



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# FERROCARRILES



Curso 2024/2025

4º Grado Ingeniería Civil

Profesora: Pilar Jiménez Gómez

E-mail: pilar.jimenez@upct.es



# Índice

**Bloque 1.  
Sección transversal ferroviaria.**

**Bloque 2.  
Geometría de la vía. Trazado**

**Bloque 3  
Comportamiento mecánico de la vía**

**Bloque 4.  
Calidad y mantenimiento**

**Bloque 5.  
Instalaciones**



# Índice

## 1. Introducción

## 2. El material móvil

## 3. La vía ferroviaria

### 3.1 El carril

### 3.2 La continuidad de la vía

### 3.3 La traviesa

### 3.4 Las sujeciones

### 3.5 El balasto. Capas de asiento



# 3.2

## La continuidad de la vía

### 3.2.1. La vía con juntas

Introducción

Funciones

Partes

Tipos

Problemas



# 3.2

## La continuidad de la vía

### 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada (BLS)

Introducción

Planteamiento técnico

Tipos de soldadura

Características de la vía para admitir BLS

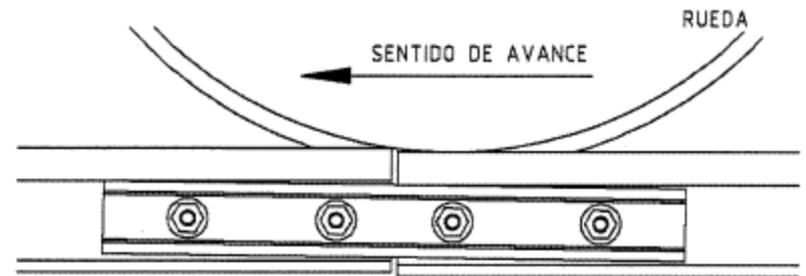
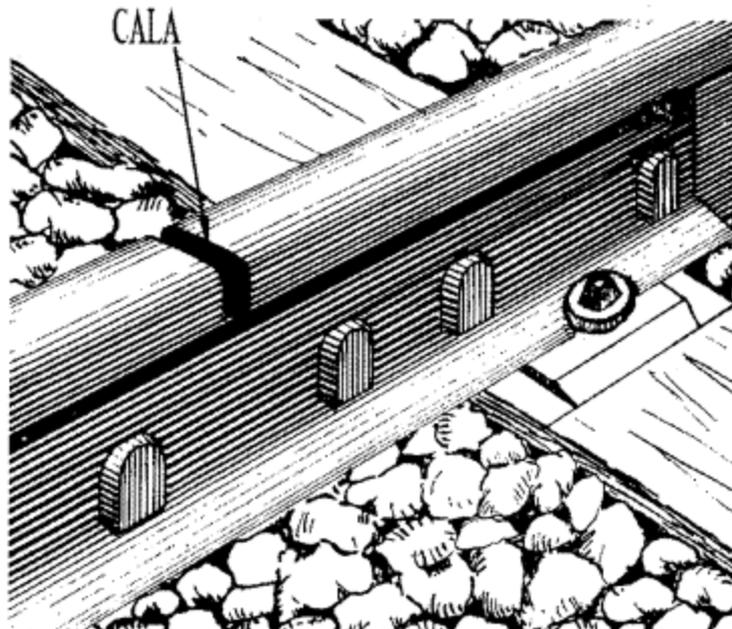


### 3.2.1. La vía con juntas

**Junta:** unión de dos carriles entre sí

**Brida:** pieza metálica que unen los carriles

**Cala:** pequeña separación que queda entre dos carriles consecutivos

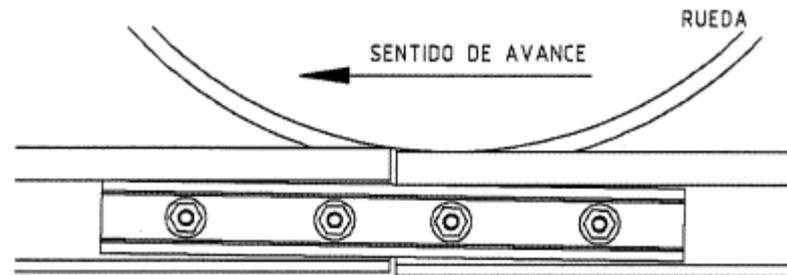




## 3.2.1. La vía con juntas

### Funciones

1. Solidarizar los carriles
2. Resistencia a la deformación. Deformación solidaria
3. Impedir movimientos relativos
  - ✓ Laterales
  - ✓ Verticales
4. Permitir movimientos longitudinales (facilitar la dilatación del carril)

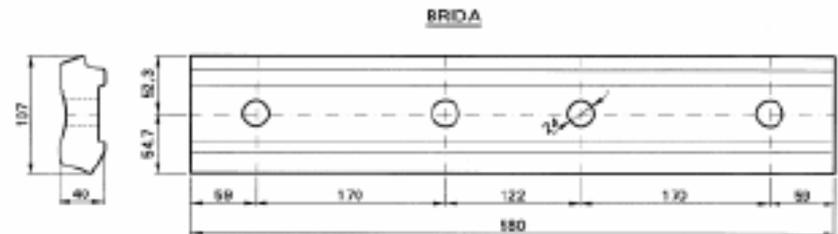
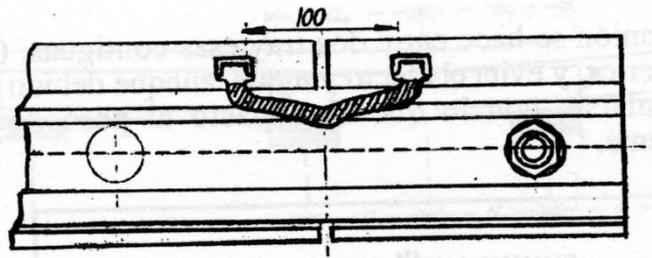
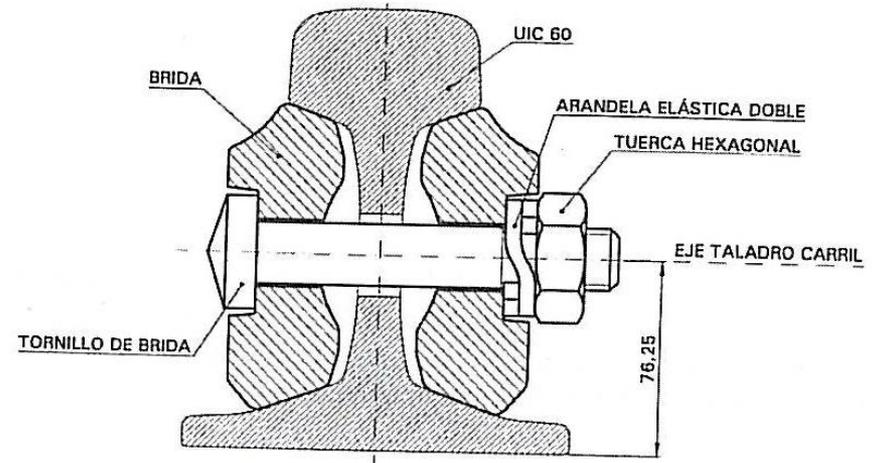




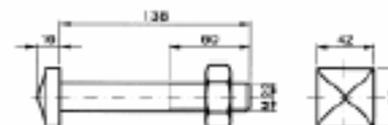
## 3.2.1. La vía con juntas

### Partes

- ✓ Bridas
- ✓ Tornillos
- ✓ Conexiones de junta



TORNILLO DE BRIDA Y TUERCA



ARANDELA ELÁSTICA DOBLE





## 3.2.1. La vía con juntas

### Posición

#### ✓ Pareadas

Menos ruido

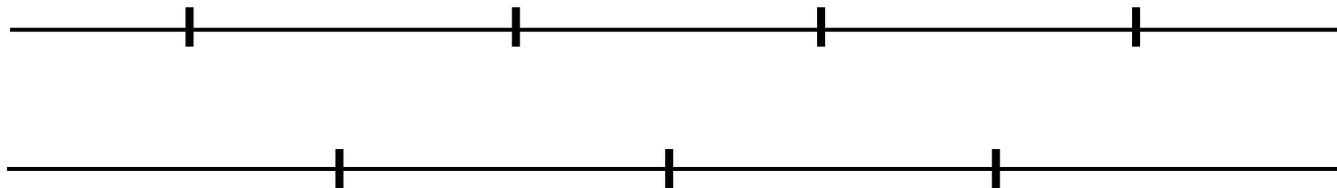
Problemas en curvas



#### ✓ Alternadas

Más ruido

Mayor estabilidad

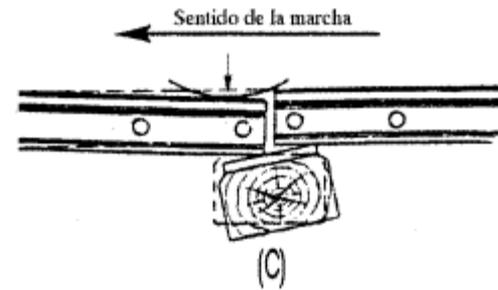
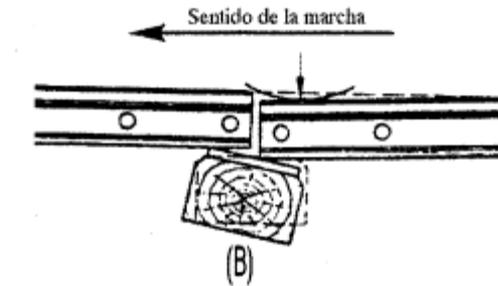
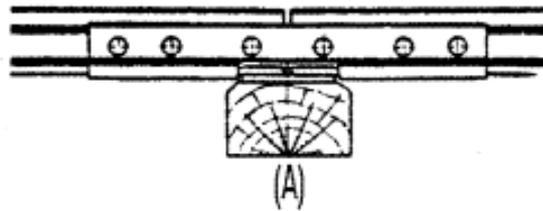




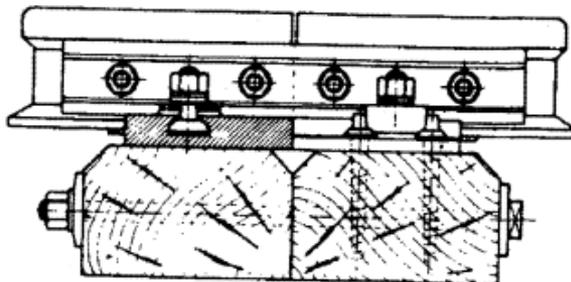
## 3.2.1. La vía con juntas

### Tipos de juntas

#### ✓ Apoyada simple



#### ✓ Apoyada doble

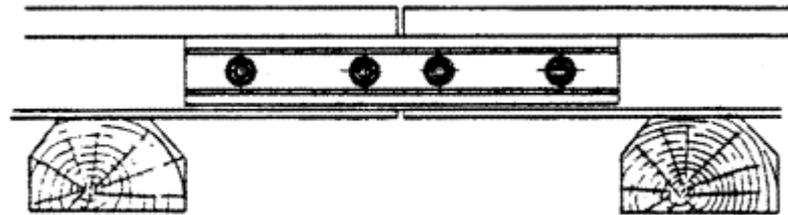




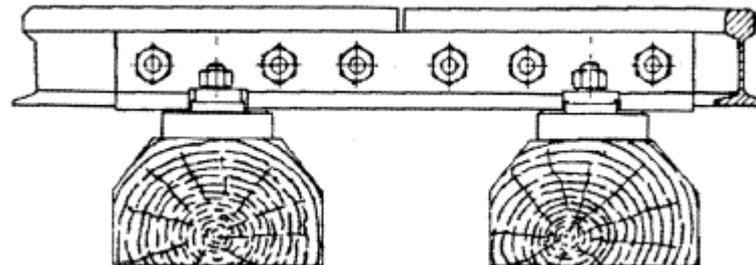
## 3.2.1. La vía con juntas

### Tipos de juntas

- ✓ **Suspendida o al aire**



- ✓ **Semisuspendida**





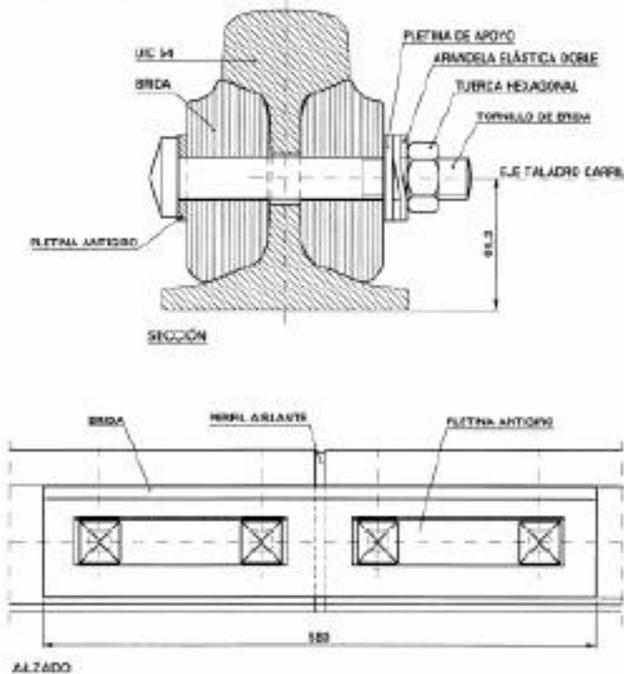
## 3.2.1. La vía con juntas

### Tipos de juntas

#### ✓ Aislantes

##### DESCRIPCIÓN GENERAL

AVC 54  
- Altura carril: carril 68,2 mm



### Elementos de las Juntas Aislantes:

- Forros aislantes entre las bridas y el carril
- Sección transversal del carril de material aislante (se coloca entre los dos carriles consecutivos)
- Cilindros aislantes que se colocan alrededor de los bulones



## 3.2.1. La vía con juntas

### Tipos de juntas

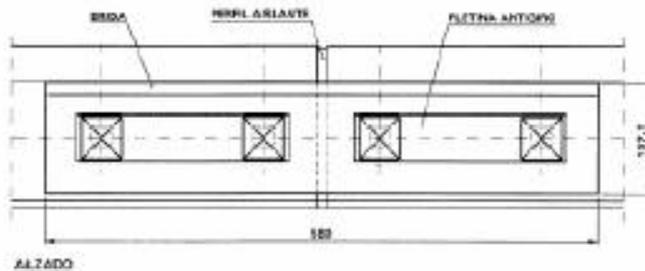
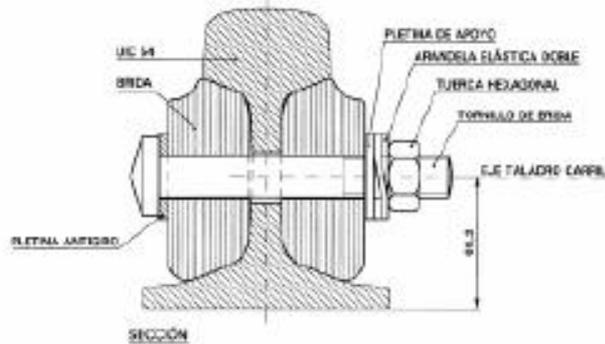


### Aislantes

- Madera baquelizada
- Encoladas

#### DESCRIPCIÓN GENERAL

- SVC 54  
- Altura total del carril 69,2 mm



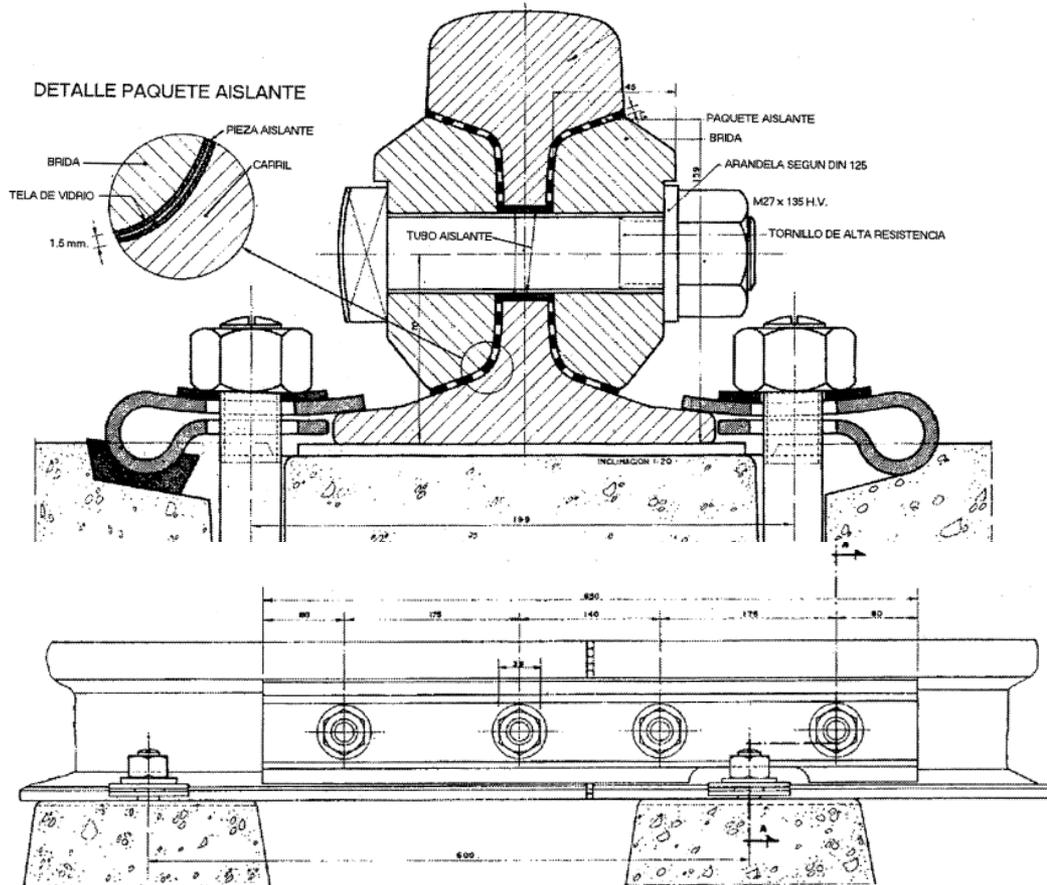


## 3.2.1. La vía con juntas

### Tipos de juntas

#### ✓ Aislantes

- Madera baquelizada
- Encoladas





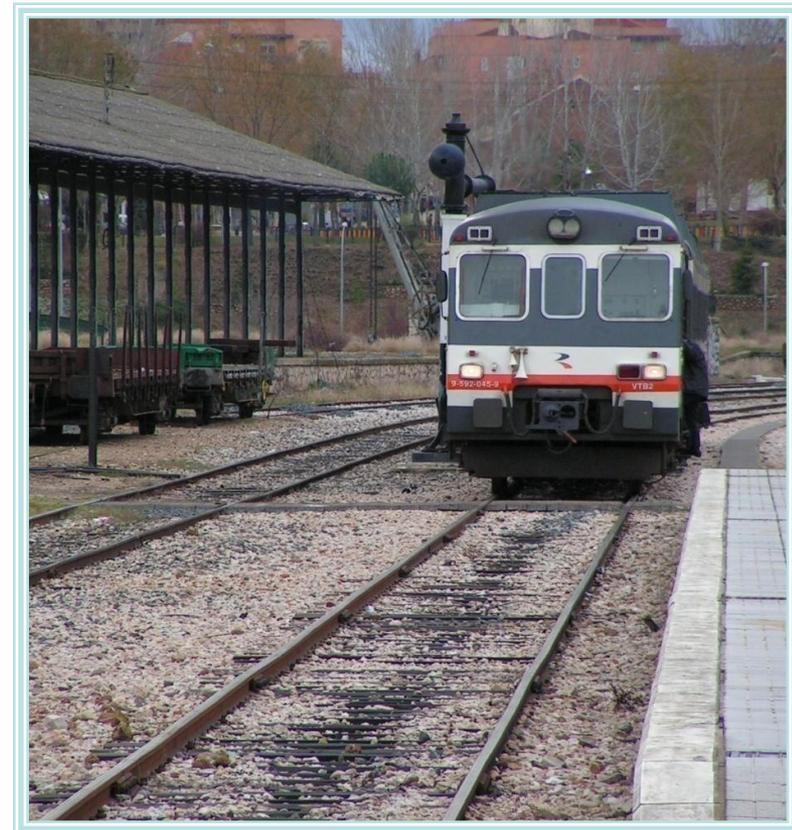
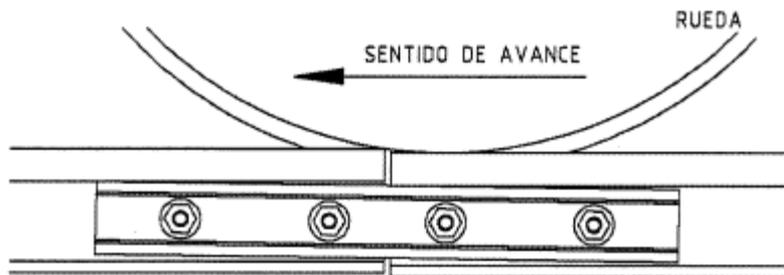
## 3.2.1. La vía con juntas

### Problemas

- Fuertes acciones dinámicas
- Frecuente rotura de las bridas
- Altos gastos de conservación
- Aumento de la resistencia a la rodadura
- Pérdida de confort

### Uso

- Líneas antiguas
- Débil tráfico





## 3.2.1. La vía con juntas

### Problemas





# 3.2

## La continuidad de la vía

### 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada (BLS)

Introducción

Planteamiento técnico

Tipos de soldadura

Características de la vía para admitir BLS



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Definición:

Vía cuyas barras, elementales o de taller, han sido soldadas para formar barras largas soldadas (BLS) de la mayor longitud posible, y que,

teniendo los extremos unidos a aparatos de dilatación, no debe experimentar ningún movimiento en la parte central del carril provocado por los cambios de temperatura ambiente, cuando está debidamente montada.





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

### Ventajas:

- 1) Disminuye el mantenimiento
- 2) Aumenta la seguridad
- 3) Aumenta el confort
- 4) Permite mayores cargas y mayor velocidad de circulación
- 5) Disminuye la resistencia a la rodadura → ahorro energético
- 6) Continuidad del circuito eléctrico de tracción

### Uso:

- Líneas modernas (alta velocidad)
- Tráfico intenso

### Inconvenientes:

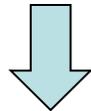
- Exige unas condiciones específicas de establecimiento
- Exige una estricta vigilancia de las condiciones de conservación



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Condicionantes:

- Laminación
- Transporte
- Dilatación térmica



### Causas por las que la BLS no ha surgido hasta épocas recientes:

1. Dificultad técnica de la soldadura in situ.
2. Uniones carril-traviesa. Indispensable que sean permanentes de forma que los movimientos solo se produzcan entre traviesa y balasto.
3. Pandeo debido a los esfuerzos térmicos que tienen lugar en la vía.



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

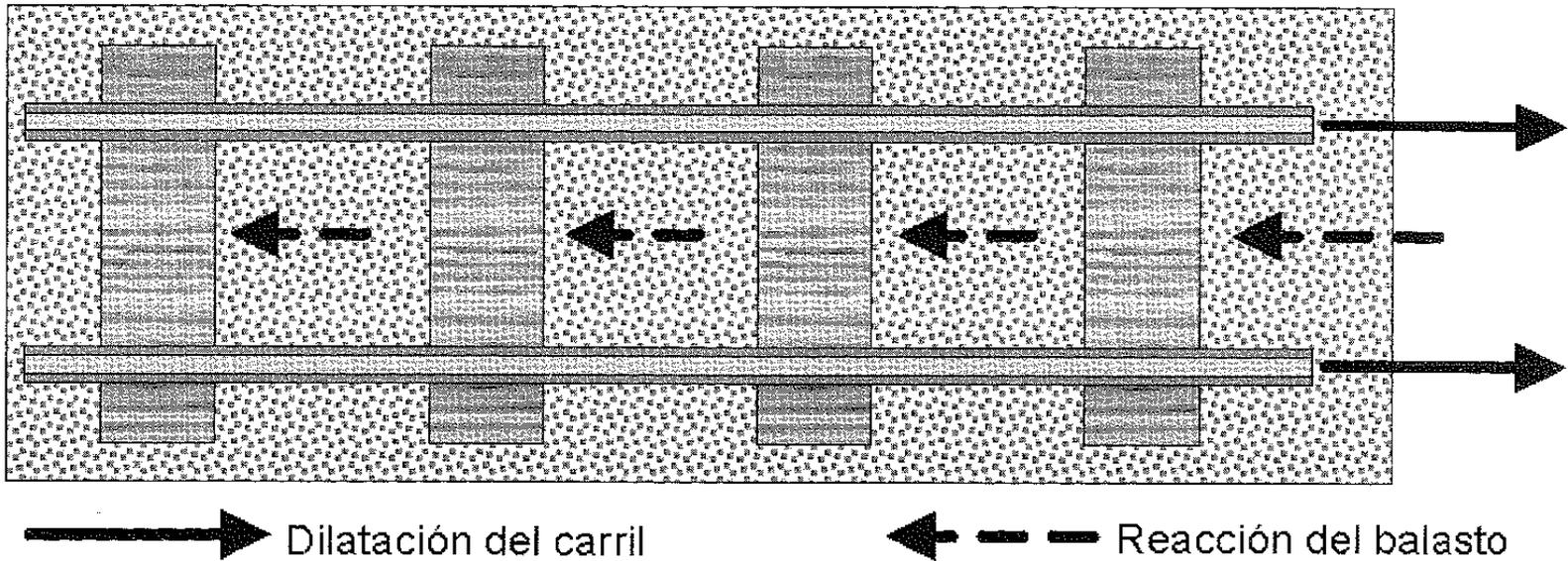
### Planteamiento técnico

- Dilatación libre
- Dilatación restringida
- Desplazamientos
- Aparatos de dilatación
- Liberación de tensiones



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Dilatación libre

$$\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta L = L \alpha \Delta T$$

- Dilatación restringida

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \frac{\Delta L}{L} = E \frac{L \alpha \Delta T}{L} = E \alpha \Delta T$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

- Ley de Hooke (un carril)

$$F = A \cdot E \cdot \varepsilon = A \cdot E \cdot \frac{\Delta L}{L}$$

$$F = A \cdot \sigma = S \cdot \sigma = S \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

- Esfuerzo axial en un carril

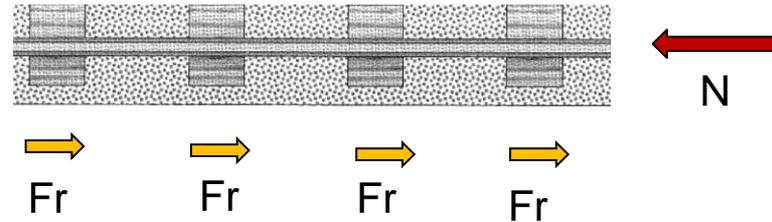
$$N = AE \alpha \Delta T \quad \longrightarrow \quad N \neq f(L)$$



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Dilatación restringida



- Resistencia específica de la vía,  $r$ , depende de:
  - El tipo de carril (peso de la vía)
  - Las traviesas (forma y material por su empotramiento en el balasto)
  - La angulosidad del balasto (factor de calidad)

Traviesa de madera + carril ligero

$r \approx 500 \text{ kg/m}$

Traviesa de hormigón bloque

$r \approx 750 \text{ kg/m}$

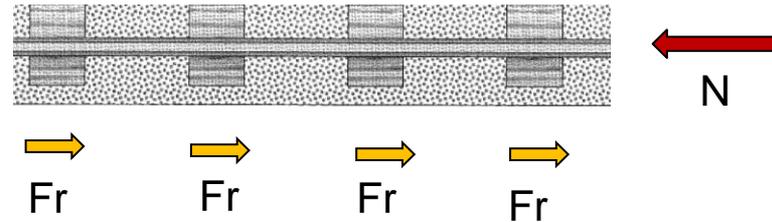
Traviesa de hormigón monobloque + carril pesado  $r \approx 900 - 1000 \text{ kg/m}$



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Dilatación restringida



- Resistencia de la vía en un punto L

$$R_{vía} = r \cdot L$$

Traviesa de madera + carril ligero

$r \approx 500 \text{ kg/m}$

Traviesa de hormigón bloque

$r \approx 750 \text{ kg/m}$

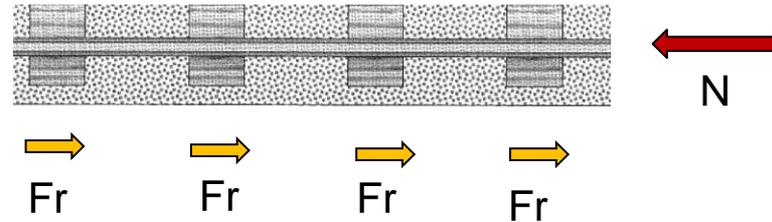
Traviesa de hormigón monobloque + carril pesado  $r \approx 900 - 1000 \text{ kg/m}$



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Dilatación restringida



- Punto de equilibrio entre la resistencia de la vía y el esfuerzo térmico → **Longitud de respiración**

El carril, a partir del punto de equilibrio, no se mueve, sino que se encuentra en tensión (compresión o tracción).

Por tanto la  $L_r$  es la única longitud de la vía que se mueve porque la resistencia de la vía no es capaz de oponerse totalmente al movimiento de la vía por los esfuerzo térmicos.

$$r \cdot L = S * E \alpha \Delta T$$

$S^*$  = sección eficaz del emparrillado (traviesa + carril) »» 2\* Sección del carril

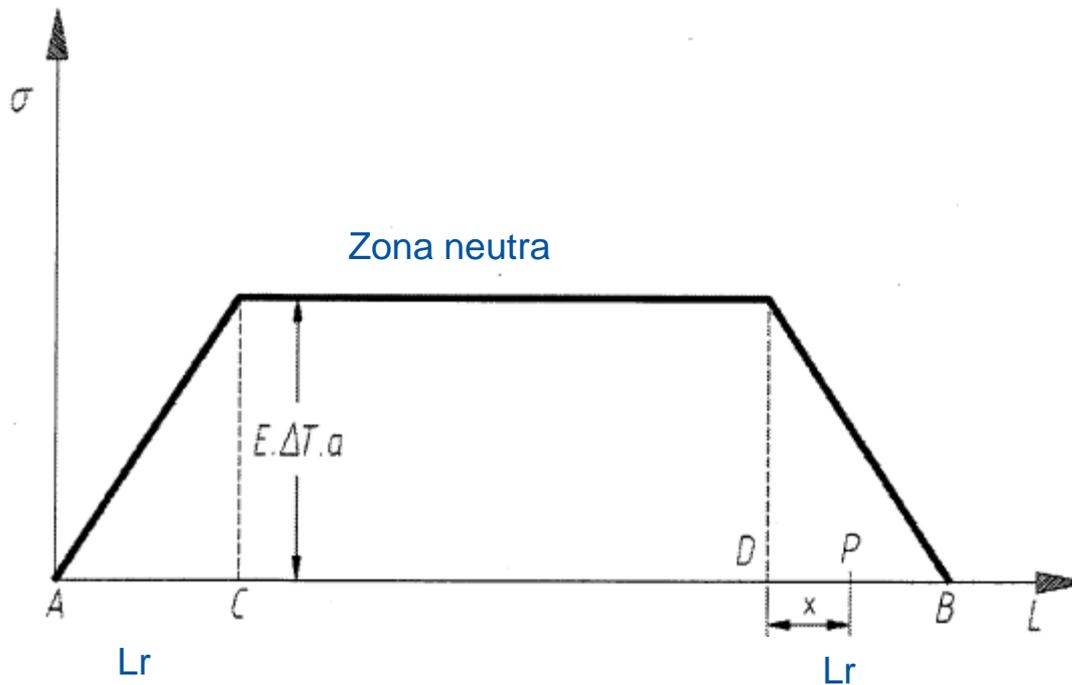
$$L_r = \frac{2SE\alpha\Delta T}{r}$$



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

Distribución de tensiones térmicas de un tramo de vía con BLS entre dos aparatos de dilatación



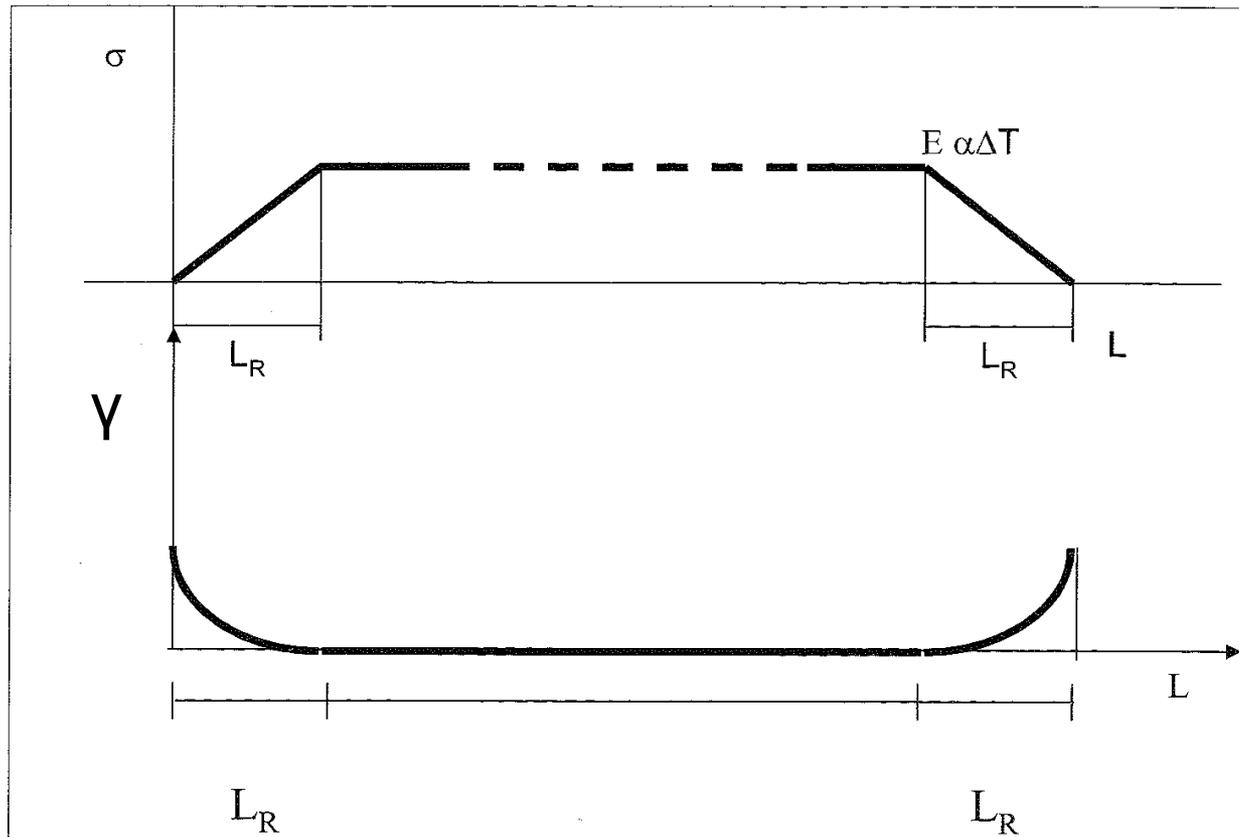


## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Desplazamiento en cualquier punto  $x$  de la  $L_r$

$$\gamma = \frac{\alpha \Delta T}{L_d} \frac{x^2}{2}$$

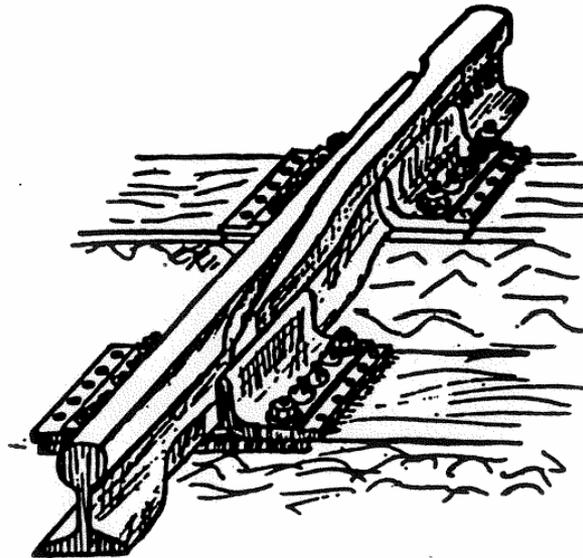




## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Aparatos de dilatación
  - Función
    - Absorber los alargamientos de la BLS
- Tipos
  - Dos piezas

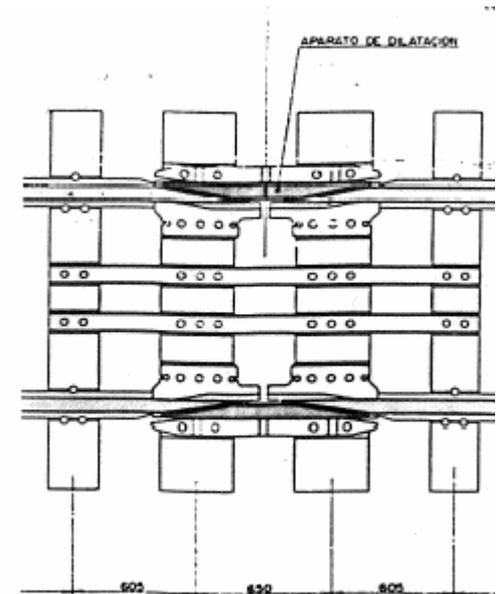
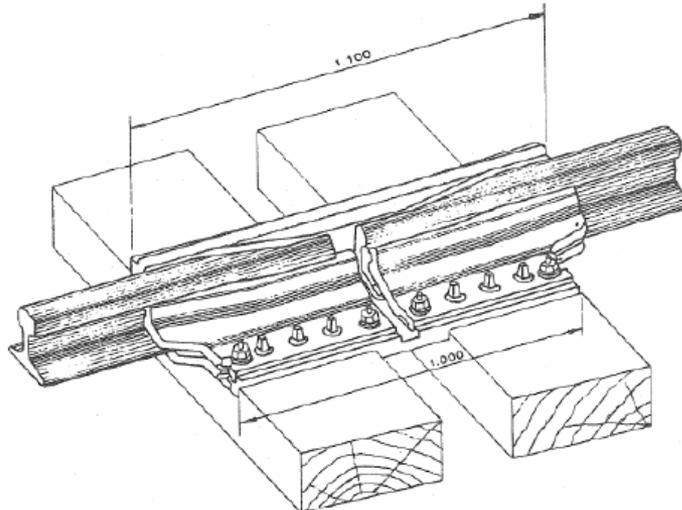




## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Aparatos de dilatación
  - Función
    - Absorber los alargamientos de la BLS
- Tipos
  - Dos piezas
  - Tres piezas





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

### Planteamiento técnico

- Liberación de tensiones
  - El objetivo de la liberación de tensiones es igualar las tensiones en cada punto de los carriles y que dicha tensión sea admisible.
  - Este proceso evita la rotura del carril por tracción, pandeo y movimientos laterales
  - La **temperatura de neutralización** es aquella para la cual las tensiones del carril serán nulas.
  - Temperatura de neutralización

$$T_N = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 5^\circ$$



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Liberación de tensiones
  - Métodos
    - Liberación realizada con tensores hidráulicos

$$0^{\circ}\text{C} < t_0 < 28^{\circ}\text{C}$$

$t_0$  : temperatura del carril después de soltar las sujeciones del carril

- Liberación realizada a la temperatura natural del carril

$$28^{\circ}\text{C} < t_0 < 35^{\circ}\text{C}$$

$t_0$  : temperatura del carril después de soltar las sujeciones del carril



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Liberación de tensiones

#### **Método de tracción del carril: tensores hidráulicos**

Se tracciona el carril hasta obtener un comportamiento tensional similar al que tendría si se sujeta a una temperatura dentro del intervalo de temperaturas de liberación.

#### **Ventajas:**

- Se puede realizar aunque la temperatura solar no alcance los valores de neutralización
- Inversión en maquinaria especial no muy elevada

#### **Inconvenientes:**

- Dificultades de ejecución en curvas de radio reducido

$$0^{\circ}\text{C} < t_0 < 28^{\circ}\text{C}$$

$t_0$  : temperatura del carril después de soltar las sujeciones del carril



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### Planteamiento técnico

- Liberación de tensiones

### Método de calentamiento del carril

Permite la libre dilatación del carril, esperando el calentamiento hasta la temperatura de neutralización.

#### Ventajas:

- Sencillez
- No se necesitan aparatos especiales
- Se puede emplear en curvas de radio reducido
- Temperatura de liberación más homogénea

#### Inconvenientes:

- Duración del proceso
- Temperatura creciente

$$28^{\circ}\text{C} < t_0 < 35^{\circ}\text{C}$$

$t_0$  : temperatura del carril después de soltar las sujeciones del carril



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

- Planteamiento técnico

### La liberación de tensiones. **Ejecución**

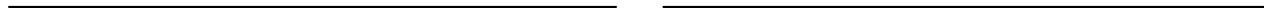
$$T_N = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 5^\circ$$

- Temperatura  $< T_N$
- Cortar el carril y aflojar sujeciones (desclavado del carril a liberar)
- Colocar rodillos entre el carril y la traviesa
- Liberar tensiones mediante el golpeteo del carril (**homogeneización**) con mazas de caucho o madera (nunca metálicas)
- Cortar un cupón para crear la cala inicial

Punto fijo

Punto de  
neutralización

Punto fijo





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

- Planteamiento técnico

### La liberación de tensiones. **Ejecución**

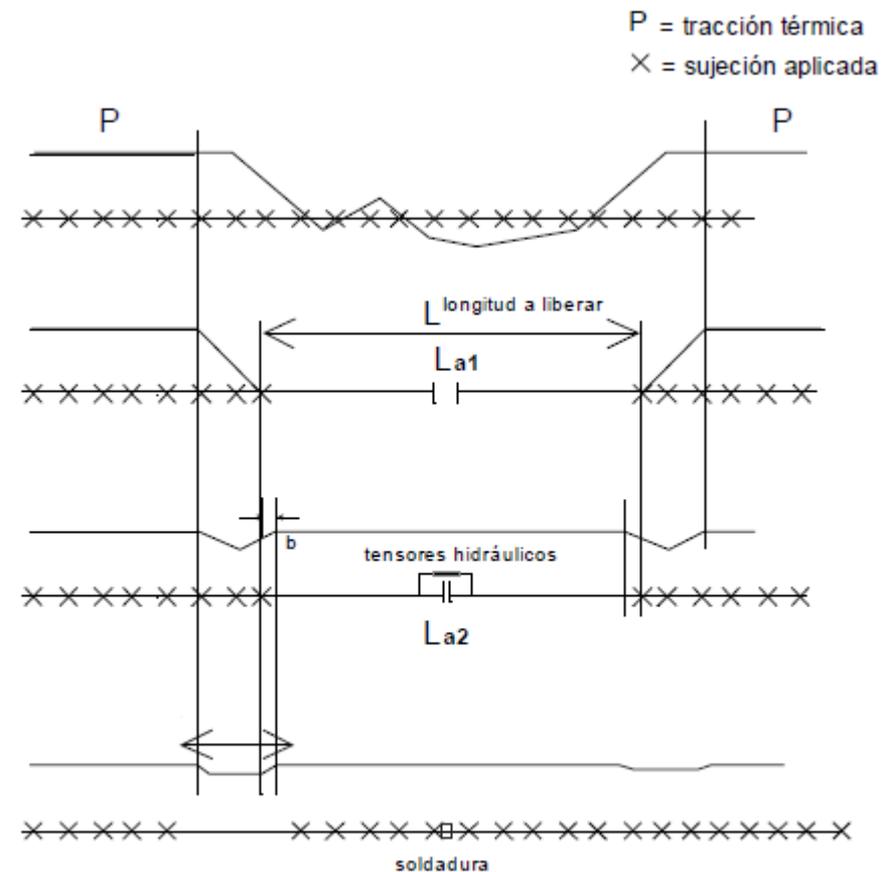
- Cala inicial

$$L_{a1} = \alpha L \Delta T + 2b + L_{a2}$$

$$b = \frac{ES\alpha^2 \Delta t^2}{2r}$$

b = desplazamiento del anclaje

La2 = Cala de soldadura (s-1)





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

- Planteamiento técnico

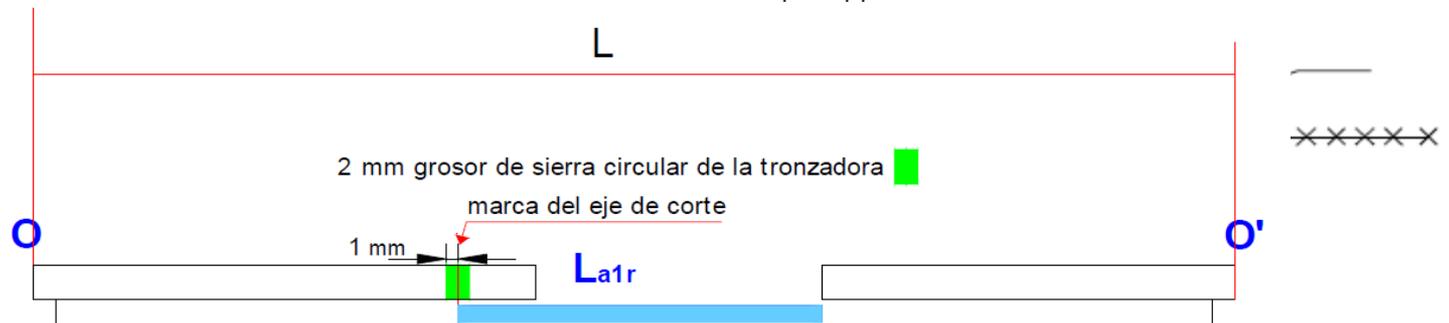
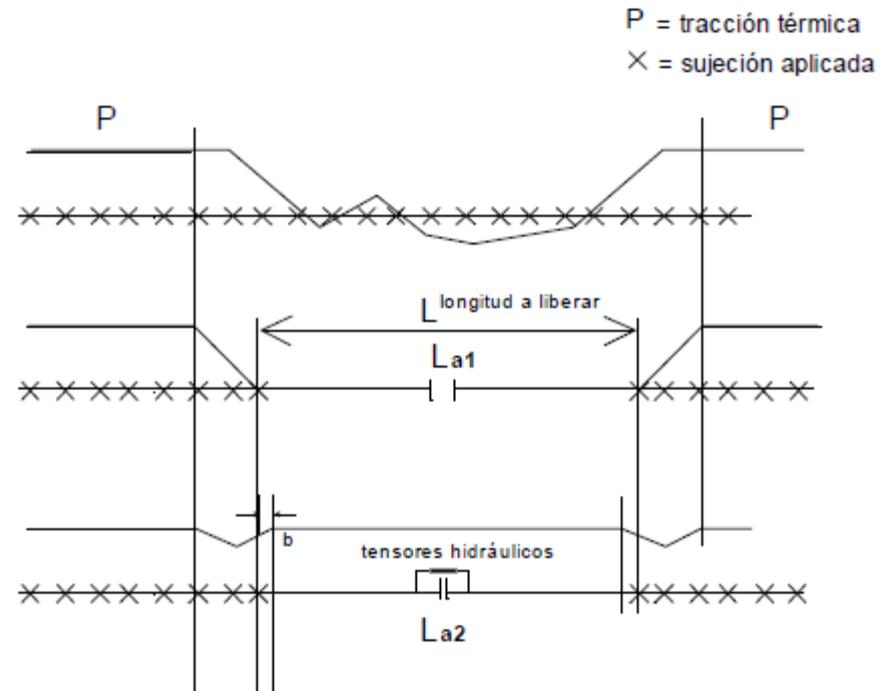
### La liberación de tensiones. **Ejecución**

- Cala inicial

$$L_{a1} = \alpha L \Delta T + 2b + L_{a2}$$

$$b = \frac{ES\alpha^2 \Delta t^2}{2r}$$

b = desplazamiento del anclaje  
La2 = Cala de soldadura (s-1)





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

### • Planteamiento técnico

#### La liberación de tensiones. **Ejecución**

$$T_N = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 5^\circ$$

- Temperatura  $< T_N$
- Cortar el carril y aflojar sujeciones (desclavado del carril a liberar)
- Colocar rodillos entre el carril y la traviesa
- Liberar tensiones mediante el golpeteo del carril (**homogeneización**) con mazas de caucho o madera (nunca metálicas)
- Cortar un cupón para crear la cala inicial
- Aplicar el método  
(por calor o por deformación)
- Quitar los rodillos y apretar las sujeciones
- Soldar el carril

**Nota: Longitud máxima a liberar 1.200 metros**  
**Se liberar a la vez los dos hilos**



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

### Tipos de soldadura

- Soldadura eléctrica
  - No hay aportación externa de material
  - Control automatizado
  - 6 soldaduras/h
  
- Se pierde 4 cm de carril por soldadura
- Maquinaria específica para realizarla en la propia obra
- Alto costo



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

### Tipos de soldadura

- Soldadura eléctrica

**El proceso consta de las siguientes fases:**

- Acercar los carriles
- Alinear y nivelar
- Corriente (35.000 A, 5 V)
- Acercamiento progresivo
- Contacto y recalque
- Desbarbado basto y fino (cortafríos y esmerilado)



## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

### Tipos de soldadura

- Soldadura aluminotérmica
  - Fácil de ejecutar
  - Barato
  - Aporte de material
  
- Proceso manual
- Tensiones internas
- 2-3 soldaduras/h

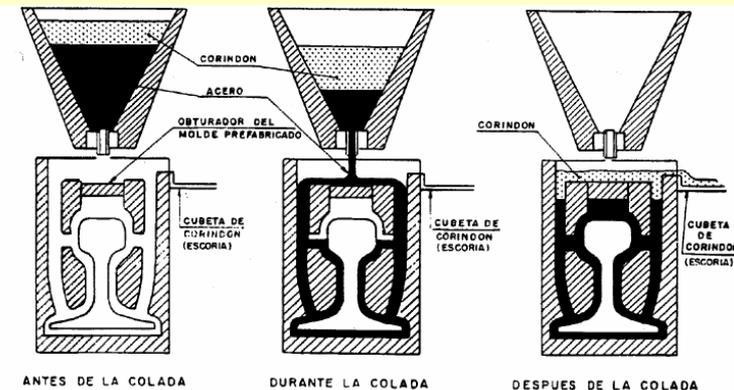


## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

- Soldadura aluminotérmica

El proceso consta de las siguientes fases:

- Alinear los carriles y colocar el molde
- Precalentar los extremos de los carriles
- Rellenar el crisol
- Iniciar la reacción
- Destapar la parte inferior del crisol para eliminar el acero decantado y el material sobrante (10 segundos después de acabada la reacción)
- Enfriar la soldadura durante tres minutos
- Quitar moldes y desbarbar
- Esmerilar: esmeriladora de motor





## 3.2.2. La vía sin juntas: Barra Larga Soldada

---

### Características de la vía para admitir BLS

- 1) La longitud soldada debe ser la mayor posible
- 2) La vía debe ser lo más pesada posible (carriles pesados y traviesas de hormigón)
- 3) La vía debe estar muy bien nivelada y alineada
- 4) No debe haber curvas de radio inferior a 450 m (mínimo recomendable 800 m)
- 5) Importancia del perfil del balasto: anguloso y de buena calidad
- 6) Las sujeciones siempre deben apretar el carril, alta resistencia a torsión (sujeciones elásticas)