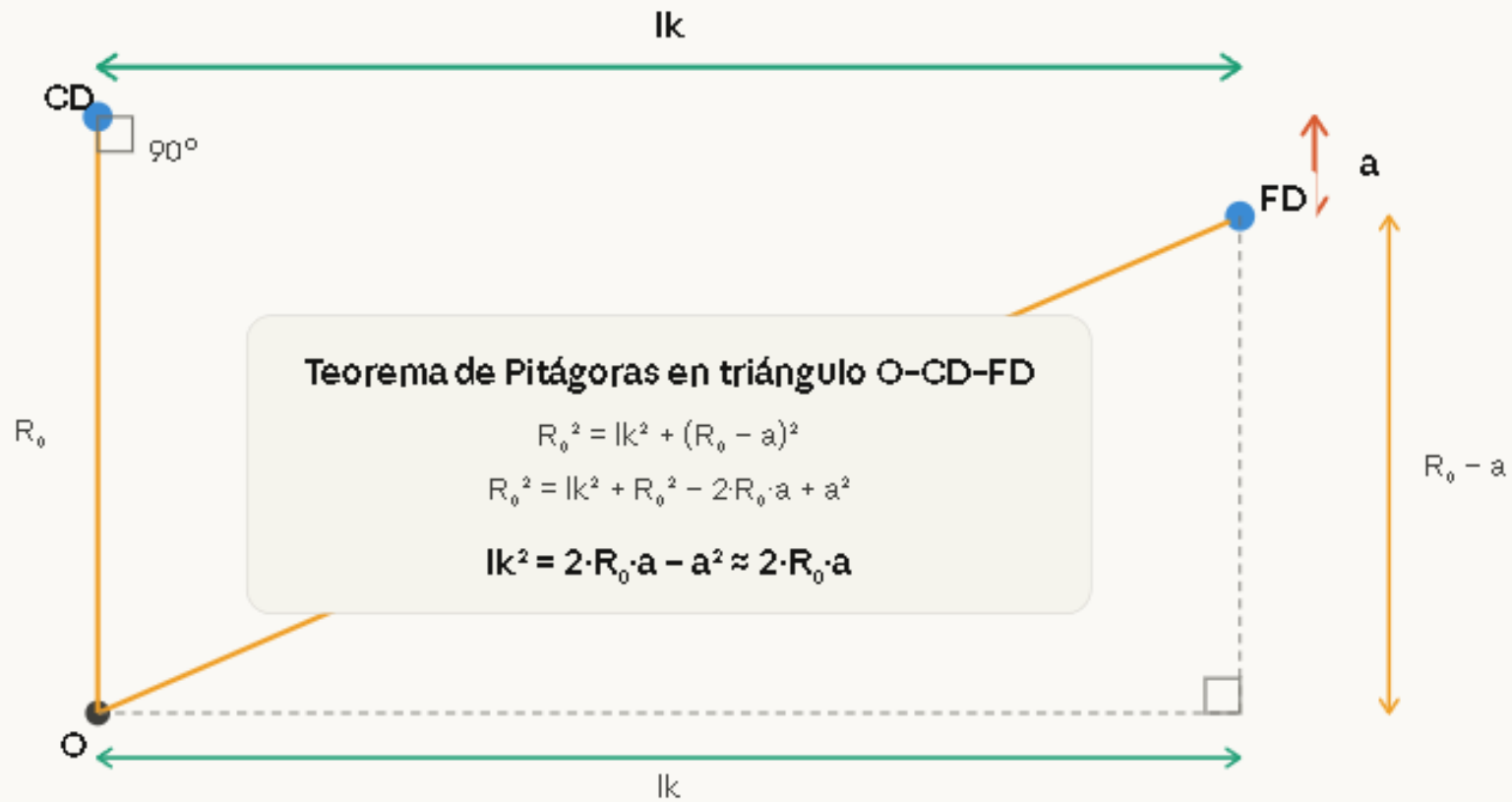
Fórmula 183

$$d_{FD} = 2 * p * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

**Demostración de la Fórmula 180:**  $l_k = \sqrt{2 \cdot R_0 \cdot a}$



**Figura 1** — Geometría base. El arco de radio  $R_0$  parte tangente a la vía directa en CD. La cuerda horizontal  $l_k$  y la separación vertical  $a$  forman el triángulo esencial de la demostración.



**Figura 2** — El triángulo rectángulo clave. El radio  $R_0$  hasta CD es vertical (perpendicular a la tangente), el radio hasta FD es la hipotenusa, y los catetos son  $lk$  y  $(R_0 - a)$ .

### Desarrollo algebraico completo

Paso 1 — Pitágoras: hipotenusa  $R_0$ , catetos  $lk$  y  $(R_0 - a)$

$$R_0^2 = lk^2 + (R_0 - a)^2$$

Paso 2 — Expandir el cuadrado del segundo cateto

$$R_0^2 = lk^2 + R_0^2 - 2 \cdot R_0 \cdot a + a^2$$

Paso 3 — Cancelar  $R_0^2$  en ambos lados y despejar  $lk^2$

$$lk^2 = 2 \cdot R_0 \cdot a - a^2$$

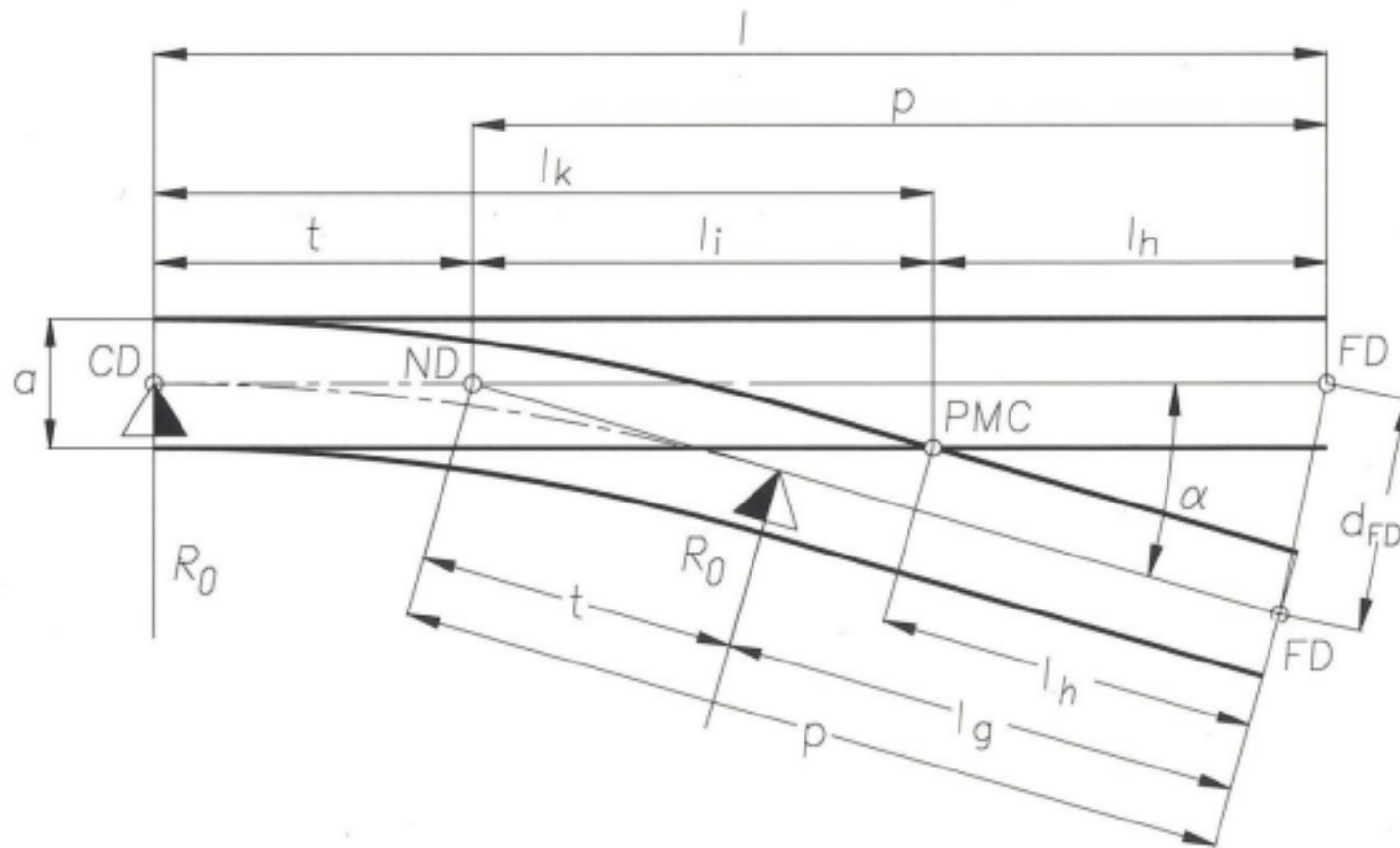
Paso 4 — Aproximación:  $a \ll R_0$ , entonces  $a^2$  es despreciable frente a  $2 \cdot R_0 \cdot a$

$$lk^2 \approx 2 \cdot R_0 \cdot a$$

$$\text{Fórmula 180: } lk = \sqrt{2 \cdot R_0 \cdot a}$$

Figura 93 - Esquema de cálculo de un desvío tangente con cruzamiento recto

(García Díaz de Villegas & Rodríguez Bugarín, 1995)

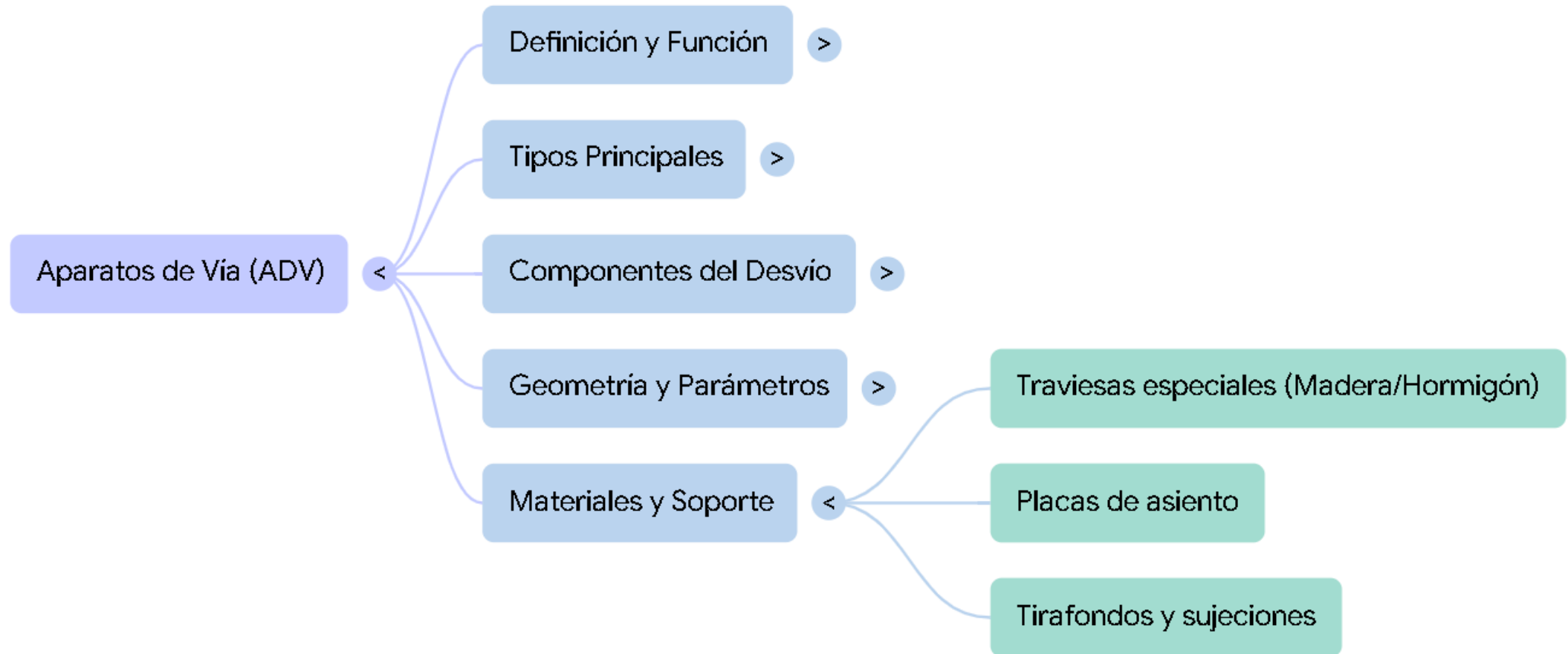


$$\tan \alpha = \frac{1}{n}$$

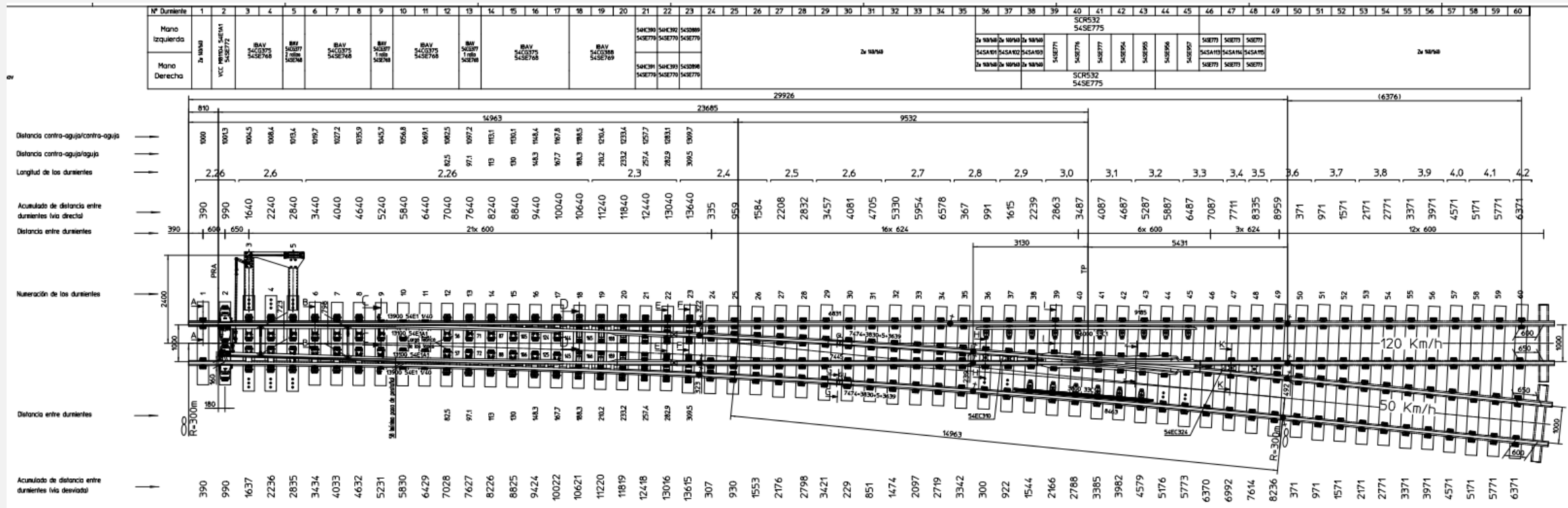
Fórmula 185

$$t = R_0 * \tan \frac{\alpha}{2}$$

Fórmula 186



# MATERIALES - CAMBIO



## MATERIALES - CAMBIO

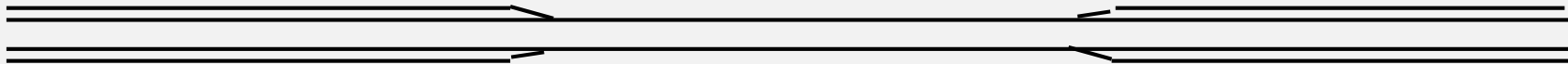
Las agujas pueden mecanizarse a partir de:

1-riel de perfil normal.

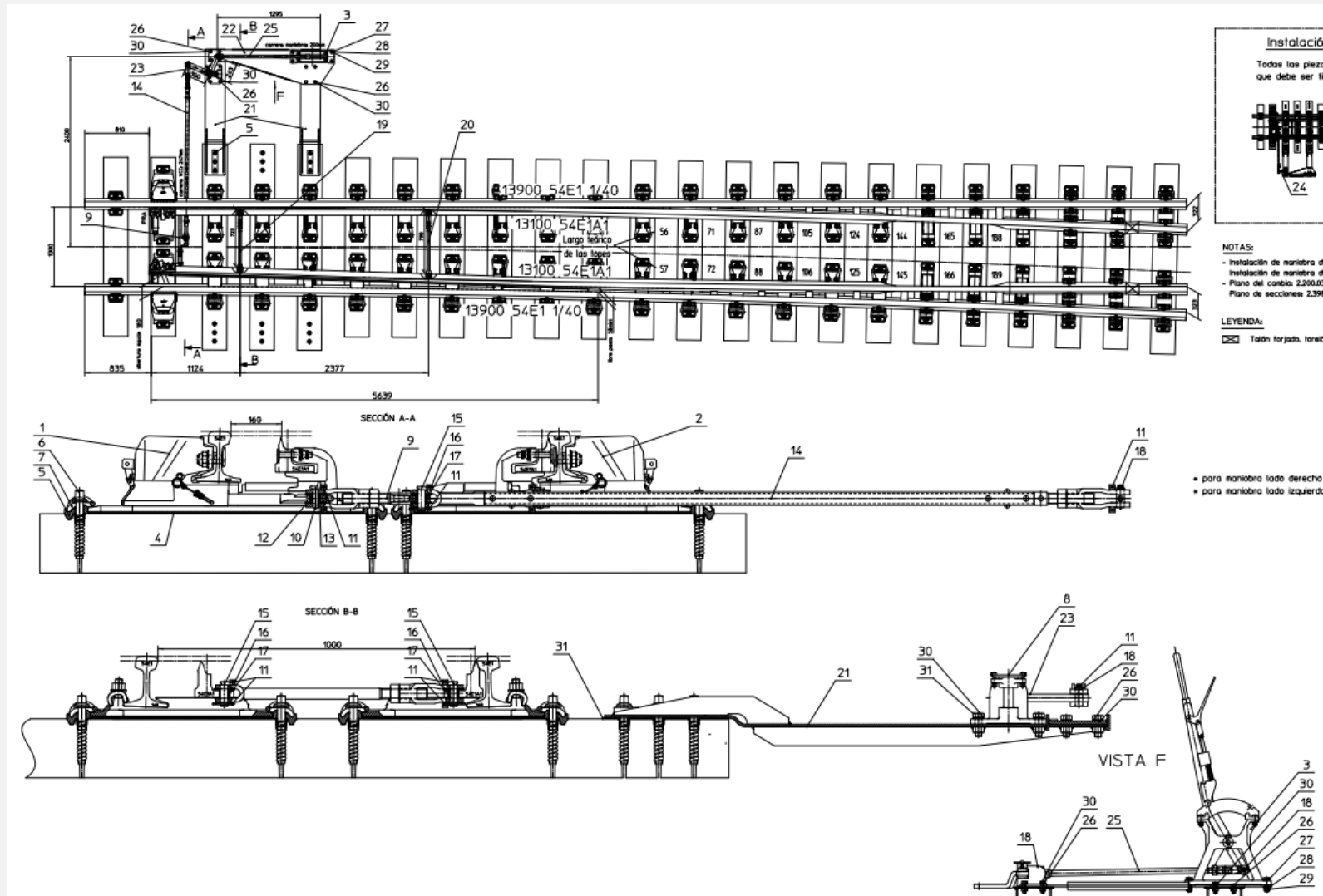
2-riel de perfil especial de la misma altura que la contra aguja.

3-riel de menor altura.

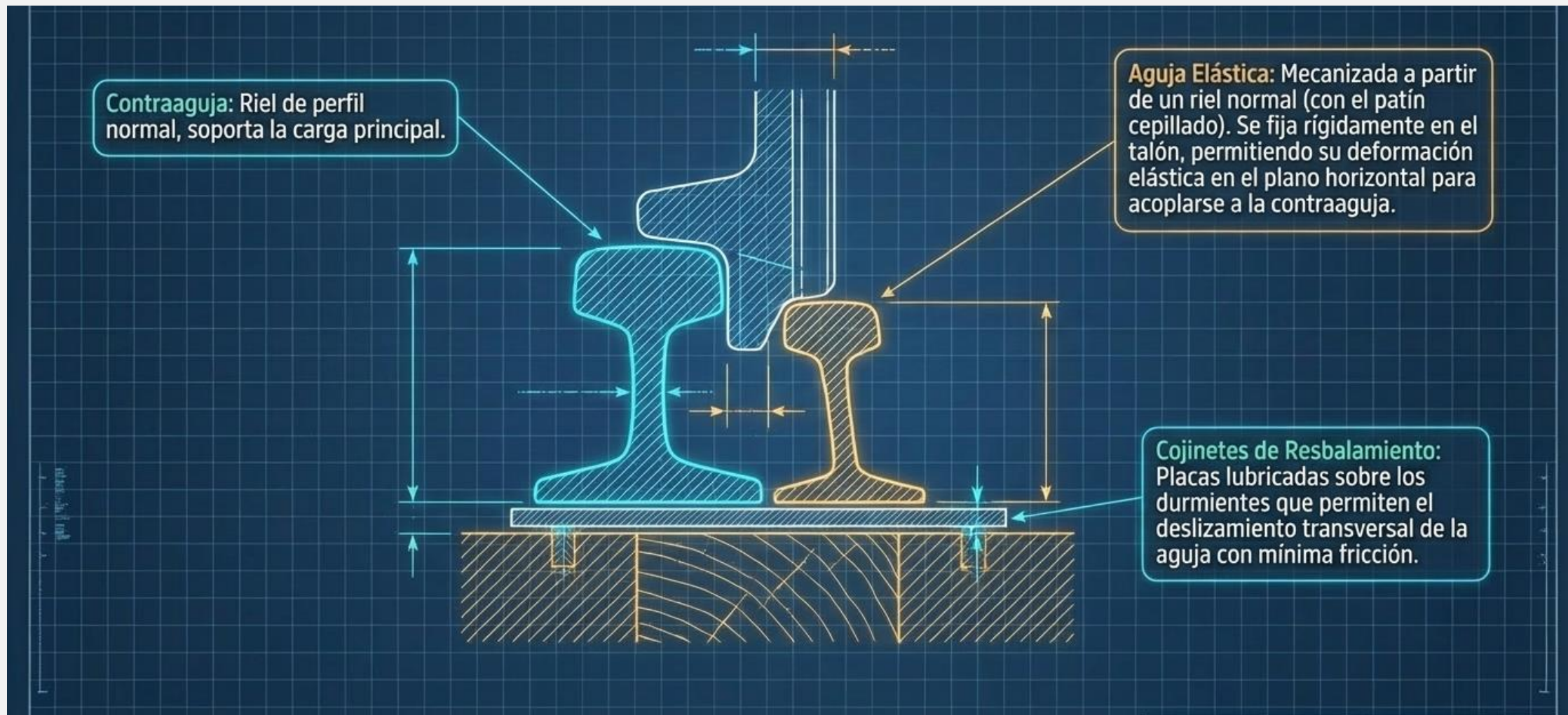
La mejor forma de aguja es la tipo elástica que varía el Jx de la aguja al cepillar el patín de la misma y en el talón en la zona del cojinete se coloca totalmente apretadas, permitiendo la deformación en el plano horizontal de la aguja.



# MATERIALES - CAMBIO

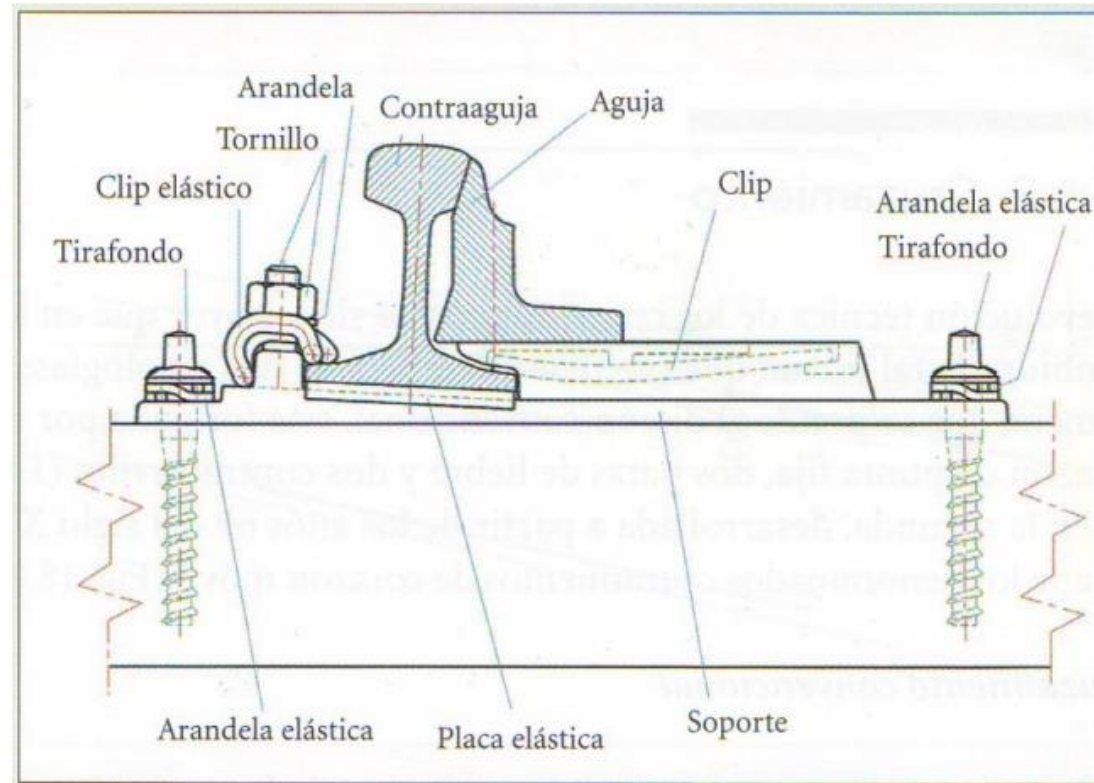


# MATERIALES - CAMBIO



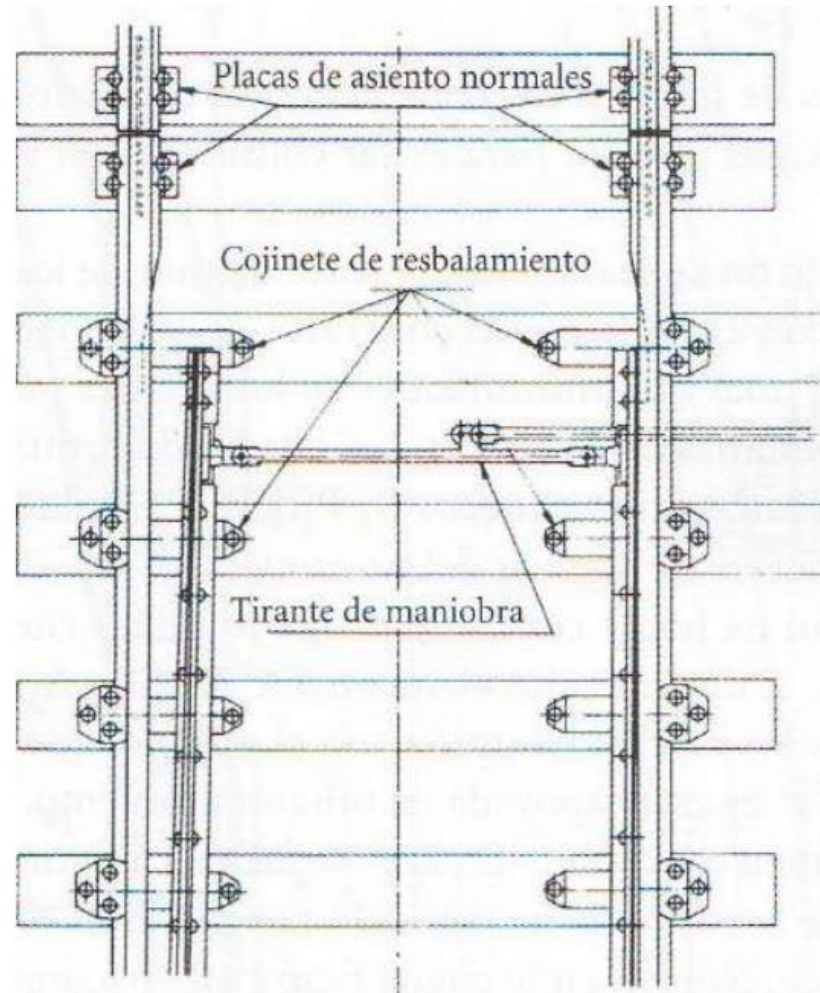
# MATERIALES - CAMBIO

## UNION AGUJA - CONTRAAGUJAS



Fuente: Talleres Alegría

## MATERIALES - CAMBIO



Las agujas tienen orificios en el alma para las barras de unión, cojinetes, dispositivos de anclaje y enclavamientos.

¡MUCHAS GRACIAS!

MUCHAS GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN