

L12-TRA-VIA-1712-MX-ETE-4

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE VÍA FÉRREA DE LA LÍNEA 12

TOMO I: PRINCIPIOS GENERALES



SYSTRA
MEXISTRA

METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE VÍA FÉRREA DE LA LÍNEA 12
TOMO I: PRINCIPIOS GENERALES

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Contratante	Dirección General Obras Públicas (DGOP)
Proyecto	Metro de la Ciudad de México
Estudio	Manual de mantenimiento de vía férrea de la línea 12 Tomo I: Principios generales
Tipo de documento	Especificación técnica
Fecha	29/12/2015
Nombre del archivo	MDM_TOMO I_Principios generales
Referencia	L12-TRA-VIA-1712-MX-ETE-4
Confidencialidad	
Idioma del documento	Español
Nombre de pages	64

APROBACIÓN

Versión	Nombre		Función	Fecha	Visa	Modificaciones
1	Redacción	HAH/DK/MS	Expertos vías	24/11/2015		
	Verificación	FH	Jefe Proyecto	26/11/2015		
	Autorización	PS	Director técnico	26/11/2015		
2	Redacción	HAH/DK/MS	Expertos vías	01/12/2015		
	Verificación	FH	Jefe Proyecto	02/12/2015		
	Autorización	PS	Director técnico	03/12/2015		
3	Redacción	HAH/DK/MS	Expertos vías	29/12/2015		
	Verificación	FH	Jefe Proyecto	29/12/2015		
	Autorización	PS	Director técnico	29/12/2015		
4	Redacción	HAH/DK/MS	Expertos vías	29/12/2015		
	Verificación	FH	Jefe Proyecto	29/12/2015		
	Autorización	PS	Director técnico	29/12/2015		

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	10
2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA 12	11
3.	ABREVIACIONES	12
4.	TEXTOS REFERENCIALES	13
4.1	TEXTOS FRANCESES	13
4.2	TEXTOS ESPAÑOLES	13
4.3	TEXTOS EUROPEOS	13
5.	FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO	14
5.1	GENERALIDADES	14
5.1.1	CLASIFICACIÓN DE LA LÍNEA	14
5.2	PRINCIPIOS DE ENVEJECIMIENTO DE LA VÍA	15
5.3	PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	15
5.3.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	15
5.3.1.1	Mantenimiento Preventivo Sistemático (MPS)	15
5.3.1.1.1	Interfaz con el sistema de drenaje de la plataforma	16
5.3.1.2	Mantenimiento Preventivo Condicional (MPC)	16
5.3.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO (MC)	17
5.4	NIVELES DE CALIDAD	18
5.4.1	ZONAS SENSIBLES	19
6.	PRINCIPIO DEL LRS (LARGO RIEL SOLDADO)	20
6.1	DEFINICIONES	20
6.1.1	ESTABILIZACIÓN DE LA VÍA SOBRE BALASTO	20
6.1.2	LIBERACIÓN DE LRS – HOMOGENEIZACIÓN DE ESFUERZOS	20
6.1.2.1	Liberación	20
6.1.2.2	Homogeneización local de esfuerzos	21
6.1.3	TEMPERATURA DEL RIEL	21
6.1.3.1	Temperatura neutra (tn) en un punto del LRS	22
6.1.3.2	Temperatura de liberación (tl) de un LRS o una parte de un LRS	22
6.1.3.3	Temperatura de referencia (tr) para una zona de vía	22
6.1.3.4	Temperatura de fijación (tf)	22
6.1.3.5	Modificación de la temperatura de referencia	22
6.1.3.6	Temperatura crítica: RTV 40 km/h	23
6.1.4	CARTILLA DE VIDA DE LOS LRS	23
6.1.5	TEMPORADA DE CALOR	23
6.1.6	TRABAJOS EFECTIVOS	23

PS

6.1.7	VERIFICACIÓN DE LA GEOMETRÍA DESPUÉS DE UNA INTERVENCIÓN DE 2ª CATEGORÍA HABIENDO DESESTABILIZADO LA VÍA	24
6.2	INSPECCIÓN E INTERVENCIONES SOBRE LOS LRS	24
6.2.1	INSPECCIÓN	24
6.2.1.1	Respeto de los perfiles de balasto	24
6.2.2	INTERVENCIONES	24
6.3	CLASIFICACIÓN DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO	25
6.3.1	DEFINICIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE TRABAJOS	25
6.3.1.1	Primera categoría	25
6.3.1.2	Segunda categoría	25
6.4	CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE PRIMERA CATEGORÍA	26
6.5	CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE SEGUNDA CATEGORÍA	26
6.5.1	PRIMERA CONDICIÓN	26
6.5.1.1	Lista de zonas donde todos los trabajos de segunda categoría son autorizados todo el año	26
6.5.1.2	Lista de zonas en las que determinados trabajos de segunda categoría desestabilizando la vía no están autorizados durante la temporada de calor	26
6.5.2	SEGUNDA CONDICIÓN	27
6.5.2.1	Condiciones generales de temperatura	27
6.5.2.2	Trabajos urgentes	27
6.6	CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE SEGUNDA CATEGORÍA	28
6.6.1	DEPURACIÓN DEL BALASTO	28
6.6.1.1	Depuración de casillas limitada a segmentos de poca longitud (20 m máximo) espaciados por lo menos cada 50 m sin desmoldeo de durmientes	28
6.6.1.2	Depuración puntual del balasto de las casillas y de los moldes	28
6.6.2	SUSTITUCIÓN MANUAL DE DURMIENTES	29
6.6.3	MANTENIMIENTO DE LAS FIJACIONES	30
6.6.3.1	Intervenciones puntuales en las fijaciones y sustitución aislada del pequeño material de las fijaciones, que no requieran de levante de los durmientes o del riel	30
6.6.4	SUSTITUCIÓN AISLADA DE ALMOHADILLAS O SILLAS	30
6.6.5	SUSTITUCIÓN MASIVA DEL MATERIAL DE FIJACIÓN, DE ALMOHADILLAS, DE SILLAS QUE NO REQUIERE DE LEVANTE DE DURMIENTES - RECTIFICACIÓN DE ANCHO DE VÍA - CONSOLIDACIÓN DE FIJACIONES	30
6.6.6	SUSTITUCIÓN DE UN ELEMENTO DE LRS DE LONGITUD ≤ 37 M	31
6.6.7	REPARACIÓN POR SOLDADURA AL ARCO DE LOS DEFECTOS DEL PLANO DE RODADURA Y RECARGA DE SOLDADURAS HUECAS	31
6.6.8	BATEADO PESADO DURANTE LA TEMPORADA DE CALOR DE LAS ZONAS SITUADAS A MENOS DE 50 M DE UN ADV	31
6.6.9	PARTICULARIDADES DE LOS DISPOSITIVOS DE DILATACIÓN	32
6.6.9.1	AD para LRS, abertura de 180 mm	32
6.7	INCIDENTES - REPARACIÓN	32
6.7.1	GENERALIDADES	32
6.7.2	DEFORMACIÓN DE LRS	32
6.7.2.1	Informaciones que deben transmitirse	32
6.7.2.2	Reducción de la deformación	33

7.	TRABAJOS	34
7.1	TIPOLOGÍA	34
7.2	PRECAUCIONES GENERALES PARA EL CONJUNTO DE TRABAJOS	34
7.2.1	CONTAMINACIÓN DEL RIEL	34
7.2.1.1	Contaminación por grasa	34
7.2.1.1.1	Seguridad	35
7.2.1.2	Otros tipos de contaminación	35
7.2.1.2.1	Seguridad	35
7.2.2	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES EN VÍA Y EN TALLERES	35
7.2.2.1	Gálibo de depósitos provisionales	35
7.2.2.1.1	Seguridad	35
7.2.3	CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA DE OBRA	36
7.2.4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	36
7.2.4.1	Seguridad	36
7.3	INSTRUCCIONES PARTICULARES DE DETERMINADOS TRABAJOS	36
7.3.1	INSTRUCCIONES SOBRE LAS RAMPAS PROVISIONALES DE OBRA	36
7.3.2	INSTRUCCIONES SOBRE LA CIRCULACIÓN DE BALASTERAS	36
7.3.3	INSTRUCCIONES SOBRE EL ALABEO	37
7.3.3.1	Seguridad	37
7.3.4	INSTRUCCIONES SOBRE EL PERFIL DE BALASTO	37
7.3.5	INSTRUCCIONES SOBRE EL GÁLIBO	38
7.3.5.1	Seguridad	38
7.3.6	INSTRUCCIONES SOBRE LAS RAMPAS DEFINITIVAS	38
7.3.7	INSTRUCCIONES SOBRE LA POSICIÓN DE LA CATENARIA	38
7.3.8	INSTRUCCIONES SOBRE EL RETORNO DE TRACCIÓN	39
7.4	RENOVACIÓN DE BALASTO, DESCENSO O DRENAJE DE LA VÍA	39
7.4.1	REDUCCIÓN DE VELOCIDAD A APLICAR EN LA VÍA CON TRABAJOS	39
7.4.2	PRECAUCIÓN A APLICAR EN LA VÍA CONEXA A LOS TRABAJOS	39
7.4.2.1	Reducción de velocidad a aplicar en la vía adyacente a los trabajos	40
7.4.3	INSPECCIÓN DE LA OBRA	40
7.4.4	DESGUARNECIDO CON TERRACERÍA BAJO EL NIVEL INFERIOR DEL DURMIENTE Y DESCENSO DE LA VÍA	40
7.4.5	NIVELACIÓN Y COMPACTADO DE LA VÍA	41
7.4.5.1	Trabajos de primer levante	41
7.4.5.2	Trabajos de segundo levante	41
7.4.5.3	Nivelación complementaria	42
7.5	RENOVACIÓN DE LA VÍA: DURMIENTES, RIELES, FIJACIONES	43
7.5.1	RETIRO DE LAS VÍAS	43
7.5.2	COLOCACIÓN DE LAS VÍAS	43
7.6	REEMPLAZO DE DURMIENTES	44
7.6.1	SEGURIDAD	44
7.7	REEMPLAZO O REPARACIÓN DE FIJACIONES	44
8.	DESCRIPCIÓN DEL ARMADO Y DE LAS ZONAS DE RIEL 60E1 Y RIEL 115 RE	45

8.1	RIELES	45
8.1.1	ZONA REHABILITADA. RIEL 60E1.	45
8.1.2	ZONA VÍA EXISTENTE. RIEL 115 RE.	45
8.2	SISTEMA DURMIENTE/FIJACIONES	46
8.2.1	ZONA REHABILITADA. SISTEMA FIJACIONES VIPA – 60 E1/ DURMIENTES SATEBA 354	46
8.2.1.1	Fijaciones Fastclip	46
8.2.1.2	Durmientes	47
8.2.2	ZONA VÍA EXISTENTE. SISTEMA FIJACIONES NABLA EVOLUCIÓN – RE 115/DURMIENTES PRET O ITISA	48
8.2.2.1	Fijaciones Nabla Evolución	48
8.2.2.2	Durmientes	49
8.3	CUPONES MIXTOS – ZONA DE TRANSICIÓN	49
8.3.1	VALORES NOMINALES DE ESPESOR DEL CHASÍS DE LA VÍA	50
8.4	RIEL DE SEGURIDAD	51
9.	PLAN DE TRAZABILIDAD	53
10.	EJES DE OPTIMIZACIÓN	55
10.1	PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	55
10.1.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PREDICTIVO (MPP)	55
10.2	RIELES	55
10.2.1	SOFTWARE DE GESTIÓN DE DEFECTOS DE LOS RIELES	55
10.2.2	REGENERACIÓN DEL RIEL RE115	56
10.3	APARATOS DE VÍA	57
10.3.1	INCORPORACIÓN EN EL LRS	57
10.3.2	SOBREANCHO EN LAS VÍAS DESVIADAS	57
10.4	GEOMETRÍA	58
10.4.1	AUTOMATIZACIÓN DE LA DETECCIÓN DE DEFECTOS GEOMÉTRICOS Y LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD GEOMÉTRICA	58
10.4.2	SOFTWARE DE SEGUIMIENTO DE LOS DEFECTOS DE GEOMETRÍA	59
11.	RENOVACIÓN DE LA VÍA	60
11.1.1	GENERALIDADES	60
11.1.2	LOS RIELES	60
11.1.3	LOS DURMIENTES Y LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN	61
11.1.4	EL BALASTO	62
11.1.5	LOS APARATOS DE VÍA	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sinóptico metro Línea 12	11
Figura 2: Niveles de calidad	18
Figura 3: Gálibo de los depósitos provisionales	35
Figura 4: Riel 60E1 (350 HT) – características geométricas	45
Figura 5: Riel RE 115 (260 HT) – características geométricas	45
Figura 6: Corte transversal de la fijación VIPA	46
Figura 7: Vista en plano de la fijación VIPA	47
Figura 8: Detalle “FastClip”	47
Figura 9: Durmiente S 354 USP	48
Figura 10: Fijación del riel es de tipo Nabla Evolución	48
Figura 11: Durmientes de concreto tipo monobloque para riel 115 RE	49
Figura 12: Diferencia de los perfiles de rieles 60E1 y RE115	50
Figura 13: Conexión vía conservada – vía renovada	50
Figura 14: Fijación del riel de seguridad sobre los soportes – esquema a título informativo	51
Figura 15: Fijación del riel de seguridad sobre los soportes – foto Línea 12	51
Figura 16: Extremidades del riel de seguridad	52
Figura 17: Crucetas	52
Figura 18: Geometría existente ADV TG 0.13	58
Figura 19: Geometría propuesta ADV TG 0.13 por VOSSLOH – Sobrancho vía desviada	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Abreviaciones	12
Tabla 2.	Textos referenciales franceses	13
Tabla 3.	Textos referenciales españoles	13
Tabla 4.	Textos referenciales europeos	13

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este documento forma parte del Manual de Mantenimiento de vía férrea para la Línea 12 de la Ciudad de México, que tiene como objeto proporcionar un conjunto de recomendaciones para el mantenimiento de la vía basadas en la experiencia adquirida por SYSTRA así como en los textos reglamentarios franceses.

El propósito del Manual de Mantenimiento es definir un marco de referencia que resulte útil en el proceso de toma de decisiones del operador de transporte en la declinación de su estrategia de mantenimiento, el cual está conformado por todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión de una instalación, destinadas a mantenerla o restablecerla a un estado en el cual pueda cumplir su función requerida.

El Manual de Mantenimiento se aplica al conjunto de la Línea 12, excepto a los talleres y colas de maniobras, para una velocidad de circulación máxima de 80km/h y un tonelaje diario de 100 000 T/día, lo que clasifica esta línea en el grupo 2, según la clasificación de la ficha UIC 714. La organización del mantenimiento estará construida sobre esta base en términos de criticidad, tanto para la regularidad de las inspecciones, de los controles y de las intervenciones, como para los niveles de calidad. Integrará el conjunto de componentes presentes sobre la totalidad de la línea, es decir, tanto el armado original como el rehabilitado, siendo este el objeto de los trabajos de rehabilitación para curvas horizontales con radio menor a 550m.

El Manual de mantenimiento de la vía de la Línea 12 está formado por cinco tomos:

- Tomo I. Principios generales
- Tomo II. Componentes de la vía principal
- Tomo II. Anexo 1. Defectos de rieles
- Tomo II. Anexo 2. Soldaduras
- Tomo II. Anexo 3. Liberaciones
- Tomo III. Aparatos de vía y de liberación
- Tomo IV. Geometría de la vía
- Tomo V. Plan de mantenimiento

El presente Tomo I aborda los principios generales de organización del mantenimiento, los principios del LRS, las prescripciones sobre los trabajos, la descripción del armado de la vía y los ejes de optimización.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA 12

Como recordatorio, las principales características de la línea son las siguientes:

- Apertura de la línea 12 en octubre de 2012.
- Suspensión de la operación de la línea entre las estaciones Tláhuac y Atlalilco en marzo de 2014.
- Rehabilitación de la vía de la línea 12 entre las paradas Tláhuac y Culhuacán, durante 2015.
- Longitud desde la estación de Tláhuac hasta Mixcoac: 13,5≈km en viaducto y 10,6≈km en tramo subterráneo.
- Número de estaciones: 3 con andenes centrales y 17 con andenes laterales.
- La vía 1 es circulada en el sentido Tláhuac-Mixcoac y la vía 2 en el sentido Mixcoac-Tláhuac. El origen del trazo se sitúa a nivel de Tláhuac.
- Tipo de material rodante: CAF FE10 sobre rieles.
- Tipo de sistema de vía general: vía férrea soldada en LRS (Largo Riel Soldado) sobre durmientes monobloque de concreto y balasto.



Figura 1: Sinóptico metro Línea 12

PS

3. ABREVIACIONES

Apelación	Definición
AD	Aparato de Dilatación
ADV	Aparato de Vía
E	Ancho de vía
JAP	Junta Aislante Pegada
LAC	Línea Aérea de Contacto
LRS	Largo Riel Soldado
MC	Mantenimiento Correctivo
MPC	Mantenimiento Preventivo Condicional
MPP	Mantenimiento Preventivo Predictivo
MPS	Mantenimiento Preventivo Sistemático
RTV	Reducción Temporal de la Velocidad
tn	Temperatura neutra
tr	Temperatura de referencia
to	Temperatura del riel después de la puesta en tensión nula
VA	Valor de Alerta
VI	Valor de Intervención
VO	Valor Objetivo
VR	Valor de Reducción Temporal de Velocidad

Tabla 1. Abreviaciones

4. TEXTOS REFERENCIALES

4.1 Textos Franceses

Documentos	Titulo
IN 0312	Recorridos de vigilancia
IN 2070	Vigilancia de rieles en vías principales
IN 2950	Organización del mantenimiento de la vía principal
IN 0268	Mantenimiento de las vías principales emplanchueladas
IN 0283	Liberación del LRS con tensores hidráulicos o a temperatura natural
IN 0026	Trabajos de vía y balasto

Tabla 2. Textos referenciales franceses

4.2 Textos Españoles

Documentos	Titulo
NRV 7-5-0.1	Conservación de la vía – Criterios básicos sobre el mantenimiento de la vía

Tabla 3. Textos referenciales españoles

4.3 Textos Europeos

Documentos	Titulo
EN 13848 - 5	Vía - Calidad geométrica de la vía - Parte 5: Niveles de calidad geométrica de la vía

Tabla 4. Textos referenciales europeos

5. FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

5.1 Generalidades

Al abordar el mantenimiento completo de una línea es necesario, a partir de los objetivos fijados anualmente por el operador de transporte, plantear el enfoque general que lo regirá y la estrategia resultante.

Un aspecto imprescindible es el nivel de seguridad de las personas y de los bienes. A partir de ahí, tomando en cuenta los recursos disponibles, tanto presupuestarios como técnicos, el enfoque de la estrategia podrá priorizar diferentes aspectos tales como:

- La vida útil de las instalaciones,
- La disponibilidad,
- La calidad de las prestaciones,
- Índices de desempeño,
- etc.

Una vez definido este marco, se puede desarrollar la estrategia de mantenimiento. Esta se materializa en una elección entre opciones de mantenimiento para los diferentes componentes del sistema. Por ejemplo, podrá conllevar la elección entre un mantenimiento de tipo preventivo o correctivo para un componente del sistema.

El objeto del presente manual es brindar al operador de la línea una visión completa de las acciones de mantenimiento que se pueden incluir en la estrategia de mantenimiento que implementará.

5.1.1 Clasificación de la línea

La clasificación de la Línea 12 se define a partir de la tabla contenida en la ficha UIC 714 de la *Union International des Chemins de Fer*. Dicha clasificación está basada en el tráfico diario de la línea:

Grupo 1	130000 T/día < tráfico
Grupo 2	80000 T/día < tráfico ≤ 130000 T/día
Grupo 3	40000 T/día < tráfico ≤ 80000 T/día
Grupo 4	20000 T/día < tráfico ≤ 40000 T/día
Grupo 5	5000 T/día < tráfico ≤ 20000 T/día
Grupo 6	tráfico ≤ 5000 T/día

La Línea 12 se clasifica en el grupo 2.

5.2 Principios de envejecimiento de la vía

Bajo el efecto del envejecimiento y de las solicitaciones soportadas, cada uno de los constituyentes se degrada a un ritmo y en función de criterios que le son propios.

→ **Envejecimiento del riel:** excepto casos particulares (corrosión en el túnel, proximidad de subestaciones,...) los rieles son principalmente sensibles al tonelaje acumulado soportado que se traduce en desgaste, sobre todo en las curvas, y por multiplicación de defectos internos o de superficie.

→ **Envejecimiento de durmientes en concreto:** pueden presentar localmente averías puntuales tales como fisuras y despostillamientos. Estas averías pueden igualmente referirse a su sistema de fijaciones.

→ **Envejecimiento del balasto:** se desgasta bajo el efecto de las cargas soportadas y de las operaciones de bateado pesado (fenómeno de atrición) conduciendo a una "contaminación" progresiva. Esta atrición le hace perder progresivamente sus cualidades físicas reduciendo así progresivamente la eficacia del bateado. Es sin embargo más difícil cuantificar su duración de vida en términos de edad o de tonelaje.

→ **Envejecimiento de los aparatos de vía:** el envejecimiento de los aparatos de vía está directamente ligado a las solicitaciones soportadas (tráfico y maniobra de agujas), que requiere una atención particular a los elementos mecanizados y móviles. Para los aparatos con soportes en madera, las condiciones climáticas y el tráfico influyen sobre el envejecimiento que depende igualmente del tipo de madera empleada.

Sobre una línea tal como la Línea 12 del metro de la Ciudad de México, los componentes de la vía (rieles, durmientes y balasto) están sometidos a solicitaciones importantes debido al trazado de la línea y no tienen los mismos ciclos de degradación y de envejecimiento que sobre líneas clásicas. Por consiguiente, el mantenimiento se debe adaptar y debe tomar en cuenta los parámetros influyendo en el envejecimiento de los elementos, así como las renovaciones deben ser programadas sobre la base de criterios de evolución específica a cada uno de los componentes.

5.3 Principios de organización del mantenimiento

5.3.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo corresponde al mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o según criterios prescritos y destinados a reducir la probabilidad de avería o la degradación del funcionamiento de un elemento, se divide en :

- Mantenimiento Preventivo Sistemático
- Mantenimiento Preventivo Condicional

5.3.1.1 *Mantenimiento Preventivo Sistemático (MPS)*

El mantenimiento preventivo sistemático permite asegurarse que los elementos de vía más críticos siguen en buen estado de funcionamiento. SYSTRA presenta una propuesta de programación del MPS en el Tomo V Plan de Mantenimiento.

Por un lado, el mantenimiento preventivo sistemático incluye las acciones de mantenimiento requeridas por las disposiciones reglamentarias y la seguridad de los trenes. Este incluye la planificación formal, la descripción clara y precisa de los **trabajos** a efectuar (limpieza, lubricación, etc.) y el registro del trabajo realizado (trazabilidad). Estas intervenciones se aplican a elementos cuya evolución de degradación es globalmente conocida y no incluye observación previa del estado del elemento.

Por otro lado, también se programan los **controles** de los parámetros que afectan la seguridad y que deben ser verificados con una periodicidad adaptada, como por ejemplo: control de la eficacia de las fijaciones, control de la apertura de las juntas de rieles, control de los aparatos de dilatación, etc. Estos controles, habitualmente acompañados de medidas, permiten apreciar en detalle el estado del elemento.

El control puede ser realizado en periodos particulares del año. Las comprobaciones a realizar para la temporada de calor, serán determinadas por consideraciones climáticas, como la verificación de la abertura de las juntas y dispositivos de dilatación. Este periodo puede ser también totalmente independiente como las verificaciones a petición de la instalación por las circulaciones ferroviarias.

Sin embargo este funcionamiento no permite obtener la certeza de que, entre dos acciones programadas, un fallo no tenga lugar. Este fallo puede ser de origen exterior (variaciones climáticas como por ejemplo tormentas, actos malintencionados como por ejemplo el vandalismo...) o debido a una mala estimación de la criticidad (evolución más rápida que aquella estimada). Para detectar estos fallos, es necesario organizar **recorridos de inspección** de las instalaciones, que constituirían un primer nivel de observación. Estos son efectuados a pie o a bordo de los trenes. En función de lo constatado durante el recorrido, se puede programar un control específico a posteriori.

La inspección es una operación de carácter cíclico que también forma parte del Mantenimiento Preventivo Sistemático (MPS). La organización de esta búsqueda de información se detalla en el capítulo §6 del Tomo II, Tomo III y Tomo IV.

5.3.1.1.1 Interfaz con el sistema de drenaje de la plataforma

Teniendo en cuenta las fuertes precipitaciones a partir del mes de junio, el funcionamiento de los dispositivos de drenaje y de evacuación de las aguas durante el periodo de lluvias juega un papel importante en la **buena estabilidad y conservación de la vía**.

Por lo que en el plan de mantenimiento, se prevé un MPS que consiste en la programación anual de la verificación del sistema de drenaje durante el mes de mayo.

Se recomienda realizar una verificación adicional hacia el final de la temporada de lluvias en las zonas críticas del túnel. Es en este momento cuando se puede analizar mejor los problemas encontrados.

5.3.1.2 **Mantenimiento Preventivo Condicional (MPC)**

El mantenimiento preventivo condicional corresponde a un mantenimiento según el estado de la vía: no se realiza una intervención si el equipamiento todavía asegura la función requerida. Representa una evolución del mantenimiento preventivo sistemático en el sentido de sustituir operaciones de mantenimiento cíclicas por operaciones condicionadas al rebasamiento de umbrales definidos para cada parámetro característico.

PS

EL MPC se apoya en un conocimiento detallado del estado y comportamiento de las instalaciones. La búsqueda de información destinada a medir objetivamente los parámetros, significativos del estado de degradación del elemento, que se van a comparar a los umbrales definidos, se asegura durante la inspección y controles sistemáticos, que son actividades que se enmarcan dentro del MPS. La frecuencia de la búsqueda de información depende esencialmente de la criticidad de la instalación o del subsistema: para una instalación más crítica, se requiere una mayor búsqueda de información con el fin de poder detectar a tiempo cualquier anomalía que pudiera conducir a un fallo.

Los umbrales, que tienen en cuenta las características de la vía y el uso de la instalación, proceden de la experiencia y la ingeniería de mantenimiento. Por ejemplo, se pueden ajustar los umbrales para que sean más o menos restrictivos en función de los objetivos identificados por la ingeniería del mantenimiento, siempre que se asegure el aspecto de la seguridad ferroviaria.

Un tipo de umbral se establece para ayudar a la toma de decisión en cuanto a la necesidad o no de iniciar una intervención en un plazo determinado → Valor de Intervención (VI).

Se establece otro umbral para asegurar la seguridad de las circulaciones. Determina la necesidad de aplicar una reducción temporal de velocidad o incluso el paro de los trenes → Valor de Reducción Temporal de Velocidad (VR).

Estos umbrales constituyen los niveles de calidad que se sintetizan en el capítulo §5.4.

5.3.2 Mantenimiento Correctivo (MC)

Este mantenimiento tiene lugar después del fallo. Este fallo puede haber sido detectado por un recorrido periódico, una inspección específica, los conductores de trenes, el personal de las estaciones, etc.

El mantenimiento correctivo puede ser **paliativo**, lo que corresponde a la reparación provisional, o **concluyente**, que es la reparación definitiva.

En general incluye:

- El diagnóstico del fallo (detección, localización, análisis),
- La acción concluyente o paliativa inmediata,
- La acción correctiva postergada con o sin mejoría,
- Una prueba de funcionamiento.

El mantenimiento correctivo puede suceder, por ejemplo, después de:

- La aparición de un fallo de tipo RTV en geometría, ineficacia de fijaciones de rieles, cotas de seguridad fuera de tolerancias en un aparato de vía, etc...
- La ruptura de un riel,
- La deformación de la vía.

Sobre una línea muy frecuentada, el mantenimiento correctivo es más oneroso que el mantenimiento preventivo ya que primero, para una misma intervención, se van a requerir medios excepcionales

justificados por la criticidad del fallo (→ intervenciones no programadas, búsqueda de medios de forma urgente) y segundo, una interrupción no programada de la operación, tiene consecuencias perjudiciales para los resultados de disponibilidad de la línea.

5.4 Niveles de Calidad

Los niveles de calidad constituyen la base de referencia de calidad para el mantenimiento de la vía. Permiten una mejor interpretación de las medidas a tomar y facilitan la búsqueda y detección de las causas y anomalías.

Para los parámetros de la geometría, componentes y ensamblaje de la vía, han sido definidos niveles de seguridad, denominados **VR** (Valor de Reducción Temporal de Velocidad) a partir de los cuales, se deben tomar medidas de restricción de velocidad en la circulación e incluso el paro de la circulación de trenes.

Además de estos niveles, como las estrategias de mantenimiento visan, además de garantizar la seguridad, a obtener un buena calidad de la marcha, disponibilidad, etc. en función de los objetivos, se definen otros niveles, VI y VA, según los cuales se llevarán a cabo las acciones de mantenimiento antes de que se alcance un nivel **VR**.

El nivel **VI** (Valor de Intervención) requiere una intervención en un tiempo relativamente corto para eliminar el problema y que el nivel **VR** no sea alcanzado.

El nivel **VA** (Valor de Alerta) aconseja un seguimiento de la evolución del problema en vía y, en algunos casos, la programación de la intervención en el medio plazo.

Este conjunto de niveles se denomina niveles de calidad, en coherencia con la terminología empleada por AFNOR en la norma EN 13858-5.

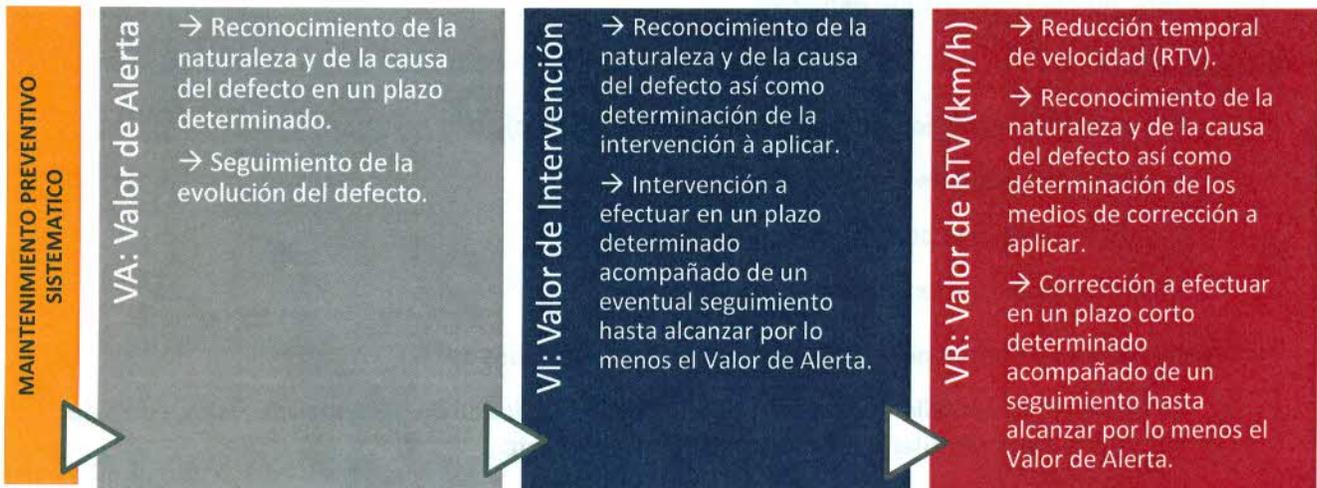


Figura 2: Niveles de calidad

5.4.1 Zonas sensibles

Si un parámetro evoluciona de manera anormal, por ejemplo, si alcanza el “Valor de Reducción de la velocidad” sin pasar por el “Valor de Alerta” y “Valor de Intervención”, hay que clasificar la zona del defecto en **zona sensible**.

Puede ocurrir que haya situaciones extremadamente evolutivas que conduzcan a aumentar fuertemente la periodicidad de los controles y de las operaciones correctivas consecutivas a los mismos.

Siendo así, definimos una zona sensible como un tramo de vía en el cual la velocidad de evolución de los defectos es tal que podamos sospechar que después de un registro, dicho tramo pueda verse afectado por uno o varios defectos “Valor de Reducción temporal de la velocidad” antes del próximo registro.

Hará falta establecer un ciclo específico de control y de mantenimiento para el parámetro afectado en función de su velocidad de degradación.

P
PS

6. PRINCIPIO DEL LRS (LARGO RIEL SOLDADO)

6.1 Definiciones

6.1.1 Estabilización de la vía sobre balasto

La estabilización de la vía designa el cambio de estado de resistencia del balasto necesario para asegurar la estabilidad de una vía equipada con rieles largos soldados ante temperaturas máximas.

La estabilización de la vía depende de los siguientes factores:

- la naturaleza de la operación habiendo causado la desconsolidación de la vía (por ejemplo, el reemplazo de durmientes va a desconsolidar más que el bateado),
- el armado de la vía,
- el tonelaje que sustenta.

Se considera que la estabilización está prácticamente obtenida cuando se cumple con la doble condición, que son los plazos y el tonelaje que sustenta, tal como se definen en la siguiente tabla, en función de la naturaleza de las operaciones efectuadas.

NATURALEZA DE LAS OPERACIONES QUE PUEDEN AFECTAR LA ESTABILIDAD DE LA VÍA	SE LOGRA LA ESTABILIZACIÓN DESPUÉS	
	Tonelaje	Plazo
<u>Nivelación por multicalzadora:</u> con levantes entre puntos altos ≤ 50 mm y ripados ≤ 20 mm	5000 t	24 horas
<u>Nivelación por multicalzadora:</u> Levantes y (o) ripados superiores a los valores precedentes	20000 t	48 horas
<u>Nivelación con bateadoras ligeras o calzadores individuales:</u> → levantes entre puntos buenos ≤ 15 mm y ripados ≤ 20 mm → levantes > 15 mm y ≤ 20 mm y (o) ripados > 20 mm y ≤ 40 mm	5000 t	24 horas
	20000 t	48 horas

Tabla 1: Estabilización de la vía en operaciones de segunda categoría

6.1.2 Liberación de LRS – Homogeneización de esfuerzos

6.1.2.1 Liberación

Es el conjunto de operaciones que permite determinar la temperatura para la cual el LRS no presenta ningún esfuerzo en su parte central.

P
85

Se efectúa normalmente en 2 filas de rieles simultáneamente. Este conjunto de operaciones se debe efectuar obligatoriamente cuando la vía está estabilizada.

Consta de las siguientes etapas:

- Llevar a esfuerzo nulo a la temperatura to en el momento de la intervención:

Es la operación que al permitir la libre dilatación del LRS poniéndole sobre rodillos, anula todos los esfuerzos susceptibles de existir en el momento mismo de la operación.

- Fijación del LRS a un estado de esfuerzo determinado:

Es la operación que permite garantizar que el LRS esté en equilibrio (esfuerzo cero) a la temperatura seleccionada.

Los métodos de liberación de la vía general se detallan en el Anexo 3 del Tomo II del Manual de Mantenimiento.

6.1.2.2 Homogeneización local de esfuerzos

Esta operación tiene el objetivo de uniformar los esfuerzos en una zona en donde fueron alterados sin afectar su valor promedio.

No requiere el corte del LRS, pero consiste en aflojar las fijaciones en la longitud a tratar, ya sea que se ponga o no el riel sobre rodillos según la longitud superior o inferior a 150 m, provocar la vibración del riel y después volver a apretar las fijaciones a temperatura sensiblemente constante. **La homogeneización de los esfuerzos debe efectuarse sólo en una vía estabilizada y en una longitud máxima de 300 m.**

Sólo atañe a la zona central de los LRS, por lo tanto, no debe acercarse a menos de 150 m de los extremos del LRS (100 m si la temperatura es superior o igual a $t_r - 15^{\circ}\text{C}$).

6.1.3 Temperatura del riel

El manejo del riesgo LRS, requiere conocer las variaciones del esfuerzo normal en la zona central, por lo tanto, el control de un estado inicial de referencia ante variaciones de temperatura.

La liberación tiene como objeto obtener un estado inicial de referencia conocido y establecido dentro de un rango de funcionamiento tomado en cuenta por las reglas de diseño. Los modos operatorios de los trabajos y del mantenimiento precisan las operaciones que requieren de liberación, para así conservar siempre el estado inicial de referencia dentro de un límite conocido.

En la zona central del LRS y fuera de los puntos singulares (cambio de perfil del riel, aparatos de vía y puente-riel sin aparato de dilatación) hay una relación sencilla entre el esfuerzo normal y la temperatura. Por consiguiente, se puede manejar el riesgo LRS por referencia a las variaciones de temperatura del riel. Los medios de evaluación o de medición de la temperatura deben ser objeto de reglas en los modos operatorios de mantenimiento o de obras.

En este documento, todas las temperaturas abordadas se refieren al riel:

- medidas en el interior de un cupón de riel expuesto a las mismas condiciones de insolación; se

recomienda usar un cupón de riel del mismo perfil que el del riel en la vía, o

- medidas con ayuda de un dispositivo de medición de temperatura del riel, especialmente homologado para la aplicación LRS, o
- calculadas a partir de los alargamientos constatados.

6.1.3.1 Temperatura neutra (t_n) en un punto del LRS

La temperatura neutra es la temperatura teórica del riel para la cual el esfuerzo de dilatación térmica y el esfuerzo normal son de cero en régimen de dilatación totalmente contrariada. Esta noción sólo tiene significado práctico en la zona central de los LRS.

6.1.3.2 Temperatura de liberación (t_l) de un LRS o una parte de un LRS

La temperatura de liberación es la temperatura calculada para cada una de las filas de rieles al término del proceso de liberación, realizada bien a temperatura natural o bien mediante tensores hidráulicos, encaminado a obtener una temperatura neutra controlada.

6.1.3.3 Temperatura de referencia (t_r) para una zona de vía

Es la temperatura de liberación (o la temperatura de referencia de obra si no ha habido aún liberación) de las dos filas de rieles. Si excepcionalmente no se liberaron simultáneamente las dos filas de rieles, o si la temperatura de liberación (o temperatura de referencia de obra) de una de las filas se modificó con motivo de unas obras, es la temperatura de liberación más baja de las temperaturas de liberación (o temperatura de referencia de obra) de cada una de las dos filas de rieles.

Para los LRS liberados en varias veces, es conveniente precisar con sus indicaciones kilométricas, cuáles son los límites de zonas en las que aplican las diversas temperaturas de referencia.

6.1.3.4 Temperatura de fijación (t_f)

La temperatura de fijación (t_f) de un LRS, o de una parte de LRS, es el promedio aritmético de las temperaturas o en su defecto la temperatura más baja, tal como se definen en §6.1.3, observadas durante el apriete de las fijaciones en toda la longitud considerada.

La vía ya convenientemente balastada, se puede considerar que se ha logrado la fijación después del "apuntalamiento" de la vía, por lo menos un durmiente de cada seis con dos fijaciones por cabeza de durmiente (una de cada lado del riel).

6.1.3.5 Modificación de la temperatura de referencia

La temperatura de referencia (t_r), se considera válida para la aplicación de los niveles de calidad, que en la medida en que se cumplan las siguientes condiciones:

- la vía no ha tenido una nueva operación de liberación,
- la vía no ha tenido modificaciones de trazo que rebasen los límites correspondientes,
- las operaciones que implican aflojar fijaciones en las zonas de respiración, se ejecutaron de acuerdo con las condiciones de realización correspondientes,

- el LRS no ha sufrido alteraciones de esfuerzos después de un incumplimiento de los procedimientos de mantenimiento o durante un incidente.

⇒ El incumplimiento de una de las condiciones vuelve necesaria una nueva liberación.

6.1.3.6 Temperatura crítica: RTV 40 km/h

Corresponde a la temperatura teórica de pandeo del riel (la temperatura crítica en el riel es de 45°C) en vía desestabilizada. El riesgo de deformación es elevado. En cuanto se alcanza el umbral o se rebasa, se impondrá un RTV 40km/h, acompañada de una inspección visual entre cada tren en la zona considerada.

6.1.4 Cartilla de vida de los LRS

La ejecución correcta de los diferentes procedimientos requeridos para el tendido de un LRS, se concretiza con la creación de un documento llamado "Cartilla de vida del LRS". Este documento está destinado a conservar la información tan precisa como sea posible acerca de los parámetros reales de funcionamiento del LRS.

El responsable de la unidad la debe llevar actualizada permanentemente.

⇒ Constituye el documento de base para el mantenimiento de los LRS y aparatos de vía incorporados.

6.1.5 Temporada de calor

La temporada de calor corresponde a un período del calendario durante la cual la temperatura del riel puede rebasar con frecuencia los 45°C.

La programación de las obras de mantenimiento debe tomar en cuenta este período. La temporada de calor también se toma en cuenta para el seguimiento de los LRS. Las fechas de inicio y de fin de esta temporada de calor se definen como sigue en la Ciudad de México:

Del 01 de abril al 30 de junio

6.1.6 Trabajos efectivos

Por obras efectivas se entiende el período que va del inicio de las obras hasta el momento en que se restablece la integridad de la vía, en todo lo que se refiere a apriete de fijaciones y el perfil de balasto antes de la entrega de la vía. Además, en todos los casos en que la capa de asiento se haya alterado (levante, ripado, desguarnecido) la vía debe ser cilindrada:

- por lo menos mediante un movimiento pesado (por lo menos de 500 toneladas, excluyendo los armones, los locotractores HLP, las multicalzadoras),

⇒ Si al final del período de labores, no se ha restablecido íntegramente la vía, la entrega de la vía se considerará como una entrega "no conforme", que se tratara como zona sensible a inscribir en el cuaderno de particularidades.

γ
PS

⇒ En regla general, es altamente recomendable regularizar la finalización de trabajos en LRS antes de la temporada de calor, ya que el impacto en términos de recursos humanos es muy fuerte para asegurar las inspecciones permanentes requeridas durante esta temporada. Si además se acumulan zonas sensibles, se dificulta aún más la organización del mantenimiento.

6.1.7 Verificación de la geometría después de una intervención de 2ª categoría habiendo desestabilizado la vía

Al término de una intervención de 2ª categoría (véase definición más adelante en §6.3.1.2), que haya desestabilizado la vía, se realiza la verificación del conjunto de los parámetros geométricos de la zona considerada con la ayuda de:

- Ya sea con los registros inmediatos de una máquina equipada con lectores gráficos (EM 50, multicalzadoras habilitadas...),
- Ya sea con los registros de un carro de medición homologado,
- Ya sea con mediciones manuales,
- Ya sea, para una rectificación puntual de punto alto a punto alto únicamente, mediante la verificación visual de la nivelación y de la alineación.

En el caso de una posible presunción de defecto, convendrá confirmar mediante una medición manual, el conjunto de parámetros geométricos.

6.2 Inspección e intervenciones sobre los LRS

6.2.1 Inspección

Los LRS se sujetan a las reglas de inspección definidas en el Tomo II del Manual de mantenimiento de la vía.

6.2.1.1 *Respeto de los perfiles de balasto*

Los perfiles "completos" de balasto deben recibir un mantenimiento constante.

Es conveniente proceder, sin tardar, a la recuperación del perfil en las zonas en donde aparecen las alteraciones por diversas causas (nivelación, depuración, piezas fuera de lugar, etc.).

Después de una operación de bateado pesado, puede ser necesario un complemento o un esparcido de balasto. El balasto usado para ese complemento, debe cumplir con los requisitos de un balasto de calidad ferroviaria (tipo C4).

6.2.2 Intervenciones

Se debe evitar multiplicar las intervenciones en los LRS, en particular para corregir defectos de mínima importancia.

Se debe prestar particular importancia a la geometría relativa de la vía, incluyendo la trocha.

Los sistemas de fijación elástica deben asegurar la óptima fijación de los rieles en los durmientes, condición necesaria para realizar el anclaje correcto del chasis de la vía en el balasto que se opone con eficacia al desplazamiento longitudinal de los rieles.

La eficacia de las fijaciones en los últimos 50 metros de los LRS debe vigilarse con suma atención.

El control de la eficacia de una fijación elástica se efectúa de acuerdo con las reglas descritas en el Tomo II del Manual de mantenimiento de la vía.

6.3 Clasificación de las operaciones de mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento se clasifican en dos categorías dependiendo de si afectan o no la estabilidad del LRS.

6.3.1 Definición de las categorías de trabajos

6.3.1.1 Primera categoría

Esta categoría abarca los trabajos que no afectan la estabilidad de los LRS. Se trata de las siguientes operaciones:

- La verificación del apriete de las fijaciones,
- El apriete de las fijaciones,
- Todas las operaciones sobre los contra-rieles de los aparatos de vía,
- Todas las operaciones en el sistema de fijación de barras de fijación de los rieles de seguridad,
- El esmerilado y supresión de rebabas de los rieles,
- El reperfilado, esparcido y barrido del balasto (a reserva de no disminuir en ningún momento el perfil de balasto reglamentario),
- Las operaciones de medición o de verificación que no impliquen el desmontaje o el desplazamiento de los componentes de vía.

6.3.1.2 Segunda categoría

En esta categoría se distinguen dos familias de intervención:

- a) Las labores que disminuyen momentáneamente la estabilidad de la vía: para esta familia de intervención (por ejemplo, sustitución de durmientes, bateado pesado, etc), el seguimiento de las temperaturas (con trazabilidad) debe efectuarse a lo largo de los trabajos efectivos y durante la estabilización de la vía,
- b) Las obras que alteran momentáneamente los esfuerzos de los LRS: las obras dependientes de esta familia de intervención, que no desestabilizan la vía, pero alteran momentáneamente los esfuerzos de los LRS. La noción de estabilización de la vía sobre balasto no se aplica a este tipo de intervención. El seguimiento de las temperaturas debe realizarse únicamente durante los trabajos efectivos.

En esta última familia de intervención, se encuentran todas las obras por arriba de la capa de balasto.

- Intervenciones puntuales en las fijaciones que no requieren elevar los durmientes, sustituciones aisladas de almohadillas o de sillars,
- Sustitución masiva del material de fijación, de almohadillas, que no requiere elevar los durmientes,
- Rectificación del ancho de vía, consolidación de fijaciones,
- Sustitución de un elemento de riel de LRS de longitud < 37 m,
- Reparación por soldadura al arco de los defectos del plano de rodadura y recarga de soldaduras huecas,

Para estas operaciones, se deben respetar las condiciones de temperatura durante los trabajos efectivos previstas en el capítulo §6.5.

6.4 Condiciones de ejecución de los trabajos de primera categoría

Como regla general, sea cual sea la temperatura de referencia, estos trabajos están autorizados todo el año sin limitación de velocidad.

Se recomienda ejecutarlos dentro del rango de $Tr - 5^{\circ}C$ a $Tr + 50^{\circ}C$.

6.5 Condiciones de ejecución de los trabajos de segunda categoría

Todas las obras que desestabilizan la vía emprendidas durante la temporada de calor (del 01 de abril al 30 de junio) deberán ser objeto de una trazabilidad eficaz del seguimiento de la temperatura, ya sea durante los trabajos efectivos como durante la estabilización.

Estos trabajos pueden ser ejecutados sin restricción de velocidad si las dos condiciones siguientes son respetadas simultáneamente.

6.5.1 Primera condición

6.5.1.1 Lista de zonas donde todos los trabajos de segunda categoría son autorizados todo el año

Todas las obras de 2a categoría (en particular las que desestabilizan la vía) pueden autorizarse todo el año (incluyendo la temporada de calor) en todas las zonas de vía general, salvo en las siguientes zonas:

- zonas a menos de 50 m de un aparato de vía
- zonas que se clasifican no conformes

6.5.1.2 Lista de zonas en las que determinados trabajos de segunda categoría desestabilizando la vía no están autorizados durante la temporada de calor

Ciertas zonas de vía son más frágiles que otras, desde el punto de vista de la "estabilidad del LRS".

Por un principio de precaución, no se autorizan, durante la temporada de calor, las obras de 2ª categoría que desestabilizan la vía.

Esta condición impone que los trabajos efectivos tal como el apriete de las fijaciones, el perfil de balasto y la estabilización que corresponden a estos trabajos se incluyan en su totalidad **fuera** de la temporada de calor.

Además, las zonas que corresponden a un criterio relacionado de mantenimiento como:

- zonas clasificadas sensibles motivos distintos a los que surgen como consecuencia de obras habiendo desestabilizado la vía (por ejemplo, liberación no realizada, soldaduras angulosas, zonas de fijaciones clasificadas, etc...),
- zonas de plataforma inestable indicadas en un cuaderno de particularidades,
- zona donde el ancho de vía (E) reducido puntual, definido por la diferencia (Emed - Emin) > 4 mm, se observa en la zona implicada por la operación de mantenimiento, con el fin de limitar los golpes dinámicos transversales,
- zonas de vía donde se observa una contaminación generalizada del balasto,
- zonas donde la trazabilidad del LRS no es óptima (ejemplo: falta de cartilla de vida del LRS, ausencia de fichas de liberación).

→ Se prohíbe programar obras de mantenimiento en estas zonas durante la temporada de calor.

6.5.2 Segunda condición

Esta 2a condición se aplica todo el año a todas las zonas de vías.

6.5.2.1 Condiciones generales de temperatura

Zona de vía general situada a más de 100 m de un aparato de vía.

- Para simplificar, los rangos de temperatura no deberán salirse del rango 0°C a 40°C.

6.5.2.2 Trabajos urgentes

En la línea, de ser necesario efectuar obras urgentes de 2a categoría durante la temporada de calor.

Se debe obtener el visto bueno por escrito del responsable de mantenimiento del operador de transporte, el cumplimiento de todas las demás condiciones del presente manual es imperativo,

⇒ una visita diaria a las horas más calurosas del día se impone a todo lo largo de la estabilización.

Si durante la inspección, se observa una anomalía evolutiva del trazo o la aparición de un segmento de baile (desconsolidación), es conveniente imponer inmediatamente, en espera de las medidas correctivas:

- En la vía en obras
 - RTV 40 km/h como máximo,
 - inspección visual entre cada tren
- En la vía contigua

- RTV 60 km/h

6.6 Condiciones técnicas de ejecución de los trabajos de segunda categoría

Las condiciones técnicas de realización de las obras de 2ª categoría se enumeran por operación como sigue.

6.6.1 Depuración del balasto

6.6.1.1 *Depuración de casillas limitada a segmentos de poca longitud (20 m máximo) espaciados por lo menos cada 50 m sin desmoldeo de durmientes*

Condiciones técnicas de realización

Se imponen las siguientes condiciones técnicas de realización:

- la depuración no debe incluir desmoldeo,
- la profundidad de desguarnecido se limita a 5 cm por debajo del nivel inferior del durmiente,
- el desguarnecido no debe abarcar simultáneamente:
 - más de dos casillas consecutivas,
 - más del 20% de las casillas en una longitud de 20 m,
- el perfil del balasto reglamentario debe restablecerse rápidamente por guarnecido y aporte de los complementos necesarios; estos trabajos deben terminarse antes del final de cada día en la zona depurada.

Condiciones de ejecución

⇒ En las zonas en donde las obras de 2ª categoría **están autorizadas** todo el año.

Las condiciones de las obras de 2ª categoría deben cumplir únicamente con el artículo §6.5.2 “Segunda condición”.

⇒ La lista de las zonas donde ciertas obras de 2ª categoría **no están autorizadas** durante la temporada de calor.

Las condiciones de las obras de 2ª categoría deben cumplir con los artículos §6.5.1 “Primera condición” y §6.5.2 “Segunda condición”.

Tanto como sea posible, las obras de depuración deben planearse en otoño, después de la temporada de calor, cuando las temperaturas promedio bajan.

6.6.1.2 *Depuración puntual del balasto de las casillas y de los moldes*

Condiciones técnicas de realización

Se imponen las siguientes condiciones técnicas de realización:

- desguarnecido limitado a 20 cm debajo del nivel inferior de los durmientes,
- desguarnecido limitado a dos durmientes y a tres casillas,
- desguarnecido regular, simultáneo y de profundidad idéntico en las dos filas,
- calce eficaz y obtención del nivel VO de las normas de geometría, después de las obras,
- tratamiento de ninguna otra zona distante de menos de 50 m antes de la estabilización
- verificación de la geometría detrás de la primera circulación comercial,
- durante la estabilización, seguimiento adecuado, en función de los asentamientos que puedan observarse, acompañada eventualmente de nuevas intervenciones de ser preciso.

Condiciones de ejecución

Igual que el punto anterior.

6.6.2 Sustitución manual de durmientes

Condiciones técnicas de realización

a) Condiciones de elevación de la vía

El método que se emplee no debe requerir que se levante la vía más de: **4 cm**.

b) Otras condiciones

El número de durmientes que puedan sustituirse en una sola pasada se limita a:

- ⇒ Un durmiente de cada cinco, o dos durmientes de cada diez si éstos son consecutivos. En el último caso, el desguarnecido debe limitarse a la casilla intermedia.
- ⇒ Un durmiente ripado en el sentido de la vía de más de la mitad de su ancho durante una operación de espaciamiento entre durmientes repetido, desde el punto de vista de la desconsolidación de la vía, se considera como un durmiente sustituido.
- ⇒ Si es necesario hacer varias pasadas, se debe lograr la estabilización en cada pasada.

Las operaciones de sustitución (desguarnecido, sustitución y reguarnecido) deben ser sucesivas en un mínimo de tiempo; en particular, el reguarnecido debe ir inmediatamente después del paso del tren apisonador, si el procedimiento de sustitución seleccionado impone esta circulación después de reguarnecer.

El restablecimiento del perfil de balasto reglamentario y la verificación de la geometría de la vía deben efectuarse antes del paso del primer movimiento.

Condiciones de ejecución

Igual que el punto anterior.

6.6.3 Mantenimiento de las fijaciones

6.6.3.1 *Intervenciones puntuales en las fijaciones y sustitución aislada del pequeño material de las fijaciones, que no requieran de levante de los durmientes o del riel*

Este tipo de intervención está autorizado todo el año sea cual sea la ubicación.

- ⇒ El número de fijaciones aflojadas simultáneamente se limita al de dos durmientes consecutivos, así como al 20% de durmientes de una longitud deslizante máxima de riel de 20 m.

6.6.4 Sustitución aislada de almohadillas o sillas

Este tipo de intervención está autorizado todo el año sea cual sea la ubicación.

Cuando es necesario sustituir almohadillas o sillas aisladas, las precauciones siguientes deben ser imperativamente respetadas:

- Las obras sólo deben ejecutarse en período de prohibición de circulación y dentro del rango de temperatura (**tr - 15°C**) a **tr**,
- La zona de desapriete de fijaciones debe estar limitada a lo estrictamente necesario para evitar cualquier levante de durmientes,
- Sólo autorizar el paso de la circulación después de restablecer el apriete total de las fijaciones.

6.6.5 Sustitución masiva del material de fijación, de almohadillas, de sillas que no requiere de levante de durmientes - rectificación de ancho de vía - consolidación de fijaciones

Este tipo de intervención está autorizado todo el año sea cual sea la ubicación.

Cuando es preciso sustituir un número elevado de ciertos elementos del material de fijación (almohadillas...), **en zona central de los LRS**, es decir a más de 150 m de los extremos, es posible proceder por zonas sucesivas de longitud limitada inferior a 100 m con afloje general de fijaciones. El método de trabajo no debe conducir a ningún levante de durmientes.

- Las obras sólo deben ejecutarse en período de prohibición de circulación y dentro del rango de temperatura (**tr - 15°C**) a **tr**,
- El posible levante del riel se limita a 15 mm,
- Se limita aflojar las fijaciones a lo estrictamente necesario; la zona para aflojarlas simultáneamente se limita a 100 m máximo,
- Cuando se aflojan las fijaciones a lo largo de 100 m además de que se desmontan, sin levante del riel, (sustitución completa de fijaciones, rectificación del ancho de vía,...) el desmontaje total de las fijaciones puede realizarse de manera continua en una longitud deslizante máxima de 20 m, con la condición de asegurar el tope lateral del riel permanentemente, sustituyendo las fijaciones retiradas por topes o barras de espaciamiento adecuados a razón de 1 por 5 durmientes si $R < 600$ m y de 1 por 7 en las curvas donde $R \geq 600$ m.

Sólo autorizar el paso de la circulación después de restablecer el apriete total de las fijaciones.

PS

6.6.6 Sustitución de un elemento de LRS de longitud ≤ 37 m

Este tipo de intervención está autorizado todo el año sea cual sea la ubicación.

Se debe cumplir con el rango de temperatura durante los trabajos efectivos (**tr-40°C**) a tr, sin que llegue por debajo de -5°C.

Si las condiciones de temperatura no pudieran respetarse, se debe parar las obras y reorganizarlas.

6.6.7 Reparación por soldadura al arco de los defectos del plano de rodadura y recarga de soldaduras huecas

Este tipo de intervención está autorizado todo el año sea cual sea la ubicación.

El precalentamiento de los rieles antes de la soldadura causa una elevación de los esfuerzos en el riel que puede comprometer la estabilidad de los LRS cuando se efectúa más allá de cierta temperatura o abarca un cierto número de reparaciones o recargas simultáneas.

Por consiguiente, se debe cumplir con las reglas que siguen:

- ⇒ La temperatura máxima de precalentamiento no debe rebasar 400°C en ningún punto de la parte precalentada.
- ⇒ El número de operaciones de reparación y (o) de recargas que puede realizarse durante una misma sesión de trabajo por fila de riel y por zona de 40 m debe limitarse a:
 - en vía estabilizada:
 - 3 operaciones si la temperatura del riel es de 35°C,
 - 1 operación si 35°C < temperatura del riel \leq 40°C,
 - se prohíbe el trabajo si la temperatura del riel > 40°C.
 - en vía no estabilizada:
 - 1 sola operación si la temperatura del riel es \leq 30°C,
 - Se prohíbe el trabajo si la temperatura del riel > 30°C.

6.6.8 Bateado pesado durante la temporada de calor de las zonas situadas a menos de 50 m de un ADV

Las condiciones que siguen deben cumplirse estrictamente en cada zona de intervención de este tipo:

A. Condiciones de tráfico:

La estabilización debe lograrse **en 3 días máximo**, por consiguiente, es imperativo asegurarse que el tráfico acumulado durante esos 3 días sea superior a los valores que siguen:

- 5000 toneladas por aparato colocado en soportes o durmientes de concreto.

B. Condiciones de armado y de trazo:

Aparatos sobre soportes de maderas exóticas con fijaciones elásticas y plaquetas colocadas en alineación o en curva de radio mínimo correspondiente,

Vía general que responda al criterio "estrictamente en conformidad" por cumplir con el espaciamiento entre durmientes.

C. Limitación de uso:

La zona de intervención no debe incluir zonas "no autorizadas" según el artículo §6.5.1.2 "Lista de zonas en las que determinados trabajos de segunda categoría desestabilizando la vía no están autorizados durante la temporada de calor".

D. Condiciones previas de intervención:

- Las obras sólo podrán emprenderse si durante el tiempo de estabilización la temperatura del riel no corre el riesgo de rebasar 45°C,
- Los perfiles de balasto deben alcanzar una cantidad suficiente de balasto para garantizar su conformidad después del trabajo,
- Antes de la operación, es conveniente asegurar que el nivel de calidad VI de las fijaciones no se haya alcanzado.

6.6.9 Particularidades de los dispositivos de dilatación

6.6.9.1 AD para LRS, abertura de 180 mm

Nivelación - Alineación

Las operaciones de nivelación y alineación de los dispositivos de dilatación y sus conexiones en 30 m máximo del lado LRS (medidos con respecto al eje del AD o a partir de la junta J1) son sujetas a las prescripciones sobre las obras de 2a categoría en barras normales.

6.7 Incidentes - Reparación

6.7.1 Generalidades

Los incidentes en largos rieles soldados pueden abarcar los siguientes casos principales:

- rupturas y defectos del riel,
- rupturas y defectos en los aparatos de dilatación,
- deformaciones de vía.

Se informa rápidamente a todos los niveles de mando por la vía jerárquica.

6.7.2 Deformación de LRS

Hay presunción de deformación por pandeo de LRS en caso de deformación de la vía que apareciera bruscamente en temporada de calor.

6.7.2.1 Informaciones que deben transmitirse

En cuanto se observe una deformación de la vía o el desarrollo rápido de segmentos de durmientes desconsolidados, sobre todo cuando la temperatura es alta, es conveniente:

- ⇒ Parar o bajar la velocidad de los trenes sin dudar en que vayan más lento antes de llegar a la zona inestable.

Se alerta al responsable de mantenimiento del operador de transporte.

⇒ Es conveniente registrar inmediatamente la deformación.

Antes de proceder a la reducción de la deformación, se debe obtener rápidamente la siguiente información:

- Información en planta y en perfil de la zona deformada (peralte, baile, flechas con cuerda de 20 m desplazada cada metro en 20 metros a ambos lados de la deformación) con referenciación de puntos singulares (aparatos de vía,...), del piquetaje de curva y si es posible el valor de la entrevía.
- Medida de los huecos que puedan existir en las cabezas de los durmientes.
- Medida de la abertura de los aparatos de dilatación si están situados a menos de 300 m de la zona deformada.
- Medida de la temperatura del riel.
- Medida de la eficacia del apriete de las fijaciones de todos los durmientes en la parte deformada y 20 m de ambos lados.
- Medida de los perfiles de balasto.
- Medida de los deslizamientos relativos riel/ durmiente y durmiente/ balasto.
- Información de la ubicación de las soldaduras eléctricas y aluminotérmicas.

Una vez reunida toda esta información, se emprende la reducción de la deformación.

6.7.2.2 Reducción de la deformación

- Buscar la amplitud de la deformación con la ayuda de una cuerda de 10 m de longitud y determinar el valor real del defecto quitando, en curva, el valor de la flecha teórica (1/4 de la flecha del carnet de curva).
- Si es posible autorizar la circulación a baja velocidad ($V = 40$ km/h), esperar que la temperatura del riel baje por debajo de la temperatura de referencia para volver a colocar la vía en su lugar.
- Si la deformación es demasiado importante, cortar los rieles en el centro de la deformación después de haber trazado en el riel, ambos lados del corte, 2 puntos de referencia distantes de 1 m. Quitar el excedente de longitud, volver a colocar la vía en su lugar y colocar bridas provisionales con Ccs de fijación. La temperatura del riel, la cantidad de metal retirada, la cota entre puntos de referencia y el valor de la laguna realizada deben registrarse después de volver a colocar la vía en su lugar.
- Aflojar y volver a apretar las fijaciones a todo lo largo de la deformación. Nivelar, alinear y balastear abundantemente la zona de deformación y subir la limitación de velocidad a la velocidad normal.
- Vigilar el comportamiento de la vía.
- Sustituir los rieles a todo lo largo de la deformación, nivelar, alinear.
- Si se presume que la causa es un defecto de linealidad del riel o de soldadura, tomar un cupón de 12 m centrado en el defecto. Se ejecutan los cortes a 6 m del centro de la deformación o

del defecto.

- Efectuar lo más pronto posible después de la estabilización, la nivelación y la alineación, una liberación parcial con puesta bajo esfuerzo cero controlada entre 2 puntos situados a 300 m de ambos lados de la deformación.
- Restablecer la operación normal a reserva de que no reaparezca ningún defecto de trazo durante el tiempo de RTV.
- La zona reparada debe ser objeto de especial seguimiento durante 1 semana.

7. TRABAJOS

El objetivo de este capítulo es el de precisar las principales disposiciones a tomar en cuenta para garantizar la seguridad ferroviaria en el contexto de los trabajos de vía.

Las reducciones de velocidad presentadas no reducen necesariamente la probabilidad de descarrilar, pero reducen la gravedad potencial de un descarrilamiento. Por este mismo motivo, en ciertos casos, también se limita la velocidad de la vía contigua.

7.1 Tipología

Se denomina trabajos de mantenimiento al conjunto de intervenciones preventivas sistemáticas y las intervenciones desencadenadas a partir de la aplicación de los niveles de calidad (VI, VR). Estos se definen según los siguientes criterios:

- Se realizan dentro del **rango de temperaturas** permisibles definidos para la intervención; en función de si se trata de trabajos de LRS, de primera categoría o segunda categoría, u otros trabajos.
- Los trabajos de mantenimiento respetan las **prescripciones técnicas** particulares de ejecución para el elemento de vía, asociadas a los niveles de calidad correspondientes al elemento.
- Se realizan durante la libranza de noche permitiendo retomar la circulación a **velocidad normal** al final del trabajo. Puede ocurrir que permanezca una RTV por el hecho de seguir dentro de los umbrales que definen VR.

Se denomina otros trabajos a los trabajos en vía que no se pueden definir como trabajos de mantenimiento ya que no siguen los criterios indicados. Estos otros trabajos generalmente implican una reducción de velocidad requerida por el modo operatorio del trabajo, como por ejemplo una sustitución de panel de vía.

7.2 Precauciones generales para el conjunto de trabajos

7.2.1 Contaminación del riel

7.2.1.1 Contaminación por grasa

Con el fin de evitar que aflore la grasa en la superficie de la rodadura, se limpian regularmente las ruedas.

7.2.1.1.1 Seguridad

⇒ Antes de poner de nuevo las vías en operación, verificar el estado de lubricación del riel en toda la zona de circulación.

7.2.1.2 Otros tipos de contaminación

En algunas obras, el riel de rodadura se puede contaminar por cúmulos de desechos que se adhieren a la superficie de rodadura y provoca el deshuntado.

7.2.1.2.1 Seguridad

⇒ Antes de poner de nuevo las vías en operación, verificar que no haya desechos o polvo de balasto en la superficie de rodadura del riel. De no ser el caso, efectuar la limpieza de la superficie de rodadura mediante barrido o raspado.

7.2.2 Almacenamiento de materiales en vía y en talleres

7.2.2.1 Gálibo de depósitos provisionales

Todo almacenamiento debe respetar el gálibo de los depósitos provisionales de materiales de vía y no estorbar el paso, que debe quedar libre para la circulación del personal y para una eventual evacuación de pasajeros.

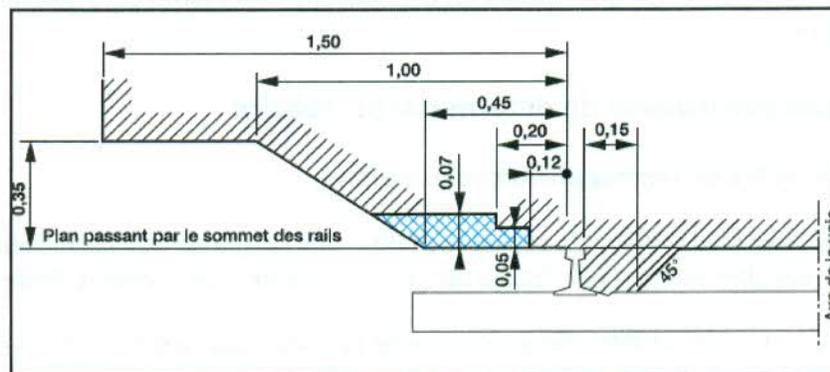


Figura 3: Gálibo de los depósitos provisionales

Nota: La zona cuadrículada en azul puede albergar los rieles en espera de sustitución.

7.2.2.1.1 Seguridad

Los pasos organizados para las necesidades de las obras deben dejarse en buen estado y libres de cualquier obstáculo antes de reanudar el servicio de pasajeros.

⇒ Antes de poner de nuevo las vías en operación, recorrer a pie la zona de obras con el fin de verificar que no queda ningún obstáculo en la vía (lorry, brida "C" de fijación, etc...) o que estorbe el gálibo de los trenes. Atar o acomodar todas las herramientas en los cofres.

7.2.3 Circulación de maquinaria de obra

- Prohibir la circulación de las máquinas sobre los tirantes de los aparatos de vía.
- Reconstruir las banquetas de vía si fueron aplastadas por la circulación de las máquinas.
- Proteger las zanjas de cables con placas metálicas o tabloncillos provisionales.
- Indicar cualquier contacto de una máquina con la instalación catenaria.
- Limitar a 5 km/h la velocidad de los vehículos ferrocarril-carretera cuando pasen por la punta de los aparatos de vía.

7.2.4 Instalaciones eléctricas

Antes de efectuar las obras, prever lo necesario para desmontar y volver a colocar las instalaciones eléctricas (balizas, cables, etc.) con el fin de que no se deterioren durante la fase de obras. Si durante la obra se daña o destruye un equipo eléctrico, se ha de avisar al Puesto de Mando Centralizado.

Las conexiones eléctricas soldadas riel-riel deben verificarse en toda la zona de obras para asegurarse de que funciona la continuidad eléctrica.

7.2.4.1 Seguridad

- ⇒ Si durante las obras, no se circula por los circuitos de vía durante un período de más de 72 horas, avisar al área de señalización que tomará las disposiciones necesarias para que funcionen cuando se reanude el servicio.

7.3 Instrucciones particulares de determinados trabajos

7.3.1 Instrucciones sobre las rampas provisionales de obra

Con una reducción de velocidad a 40 km/h, se puede realizar una rampa de transición sobre balasto o por calce. Se calza entre cada durmiente o por debajo de cada durmiente y las esquinas deben ir clavadas.

La longitud de la rampa provisional debe dimensionarse de tal forma que la diferencia de declividad entre esta rampa y el perfil longitudinal de la vía no rebase 10 mm / metro.

Esta diferencia se calcula dividiendo la diferencia de la altura de la vía entre la longitud de la rampa.

7.3.2 Instrucciones sobre la circulación de balasteras

Cuando la distribución de balasto se realiza mediante balasteras que en la zona previamente desguarnecida, se trata de una operación delicada con riesgo elevado de descarrilamiento.

Es posible minimizar este riesgo mediante mayor inspección del personal durante las fases de colocación del balasto y en particular adoptando ciertas precauciones tanto para la colocación del balasto como para el uso de las balasteras.

Por tanto, es esencial cumplir con las siguientes disposiciones preventivas:

- Efectuar el calce de los durmientes en las rampas con el mayor cuidado, en particular realizándolo por bateado si el enclavijado no permite garantizar suficiente estabilidad (caso de diferencia de altura de más de 350 mm bajo nivel inferior del durmiente).
- Verificar sistemáticamente el resultado del calce mediante la medición del peralte y el cálculo del alabeo; el paso de las balasteras sólo se autoriza si el valor del alabeo corto no rebasa 4 mm/m.
- Cuando se formen los convoys, en la medida de lo posible, colocar las balasteras directamente detrás de un tractor y no en el extremo del convoy con el fin de reducir las reacciones por el enganche.

7.3.3 Instrucciones sobre el alabeo

En la medida de lo posible, se programarán las obras de tal forma que se evite una rampa de transición en un zona de subida de peralte.

Cuando sea posible, pasar el rodillo para asentar la vía con el tren de obras y eventualmente retomar en bateado las zonas de elevado baile (desconsolidación).

Antes de poner las vías en operación, verificar el alabeo en la zona de obras y **18 metros a ambos lados** y reanudar las obras si:

- El alabeo corto alcanza o rebasa **9 mm en 3 metros**, valor llevado a **10 mm en 3 metros** en las zonas de empalme equipadas con contra-riel.
- El alabeo largo alcanza o rebasa **54 mm en 18 metros**, valor llevado a **63 mm en 18 metros** en las zonas de empalme equipadas con contra-riel.

⇒ Observar el paso de los trenes de servicio y por lo menos un tren de pasajeros.

7.3.3.1 Seguridad

⇒ Retomar el bateado en las zonas de alta desconsolidación.

⇒ Medir el peralte y volver a verificar el alabeo:

- el alabeo corto no debe llegar a 12 mm en 3 metros;
- el alabeo largo no debe alcanzar 60 mm en 18 metros, valor llevado a 65 mm en 18 metros en las zonas de empalme equipadas con contra-riel.

7.3.4 Instrucciones sobre el perfil de balasto

Antes de poner las vías en operación a la **velocidad normal**:

- Cumplir con las condiciones de estabilidad de la plataforma en cuanto a tonelajes y plazos.
- El perfil de balasto debe corresponder al perfil pleno (la banqueta de balasto debe alcanzar por lo menos el nivel superior del durmiente y los tramos estar rellenos).

7.3.5 Instrucciones sobre el gálibo

Antes de poner las vías en operación:

- medir el peralte,
- medir las cotas de la entrevía,
- medir la distancia al andén.

7.3.5.1 Seguridad

Si ocurre uno de los siguientes casos:

- diferencia de peralte superior de 15 mm (peralte diseño - peralte real),
- diferencia de entrevía superior de 20 mm,
- diferencia de distancia en andén superior de 20 mm (hacia el andén).

⇒ Retomar las obras antes de poner las vías en operación.

7.3.6 Instrucciones sobre las rampas definitivas

La longitud de la rampa definitiva debe dimensionarse de tal forma que la diferencia de declividad entre esta rampa y el perfil longitudinal de la vía no rebase **4 mm / metro**.

Este valor permite la reanudación de la operación a velocidad normal si se cumple con las demás condiciones.

Las rampas definitivas deben batearse ya sea con las bateadoras ligeras o con la multicalzadora.

7.3.7 Instrucciones sobre la posición de la catenaria

Previamente al reacondicionamiento de la plataforma de balasto, se solicitará la intervención del servicio de catenaria, según la posición de la **nueva vía**.

Se pueden presentar tres casos:

- La implantación de la catenaria es compatible con la nueva posición de la vía:
 - ⇒ No hay obras de preparación.
- La implantación de la catenaria no es compatible con la nueva posición de la vía:
 - ⇒ El servicio de catenaria reposiciona la LAC antes del inicio de las obras de reacondicionamiento de la plataforma.
- El trazo y la nivelación de la futura vía son muy diferentes de la vía instalada:
 - ⇒ Prever fases transitorias previas a las obras para realizar las operaciones de ripado o de descenso de la vía coordinadas con los desplazamientos de la LAC.

7.4.2.1 Reducción de velocidad a aplicar en la vía adyacente a los trabajos

En las vías conexas, aun si se rellena la zanja se debe prever la restricción de velocidad hasta la fase de estabilización:

⇒ 60 km/h para una zanja >600 mm por debajo del nivel inferior del durmiente.

Si la temperatura del riel rebasa los 45°C, aun si se rellenó la zanja, se debe prever la restricción de velocidad hasta la fase de estabilización:

⇒ 60 km/h sea cual sea la profundidad de la zanja.

7.4.3 Inspección de la obra

Se visita la obra **dos veces** durante el día, una vez por la mañana y otra por la tarde con el fin de verificar:

- La nivelación en todas las vías impactadas por las restricciones de velocidad (desconsolidación y asentamiento), para efectuar el cálculo del alabeo registrado en la ficha correspondiente.
- Las deformaciones de vía.
- El perfil del balasto.
- Los dispositivos de calce, de haberlos, (posición de calzas y solidez de fijación).
- Blindaje de las zanjas, dispositivos de apuntalamiento de entrevía y de banqueteta, de haberlos.
- El posicionamiento en alineación y en perfil de los extremos de los rieles, apertura de las juntas (ADV).
- La fijación provisional de bridas, el apriete de las "C" de fijación, las fijaciones del riel, el adecuado apriete de las conexiones eléctricas.
- Cotas de entrevía, cotas en andén, despeje del gálibo de los andadores.

7.4.4 Desguarnecido con terracería bajo el nivel inferior del durmiente y descenso de la vía

Esta obra se realiza con restricciones provisionales de velocidad:

⇒ **30 km/h** para una profundidad de desguarnecido > 300 mm por debajo del nivel inferior del durmiente.

⇒ **40 km/h** si el desguarnecido es ≤ 300 mm por debajo del nivel inferior del durmiente.

La profundidad del desguarnecido en relación con el nivel inferior de los nuevos durmientes es, salvo estipulación en contrario (caso de saneamiento, por ejemplo), de 250 mm para los durmientes de concreto presforzado.

El desguarnecido debe ejecutarse con los medios adaptados a los obstáculos que se hayan encontrado; se debe efectuar en todo el ancho del fondo de la zanja hasta la profundidad establecida y con la pendiente transversal prescrita; el fondo de la zanja debe nivelarse perfectamente. Se debe imperativamente cumplir con la integridad de las capas de soporte, de drenaje y dispositivos de protección de plataforma conservados.

Los valores de desguarnecido de los fondos de las zanjas deben registrarse. Al término del desguarnecido y del bateado, y antes de devolver la vía a la operación, la vía debe estar a - 10 mm o menos de su nivel inferior teórico (para permitir una segunda pasada de bateado pesado así como una nivelación complementaria) y a ± 30 mm de su cota de banqueta definitiva.

Además de las precauciones generales descritas anteriormente, se aplicarán las instrucciones relativas a las rampas provisionales y definitivas, el alabeo, la circulación de las balasteras, el gálibo, la posición de la catenaria y el retorno de tracción.

Sólo se devolverá la vía a la operación con la limitación de velocidad si se cumple con las prescripciones requeridas después del primer levante, es decir:

- ⇒ Bloqueo mediante el bateado de las cabezas de los durmientes.
- ⇒ El nivel del nuevo balasto alcanza por lo menos el 50% de la altura de los durmientes.

7.4.5 Nivelación y compactado de la vía

7.4.5.1 Trabajos de primer levante

Una vez desguarnecida la vía con maquinaria del tipo pala o bull, debe estar sobre un espesor de balasto de 80 mm como mínimo apoyada de manera homogénea, para que el asentamiento sea uniforme con el paso del tren de obras. Las capas de materiales usadas en casos de saneamiento deben compactarse por pase de 100 mm antes de colocar la subcapa de balasto.

El levante se efectúa con la ayuda de multicalzadoras con doble penetración de los calzadores de balasto; la nivelación se efectúa en base relativa y la alineación con referencia al tendido, siendo el peralte ajustado al valor prescrito.

El balasto se debe introducir por debajo de los durmientes en uno o varios pases. Los pases son de 80 a 100 mm. Este trabajo incluye el retiro de las calzas, de haberlas.

Al término de la primera elevación, la vía debe estar por lo menos a 50 mm por debajo del nivel definitivo y a ± 30 mm como máximo de su cota de banqueta definitiva.

La vía desguarnecida sólo puede volver a operación con la limitación de velocidad indicada después de:

- ⇒ El primer levante con bloqueo por bateado de las cabezas de los durmientes.
- ⇒ El nivel del nuevo balasto alcanza por lo menos el 50% de la altura de los durmientes.

7.4.5.2 Trabajos de segundo levante

Durante el segundo levante, la vía alcanza entre 10 mm y 25 mm por debajo de su nivel definitivo sin tomar en cuenta el asentamiento que sigue (por 100 mm de balasto nuevo debajo del nivel inferior del durmiente se asienta cerca de 3 mm, agregar 10 mm si hay presencia de manta) y de nuevo se rectifica ± 10 mm como máximo de su cota de banqueta definitiva.

El bateado debe efectuarse por medio de multicalzadoras con doble penetración de calzadores, por pases que no rebasen 80 mm de espesor con complemento de balasto entre cada pase. En la medida de lo

posible, se hace circular por lo menos un tren pesado como intervalo entre estos pases. La nivelación se efectúa en base absoluta y la alineación con referencia al tendido.

El segundo levante es objeto de un control inmediato encaminado a verificar el cumplimiento de las condiciones de geometría necesarias para restablecer la velocidad normal.

Además de las precauciones generales descritas anteriormente, se aplicarán las instrucciones para el perfil de balasto, las rampas definitivas, el gálibo y la posición de la catenaria.

Por otra parte, sólo se puede restablecer la velocidad normal si:

- ⇒ El apriete de las fijaciones del riel es el correcto.
- ⇒ Las obras de relleno se han ejecutado.
- ⇒ Se taparon los huecos que dejaron las herramientas de bateado.
- ⇒ Se alcanzaron las condiciones de estabilidad.

En el caso en que se hayan usado rieles provisionales, el segundo levante permite el restablecimiento de la velocidad normal cuando se realiza el tendido de los rieles definitivos. En cambio, si esos rieles provisionales permanecen en la vía, su longitud es mayor o igual a **18 m**, además deben colocárseles bridas con pernos y sus juntas se ajustan a las aperturas establecidas.

7.4.5.3 Nivelación complementaria

Después de situar la vía al nivel deseado mediante levante y después del plazo de estabilización, dentro de un plazo máximo de tres semanas se procede a una nivelación complementaria mediante bateado pesado. La nivelación se efectúa entonces en base relativa, por lo general, y la alineación sin referencia a la implantación, salvo cuando las condiciones locales así lo exigen.

Recordatorio:

- Las tolerancias en la banqueta son de ± 5 mm.
- Las tolerancias en la altura son de ± 5 mm.

La soldadura eventual de los rieles debe terminarse antes del inicio de la nivelación complementaria.

Cuando las condiciones de temperatura lo permiten, la liberación de los LRS debe efectuarse antes de la nivelación complementaria.

Se clasifica la zona de obras **como zona particular para cuando se produzca la primera temporada de calor** a venir.

Una vía recientemente tendida, renovada o afectada por obras, sólo dispone de una parte de su resistencia definitiva. Ésta se adquiere gradualmente con la acción de la circulación.

Se considera haber alcanzado la estabilización cuando se cumple con la doble condición de plazos y tonelajes sustentados, tal como se definen a continuación:

- ⇒ Caso general: 48 horas mínimo y 20,000 toneladas con durmientes de concreto,

- ⇒ Bateado pesado con levante ≤ 50 mm y ripado ≤ 20 mm: 24 horas mínimo y 5,000 toneladas con durmientes de concreto,
- ⇒ Bateado con calzadora individual con levante ≤ 15 mm y ripado ≤ 20 mm: 24 horas mínimo y 5,000 toneladas con durmientes de concreto.

7.5 Renovación de la vía: durmientes, rieles, fijaciones

- ⇒ Esta obra se realiza con restricciones provisionales de velocidad de **40 km/h**.

Conforme avanza la obra se verifica el espaciamiento entre durmientes.

Además de las precauciones generales descritas anteriormente, se aplicarán las instrucciones para las rampas provisionales y definitivas, el alabeo, la circulación de las balasteras, el gálibo, la posición de la catenaria y el retorno de tracción, y también se efectuará la verificación del ancho de vía cada 9 m.

Asimismo, se deberán verificar los siguientes puntos:

- El perfil del balasto,
- Posicionamiento en alineación y en perfil de los extremos de los rieles, apertura de las juntas,
- El embridado provisional, el apriete de las "C" de fijación, las fijaciones del riel, el adecuado apriete de las conexiones eléctricas,
- Cotas de entrevía, cotas en andén, despeje del gálibo de los andadores.

7.5.1 Retiro de las vías

Todo el material que se vaya a retirar debe ser desmontado con cuidado para su posible reutilización.

Cuando se desmonta una vía en paneles, la carga de esos paneles debe realizarse con toda seguridad a lo largo de su recorrido, sin deterioro de los elementos de vía desmontados; lo anterior prácticamente conduce a limitar la longitud de los paneles retirados con la longitud y el ancho del vagón que los transporte. En el caso de usar vehículos específicos, se debe prestar particular atención a las limitaciones de gálibo de las líneas y a los radios mínimos que se encuentren en el camino.

7.5.2 Colocación de las vías

En el caso de un tendido de vías en paneles, ponerlos en orden y numerarlos de acuerdo con su orden de colocación, usar rieles con desgaste vertical compatibles para la unión entre paneles. Se traza el espaciamiento entre durmientes del lado del radio grande.

Si los paneles presentan juntas aislantes pegadas (JAP) o cupones mixtos, colocar JAP y cupón mixto nuevos sin acortarlos en un primer tiempo, sólo se cortarán cuando se hayan tendido definitivamente los rieles de su alrededor para suprimir el remate de los extremos. Durante la noche de colocación de un panel con JAP o cupón mixto, empezar por este panel localizando por triangulación la posición exacta de la JAP o del cupón mixto en el terreno, y después colocar los paneles que enmarcan. Prever los cortes de riel que sean necesarios en los paneles que enmarcan en ese caso.

Las condiciones y las precauciones de transporte son las mismas que para el material desmontado.

En el caso de radios de menos de 800 m, se aflojará ligeramente la fila baja para facilitar el zunchado y la colocación del panel.

En el período de la temporada de calor, del 01 de abril al 30 de junio, los rieles provisionales sólo se sustituirán por LRS después de la colocación de los eventuales dispositivos de anclaje, el establecimiento del perfil de balasto prescrito y el logro de la estabilización de la vía.

7.6 Reemplazo de durmientes

Este trabajo se realiza en condiciones de **restricción de velocidad provisional de 40 km/h**, salvo si se trata de una renovación puntual que no se sitúe en una zona de subida de peralte y que se haya efectuado un bateado ligero antes de poner las vías en operación.

7.6.1 Seguridad

⇒ Obras de 2a categoría en LRS

- Cumplir con la regla de "2/20/20", no más de dos casillas consecutivas, ni más del 20% de las casillas y ésto en una longitud máxima de 20 metros.

Además de las precauciones generales descritas anteriormente, se aplicarán las disposiciones relativas al desguarnecido de las vías, las rampas provisionales y definitivas, la balasteras, el alabeo y el perfil de balasto y también se efectuará la verificación del ancho de vía cada 9 m.

Posteriormente, se visita la obra **dos veces** durante el día, una vez por la mañana y otra por la tarde con el fin de verificar:

- El apriete de las fijaciones del riel
- La nivelación en la vía impactada por las obras (baile y asentamiento), para efectuar el cálculo del alabeo registrado en la ficha correspondiente
- El perfil del balasto

7.7 Reemplazo o reparación de fijaciones

Consultar las condiciones de realización de los trabajos de mantenimiento indicados en los capítulos §12.2.1.2 y §13.2.1.1 del Tomo II.

8. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO Y DE LAS ZONAS DE RIEL 60E1 Y RIEL 115 RE

8.1 Rieles

8.1.1 Zona rehabilitada. Riel 60E1.

El riel empleado en las zonas de radio reducido es el riel normalizado UIC 60E1 de dureza 350HT (riel endurecido térmicamente).

Las barras son suministradas en longitud de 18m, unidas por soldaduras aluminotérmicas o eléctricas realizadas en vía.

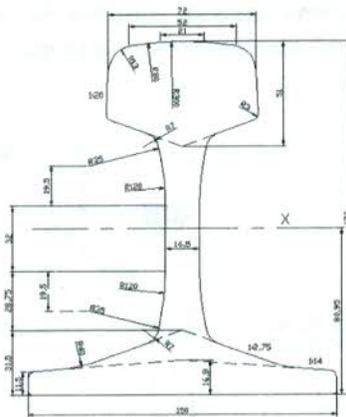


Figura 4: Riel 60E1 (350 HT) – características geométricas

8.1.2 Zona vía existente. Riel 115 RE.

Los rieles de rodadura, inclinados en 1/20, son de calibre 115 RE 260 HT.

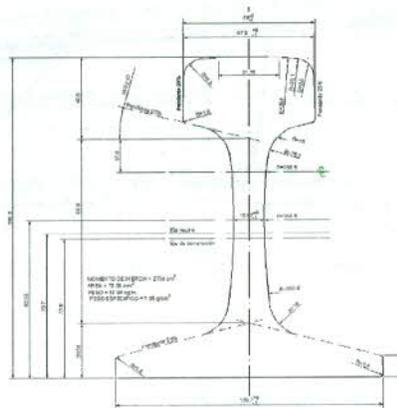


Figura 5: Riel RE 115 (260 HT) – características geométricas

8.2 Sistema durmiente/fijaciones

8.2.1 Zona rehabilitada. Sistema fijaciones VIPA – 60 E1/ Durmientes Sateba 354

8.2.1.1 Fijaciones Fastclip

El sistema de fijación está basado en la silla VIPA 60E1 con 4 hoyos con piso doble y elástico de tipo VIPA.

El primer piso elástico (almohadillas bajo riel) de una rigidez importante (400kN/mm) con el fin de limitar los problemas de giro del riel en las curvas apretadas.

Piso elástico secundario muy flexible (tipo 30kN/mm) con el fin de flexibilizar verticalmente la vía y de luchar contra el desgaste ondulatorio.

Con el fin de limitar las solicitaciones transmitidas a los soportes de concreto, cada silla VIPA ha sido fijada sobre estos a través de 4 tirafondos. El riel está entonces fijado sobre la silla por apriete de dos ganchos elásticos de tipo Pandrol Fastclip FC1504.

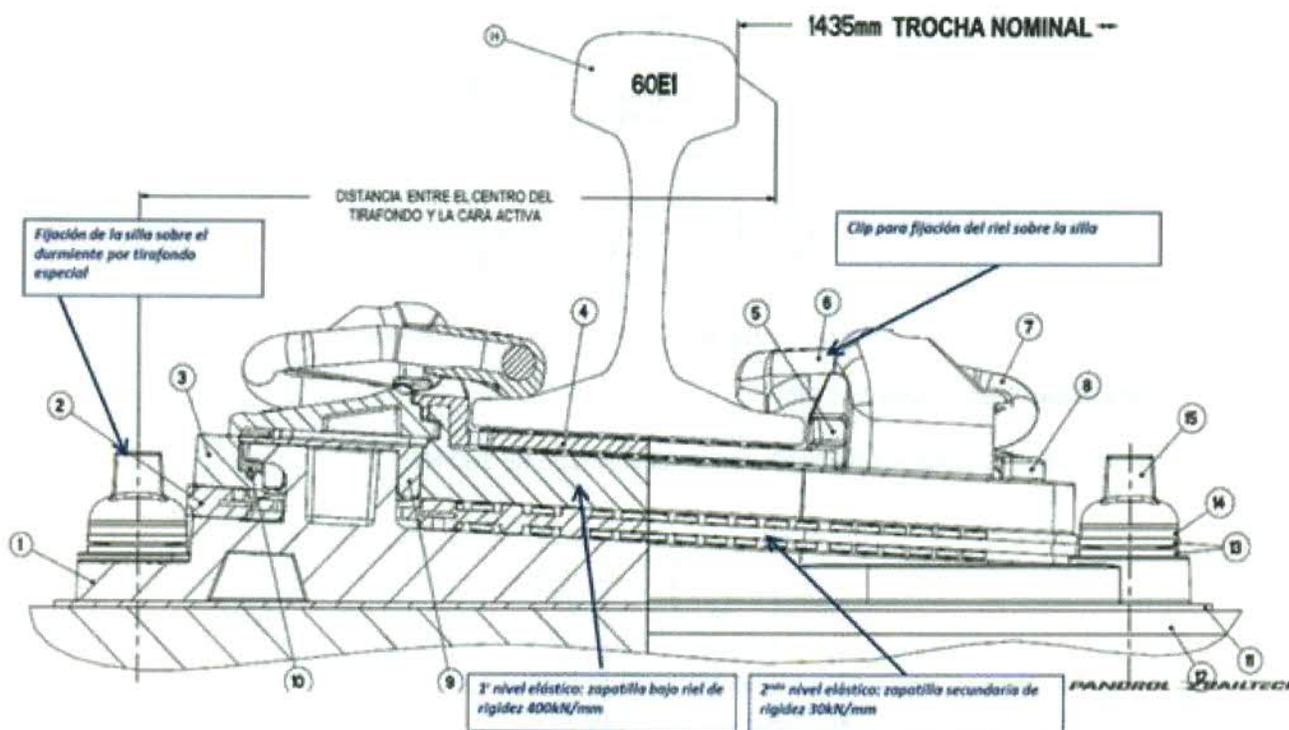


Figura 6: Corte transversal de la fijación VIPA

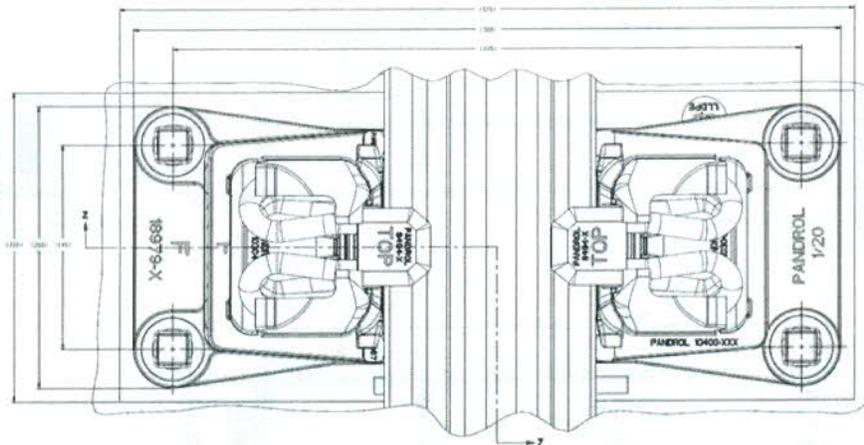


Figura 7: Vista en plano de la fijación VIPA

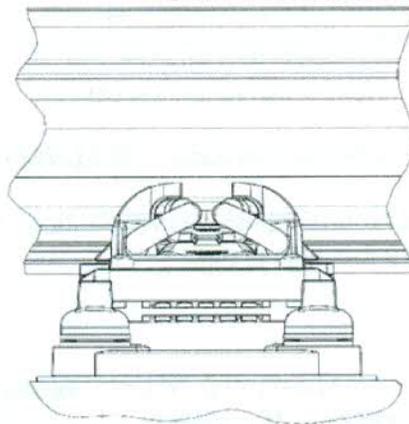


Figura 8: Detalle "FastClip"

8.2.1.2 Durmientes

Los durmientes utilizados son unas piezas de concreto S354RS de 2,40 m de longitud equipadas con Patines Reductores de Desgaste (PRA).

El espaciamiento entre soportes es de 600mm (posicionamiento de durmientes 1666 soportes/km).

Los durmientes contienen 10 agujeros de anclaje aislador hembra 22 x130:

- 8 para la fijación de las dos sillas VIPA
- 2 para la fijación del riel de seguridad (rieles de perfil RE115 re-empleados)

Distinguimos 4 modelos de soportes:

- Modelos especiales 1, 2, 3: concebidos para colocar las crucetas del riel de seguridad previsto en cada extremidad de las zonas a rehabilitar.
- Modelo 0: pieza estándar para instalación con riel de seguridad.

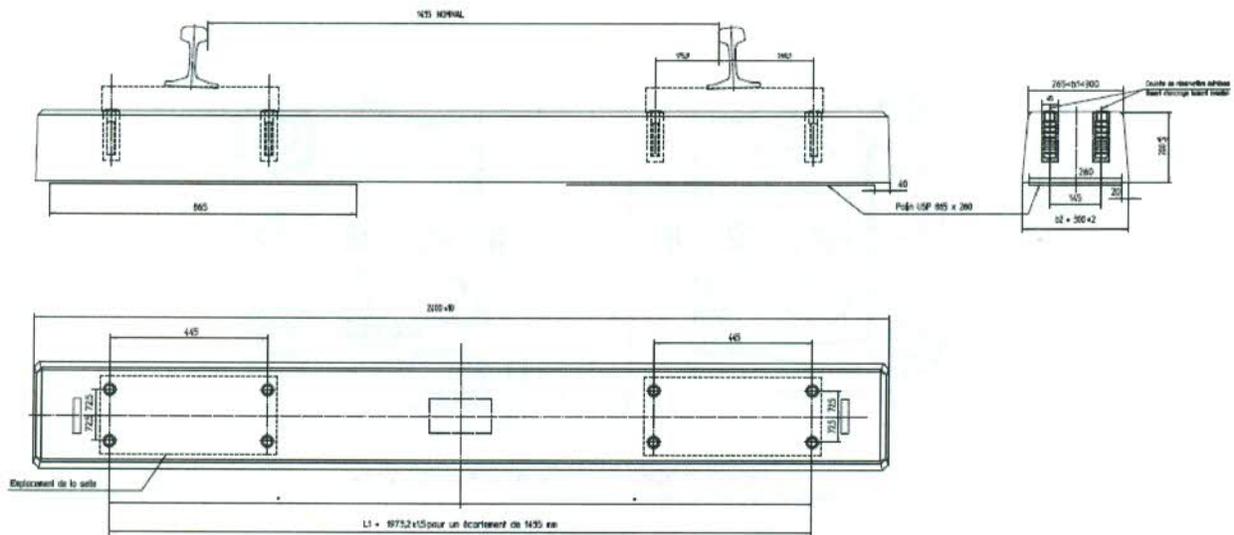


Figura 9: Durmiente S 354 USP

8.2.2 Zona vía existente. Sistema fijaciones Nabla Evolución – RE 115/Durmientes Pret o Itisa

El sistema de fijación del riel es de tipo Nabla Evolución (aislamiento plástico + lámina de resorte metálica) utilizadas con placa de asiento de caucho de 9 mm bajo el riel.

8.2.2.1 Fijaciones Nabla Evolución

El elemento esencial, que asegura el enlace entre el riel y el durmiente, es una lámina de acero de muelle tratado térmicamente de forma aproximadamente trapezoidal que se deforma en dos direcciones perpendiculares en el momento de la presión de la fijación.

Esta lámina aprieta el borde del patín del riel únicamente en la zona de pendiente más débil de éste, por intermedio de un perfil en materia termoplástica para asegurar el aislamiento eléctrico del riel.



Figura 10: Fijación del riel es de tipo Nabla Evolución

8.2.2.2 Durmientes

Los durmientes utilizados para la zona de vía original son unas piezas de concreto tipo monobloque, ITISA y PRET.

- ⇒ Para las rectas y curvas de radio superior a 1000 m, 1500 durmientes de concreto por kilómetro de vía. Espaciamiento de 0.667 medido a los ejes de los durmientes.
- ⇒ Para las curvas de radio superior a 550 m e inferior o igual a 1000 m, 1666 durmientes de concreto por kilómetro de vía. Espaciamiento de 0.600 medido a los ejes de los durmientes sobre la fila de radio mayor.

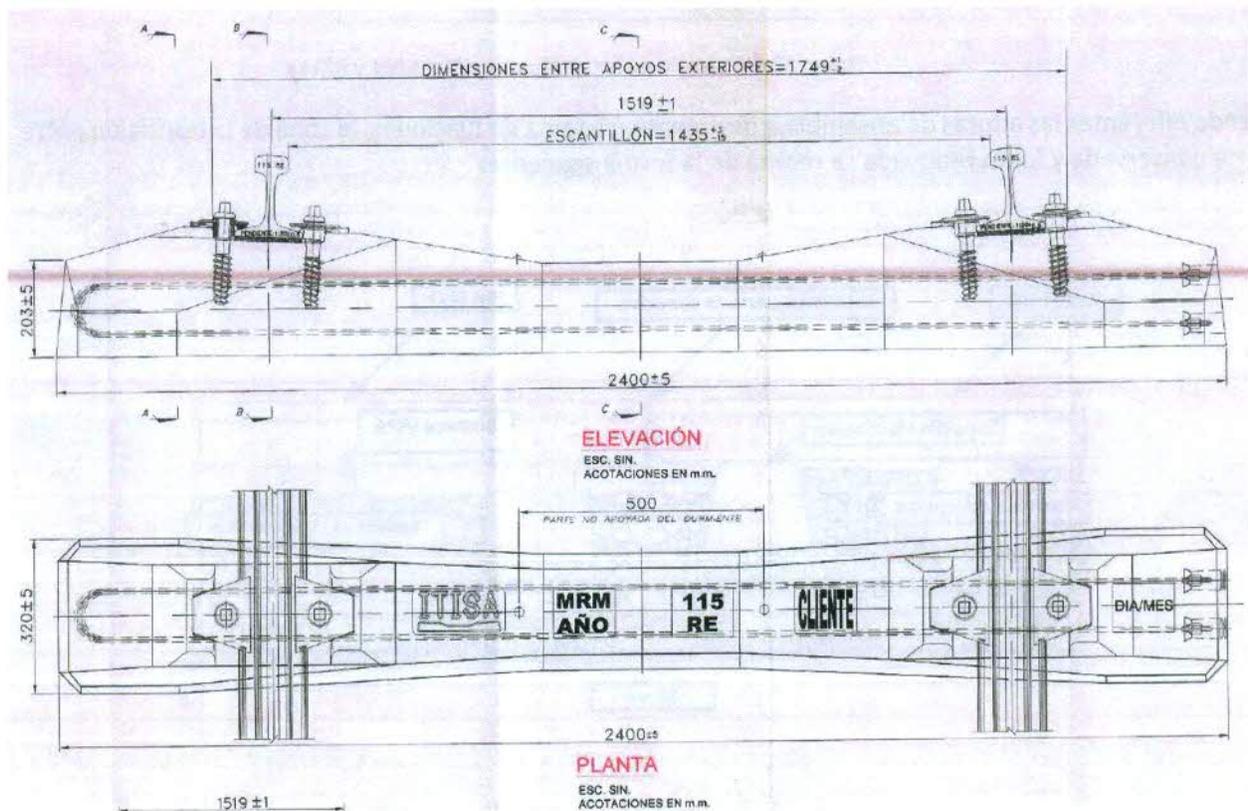


Figura 11: Durmientes de concreto tipo monobloque para riel 115 RE

8.3 Cupones mixtos – zona de transición

Los cupones mixtos están destinados a enlazar la vía rehabilitada en riel 60E1 a los tramos no rehabilitados equipados de rieles 115RE sin realizar soldadura en vía entre dos rieles de perfiles diferentes. Estos rieles mixtos han sido puestos en alineación, a partir de cupones realizados en taller.

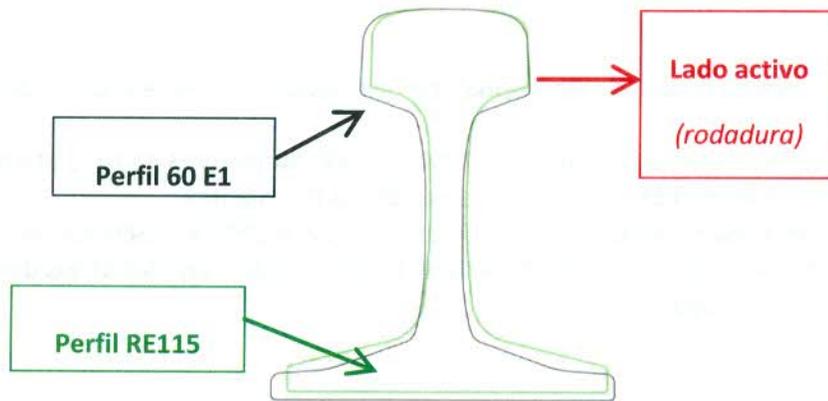


Figura 12: Diferencia de los perfiles de rieles 60E1 y RE115

Siendo diferentes las alturas de ensamblaje durmiente /sistema de fijaciones, la zona de la transición entre la vía conservada y la vía renovada se realiza de la forma siguiente:

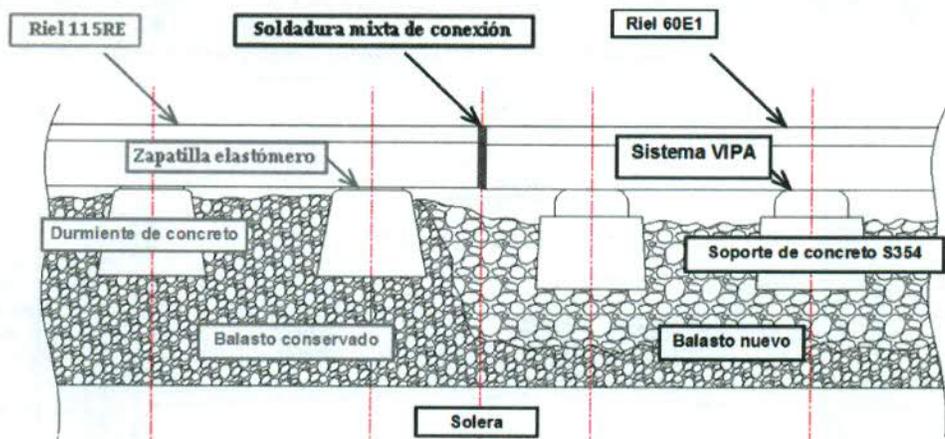


Figura 13: Conexión vía conservada – vía renovada

8.3.1 Valores nominales de espesor del chasis de la vía

Tramos de vía existente: Alineación recta y curvas de radios $\geq 550m$

Riel 115RE:	168 mm	} Espesor del chasis de la vía: 415mm
Almohadilla elastómera:	9 mm	
Durmiente de concreto ITISA:	238 mm	

Balasto: \Rightarrow Directiva de diseño: 300 mm bajo durmiente mínimo

Espesor total de la vía proyectado: 715 mm mínimo

Tramos de vía renovados: Curvas de radios < 550m y sus conexiones

Riel 60E1:	172 mm	} Espesor del chasis de la vía: 446mm
Sistema de fijación VIPA:	74mm	
Soporte de concreto S354:	200 mm	
Balasto (nuevo):	<u>150 mm mínimo</u>	
Balasto (conservado):	valor residual variable	

Nota: Los valores son medidos sobre el riel (cotas nominales redondeadas al mm).

8.4 Riel de seguridad

Un riel de seguridad ha sido instalado en vía (rieles RE115 reutilizados) con el fin de minimizar los riesgos en caso de descarrilamiento. La función de este riel de seguridad es mantener en la zona de vía un vehículo potencialmente descarrilado haciéndolo rodar sobre los durmientes y evitando su vuelco.

El riel de seguridad es fijado sobre cada durmiente con dos láminas elásticas apretadas con un tirafondo especial.

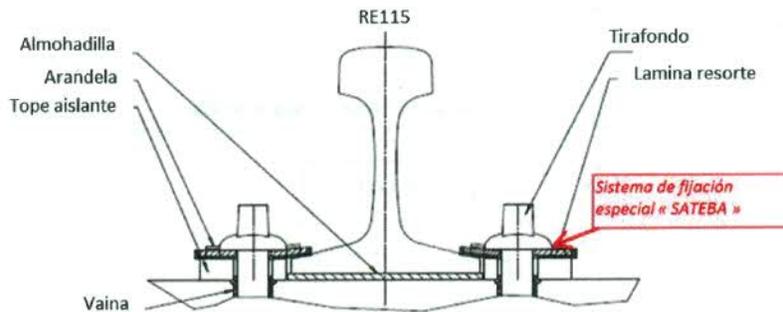


Figura 14: Fijación del riel de seguridad sobre los soportes – esquema a título informativo



Figura 15: Fijación del riel de seguridad sobre los soportes – foto Línea 12

Extremidades:

En cada extremidad de tramo de vía rehabilitado el riel de seguridad cuenta con una cruceta.

La cruceta está constituida por un riel que contiene una parte de 2,00 m en ángulo puesta sobre 3 soportes S354 especiales Modelo 3, 2, 1. Excepto para estas tapas de extremidades, todos los demás soportes son

PS

S354 Modelo 0. La longitud del riel de seguridad que contiene la extremidad en ángulo está incluida entre 4 y 18m.

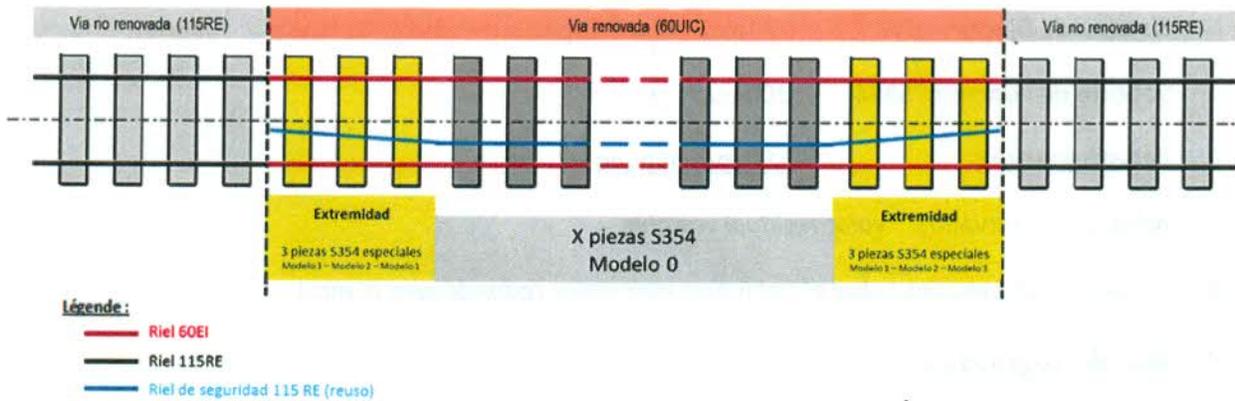


Figura 16: Extremidades del riel de seguridad

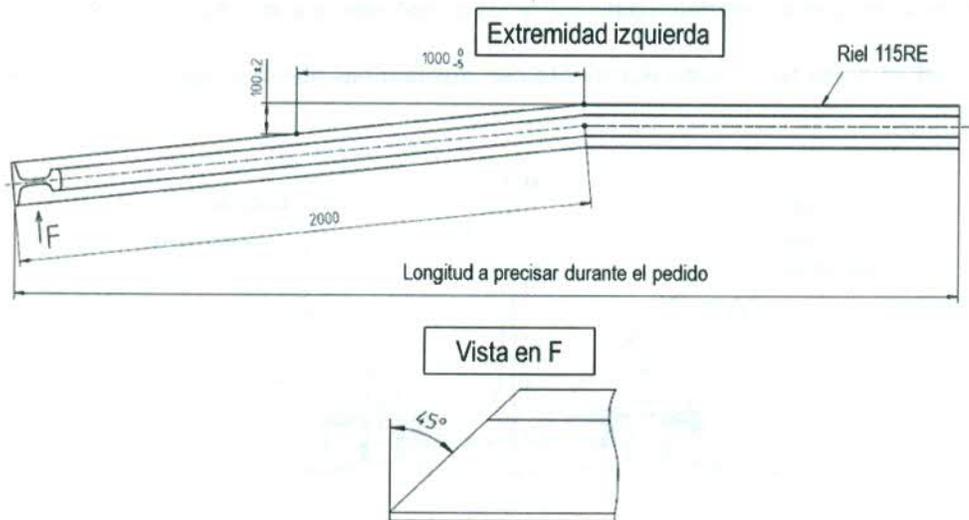


Figura 17: Crucetas

9. PLAN DE TRAZABILIDAD

En este capítulo, se trata de explicar el sistema de seguimiento de la información técnica sobre el mantenimiento de la vía, denominado "Plan de trazabilidad".

Los objetivos del plan de trazabilidad son los siguientes :

- Asegurar la trazabilidad de las fallas y defectos constatados
- Seguir las intervenciones realizadas y a realizar

El plan de trazabilidad debe permitir tener una organización racional, sencilla y eficiente para lograr el seguimiento del mantenimiento a corto y mediano plazo. El plan de seguimiento del mantenimiento a largo plazo está definido en el programa de "Mantenimiento Preventivo Predictivo (MPP)" descrito en el capítulo §10 del presente Tomo.

El proceso de organización del plan de trazabilidad se describe a continuación.

⇒ Organización de la recuperación de los datos e informaciones de mantenimiento

Primero, se organizará la recuperación de los informaciones relativas a las actividades de mantenimiento tal como:

- Recorridos de inspección
- Controles específicos
- Intervenciones en situ

Para cada actividad, se identificará como mínimo las informaciones siguientes :

- Fecha
- Zona
- PK
- Nombre del equipo
- Observaciones
- Mediciones

Se podrá utilizar una ficha de recopilación de datos que será siempre la misma para facilitar el tratamiento de datos.

Esta etapa de organización de los datos e informaciones de mantenimiento está a cargo del responsable del mantenimiento. La aplicación de esta organización se hará por los agentes de mantenimiento.

⇒ Recuperación de los datos en campo

Durante el proceso cotidiano de mantenimiento, se recuperarán los datos identificados previamente mediante las fichas de visita/inspección/revisión. Estos datos serán archivados juntos conformemente al ordenamiento definido.

La recuperación de los datos en campo está a cargo de los agentes de mantenimiento.

⇒ Recopilación de los datos recuperados

Una vez los datos recuperados, el responsable del mantenimiento compilará las informaciones en un mismo lugar y ordenará las informaciones con el fin de llevar a cabo el análisis.

⇒ **Análisis**

El responsable del mantenimiento hará el análisis de los datos según las informaciones que le parecerán relevantes. El ejemplo de tipo de análisis que se podrá llevar a cabo son las siguientes:

- Cuantos defectos de cada tipo se observó en el año pasado?
- Comparación de la evolución de los defectos o fallos a lo largo del tiempo
- Repartición de los defectos según la ubicación geográfica
- Identificación de las zonas críticas
- Análisis de la evolución de los defectos en tiempo y ubicación geográfica

Compilando los análisis, el responsable del mantenimiento hará un reporte ejecutivo a la dirección en cargo del mantenimiento.

⇒ **Programación de las actividades**

En base a los análisis efectuados, se tendrán todos los elementos técnicos necesarios a la toma de decisión en cuanto de la programación de las actividades de mantenimiento. Especialmente se podrá adaptar y ajustar esta programación según lo que se ha observado y analizado. Las adaptaciones específicas que se podrán hacer son las siguientes:

- Adaptación de la estrategia de mantenimiento a corto y mediano plazo : redefinición o confirmación de las zonas críticas, de las prioridades de tratamiento de defectos o fallos....
- Ajuste del programa detallado y cotidiano de mantenimiento previsto

El plan de trazabilidad así organizado permitirá asegurar la existencia de la documentación técnica de seguimiento del mantenimiento, el análisis continuo de la evolución del mantenimiento y el ajuste regular de la programación.

La existencia de dicho plan de trazabilidad es un requisito indispensable para el éxito del mantenimiento.

PS

10. EJES DE OPTIMIZACIÓN

10.1 Principios de organización del mantenimiento

10.1.1 Mantenimiento Preventivo Predictivo (MPP)

Basándose en predicciones extrapoladas del análisis de la evolución de los parámetros significativos de degradación, se pueden programar las intervenciones a largo plazo.

El mantenimiento preventivo predictivo representa una perspectiva de optimización del mantenimiento condicional y que pretende eliminar las causas de los desórdenes sobre las zonas necesitando intervenciones frecuentes de manera a limitar las intervenciones de tipo MPC. Es el caso particular, en el ámbito de la geometría de la vía, de las operaciones promovidas sobre los componentes de rieles (esmerilado, bateado).

Su eficacia se basa en tres etapas que son:

1. La medición periódica o continua,
2. El tratamiento de la medición,
3. El análisis que establece el diagnóstico, permitiendo planificar las intervenciones.

La MPP se declina en un esquema plurianual en el que se prevén actividades periódicas continuas de mantenimiento y, también de regeneración, utilizando de manera inteligente los intervalos disponibles. Su programación se basa sobre las tres etapas que se han citado y que se apoyan en la utilización de softwares de gestión de fallos/defectos.

ET MPP

Es deseable evolucionar hacia este funcionamiento que constituye un proceso de mejora continua de la organización del mantenimiento de la vía. Sin embargo, actualmente sobre la Línea 12, todavía no se dispone de un retorno de experiencia suficiente para poder confirmar una tendencia determinada de la evolución de los fallos y, en consecuencia, deducir un esquema plurianual.

Por lo tanto, en un primer tiempo se trabaja sobre la base del Mantenimiento Preventivo Sistemático, del Mantenimiento Preventivo Condicional y, en última instancia, del Mantenimiento Correctivo. En la medida en la que se disponga de más datos y análisis, será posible contemplar la posibilidad de trabajar en el marco de un Mantenimiento Preventivo Predictivo.

10.2 Rieles

10.2.1 Software de gestión de defectos de los rieles

En una óptica de optimización, sería deseable emplear un programa que permita gestionar los defectos de rieles. Permitiría perfeccionar las estrategias de mantenimiento en relación a los rieles y sería una herramienta indispensable para evolucionar hacia un mantenimiento de tipo MPP.

Tras cada control visual o mediante ultrasonidos, el agente rellena una ficha con las informaciones relativas al defecto:

Y
PS

- Nombre del verificador, fecha del control
- Vía, PK, fila, elemento (riel corriente, ADV, AD, JIC...)
- Código y clasificación del defecto → descripción en el Anexo 1 del Tomo II
- Observaciones

Estas informaciones se transmiten a la entidad responsable de la gestión de defectos de riel para introducir todos estos datos en el programa. Se automatiza la toma de datos.

El proceso se sigue con la historización; se depura la información, se seleccionan los datos que interesan y se crean bases de datos sobre las cuales se aplican las herramientas de análisis que proporciona el programa.

Los análisis proporcionan una perspectiva actualizada sobre los defectos del riel por zonas o en el conjunto de la red, y permiten hacer una evaluación continua sobre los tipos de defectos más frecuentes y la velocidad de degradación, anticipar riesgos, etc.

Gracias a la información obtenida, los dirigentes la pueden traducir en estrategias de mantenimiento más adecuadas en términos técnicos y económicos. Además permite comprobar la calidad de las operaciones de mantenimiento en curso.

Cabe señalar, que este programa es más aprovechable en la medida en la que la longitud tratada es mayor. La Línea 12 se puede mantener gracias un buen plan de trazabilidad. Sin embargo, el programa sería de gran utilidad para hacer el seguimiento conjunto de todas las líneas férreas del metro de la Ciudad de México.

10.2.2 Regeneración del riel RE115

Durante los trabajos de retiro del riel RE115, en el marco de las obras de rehabilitación del viaducto, se constató una degradación muy importante de dicho riel, el cual presentaba diversos defectos de desgaste ondulatorio así como inicios de fisuras al nivel del hongo. Los defectos se acumulan sobre las curvas de radio inferior o igual a 800m, y en menor medida en los tramos rectos. Para más detalle consultar el capítulo §11 del presente tomo.

Este tipo de riel sigue presente en diversos tramos de la Línea 12 (excepto en la curvas de radio < 550m rehabilitadas en el viaducto), y se considera un elemento frágil ya que su dureza no sería la más adecuada para los tonelajes diarios actuales.

En el contexto de una optimización en el medio-largo plazo, aprovechando una operación programada de renovación de la vía, se presentan dos posibilidades para dar una solución duradera a la problemática mencionada:

- Cambiar el riel RE115 de dureza 260HT por uno de mismo perfil con dureza superior.
- Cambiar el riel RE115 de dureza 260HT por el riel 60E1 de dureza 350HT ya presente en las curvas rehabilitadas del viaducto. Se puede continuar utilizando el sistema de fijación Nabla y se utilizaría un durmiente compatible con el riel 60E1 fijado con Nabla. De esta forma se tendría un solo tipo de riel en toda la línea.

en todo el manual

Y

97

10.3 Aparatos de vía

10.3.1 Incorporación en el LRS

La incorporación de los aparatos de vía en LRS permitiría:

- Mejorar el confort de los pasajeros.
- Disminuir la contaminación acústica sobre el entorno.
- Disminuir, del hecho de la supresión de las juntas, los gastos ocasionados por las operaciones de mantenimiento siguientes:
 - Registro de la abertura de juntas
 - Corrección del ensamblaje de las juntas
 - Lubricación sin desmontaje de las juntas
 - Control de las extremidades de riel
 - Supresión de rebabas en extremidades de riel
 - Recarga de extremidades de riel

10.3.2 Sobreancho en las vías desviadas

éPoc que no se incluyó en la rehabilitación

En el marco del diagnóstico de la Línea 12 realizado por SYSTRA, se constató que en los aparatos de vía de Tg 0.13, la vía desviada tiene un ancho de vía normal.

Basándose en los preceptos y retorno de experiencia de la RATP y la SNCF en Francia, se propone aumentar el ancho de vía en la vía desviada, conservando el sistema de maniobra existente.

El valor propuesto por VOSSLOH COGIFER para el sobreancho de la vía desviada es de +6 mm. Este valor corresponde al valor máximo que es posible implantar sobre la base de cojinetes de deslizamiento idénticos, pero sin embargo provistos de agujeros de fijación ovalados permitiendo conseguir el sobreancho.

PS

Diagrama de las líneas directrices

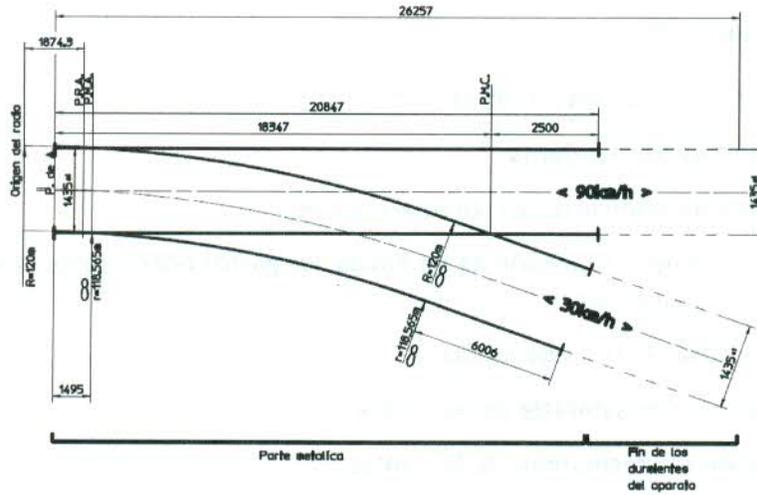


Figura 18: Geometría existente ADV TG 0.13

Diagrama de las líneas directrices

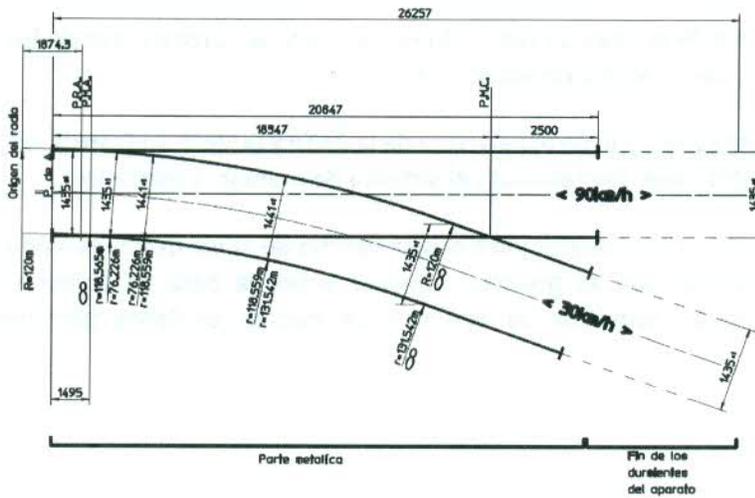


Figura 19: Geometría propuesta ADV TG 0.13 por VOSSLOH – Sobrancho vía desviada

10.4 Geometría

10.4.1 Automatización de la detección de defectos geométricos y la evaluación de la calidad geométrica

En el marco de los medios de detección con medida, la instalación de sistemas de procesamiento automático de los datos sobre los vehículos, permitiría editar una lista de defectos sobrepasando los

umbrales fijados por los niveles de calidad de la geometría en función de las condiciones de operación de la vía, principalmente de la velocidad.

La evaluación de la calidad geométrica se podría hacer a partir de registros de la geometría tratados por el Sistema de Tratamiento Sintético. Este sistema proporciona un pre-tratamiento de las señales a bordo del vehículo; a partir de los datos registrados durante los recorridos calcula una nota de calidad, correspondiente a la desviación tipo de los defectos medidos sobre una longitud normalizada. Esta nota permite evaluar la calidad global de la vía para cada uno de los parámetros geométricos.

El historial de notas de calidad establecidas en cada recorrido de registros permitiría:

- evaluar la velocidad de degradación de la geometría y prever las intervenciones en el momento más oportuno, técnicamente y económicamente
- verificar la calidad de las operaciones de mantenimiento de la geometría

El desarrollo de la tecnología embarcada de medida de los defectos permite agilizar la toma de medidas posibilitando una mayor frecuencia y reducir la inspección por el personal.

10.4.2 Software de seguimiento de los defectos de geometría

Se trataría de un software de historización, de edición y de análisis:

- de los registros y notas de calidad de la geometría entregados por el Sistema de Tratamiento Sintético,
- de las operaciones de mantenimiento relacionadas en relación con la geometría.

Se podría comparar los gráficos, así como editar y filtrar las listas de rebasamiento de los umbrales. Este software resultaría útil a la toma de decisiones sobre:

- ⇒ el Mantenimiento Preventivo Previsional de la geometría – MPP,
- ⇒ la puesta en marcha de operaciones de regeneración (levantado de la vía, reperfilado de rieles, renovación de balasto),
- ⇒ la evaluación del desempeño de las intervenciones realizadas,
- ⇒ en el futuro, la gestión del “rebasamiento de umbrales” de los niveles de calidad .

PS

11. RENOVACIÓN DE LA VÍA

11.1.1 Generalidades

Las necesidades de renovación de los constituyentes de la vía, se definen a partir de sus duraciones de vida y de su estado real.

En lo relativo a los constituyentes de la vía, los desgastes y degradaciones están relacionadas con la velocidad y el tráfico soportado por la línea, en particular el nombre de circulaciones y los tonelajes asociados. Las condiciones climáticas están igualmente origen de degradaciones de ciertos constituyentes. Es el caso en particular de piezas de aparatos de vía.

La renovación de un constituyente de vía interviene cuando ya no responde o no responderá más en breve a las exigencias fijadas o cuando el coste de mantenimiento se convierte en excesivo.

A partir de la exigencia de las líneas en la Red ferroviaria francesa, es entonces posible definir las reglas en función del tonelaje acumulado y de la edad para los principales constituyentes de la vía.

11.1.2 Los rieles

En lo que concierne a los rieles, se tiene:

- El riel 60E1 350HT tendido en los tramos de curvas de radios reducido, rehabilitadas. Es un riel duro tratado térmicamente.
- El riel RE112 260HT para las otras zonas. Es un riel de dureza normal igualmente tratado térmicamente.

Entre los criterios de renovación de rieles, hay que distinguir los defectos de desgaste, de fatiga de contacto de rodadura y de origen interno.

Si el desgaste ondulatorio es raramente por sí mismo una causa de renovación de rieles, sobre todo si el esmerilado preventivo está correctamente programado, el desgaste lateral en las curvas de radio reducido puede alcanzar rápidamente los umbrales de retiro del riel con mayor motivo si la lubricación del riel no está correctamente asegurada. La utilización de riel 350HT en las curvas permite disminuir el desgaste lateral y aumentar su vida útil.

El desgaste lateral constituye el mecanismo de degradación principal en las curvas de radio reducido, sabiendo que los defectos de fatiga de contacto de rodadura se reproducen más a medida que aumente el radio de la curva, ya que el desgaste lateral reduce las degradaciones ligadas a las fatigas de contacto de rodadura.

Entre los defectos de fatiga de contacto de rodadura, se distingue el head-checking y el squat.

El head-checking es el defecto dominante en las curvas de radio comprendido entre 300 m y 3000 m; un aumento de la dureza de rieles a 350, reduce la tasa de propagación de fisuras.

En cambio el squat, aparece en zonas de gran radio o en recta menos expuestos al desgaste lateral.

La experiencia muestra que los reemplazos masivos de riel de dureza 260HT intervienen a partir de 450 millones de toneladas en curva, principalmente para numerosos defectos de superficie como los defectos de contacto riel/rueda, pero también a causa del desgaste lateral sobre la fila de radio grande en las curvas de radio reducido.

Con un riel de dureza 350HT esta vida útil se puede aumentar en proporciones favorables, si los niveles de calidad son respetados y en particular con un esmerilado preventivo regular.

En recta, el plazo de renovación de un riel de 60 kg por metro lineal o más llega a partir de 700 millones de toneladas con aumento de los defectos internos.

A este criterio de tonelaje, los encargados del mantenimiento adjuntan generalmente un criterio de cúmulo de longitud de reemplazo de rieles sobre una zona determinada o sobre un km en vía general. Con más de 15% de longitud acumulada de reemplazo, se ha de considerar que los costes de mantenimiento se vuelven demasiado elevados y que hay que renovar la zona o el km considerado.

Habida cuenta de todos estos elementos, se considera que la vida útil de rieles en la Línea 12 se puede situar en los rangos siguientes, en función de la calidad de la lubricación y de la realización o no de un esmerilado preventivo periódico:

- 12 años a 16 años en las zonas más desfavorables, es decir, en las curvas con radio entre 500 m y 1000 m con riel RE115 de dureza 260HT. Se preconiza además que el primer reemplazo se efectúe con riel de dureza 350HT para mejorar su vida útil.
- 16 años a 20 años en las zonas con riel 60E1 350HT en curvas de radio hasta 550m.
- 20 años y más en las otras zonas con riel RE 115 de dureza 260HT (curvas de radio superior a mil y recta).

En ciertas zonas y en función de la naturaleza de los defectos (degaste o defectos de contacto), es posible contemplar el reemplazo del riel en una fila nomás (en general, fila alta del radio grande), con los plazos indicados aquí arriba.

11.1.3 Los durmientes y los sistemas de fijación

El equipamiento generalizado en durmientes de concreto monobloques tiene una vida útil que puede ser estimada a 50 años o más en este tipo de línea.

En relación a las fijaciones Nabla, la renovación de riel es la ocasión de reemplazarlas al mismo tiempo para restablecer la eficacia del apriete y la calidad del ancho de vía originales. El reemplazo de almohadillas se asegura de la misma forma con esta ocasión.

En relación a las fijaciones elásticas Fastclip, el retorno de experiencia es todavía insuficiente ya que las primeras Fastclip fueron colocadas hace aproximadamente 12 años. Son "vendidas" para una vida útil equivalente a la de los durmientes. Sin embargo, se prevé su reemplazo durante la segunda renovación de riel.

11.1.4 El balasto

La causa principal de degradación se debe a la atrición de los granos de piedra que lo constituyen a causa de las circulaciones (tonelaje diario), pero igualmente a causa de operaciones de nivelación por bateado.

Este desgaste de piedras por atrición degrada su angulosidad redondeando sus aristas y la conservación de los durmientes es más rápido, y la calidad obtenida es cada vez menor.

De preferencia utilizar la palabra durmiente

Respecto a las líneas ferroviarias clásicas, esta atrición es normalmente reducida debido a:

- La generalización de traviesas monobloque,
- Una carga por eje menos importante,
- La presencia de Patines Reductores de Atrición bajo los soportes S354.

En líneas clásicas, se prevé generalmente la reintroducción de balasto nuevo mediante bateado bajo los durmientes levantando la vía de 8 a 10 cm, esto cuando se supera un tráfico acumulado de 200 millones de toneladas aproximadamente.

Tal operación no es posible en el metro de la Ciudad de México. Por consiguiente, se ha de prever la renovación de balasto a partir del plazo entre 12 y 16 años para los durmientes monobloques y a partir de 16 años para los soportes en concreto equipados con Patines Reductores de Atrición, ya que la altura de balasto limitada a 15 cm no fornecerá una vida útil muy superior.

El plan de mantenimiento integra los sondeos a efectuar para determinar el grado de atrición bajo durmientes y desencadenar la renovación de balasto.

Las operaciones de renovación de balasto pueden entonces coincidir con las renovaciones de rieles en ciertas zonas.

11.1.5 Los aparatos de vía

Las piezas metálicas (semicambios, corazones, rieles de parte intermediaria, contra-riel...) son reemplazadas a medida de su desgaste durante las operaciones de mantenimiento preventivo condicional. Las piezas o maderas de aparatos de vía son mantenidos y no reemplazados durante la vida útil del aparato de vía excepto deterioración accidental.

Los aparatos de la Línea 12, en vías principales, son todos de la misma tangente y todos implantados en recta. Entonces hay que distinguir el envejecimiento exclusivamente en función de su implantación al aire libre o en túnel. En túnel, los soportes de aparatos de vía pueden durar 50 años y más.

Sobre este tipo de línea y al aire libre, el envejecimiento homogéneo de los soportes permite programar una renovación interviniendo entorno a los 25 años para las piezas de aparatos en roble y entorno a los 35 años para las piezas de aparatos en azobe.

Según la situación de las piezas metálicas, 2 soluciones de renovación pueden ser adoptadas:

- La renovación de piezas o madera de aparatos y de balasto únicamente si las piezas metálicas están en buen estado;

- La renovación del aparato entero en el caso contrario.

