

24 149



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

CONSERVACION DE VIAS FERREAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JOSE LUIS PADILLA CHAVEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-133

Señor JOSE LUIS PADILLA CHAVEZ
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. César P. Mora Covarrubias, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"CONSERVACION DE VIAS FERREAS"

- I. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA VIA FERREA
- II. CONSERVACION DE VIA
- III. VIA ELASTICA
- IV. CONCLUSIONES

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de profesiones deberá prestar - Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

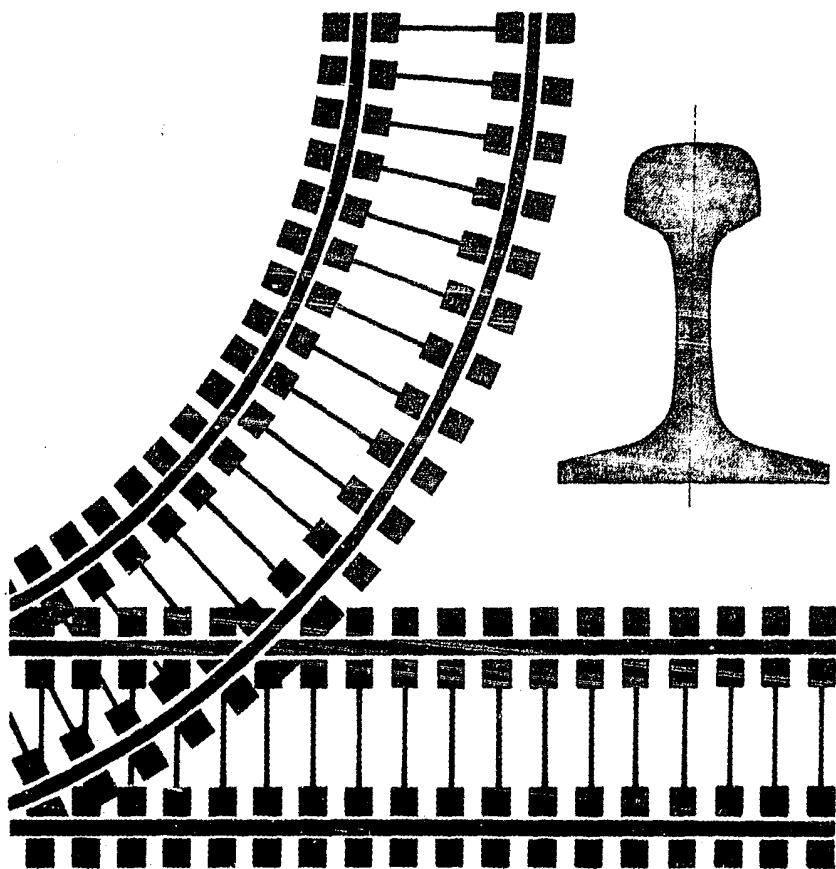
Cd. Universitaria, a 2 de Julio de 1986.

EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ

cc
OARCH/RCCH/ragg.

CONSERVACION DE VIAS F E R R E A S



CONSERVACION DE VIAS FERREAS

INDICE

INTRODUCCION	1
1. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA VIA FERREA	5
2. CONSERVACION NORMAL DE VIA	15
- CICLOS DE DURACION DE LAS PARTES DE LA VIA	20
- REHABILITACION	27
- CONSERVACION DE LAS VIAS REHABILITADAS	32
2.1 CONSERVACION DE LA SUBESTRUCTURA	45
2.1.1 ALCANTARILLAS	45
2.1.2 CORTES, TALUDES Y TERRAPLENES	48
2.1.3 CUNETAS Y CONTRACUNETAS	53
2.1.4 DRENES Y SUBDRENES	61
- DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA	61
- SUBDRENES INTERCEPTORES TRANSVERSALES	62
- DRENES DE PENETRACION TRANSVERSAL	63
- BOLSAS DE AGUA	68

2.2	CONSERVACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA	73
2.2.1	RIELES	73
	- COMO ELEGIR UN RIEL APROPIADO	78
	- SU FABRICACIÓN	79
	- CLASIFICACIÓN Y MERCADO	80
	- DEFECTOS MÁS COMUNES EN LOS RIELES	83
	- PREPARACIÓN DE LA VÍA ANTES DE LA PRUEBA	97
	- MANEJO DE LOS RIELES NUEVOS	99
	- GENERALIDADES SOBRE EL TENDIDO DE LOS RIELES	99
	- HERRAMIENTAS MECÁNICAS MÁS EMPLEADAS EN LOS CAMBIOS DE RIEL	103
	- ASPECTOS TÉCNICOS RELACIONADOS CON EL EMPLEO DE RIELES LARGOS (DEFECTUOSA CONSERVACIÓN DE LA VÍA Y EL EQUIPO, DERIVADAS DEL USO DE RIELES CORTOS).	111
	- JUNTAS DE DILATACIÓN	113
	- MÉTODOS DE ANCLAJE Y SUJECIÓN	115
	- SUJECIÓN RIEL-DURMIENTE.	117
2.2.2	ACCESORIOS DE VÍA	121
	- DE CONEXIÓN	121
	- DE ANCLAJE	127
	- DE FIJACIÓN	130
	- DE LUBRICACIÓN	136
2.2.3	BALASTO	137
	- RENOVACIÓN DE BALASTO	140
	- LIMPIEZA DE BALASTO	143
	- DISTRIBUCIÓN DEL BALASTO	145
	- ELEVACIÓN DE LA VÍA	148
	- DESCRIPCIÓN DE UN GATO DE VÍA	149

2.2.4	DURMIENTES	150
-	DURMIENTES DE MADERA	152
-	DEFECTOS DE LA MADERA	153
-	FORMAS DIMENSIONES Y USOS DE LOS DURMIENTES	154
-	DESGASTE MECÁNICO DE LOS DURMIENTES	155
-	RENOVACIÓN DE DURMIENTES	156
-	MÉTODO PARA CAMBIAR DURMIENTES	158
-	ESPACIAMIENTO DE LOS DURMIENTES	160
-	DURMIENTES DE CONCRETO	162
-	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE DURMIENTES	164
-	CARACTERÍSTICAS DE LOS DURMIENTES DE CON- CRETO	166
-	DURMIENTES RS	167
-	COMPORTAMIENTO OBSERVADO DE DURMIENTES RS (MIXTOS, BIBLOQUES)	169
-	DURMIENTES DWIDAG	169
-	DESEMPEÑO DE LOS DURMIENTES EN MÉXICO	171
-	CONCLUSIONES	173
2.3	CONSERVACIÓN DEL ALINEAMIENTO Y NIVELACIÓN	177
2.3.1	HERRAMIENTAS MANUALES PARA LOS TRABAJOS DE ALI- NEAMIENTO Y NIVELACIÓN	185
-	ESCANTILLÓN	185
-	NIVEL DE VÍA	187
-	NIVELETA	187
2.3.2	RESUMEN	188

3. VIA ELASTICA	189
3.1 NORMAS PARA SU CONSTRUCCIÓN	189
- ASPECTOS GENERALES	189
- DEFINICIONES	191
- MEDICIÓN DE LAS TEMPERATURAS	194
- RIEL COMPENSADO "LIBERADO" O EN EQUILIBRIO TÉRMICO	196
- CONDICIONES PARA CONSTRUIR "L.R.S.",	196
- CONSTITUCIÓN DE LAS "L.R.S." PROVISIONALES	198
- COMPORTAMIENTO DE LA VÍA ELÁSTICA	201
- PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA LIBERACIÓN O COMPENSA- CIÓN DE LOS "L.R.S."	203
- COLOCACIÓN DE LAS GRAPAS ELÁSTICAS	208
- COLOCACIÓN Y APRETADO DE LAS GRAPAS ELÁSTICAS	212
- SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA PARA RIELES	214
3.2 CONSERVACIÓN DE LA VÍA ELÁSTICA.	221
- APRETADO DE LAS FIJACIONES ELÁSTICAS	223
- CAMBIO DE DURMIENTES	223
- REEMPLAZAMIENTO DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DEL SIS- TEMA DE FIJACIÓN DOBLEMENTE ELÁSTICA	224
- NIVELACIÓN EN GENERAL.	225
- MÉTODOS DE NIVELACIÓN	225
- NIVELACIÓN CON CALZADORA MECÁNICA	226
- NIVELACIÓN DE LOS TRAMOS DE VÍA CONSOLIDADOS	226
- CALZADO MECÁNICO SIN VACIADO DE LA VÍA	228
- CALZADO MECÁNICO CON VACIADO PARCIAL DE LA VÍA	228
- CALZADO DOSIFICADO (SOUFFLAGE) DISCONTINUO, AFECTANDO MENOS DEL 50% DE LOS DURMIENTES EN 100 METROS DE VÍA	228
- SOUFFLAGE MESURE	229
- CRIBADO O LIMPIEZA DE BALASTO	235
- ROTURA DE RIELES	235
- CONSERVACIÓN DE LAS JUNTAS DE DILATACIÓN	237

- BALASTADO,	238
- ESCANTILLÓN DE LA VÍA	238

4. CONCLUSIONES	239
----------------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	243
-------------------------------	------------

INTRODUCCION

Para que las instalaciones Ferroviarias sean eficientes deberá atenderse prioritariamente no sólo a los aspectos constructivos de obras nuevas, sino también a la adecuada conservación de las ya existentes.

La buena conservación de la vía es un factor importante en la actividad de un ferrocarril; sin ella, cualquier otra mejora en alguna otra rama resultaría ineficaz.

Las circunstancias de la vida mexicana, en la segunda mitad del siglo XIX, dieron margen al desarrollo ferroviario que, fácilmente, se anticipó a la evolución de las carreteras. Aún no surgía el automóvil ni la necesidad de rutas que no fueran las utilizadas por las escasas diligencias. A partir de 1925 se inició la construcción de los caminos en México.

El intenso uso de los ferrocarriles durante la Revolución y la violencia misma del movimiento armado dañaron extraordinariamente al equipo y a las vías. En la época actual es frecuente que aun los usuarios más habituales de este tipo de instalaciones dejen de percibir los trabajos de conservación. *Sólo se hace notoria esa labor cuando presenta alguna falla o cuando el usuario sufre molestias o demoras.* La forma de llevar a cabo estos trabajos, en sus diferentes aspectos, varía considerablemente dependiendo de los siguientes factores:

- Condiciones topográficas
- Situación real de la vía
- Volúmenes y clases de tráfico
- Condiciones económicas y sociales de la zona

Una de las características importantes del ferrocarril es la de manter sus costos por abajo de los de las demás opciones de transporte; consume el mínimo de carburante por tonelada-kilómetro, es decir, que del total de combustible utilizado para los diferentes tipos de transportación tales como: camiones, autos, barcas, aviones, etc. solamente consume el 9% del total. Garantizando indudablemente su creciente demanda; de aquí que la conservación de la vía adquiera un papel relevante al mejorar las condiciones de servicio.

No sería razonable construir nuevas obras si se descuidaran las ya existentes. Dentro de los diferentes tipos de conservación y de la importancia que a estas se refiere, nos encontramos con tres tipos diferentes de conservación:

La normal es aquella que contempla aquellos trabajos que se realizan de manera continua, sistemática y cíclica con el propósito de mantener en un tramo de vía, las características del proyecto mediante la reparación de fallas locales, la realización de pequeños trabajos accesorios o simplemente la corrección de defectos menores.

La diferida es una de las más importantes, ya que comprende uno de los graves problemas que enfrenta Ferrocarriles Nacionales de México; es decir, "la conservación acumulada no efectuada" a lo largo de las inspecciones periódicas o de las revisiones integrales no realizadas, reflejada por las deficiencias de recursos humanos o simplemente a la mala organización. Teniendo como consecuencia el descuido de toda la red vial actual.

La urgente comprende la realización de "trabajos necesarios e ineludibles" sin tener que seguir un programa específico, tomando en cuenta la gravedad de ciertos tramos de vía que amenace la seguridad de los pasajeros o del equipo de carga.

Para concluir podemos afirmar que la conservación de la vía, en un ferrocarril, es un conjunto de diversas actividades, entre las que sobresalen las reparaciones necesarias para que la vía, el lecho de ésta, el de-

INTRODUCCION

Para que las instalaciones Ferroviarias sean eficientes deberá atenderse prioritariamente no sólo a los aspectos constructivos de obras nuevas, sino también a la adecuada conservación de las ya existentes.

La buena conservación de la vía es un factor importante en la actividad de un ferrocarril; sin ella, cualquier otra mejora en alguna otra rama resultaría ineficaz.

Las circunstancias de la vida mexicana, en la segunda mitad del siglo XIX, dieron margen al desarrollo ferroviario que, fácilmente, se anticipó a la evolución de las carreteras. Aún no surgía el automóvil ni la necesidad de rutas que no fueran las utilizadas por las escasas diligencias. A partir de 1925 se inició la construcción de los caminos en México.

El intenso uso de los ferrocarriles durante la Revolución y la violencia misma del movimiento armado dañaron extraordinariamente al equipo y a las vías. En la época actual es frecuente que aun los usuarios más habituales de este tipo de instalaciones dejen de percibir los trabajos de conservación. *Sólo se hace notoria esa labor cuando presenta alguna falla o cuando el usuario sufre molestias o demoras.* La forma de llevar a cabo estos trabajos, en sus diferentes aspectos, varía considerablemente dependiendo de los siguientes factores:

- Condiciones topográficas
- Situación real de la vía
- Volúmenes y clases de tráfico
- Condiciones económicas y sociales de la zona

- Longitud de sus secciones
- Equipo y herramienta con que se cuenta, y
- Número de hombres en cada cuadrilla.

El servicio que presta este tipo de transporte a una región es de tal importancia, que los estudios para su localización y construcción deben ser programados con todo cuidado y realizados íntegramente, ya que de sus resultados va a depender el funcionamiento y la vida misma de la obra.

La vía férrea es una de las obras de ingeniería que más necesitan de información geológica, desde su planeación hasta su conservación. Con base en los estudios geológicos es posible bajar costos de construcción y mejorar notablemente la calidad técnica de los trabajos en las fases de planeación y de proyecto.

Toda obra requiere, desde antes de su terminación, de un cuidado constante para mantenerla en buen estado y tanto los caminos como las vías no son la excepción. Las características especiales de los materiales que las forman y el uso a que están destinadas, las expone al ataque continuo de los elementos naturales (condiciones climáticas) y a las cargas cada vez más grandes que soportan sus estructuras, por lo que necesitan una vigilancía permanente y un cuidado especial que las mantenga siempre en las mejores condiciones de servicio. La atención que se les da a este tipo de vías de comunicación terrestre cuando se presentan problemas de estabilidad de suelos, tales como derrumbes y deslaves, el cuidado que se tiene con la faja que integra el derecho de vía, los trabajos de desmonte y desyerbe, la constante reposición de señales, la reparación de las obras de drenaje y el mantenimiento de la permeabilidad del balasto son algunas de las labores de conservación que los usuarios no perciben pero cuyo beneficio se refleja directamente en los costos de operación del sistema en forma casi inmediata.

Una de las características importantes del ferrocarril es la de manter sus costos por abajo de los de las demás opciones de transporte; consume el mínimo de carburante por tonelada-kilómetro, es decir, que del total de combustible utilizado para los diferentes tipos de transportación tales como: camiones, autos, barcas, aviones, etc. solamente consume el 9% del total. Garantizando indudablemente su creciente demanda; de aquí que la conservación de la vía adquiera un papel relevante al mejorar las condiciones de servicio.

No sería razonable construir nuevas obras si se descuidaran las ya existentes. Dentro de los diferentes tipos de conservación y de la impor-tancia que a estas se refiere, nos encontramos con tres tipos diferentes de conservación:

La normal es aquella que contempla aquellos trabajos que se realizan de manera continua, sistemática y cíclica con el propósito de mantener en un tramo de vía, las características del proyecto mediante la reparación de fallas locales, la realización de pequeños trabajos accesorios o simplemente la corrección de defectos menores.

La diferida es una de las más importantes, ya que comprende uno de los graves problemas que enfrenta Ferrocarriles Nacionales de México; es de -cir, "la conservación acumulada no efectuada" a lo largo de las inspeccio-nes periódicas o de las revisiones integrales no realizadas, reflejada por las deficiencias de recursos humanos o simplemente a la mala organización. Teniendo como consecuencia el descuido de toda la red vial actual.

La urgente comprende la realización de "trabajos necesarios e ineludi-bles" sin tener que seguir un programa específico, tomando en cuenta la gravedad de ciertos tramos de vía que amenace la seguridad de los pasaje-ros o del equipo de carga.

Para concluir podemos afirmar que la conservación de la vía, en un fe-rocarril, es un conjunto de diversas actividades, entre las que sobresa-len las reparaciones necesarias para que la vía, el lecho de ésta, el de-

recho de vía y las estructuras fijas dentro de este derecho, se mantengan en perfectas condiciones, a fin de que los trenes puedan operar con seguridad absoluta y comodidad para los viajeros, en todo tiempo y a las velocidades autorizadas.

1. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA VIA FERREA

El ferrocarril es un medio de transporte constituido por un par de guías paralelas, denominadas rieles, sobre el cual se mueven el equipo tractivo y equipo de arrastre.

Por otro lado, la vía se compone de dos partes esenciales: *la subestructura y la superestructura*.

La primera comprende todo aquello que es necesario construir para permitir las instalaciones de un ferrocarril, es decir, la plataforma y las obras de drenaje, ya sean arriba o abajo de las vías y el conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de subrasante. *La superestructura* o vía propiamente dicha, es la parte que va arriba de las terracerías; estas instalaciones son de carácter netamente ferroviario, formadas por dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que a la vez descansan sobre un lecho de material pétreo deno minado balasto, a lo que hay que agregar los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos, etc.

Profundicemos un poco en lo que es la vía. La vía de constitución normal está compuesta de:

1. Terracerías o plataforma
2. Sub-balasto
3. Balasto
4. Durmientes
5. Placas de asiento
6. Rieles



CLIMA Y CLIMATOLOGIA

CAPA VEGETAL

ESTRATOS

ESTRATOS

CONTRA CUEVAS

DERRIBES

VENEROS Y MANANTIALES

ASENTAMIENTOS DE LAJES

LIMITE DEL DERRIBO DE SUELO

ALCANTARILLA

LIMITE DE LA ZANJADA

SUELO DE BARRANDINOS

SUELO

TEJADO DE HERRAJE

ASENTAMIENTOS DE LAJES

SUELO

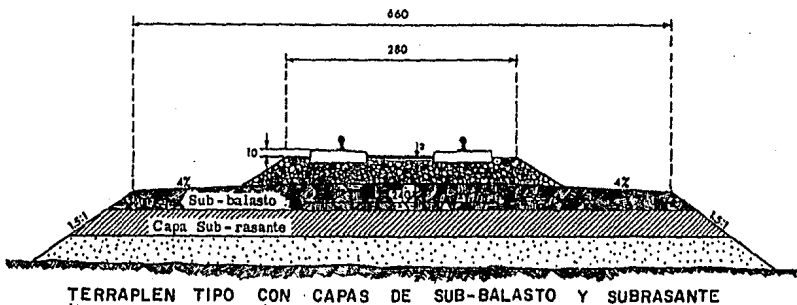
7. Accesorios

Planchuelas
Tornillos y tuercas
Rondanas de presión
Clavos y tirafondos
etc.

La función de estos elementos en la vía es la siguiente:

1. Terracerías o plataforma

Las capas superiores de la subestructura de una vía deben reunir diversas características de resistencia e impermeabilidad, que les permitan cumplir sus funciones drenantes y estructurales. El drenaje superficial se realiza por el escurrimiento de aguas pluviales sobre las pendientes transversales de la corona, impidiendo su filtración a las terracerías. Como elementos estructurales, estas capas distribuyen las presiones transmitidas por la carga viva, a través de los rieles, durmientes y balasto. Para lograr esas cualidades se emplean dos procesos diferentes que dan lugar a dos tipos de capas: la capa subrasante o capa de mejoramiento de las terracerías y la capa de sub-balasto.



La capa subrasante se forma con el mismo material de las terracerías, al cual se le da un tratamiento especial que las mejora. Este mejoramiento

se obtiene, en algunos casos, agregando antes de compactar algunos materiales que modifiquen favorablemente la granulometría; en otros casos, dándole únicamente un grado de compactación mayor que al resto de las terracerías. El espesor de la capa subrasante varía de 30 a 50 centímetros y se construye generalmente como apoyo del sub-balasto, en terracerías de materiales poco resistentes o en la parte superior de la subestructura, cuando se considera innecesario el sub-balasto.

2. Sub-balasto

La capa de sub-balasto está constituida por materiales procedentes de suelos, depósitos naturales o rocas alteradas, generalmente sin ningún tratamiento previo a su utilización. Además de una buena granulometría y alto valor cementante, se exige de los materiales que van a formar esta capa un valor relativo de soporte estándar mínimo de 30%. Si se considera que a las funciones estructurales y de drenaje, hemos de agregar que este material debe impedir la incrustación del balasto, al que sirve de apoyo, resulta de particular importancia este requisito, ya que el valor relativo de soporte puede considerarse como una medida de la resistencia a la penetración de un material saturado, cuando previamente ha sido compactado a la humedad óptima.

Si afirmamos que el sub-balasto sirve también para afinar las terracerías, resulta aconsejable construirlo en forma continua en toda la línea (aunque en muchos casos el material sea el mismo de las terracerías). En estas condiciones, el sub-balasto constituye la superficie que limita a la subestructura, y su perfil, que será una línea paralela a la rasante, puede adoptar el nombre de línea sub-balasto. Esta línea es la base para el proyecto de las terracerías, pero en los datos de construcción se deberán tomar en cuenta la línea subrasante y la subcorona, es decir, el nivel bajo el sub-balasto y el ancho de la terracería en ese nivel.

3. Balasto

Las funciones del balasto son:

- a) Confinar los durmientes, oponiéndose a sus desplazamientos longitudinales y transversales originados por el frenaje o la tracción del equipo, por el cabeceo, por las fuerzas centrífugas o por sobreelevación excesiva en las curvas y en las vías soldadas, por los considerables esfuerzos que se desarrollan con los cambios de temperatura.
- b) Transmiten las presiones a la subestructura.
- c) Drena las vías.
- d) Sirve de elemento nivelador para la conservación de la rasante.

En general se llama balasto a cierta clase de material escogido, tal como piedra triturada, grava, escoria, cenizas, etc. que se coloca sobre las terracerías compactadas para dar apoyo y estabilidad a los durmientes. El balasto mantiene los durmientes alineados y nivelados, permitiendo arrojar el agua fuera de ellos y haciendo posible el alineamiento, nivelación y elevación de la vía o bien la renovación de los durmientes sin tocar el lecho. Cuando se colocan adecuadamente y tienen suficiente espesor, el balasto proporciona un soporte firme y uniforme a los durmientes y distribuye por igual la presión causada por el peso y empuje de los trenes que transitan por la vía.

4. Durmientes

Se llaman durmientes a las piezas que se colocan transversalmente sobre el balasto, para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado. Los durmientes no sólo soportan los rieles de la vía, sino que, a-

demás, proporcionan un medio para que los rieles se conserven con seguridad absoluta a la distancia correcta del escantillón.

5. Placas de asiento

Son elementos planos del tamaño del patín del riel que evitan el desgaste mecánico de los durmientes. Pueden dividirse en dos tipos:

- a) Placas que se sujetan rígidamente a los durmientes
- b) Placas que quedan sueltas sobre los durmientes.

Probablemente apenas un 20% de las placas para durmientes usadas en la actualidad se sujetan firmemente al durmiente. El resto queda completamente dentro de la segunda clasificación, ya que el movimiento vibratorio longitudinal originado en el riel por el equipo rodante, siempre afloja los clavos rígidos que hayan sido puestos en tal forma que su cabeza quede en contacto con el patín del riel.

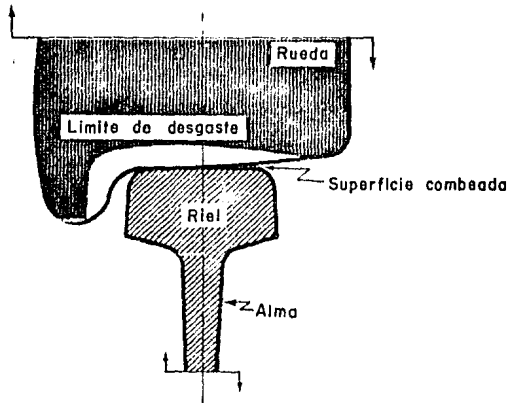
6. Rieles

Son dos barras perfiladas de acero laminado que se utilizan en las vías de ferrocarril para sustentar y guiar al equipo móvil.

El riel está formado por tres partes que son: *la cabeza u hongo, el alma y el patín.*

El hongo o cabeza del riel se diseña considerando que va a estar en contacto con las ruedas a cuyas pestañas tienen que guiar y, por lo tanto, la altura del hongo debe ser mayor a la necesaria para la resistencia del mismo ya que debe existir una reserva de metal para prever el desgaste.

La superficie de rodadura de los rieles no es plana sino combeada con el fin de reducir el desgaste recíproco entre rueda y riel.



Perfil normal de una rueda, la línea punteada muestra el límite permisible de la rueda

El alma de los rieles es la parte que ha sido diseñada no solamente con el fin de absorber los efectos del corte, sino también los efectos flectores que se producen por la acción de las cargas transversales. Ello ha conducido al diseño de almas con espesor variable siendo mayor en la base de la misma y también junto al hongo.

El patín debe darle al riel su resistencia máxima y una superficie contra las fuerzas transversales que provocan su volteo.

7. Accesorios de vía

Para unir los rieles por sus extremos, fijarlos a los durmientes, evitar que se apoyen directamente sobre éstos y que no se recorran o deslicen,

se utilizan los accesorios de vía, que son: planchuelas, tornillos, rondanas, clavos, placas de asiento, anclas entre otros.

En términos generales, la función de estos elementos en la vía es la siguiente:

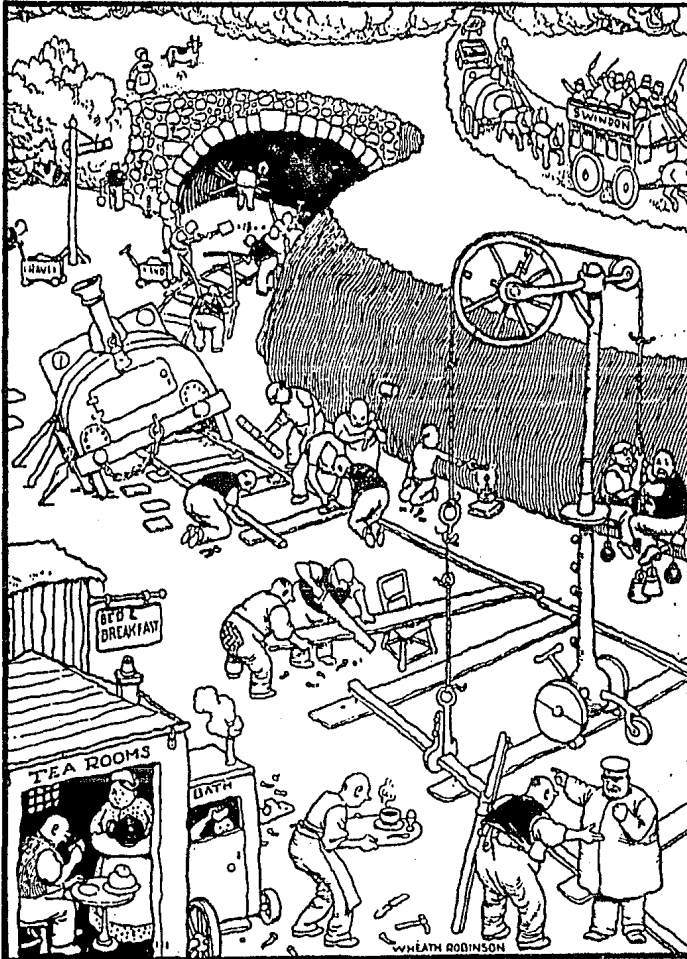
Los rieles sirven de soporte y de guía al equipo móvil.

Los durmientes sirven de apoyo a los rieles y transmiten los esfuerzos al balasto.

El balasto permite repartir los esfuerzos a la plataforma y asegurar el drenaje de la vía.

La vía en su conjunto debe ser resistente, ya que debe soportar varios esfuerzos, como son, el peso de los vehículos y los esfuerzos debidos a la fuerza centrífuga en las curvas, además de esfuerzos anormales que resultan de los fenómenos siguientes:

- I, Del juego que se tiene entre las cejas de las ruedas y los hongos de los rieles, necesario para evitar fricciones exageradas así como para permitir la inscripción diagonal de los ejes en las curvas.
- II. Las irregularidades de conservación de la vía, consistentes en mala nivelación y alineamiento.
- III. Las oscilaciones de las partes suspendidas de los vehículos en movimiento, que da como resultado los siguientes efectos del equipo móvil: el cabeceo, el balanceo y el serpenteo. Dichos movimientos dan origen a nuevas fuerzas que son transmitidas a la vía. Es por lo tanto necesario dar a los elementos de la vía, características que le permitan resistir esas diferentes categorías de esfuerzos.



Tejo histórico

Extracto de „Railway Ribaldry“, por W. Heath Robinson. Publicado por „The Great Western Railway“, con motivo de su centenario

2. CONSERVACION NORMAL DE VIA

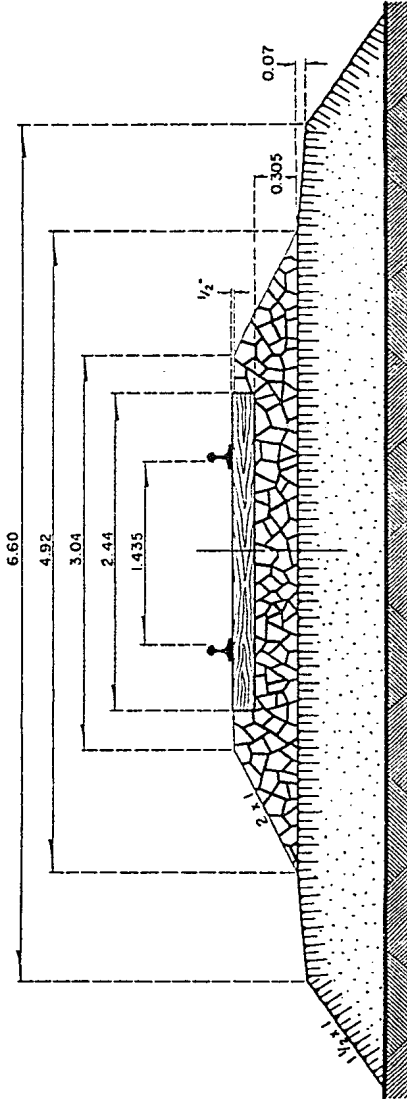
Los trabajos de conservación normal son aquellos que se realizan de manera continua, sistemática y cíclica con el propósito de mantener, en un tramo de vía, las características del proyecto mediante la reparación de fallas locales o la realización de pequeños trabajos accesorios, la corrección de defectos menores, antes de que lleguen a un desarrollo tal que amenace la seguridad, tanto de la carga como la de los pasajeros.

La importancia de los trabajos de conservación normal dependerá principalmente del tipo de vía (tradicional o elástica) a que se refiere y de la región donde se encuentra localizada. El conocimiento detallado de los trabajos por ejecutar y su consecuente realización con toda oportunidad, haciendo uso de los elementos disponibles, además de permitir de manera segura el tránsito impedirá el incremento de las fallas en la vía y disminuirá considerablemente la necesidad de los trabajos que puedan considerarse de construcción.

Una vía está en buen estado cuando sus terracerías o plataforma se encuentran estables; cuando todo el material de que está constituida (rieles, durmientes, etc.) se encuentren en buenas condiciones; cuando los amarres que ligan esos materiales entre sí están bien apretados y cuando la vía esta bien calzada, nivelada y alineada.

Cualquiera que sea el cuidado con el que una vía ha sido construída, ella no queda indefinidamente estable. La vía va a fatigarse y a gastarse bajo la influencia de la circulación y se deteriorará más o menos rápidamente bajo la influencia de los elementos naturales (el intemperismo).

VIA ANCHA
TIPO DE CORONA PARA TERRAPLENES EN TANGENTE



Balasto permeable de piedra triturado, grueso de fundición, grava con más de 60% de partículas grandes

El agua y el hielo atacan a las terracerías y al balasto en los ciclos de hielo y deshielo.

Durante las heladas, el agua que existe dentro del balasto se transforma en cristales de hielo; hay una demanda de agua de las zonas no congeladas hacia las zonas congeladas. En el deshielo, el contenido de agua del suelo de terracería es muy elevado dentro de un espesor variable. El tránsito de locomotoras y equipo de arrastre (pesado) provoca entonces asentamientos más o menos importantes, produciendo deformaciones.

El contenido de agua del subsuelo cuando es muy elevado, puede provocar importantes trastornos ya que llega a modificar la capacidad de soporte del suelo en forma importante, o bien agravar el desgaste por fricción de ciertos materiales, como las calizas.

La oxidación ataca a las partes metálicas y accesorios de la vía.

La sucesión de períodos húmedos y secos, el calor y el frío, actúan sobre los durmientes (madera) y disminuye el efecto de amarre de clavos y tirafondos.

Bajo la influencia de la circulación, los rieles se desgastan, las juntas se aflojan y el plano de alineamiento se modifica.

Bajo la acción de las cargas, las placas de asiento y el riel se incrustan en la madera, las sujeciones entre el riel y el durmiente se aflojan, el escantillón varía, diferencias de nivelación aparecen y el calzado presenta defectos crecientes.

De aquí la necesidad de conservar las vías, pues no puede existir una buena explotación si no hay buenas vías, y no puede haber buenas vías si no existe un programa de conservación integral en forma cíclica.

Conviene hacer un comentario:

- La conservación de nuestras vías adolece de deficiencias debido a la falta de elementos, en primer lugar, y a la poca responsabilidad con que se han utilizado los recursos.
- La necesidad urgente de corregir esta mala conservación, razón por la cual es difícil proponer y pensar en la modernización.
- La creciente acumulación de la conservación *diferida*, muestra de una deficiencia en el presupuesto y a la falta de recursos humanos, dentro de los Ferrocarriles Nacionales de México.

Una conservación buena de la vía garantiza la regularidad de los horarios, el confort y la seguridad; así mismo, prolonga la vida de los materiales utilizados economizando rieles y durmientes, reduciendo enormemente los gastos de tracción y de material móvil. Donde puede aumentarse la velocidad de los trenes y en consecuencia mejorar el rendimiento de las locomotoras y de los carros.

Al inicio del ferrocarril, la conservación de las vías era realizada de la misma manera que la utilizada en los caminos, reparando y tapando los agujeros a medida que se formaban. Con la diferencia que en el ferrocarril la necesidad de trabajos en equipo, se hizo sentir rápidamente por la naturaleza misma de las reparaciones.

Cada equipo estaba encargado de la conservación de un tramo de vía igual a las secciones actuales. Se fraccionaba o no sobre los puntos señalados como defectuosos y ejecutaba las reparaciones necesarias. Este método, llamado método de puesto a tiempo, parecía a primera instancia racional y debería dar excelentes resultados ya que a cada instante se hacían reparaciones de los defectos de la vía.

Sin embargo, este método en la realidad presentaba grandes inconvenientes: la vía está constituida por numerosos elementos ligados entre sí; un

cambio en la situación en uno de ellos influye sobre la situación de los otros y por lo tanto una reparación que no afecte al conjunto no puede ser durable. El mayordomo no poseía ninguna definición del trabajo a ejecutar, cuando mucho una enumeración, por lo que trataba mucho más los efectos que las causas.

En estas condiciones, el estado de las vías se volvía bastante peligroso rápidamente y la baja de calidad llevaba, con los consiguientes problemas de escasez de mano de obra, a reducir la velocidad de los trenes.

En años posteriores se decidió que deberían hacerse revisiones generales y sistemáticas de las vías. Estas revisiones se organizaron de manera de formar un período continuo que aseguraba, dentro de un tiempo definido, la inspección y la revisión completa en todas las vías, siendo este período variable de acuerdo con la importancia de la línea. La revisión efectuada era tal que daba la certeza que dentro de un intervalo (uno o cuatro años) de una revisión a la otra, no habría elementos de la vía seriamente deteriorados. De esta manera aparece la noción de ciclo.

La experiencia ha demostrado las ventajas de este método que además de que ofrecía mayor seguridad, era menos costoso que el anterior y daba mejores resultados. Esto constituía por lo tanto un progreso sobre el *método de puesto a tiempo*, pero tenía un inconveniente: admitir que cuando un tramo de vía ha sido revisado no debe ser revisado otra vez durante toda la duración de un ciclo, es admitir que la vía envejece con la misma rapidez en todos sus elementos: destrucción de durmientes, apretado de juntas, averías en partes metálicas, destrucción del balasto, etc. lo que es falso, puesto que:

- Los rieles se desgastan muy despacio
- Las sujeciones se aflojan rápidamente
- El balasto se ensucia lentamente
- La nivelación se modifica rápidamente

Por lo tanto, si la noción del ciclo era y es una fuente de seguridad y de rendimiento, han aparecido como necesarios dentro de éste, diferentes trabajos de conservación que deben tomarse en cuenta, debido a la duración real del material y la duración real de la conservación de su conjunto.

- CICLOS DE DURACION DE LAS PARTES DE LA VIA

Balasto

Pierde en general sus cualidades de permeabilidad al final de unos 15 años; la experiencia muestra que las depuraciones localizadas dentro de las zonas más expuestas a las impurezas, son suficientes para mantener la calidad entre dos renovaciones.

Rieles

En general todo el material metálico se gasta lenta y regularmente. El ciclo de desgaste es aproximadamente de 20 a 30 años, salvo para ciertos materiales como clavos, tirafondos, planchuelas y tornillos donde la duración es sensiblemente menor.

Durmientes

Los durmientes de madera tienen una duración del orden de 15 a 20 años. Los durmientes de concreto se estiman aproximadamente que tienen una vida de 50 años y 25 para sus accesorios; la experiencia demuestra que el ciclo de 4, 5 y 6 años para durmientes de madera, conviene para los reemplazamientos de una cierta importancia y permite el mantenimiento del conjunto en buen estado.

El problema del durmiente por sí sólo puede representar desde el 10% hasta 30% del egreso anual del mantenimiento de la vía, el cual a su vez representa un valor máximo para vía clavada y riel sin soldar, y un valor mínimo para vía elástica sobre durmientes de concreto y rieles soldados.

El apretado de la sujeción riel-durmiente, se mantiene de 1 a 2 años, si es a base de tirafondos y mucho menos si es a base de clavos.

La nivelación y el calzado dependen de varios factores: velocidad, carga, circulación y se realizan en intervalos variables de 1 a 3 años.

De todas estas consideraciones resulta que si los ciclos de revisión general convienen para el balasto, los durmientes y ciertos materiales metálicos, no convienen para el apretado de la sujeción riel-durmiente, ni para la nivelación y el calzado, que exigen un ciclo más corto.

Debido a esto se establecen tres tipos de revisión:

Revisión

- De acuerdo con el desgaste de las terracerías y del balasto.
- De acuerdo con el envejecimiento de la nivelación y el calzado.
- De acuerdo con el envejecimiento del amarre de la sujeción riel-durmiente y de los cuales ha resultado el procedimiento de revisión metódica, que comprende:

- a) Revisión integral. - Material y balasto. Ciclo de 4 a 6 años.
- b) Revisión hecha fuera de la revisión integral. - Nivelación y calza do. Ciclo de 1 a 2 años.

Así, la nueva concepción de la conservación, puede indicarse como:

1. Revisión integral.
2. Revisión fuera de la revisión integral.
3. Conservación de vías de servicio.
4. Grandes reparaciones.

La conservación de las vías ha sufrido con el transcurso del tiempo muchas variaciones. Hace algunos años la conservación se hacía de acuerdo con las necesidades, sin que existiera ningún programa sistemático, por lo que era difícil comprobar el trabajo y la calidad del mismo. Este sistema de conservación originó grandes reformas, llegando a lo que en la actualidad se conoce como *revisión periódica* de las vías.

Los trabajos de conservación deben ser efectuados por el personal regular; no así los trabajos de importancia que normalmente deben ser confiados a empresas constructoras (privadas).

La conservación de las vías se debe organizar de tal forma que no permita interrumpir la circulación de los trenes; sin embargo, cuando se hagan trabajos de renovación se debe autorizar la interrupción de la circulación y la disminución de la velocidad de éstos.

La base de la conservación es la revisión integral: Esta consiste esencialmente en la revisión obligatoria de las líneas según su importancia, cada 4, 5 ó 6 años, con lo que se logra que la vía sea revisada antes de que se encuentre en malas condiciones. Durante la revisión integral, se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- I. Se hace la sustitución de los materiales gastados.
- II. Se comprueban los sistemas de fijación riel-durmiente y planchuelas.
- III. Se rectifica la nivelación.
- IV. Se rectifica el trazo en tangentes y en curvas.

Debido a este sistema de revisión, ninguna de las partes de la vía es olvidada durante mucho tiempo. Desde luego que el volumen de los trabajos varía de acuerdo con la edad de la vía; sin embargo, ninguna zona es abandonada durante muchos años consecutivos y por eso es que el estado de las vías es homogéneo, aun cuando existan tramos de diferentes edades.

La revisión integral va siempre precedida de una inspección de la zona por reparar, con lo que se logra determinar el rendimiento de las diferentes operaciones y la preparación del programa de trabajo.

Las partes no tratadas en la revisión integral durante el año, deben ser objeto de otros trabajos, limitados a lo indispensable para esperar a que se les efectúe la revisión integral. Estos trabajos consisten, en general, en sustituciones (necesarias) de durmientes, rectificaciones parciales de nivelación, apriete de fijaciones, etc. aunque sean trabajos parciales se debe planificar igual que la revisión integral en los programas anuales de las cuadrillas.

Este conjunto de trabajos anuales está reunido en un "calendario de trabajo" que sirve no solamente para determinar y fijar los trabajos a ejecutar, sino para comprobar el avance y buena ejecución de los mismos.

En nuestro medio, la revisión se hace en su totalidad cada día, ya que cada cuadrilla corrige una longitud de vía y efectúa durante su jornada de trabajo todas las operaciones necesarias en esa longitud. La buena organización con la utilización de aparatos mecánicos conduce a la simplificación y realización de los trabajos en serie.

La sucesión de estas operaciones es:

- 1.- Regularización de las juntas de dilatación (tramos soldados de gran longitud).
- 2.- Sustitución de los durmientes defectuosos.
- 3.- Sustitución de rieles.
- 4.- Revisión de las planchuelas.
- 5.- Revisión de las fijaciones (riel-durmiente).
- 6.- Rectificación de la nivelación.
- 7.- Alineación de la vía.
- 8.- Trabajos complementarios (deshierbe, limpieza de cunetas y contracunetas).

Cada operación parcial debe estar bien coordinada; así por ejemplo: en la revisión de las planchuelas, el material necesario debe ser determinado previamente y adquirido por adelantado. En la obra, cada reparador de vía debe tener su lugar, su cometido y su herramienta, el trabajo debe ser equilibrado con el objeto de que todos los trabajadores avancen a la misma velocidad, con lo que se logra una buena calidad y rapidez en las operaciones. El perfeccionamiento de las herramientas de vía y la introduc -

ción de máquinas ligeras, facilitan las labores del personal de vía, teniendo una vía mucho mejor conservada.

Ahora bien, la comprobación del estado real de las vías debe hacerse por medio de inspecciones a pie y en locomotora. Estas inspecciones se deben complementar con los registros efectuados sistemáticamente en vehículos (amón) concebidos especialmente para detectar el estado físico de las vías.



Podemos decir, que la conservación de las vías en México, debe ser objeto de mucho perfeccionamiento. Los métodos antiguos deben adaptarse y mejorarse a las posibilidades modernas; proseguir con la introducción de máquinas ligeras de vía con lo que se logra trabajar en serie, adoptar el sistema de revisiones cíclicas que garanticen una calidad permanente de la vía, aplicar ciertos principios de organización y de planificación con los que se logre que nunca ningún trabajo se haga sin preverlo y sin comprobación. En conclusión se debe lograr prever, organizar, dirigir, coordinar y comprobar los trabajos de conservación.

Al hacer la revisión integral de las vías antiguas se exige suprimir las juntas, soldando el riel, ya que se ha demostrado que la conservación de una junta cuesta tanto como la conservación de 15 metros de vía. Otro de los factores importantes es el hecho de que se traten de efectuar las menos reparaciones posibles sobre las líneas; los rieles, durmientes y el herraje de vía, se deben enviar a los talleres de recuperación en donde se renovan dichos materiales. Estos talleres suministran a las cuadrillas todo el material necesario, evitando a los trabajadores de vía cortar o taladrar un riel; esto no ocurre actualmente, pues es frecuente observar la ejecución de estos trabajos en la vía.

A continuación se tratarán de una manera general los métodos de rehabilitación de vías, pero antes examinaremos una serie de trabajos de menor tamaño que se introducen dentro de la conservación normal y la rehabilitación.

- La conservación y reparación de la plataforma
- Las sustituciones importantes de rieles
- Las sustituciones en serie de planchuelas y de durmientes, el limpiado del balasto, la sustitución de cambios, etc.

Para una sustitución de rieles (rieles aplanados, por ejemplo) se hace una lista de los rieles a cambiar, que se suministran o envían de un taller abastecedor junto con un plan de carga detallado. Los rieles son entregados y clasificados de tal forma que baste descargarlos en el orden en que se presenten para que cada riel se encuentre en el lugar deseado, incluyendo los rieles cortos para las curvas. Los rieles retirados de la vía deben tener de antemano un destino previamente fijado y ser enviados de nuevo al taller de recuperación en donde son cepillados, cortados, soldados y puestos en condiciones para ser nuevamente utilizados. Este mismo procedimiento se sigue con los durmientes.

Los cambios tienen que ser armados en su totalidad en un taller, basando únicamente clasificarlos. Para sacar el máximo provecho a las rehabilitaciones, los Ferrocarriles Nacionales de México se deben fijar un objetivo realizable por etapas: empleo de materiales nuevos para la rehabilitación y nueva utilización del material recuperado para tratar el resto de las líneas, logrando aumentar la velocidad y en consecuencia sacar provecho de las rehabilitaciones cuya longitud anual está limitada por las restricciones del presupuesto.

- REHABILITACION

Una vía rehabilitada presenta ventajas que no podrían obtenerse por sustituciones parciales ejecutadas anualmente. La rehabilitación acarrea consigo la implantación de instalaciones modernas, permite aprovechar al máximo los materiales nuevos y emplearlos sobre las líneas más importantes durante un período de trabajo. Permite concentrar los materiales recuperables que puedan ser útiles nuevamente, garantizando la buena circulación de los trenes.

" La rehabilitación, cuyo fin principal es el reemplazo sistemático de los elementos constitutivos de la superestructura de la vía, por haber llegado al límite de tolerancia en su desgaste o fatiga y evitar en consecuencia una conservación deficiente, difícil y sobre todo onerosa ". (1)

(1) M. Togno Francisco, Ferrocarriles, p. 590-591

Por otro lado, se puede decir también que la rehabilitación de la vía es obligada cuando se trata de obtener un mejoramiento de la misma, para soportar un mayor volumen de tráfico o una mayor velocidad de los trenes que lo circulan . En algunas ocasiones se deben llevar a cabo rehabilitaciones de ciertas líneas, con el fin de recobrar material que pueda necesitarse para la conservación de otras, armadas con materiales ya caducos o por ciertos motivos discontinuados.

Con base en lo anterior y tomando en cuenta que la operación de una rehabilitación pueda llevarse a cabo con materiales nuevos o de recobro, los cuales se pueden realizar:

- Renovación del balasto únicamente
- Renovación de vía propiamente dicha con material nuevo
- Renovación de vía con material de recobro
- Renovación de vía con material nuevo ejecutada al mismo tiempo que la renovación del balasto
- Renovación de vía con material de recobro ejecutada al mismo tiempo que la renovación del balasto
- Cambio de riel únicamente empleando riel nuevo
- Cambio del riel únicamente utilizando riel de recobro
- Calzado de vía
- Los trabajos de remate.

Para desarrollar una programación de las diversas actividades de la rehabilitación, se debe tener presente lo siguiente:

La rehabilitación del balasto debe ser cuando su permeabilidad se ha perdido a tal grado, que los trabajos de cribado llevados a cabo en las labores normales de conservación, tanto entre durmientes como en las banquetas, resulten insuficientes.

Tendrán que ser cambiados los rieles por su desgaste, "...En los Ferrocarriles Nacionales se ha adoptado como máximo el 25% del área del hongo ..." (2) , o simplemente cuando los extremos del hongo presentan serias deformaciones.

" Por otra parte, es conveniente hacer notar por cuanto a los durmientes se refiere, que los de madera muy raramente se tienen que rehabilitar, ya que éstos deben ser reemplazados conforme y a la medida de las necesidades dentro de los trabajos de una conservación normal ". (2)

Rara vez puede darse el caso de que todos los durmientes de un suministro homogéneo lleguen poco más o menos al mismo tiempo al límite de vida útil, requiriéndose entonces el cambio total de ellos, o bien, presentarse ocasiones en que al rehabilitarse una vía en sus rieles o balasto, armada con durmientes de madera, éstos sean sustituidos por durmientes de concreto de cualquiera de los tipos conocidos.

La rehabilitación de las terracerías se hace imperativa cuando éstas han perdido su estabilidad, que depende de la naturaleza del terreno que las constituye y sobre todo de su contenido de agua, no importando que ésta sea de origen pluvial, infiltrada, subterránea, etc.

Veamos ahora el empleo que debe darse a los materiales recuperados de las vías.

(2) Ibid, p. 591

Los diferentes materiales retirados de las vías en el transcurso de la conservación y rehabilitación de las líneas, se deben utilizar nuevamente en líneas de menor categoría o simplemente en líneas de donde procedan éstos, según su estado.

Una gran parte de este material no puede colocarse de inmediato y requiere de una renovación antes de ser utilizado nuevamente. La renovación de estos materiales se hace sistemáticamente en las plantas de recuperación; éstas entregan todas las piezas reparadas y regeneradas, pudiéndose colocar de inmediato. Examinemos cada uno de estos materiales y veamos su proceso de renovación.

Rieles

Recuperados en las líneas pueden presentar las siguientes anomalías:

- Sus extremos aplastados
- La zona de apoyo de las planchuelas desgastadas
- Taladros ovalados
- Rebabas laterales en el hongo
- Fisuras internas
- Defectos en la banda de rodamiento.

De acuerdo con sus defectos, los rieles deben ser clasificados y pasar a las plantas de recuperación, dotadas de maquinaria para su rectificación. El proceso comprende todas o parte de las operaciones siguientes:

1. Corte de los extremos no reparables.
2. Cortes intermedios para eliminar defectos localizados en el centro del riel.
3. Soldadura eléctrica para reconstrucción de los rieles en longitudes normales y taladrado.
4. Cepillado o esmerilado del hongo del riel.
5. Auscultación electromagnética o ultrasónica para descubrir las fisuras y fallas internas.

Durmientes

Estos deben pasar un proceso de limpiado; en el caso de durmientes de madera, los clavos descabezados se deben sumir en el durmiente cuando no se puedan extraer y los agujeros taponarse con taquetes creosotados. Se necesita establecer, en lo posible, las características geométricas del durmiente, conservando el lugar del patín del riel; en esta forma la reducción del espesor de la madera será mínimo.

Planchuelas

Estas deben ser rectificadas en caliente.

Clavos y tirafondos

Aquellos que puedan ser recuperados, para ser nuevamente utilizados, deben ser enderezados los primeros y roscados en caliente y galvanizados los segundos, quedando como nuevos y no costando más de 40% de su precio de compra.

- CONSERVACION DE LAS VIAS REHABILITADAS

Una vía nueva o totalmente rehabilitada debe ser sistemáticamente conservada empleando equipo y maquinaria adecuada para obtener uniformidad y homogeneidad de calzado, lo cual es necesidad básica para conservar el nivel y alineamiento.

En una vía donde se han realizado trabajos importantes de rehabilitación es natural que se presente este problema de conservación, ya que generalmente existen las siguientes condiciones especiales:

- a) Asentamientos de terraplenes.
- b) Escasez de balasto.
- c) Variación de la calidad del balasto.
- d) Gran número de curvas de pequeño radio.
- e) Mal estado del material rodante.

A continuación se detalla un plan de trabajo aplicable a la rehabilitación de cualquier vía férrea del país.

Trazo

Rectificación de curvas y abatimiento de pendientes, mediante inversiones económicas justificadas, motivo de un estudio particular para cada caso, teniendo en cuenta la importancia de la línea y la intensidad del tráfico.

Balasto, nivelación y alineación de la vía

Uno de los requisitos básicos para obtener una buena vía es un balasto correcto, empleando material y colocación adecuados, donde el balasto llena las siguientes funciones:

- 1) Impide movimientos longitudinales o transversales de la vía ocasionados por el paso de los trenes.
- 2) Imparte elasticidad y muelleo a la vía, permitiendo mayores velocidades, mayor confort y mayor economía en gastos de operación y mantenimiento del material rodante.
- 3) Permite la permeabilidad para incrementar la vida de los durmientes.
- 4) Con un buen balastado de la vía se puede efectuar, con una máquina calzadora, un perfecto nivel y alineamiento, que es el trabajo final y más importante para obtener una vía perfectamente eficiente, segura y en la que se pueden desarrollar velocidades comerciales económicamente remunerativas.
- 5) Con un perfecto nivel sistemáticamente conservado se aumenta la vida del riel, del herraje y del durmiente, proporcionándole e está una base o apoyo uniforme en toda su longitud y evitando concentraciones de esfuerzos.

Durmientes

debido a la necesidad de 1 950 a 2 050 durmientes por kilómetro de vía, la conservación de los mismos representa una erogación de muchos millones de pesos, erogación que puede ser notablemente disminuída empleando las siguientes medidas:

- 1) El correcto balastado y calzado.
- 2) Empleo de madera adecuada y creosotado* correcto a la edad conveniente de la madera. En el caso de durmientes de concreto el pretensado adecuado y el buen control de calidad del concreto.
- 3) El empleo de placas de asiento para el riel y de un sistema de sujeción riel-durmiente, que reduzca a un mínimo el juego entre estos dos elementos, lo que además de incrementar la vida del durmiente garantiza una mayor estabilidad de la vía, conservando el escantillón y evitando el caminamiento del riel.
- 4) Confinamiento adecuado y uniforme de los durmientes.

Riel

Hasta ahora se ha llevado a cabo la conservación y rehabilitación de la vía, sustituyendo el riel gastado o en malas condiciones por riel nuevo, adquiriendo muchas veces de importación y vendido el riel de recobro como chatarra. Este procedimiento es antieconómico y representa una fuerte salida de divisas, que para estos momentos de crisis es importante optimizar recursos. El riel de recobro puede ser utilizado nuevamente.

*Nota: Consultar, Impregnación de durmientes, p. 35

Impregnación de durmientes

" Consiste en introducir un líquido que preserva la duración de la madera, mediante una presión (que no destruya las fibras) suficientes para llenar los tubos capilares de la periferia, hasta lo más cercano posible al corazón de madera dura ". (3)

" Tanto la creosota disuelta con petróleo (impregmol) como las sales de fluoruro de sodio (arseniato de sodio, bicromato de potasio y el fenol) constituyen elementos que ahuyentan a los insectos xilofagos (que se alimentan de madera), además de evitar la rápida destrucción por la oxidación ". (4)

" La savia del árbol se reemplaza a presión en la madera seca, con la solución creosota-impregmol, o por ósmosis (penetración), cuando usamos las sales osmos que pueden aplicarse en la madera verde o las sales de sodio y dinitrofenol de patente "Wolman" . (5)

" Creosota-impregmol, se usa al 40%-60%, variando las mezclas más o menos fluidas, según la velocidad deseada del tratamiento y la presión empleada para poder obtener una penetración que se mide sacando muestras de la profundidad alcanzada por la creosota a través de la blanda albura hacia la zona dura del corazón donde se penetra el preservativo ". (6)

" La sal de Wolman es anticombustible, aumenta el apriete de clavos y tirafondos y reduce las grietas de la madera; los cristales de las sales de sodio solidifican en los canales de la savia, como bosques petrificados ". (7)

(3) Ibid, p. 528

(4) (5) (6) (7) Ibid, p. 529

MATERIAL NECESARIO PARA UN KILOMETRO DE VIA

Longitud de riel		Rieles por Km	Durmientes por		Clavos 4 por Durmiente	Plan-chuclas	Tornillos 4 por raciones	Placas 2 por Durmiente	Separacion entre durmientes en pulgadas	
Pies	Metros		Riel	Km.					centro / centro	caro / caro
30	9.14	219	16	1752	7008	438	876	3504	22 1/2	14 1/2
30	9.14	219	18	1971	7864	438	876	3942	20	12
33	10.06	199	18	1791	7164	398	796	3582	2.2	1.4
33	10.06	199	20	1990	7960	398	796	3980	20	12
39	11.89	169	24	2028	8112	338	676	4056	19 1/2	11 1/2

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 SUBGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
 CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL NUEVO

R E S U M E N

C O N C E P T O	COSTO POR KILOMETRO
I. Materiales	60,343,729.5
II. Mano de Obra	1,296,052.4
III. Operarios Maquinaria de Via	168,223.6
IV. Depreciacion Maquinaria de Via	5,270,037.6
T O T A L	67,078,043.1 =====

UF/29 de abril de 1986

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
SUGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL NUEVO

C O N C E P T O	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO 1986	TOTAL
MATERIALES			
Riel Nuevo 115 lbs./ydo.	114.095	167,700.0	60,343,729.5
Durminetes de Concreto	1666	17,482.0	19,133,771.5
Cojinetes	3332	200.0	29,125,012.0
Grapas Elasticas No. 7	6664	515.0	666,300.0
Pernos SL	6664	444.0	3,431,960.0
Placas de Hule de 6 mm.	3332	470.0	2,958,816.0
Soldadura Aluminotermica	21	10,370.0	1,566,040.0
Herrojes de Cambio No. 10	0.2	6,720,000.0	217,770.0
Juegos de Madera para cambio No. 10	0.2	500,000.0	1,344,000.0
Balasto (en m3)	1000	1,800.0	100,000.0
			1,800,000.0

UP/29 de abril de 1986

Precio del Riel \$390 Dolares/Ton
Tipo de Cambio \$430 /Dolar

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 SUBGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
 CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL NUEVO

C O N C E P T O	CANTIDAD	VIDA UTIL (ANOS)	DEPRECIACION TOTAL	PRECIO UNITARIO 1986	T O T A L	DEPRECIACION POR KILOMETRO
MADRIDARIA DE VIA			53,540,682.7		421,603,005.0	5,270,037.6
Grúa de Via	1	18	4,225,944.4	76,067,000.0	76,067,000.0	950,837.5
Multicalzadora-Niveladora	1	10	12,076,467.5	120,764,675.0	120,764,675.0	1,509,556.4
Alineadora de Via	1	5	14,862,604.0	74,313,020.0	74,313,020.0	928,912.8
Reguladoras de Balasto	1	7	7,617,257.1	53,320,800.0	53,320,800.0	666,510.0
Compactadora de Balasto	1	7	7,617,257.1	53,320,800.0	53,320,800.0	666,510.0
Desatornilladora de Planchuela	2	4	1,000,000.0	2,000,000.0	4,000,000.0	50,000.0
Desclavadora	2	4	3,088,050.0	6,136,100.0	12,272,200.0	151,402.5
Atornilladora desatorn. de fijacion	1	4	415,702.5	1,662,810.0	1,662,810.0	20,785.1
Taladro de Borneante	2	4	2,657,400.0	5,314,800.0	10,629,600.0	132,870.0
Clavadora	2	4	3,813,025.0	7,626,050.0	15,252,100.0	196,651.3

UP/29 de abril de 1986

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 GERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
 CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL NUEVO

C O N C E P T O	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL 1986	SUELDO MENSUAL CON PRESTACIONES (40.4%)	IMPORTE TOTAL	TOTAL POR KILOMETRO
MANO DE OBRA				103,684,187.5	1,296,052.4
Ingeniero Residente	1	203,060.0	285,096.2	3,421,154.9	42,764.4
Inspector de Materiales	1	109,514.6	153,738.5	1,843,102.0	23,063.8
Mayordomo General	1	82,435.6	115,739.6	1,388,875.0	17,360.9
Mayordomo de Cuadrilla	5	44,912.4	63,057.6	3,783,420.6	47,292.8
Reparador de Vía	125	43,522.7	61,105.9	91,658,806.2	1,145,735.1
Motorista	2	47,092.5	66,117.9	1,586,828.9	19,835.4

UF/29 de abril de 1986

C O N C E P T O	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL 1986	SUELDO MENSUAL CON PRESTACIONES (40.4%)	T O T A L	T O T A L POR KILOMETRO
OPERARIOS DE LA MAQUINARIA				13,457,885.9	168,253.6
Grúa de Vía	1	51,994.0	73,000.7	876,008.4	10,950.1
Ayudante	1	45,702.8	64,166.7	770,000.8	9,655.0
Multicizadora-Niveladora	1	58,647.1	82,621.3	991,455.9	12,393.2
Ayudante	1	54,202.2	76,099.9	913,198.7	11,415.0
Alineadora de Vía	1	58,847.1	82,621.3	991,455.9	12,393.2
Ayudante	1	59,402.2	83,400.7	1,000,808.3	12,510.1
Reguladoras de Falta	1	54,265.9	76,189.3	914,271.9	11,423.4
Ayudante	1	45,702.8	64,166.7	770,000.8	9,655.0
Compactadora de Balasto	1	45,702.0	64,166.7	770,000.8	9,655.0
Ayudante	1	44,974.8	63,144.6	745,546.4	9,300.2
Abanderados	6				

UF/29 de abril de 1986

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 SUBGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
 CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL DE RECORDO

R E S U M E N

C O N C E P T O	COSTO POR KILOMETRO
I. Materiales	14,674,582.0
II. Mano de Obra	169,447.4
III. Operarios Maquinaria de Via	168,223.6
IV. Depreciacion Maquinaria de Via	5,252,277.5
T O T A L	20,264,530.5 =====

UP/29 de abril de 1966

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 SUBGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
 CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL DE RECUBRO

C O N C E P T O	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO 1966	TOTAL
MATERIALES			14,674,582.0
Barrmientes de Madera	1014	4,930.0	4,999,020.0
Anclas	1014	460.0	466,240.0
Clavos de Via	4056	150.0	608,400.0
Placas de Asiento	2028	2,534.0	5,138,852.0
Soldadura Aluminotermica	21	10,370.0	217,770.0
Herrajes de Cambio No. 10	0.2	6,720,000.0	1,344,000.0
Juegos de Madera para cambio No. 10	0.2	500,000.0	100,000.0
Balasto (en m3)	1000	1,800.0	1,800,000.0

UF/29 de abril de 1966

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
SUBGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL DE RECUBRO

C O N C E P T O	CANTIDAD	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACION TOTAL	PRECIO UNITARIO 1986	T O T A L	DEPRECIACION POR KILOMETRO
MAQUINARIA DE VIA			53,185,480.2		420,182,195.0	5,252,277.5
Grúa de Via	1	18	4,225,944.4	76,067,000.0	76,067,000.0	950,837.5
Multicalzadora-Niveladora	1	10	12,076,467.5	120,784,675.0	120,784,675.0	1,509,528.4
Alineadora de Vía:	1	5	14,862,604.0	74,313,020.0	74,313,020.0	928,912.8
Reguladoras de Balasto	1	7	7,817,257.1	53,320,800.0	53,320,800.0	666,516.0
Compactadora de Balasto	1	7	7,817,257.1	53,320,800.0	53,320,800.0	666,516.0
Desotornilladora de Planchuela	2	4	1,000,000.0	2,000,000.0	4,000,000.0	50,000.0
Desciavadora	2	4	3,068,050.0	6,136,100.0	12,272,200.0	153,402.5
Hachazueladora	2	4	60,500.0	121,000.0	242,000.0	3,025.0
Taladradora de Durmiente	2	4	2,657,400.0	5,314,800.0	10,629,600.0	132,870.0
Clavadora	2	4	3,813,025.0	7,626,050.0	15,252,100.0	190,651.3

UP/29 de abril de 1986

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 SUBGERENCIA DE PLANEACION Y ORGANIZACION
 CALCULO DEL COSTO POR KILOMETRO DE REHABILITACION CON RIEL DE RECORRO

C O N C E P T O	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL 1986	SUELLO MENSUAL CON PRESTACIONES (40.4%)	EFORTE TOTAL	TOTAL POR KILOMETRO
HAND DE ORRA				13,555,789.6	169,447.4
Ingeniero Residente	1	203,060.0	285,096.2	3,421,154.6	42,764.4
Inspector de Materiales	1	109,514.6	153,258.5	1,845,102.0	23,063.8
Mayordomo General	1	82,435.6	115,739.6	1,368,875.0	17,340.8
Mayordomo de Cuadrilla	5	44,912.4	63,057.0	3,283,420.6	47,292.8
Motorista	2	47,092.5	66,117.9	1,586,828.9	19,783.4
Ayudante de Motorista	2	45,418.1	63,767.0	1,530,408.3	19,130.1

UP/29 de abril de 1986

C O N C E P T O	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL 1986	SUELLO MENSUAL CON PRESTACIONES (40.4%)	T O T A L	T O T A L FOR KILOMETRO
Operarios de Maquinaria				13,457,885.9	168,233.6
Grúa de Via	1	51,994.8	73,000.7	876,008.4	10,950.1
Ayudante	1	45,702.8	64,166.7	770,000.8	9,435.0
Multicalzadora-Niveladora	1	58,847.1	82,621.3	991,455.9	12,393.2
Ayudante	1	54,202.2	76,099.9	913,198.7	11,415.0
Alineadora de Via	1	58,847.1	82,621.3	991,455.9	12,393.2
Ayudante	1	59,402.2	83,400.7	1,000,808.3	12,510.1
Reguladoras de Balasto	1	54,245.9	76,189.3	914,271.9	11,428.4
Ayudante	1	45,702.8	64,166.7	770,000.8	9,435.0
Compactadora de Balasto	1	54,245.9	76,189.3	914,271.9	11,428.4
Ayudante	1	45,702.8	64,166.7	770,000.8	9,435.0
Abanderados	6	44,174.8	63,144.6	4,546,412.6	56,850.2

UP/29 de abril de 1986

2.1 CONSERVACION DE LA SUBESTRUCTURA

La subestructura comprende todo aquello que es necesario construir para permitir las instalaciones de un ferrocarril, es decir, la plataforma y las obras de drenaje, ya sean arriba o abajo de las vías y el conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de subrasante.

En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para lograr un funcionamiento eficiente del mismo será disponer de un sistema de inspección establecido, que permita una adecuada programación de los trabajos.

2.1.1 ALCANTARILLAS

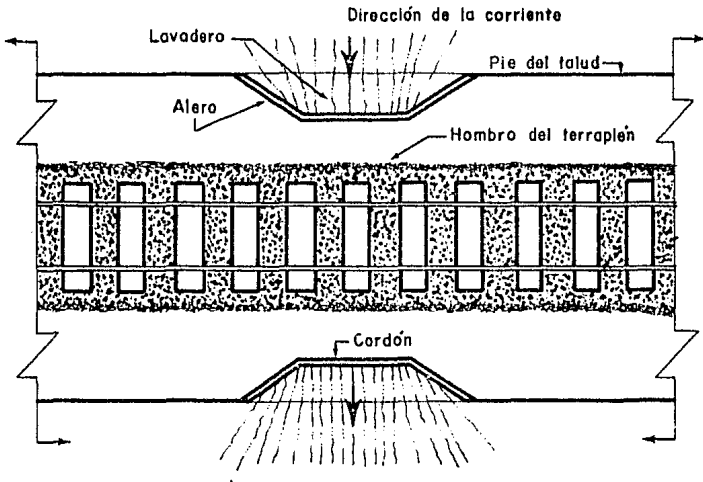
" Se llama alcantarilla a una estructura de claro menor de seis metros, con colchón o sin él, o mayor de seis metros con colchón, que tiene por objeto permitir el paso del agua en forma tal que el tránsito en una obra vial pueda ser permanente en todo tiempo bajo condiciones normales o anormales previstas ". (8)

Al construirse los terraplenes, éstos atraviesan arroyos, riachuelos, pequeños canales de riego, etc. y con el objeto de no interrumpir los cauces, se construyen obras que permitan el paso del agua a través del terraplén.

(8) Secretaría de Obras Públicas, Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras, p. 28

Las alcantarillas fallan generalmente por socavación, por lo que es necesario construir obras como dentellones, zampeados, o cimentación profunda; también fallan estas pequeñas obras por azolve y arrastre de arbus^{tos}, en las difíciles zonas donde cambian las pendientes; desarenadores o cajas de azolve o preferentemente una capacidad sobrada y evitar fuertes cambios de pendientes (entre el canal de entrada y el caño de la obra) re suelven estos problemas.

Por lo general, a la entrada y salida de las alcantarillas, tomando en cuenta la dirección del agua, se construyen obras de mampostería de piedra, de ladrillo o de concreto llamadas boquillas. En la siguiente figura podemos observar las partes principales de que esta formada una alcantarilla.



En las alcantarillas se debe conservar en buen estado el cordón, a fin de evitar que el material del talud resbale o caiga a la entrada de la alcantarilla y sea arrastrado por el agua, lo que puede dar lugar al azolve de la misma.

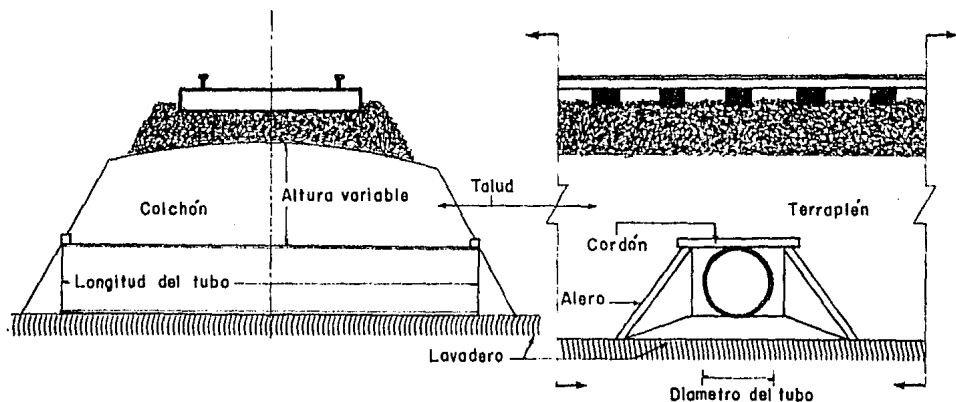
Los aleros, al igual que el cordón, evitan que el material del terraplén caiga a la entrada de la alcantarilla; además, los aleros encauzan el agua, es decir, facilitan la entrada del agua y protegen el terraplén para

que éste no sea deslavado por la corriente.

Por lo dicho anteriormente, es conveniente inspeccionar los aleros y cuando éstos presenten cuarteaduras o estén destruidos en parte se debe de proceder a su reparación inmediata.

Los lavaderos, construídos con mampostería de piedra o con losas de concreto, tienen por objeto evitar que el agua a la entrada y salida de la alcantarilla la socave y provoque su destrucción, por lo que es de gran importancia conservar en buen estado, reparándolos cuando presenten grietas.

" La limpieza de alcantarillas deberá efectuarse por lo menos dos veces al año, una antes de la temporada de lluvias y otra durante éstas, de acuerdo con los resultados de las inspecciones y tiene por objeto lograr que en ningún caso lleguen a tener azolve u otro obstáculo que obstruya más del 20% del área de la sección transversal o que en altura sobrepase la tercera parte del claro vertical de la alcantarilla ". (9)



" Procedimientos ": (10)

- a) Deberá removerse toda la materia extraña, como hierbas, piedras u otra que hubiere en la alcantarilla, no sólo en sus extremos sino a todo lo largo de la misma.
- b) El material extraído deberá depositarse dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado nuevamente hacia la misma obra. De preferencia no deberá ser depositado en la salida de la alcantarilla, salvo en casos que la pendiente asegure su arrastre por el agua, cuidando siempre de colocarlo y extenderlo en forma tal que no pueda ser obstáculo al libre escurrimiento de la misma.
- c) No deberá permitirse el crecimiento de hierbas o arbustos en la entrada y salida de las alcantarillas. En caso de haberlos tendrá que ser arrancado de raíz.
- d) Cuando una alcantarilla se azolve con frecuencia, deberá estudiarse y corregirse la causa, ya que pudiera ser necesario efectuar modificaciones a la existente o construir una nueva.

2.1.2 CORTES, TALUDES Y TERRAPLENES

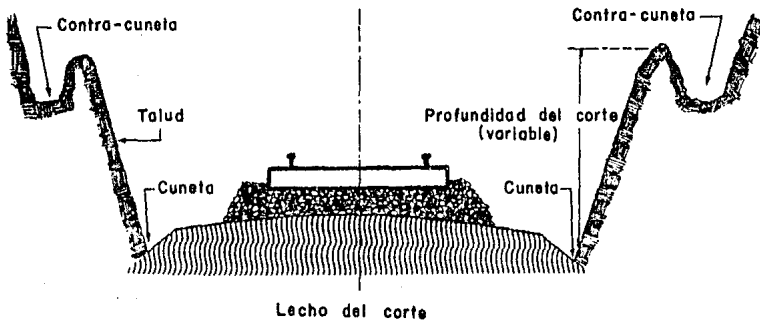
En los cortes, una de las partes más difíciles de conservar son los taludes, los que por la acción del agua se reblandecen provocando derrumbes que a veces obstaculizan la vía, llegando a provocar accidentes; otras veces las sequías prolongadas agrietan el material del corte, llegando también a provocar derrumbes.

(10) Idem

Algún corte con una humedad óptima puede ser casi vertical a pesar de que ese mismo material suelto requiera taludes de reposo muy acostados; ese equilibrio puede ser permanente o inestable según la humedad o la presencia de sobrecargas inesperadas tales como deslizamientos de capas superiores o hundimientos del terreno.

Al ejecutar un corte, hay que tratar de no aumentar mucho la profundidad, ya que más allá de cierto límite es mejor emplear túneles; pero este límite es variable según la naturaleza de los terrenos que se atraviesen.

En los terrenos resistentes es preferible desgajar el tramo al aire libre, evitándose así el problema de la conservación; por el contrario, en los terrenos de mala estabilidad e inconsistentes es preferible hacer túneles, a pesar de las dificultades de construcción, pues los tramos donde los taludes son inestables requieren gastos posteriores más elevados que los de la construcción de un túnel.



La inclinación de los taludes de los cortes es variable según la naturaleza de los terrenos; en la roca sana se puede dar fácilmente 1:4 o 1:5.

En los terrenos de buena calidad, la inclinación de los taludes es de 1:1; en los terrenos de calidad media no se pasa nunca de 3:2 y en los terrenos resbaladizos y arcillosos, que puedan ser muy inestables, se desciende hasta 2:1.

Si el terreno es de consistencia dudosa es mejor disminuir la pendiente de los terraplenes. A partir de una cierta altura es algunas veces preferible reemplazar los terraplenes por obras de arte. Los terraplenes de acceso a los puentes y alcantarillas no deben exceder una altura de 15 a 20 metros.

En la construcción de los taludes es necesario tomar en cuenta la precaución siguiente: quitar la vegetación sobre el terreno natural para evitar la formación de planos de deslizamiento y repartir las tierras por capas horizontales, con lo cual se asegura una buena estabilidad; además se debe apisonar las capas sucesivas para activar la compactación.

Cuando los taludes están a lo largo de los cursos de agua, es necesario protegerlos, ya sean por medio de paredes continuas, por enrocamientos o por grandes losas de concreto para construir defensas sólidas.

Es muy importante que durante los recorridos se observe si en los taludes de los cortes existen grandes piedras o material que pueda o esté a punto de derrumbarse, en cuyo caso debe procederse a los trabajos, ya sea para quitar la piedra o piedras, *amacizarla* u ordenar los trabajos necesarios para sostenerlas.

En general los taludes los podemos definir como: Superficies laterales de un corte o de un terraplén.

" Las labores de conservación en relación con los taludes, son de gran importancia, ya que pueden considerarse como preventivas para evitar derrumbes o deslaves y, por consiguiente, todos los inconvenientes y peligros que ellos presentan ". (11)

(11) Ibid, p. 52

" Procedimientos ": (12)

Cortes

- a) En cortes en roca, será necesario remover de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presenten peligro de caer a la corona de la vía. Si el tamaño de las piedras es tal que al removerlas puedan ocasionar desperfectos en la corona habrá que protegerla. En cortes en tierra, tendrá que mantenerse el talud con una vegetación tal que permita el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas. La falta de estabilidad en taludes de corte, en general, está íntimamente ligada con la presencia del agua, por lo que deberá dar se primordial importancia al mantenimiento de contracunetas de acuerdo con lo indicado. Asimismo, procurar que los taludes tengan la pendiente que garantice su estabilidad.

Terraplenes

- b) El afinamiento de los taludes de terraplén deberá considerarse una labor de rutina, con objeto de obtener una superficie uniforme que ayude a la estabilidad de los mismos, evitando asentamientos, erosiones o deslaves.

Deben evitarse en el pie del talud corrientes de agua que afecten su estabilidad. Será objeto de especial cuidado y atención la estabilidad del terraplén, asegurándolo con recargues de material o, en caso necesario, con muros de mampostería.

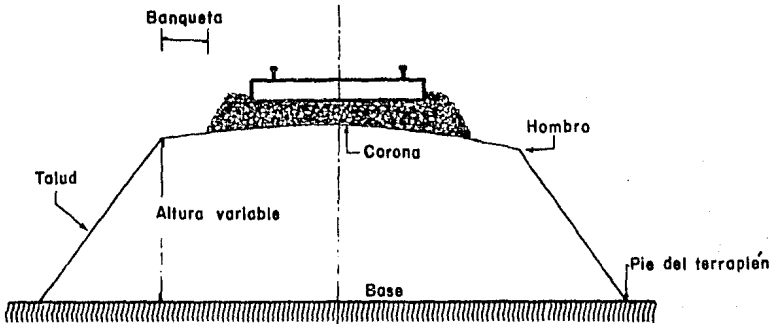
Para evitar erosiones, socavación o deslaves de material por el agua que escurre de la corona. Esta protección puede obtenerse mediante la siembra de pastos o especies vegetales adecuados, según el material o clima de la región.

(12) Ibid, p. 54

Finalmente para reconstruir los taludes deslavados se utiliza tierra que se obtiene de excavaciones de préstamos, que se abren en el terreno natural a no menos de 2 metros, del pie del talud y paralelas a la vía. Estas excavaciones se deben hacer tan iguales como sea posible, debiéndoseles construir desagües para evitar que el agua se vaya a estancar, drenándolas hacia el canal de arroyos.

Es muy importante conservar siempre la corona del terraplén con su ancho reglamentario, para evitar que el balasto se escurra por los taludes y se formen golpes, así como las cabezas de los durmientes lleguen a quedar en *banda* y se quiebren, ya que en estos dos casos puedan producirse descarrilamientos, en los que al salirse la máquina o los carros y faltar las partes de la corona llamadas *banquetas*, pueden volcarse aumentando los costos del accidente y del salvamento.

La parte superior del terraplén se llama corona, tiene forma curva con objeto de que el agua de lluvia escurra por los lados y no se acumule, principalmente debajo de los durmientes provocando golpes *aguachinados*, o bien que se filtre a través del terraplén y se formen "bolsas de agua". A la forma curva de la corona se le llama *bombeo de la corona*.



El bombeo de la corona del terraplén se pierde cuando en los trabajos de conservación o de rehabilitación, el personal, al quitar el balasto, con la pala levanta parte del material del terraplén formando agujeros que después se rellenan con balasto y en los que, cuando llueve, se junta el

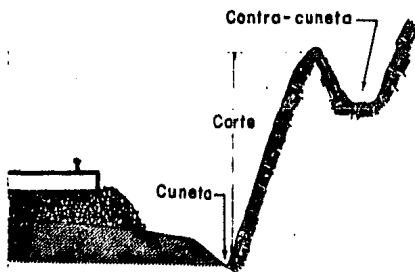
agua reblandeciendo la corona, formándose golpes aguachinados; además, el agua se filtra al terraplén y se acumula formando bolsas de agua bajo el balasto, de manera que en estos lugares no se podrá tener una buena nivelación.

Por lo anterior, siempre que se ejecuten trabajos sobre la corona del terraplén, se deberá tener cuidado de no modificar el bombeo. El bombeo de la corona no es necesario cuando el terraplén está en curva, ya que en este caso, la corona tiene sobre-elevación y el agua puede escurrir fácilmente por uno de los taludes.

2.1.3 CUNETAS Y CONTRACUNETAS

" Se llaman cunetas a las zanjas de sección determinada construidas en uno o ambos lados de la corona en los cortes, destinadas a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre como efecto del bombeo de la superficie de la corona, así como la que escurre por los taludes de los cortes ". (13)

" Las contracunetas son canales de sección y ubicación determinada que se construyen en las laderas del lado aguas arriba de una obra vial y que tienen por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra ". (14)



Las cunetas y contracunetas son elementos esenciales para proveer el drenaje a la vía; éstas se azolvan y obstruyen perdiendo su efectividad y su función de acarrear prontamente el agua que drena la vía y que escurre por los taludes de los cortes y terraplenes.

De acuerdo con las secciones transversales de la vía reglamentarias, las cunetas deben construirse al pie de los taludes, en los cortes, en los extremos bajos donde desaguan lo suficiente para que se evite la erosión de los terraplenes adjuntos.

Las contracunetas se construyen en la parte superior de los taludes de los cortes, así como en algunos terraplenes donde el terreno caiga sobre el eje de la vía. En los cortes largos, el escurrimiento debido a las llu vias sobre los taludes y el lecho de la vía hace necesaria la ampliación de cunetas. El tamaño de éstas depende de la pendiente, pero debe tenerse la precaución en las pendientes fuertes para evitar la erosión del lecho de la vía, mediante la colocación o bien aumentando el ancho de la banque ta de la vía.

Se puede decir que las reparaciones a cunetas se hacen necesarias ya sea debido a errores de construcción o bien a su conservación diferida. Cuando la pendiente de la cuneta es excesiva, el agua socava el fondo, ha ciendo que las paredes laterales se derrumben produciendo azolves. Por otra parte, cuando la pendiente es insuficiente, el fondo se va llenando gradualmente de fango, por lo que deberá buscarse un término medio.

Al conservar este tipo de obras de drenaje debe procurarse mantener la sección original lo más que sea posible, evitando la obstrucción que impida el libre paso de la corriente. En las curvas donde la erosión se acentúa, podrá reducirse mediante la colocación de enlosados de concreto o de mampos tería.

Es frecuente que el balasto se ensucie a causa de la cuneta llena y obstruída por los deslaves del talud de los cortes.

" Procedimientos " : (15)

En ningún caso deberá permitirse que una cuneta o contracuneta tenga azolve u otro obstáculo que ocupe más de un tercio (1/3) de su profundidad.

Cunetas

- a) Se removerá perfectamente toda la materia extraña, tal como tierra, piedras, hierbas, troncos u otra que hubiera en la sección de la cuneta.
- b) El material removido deberá cargarse y depositarse dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado por las aguas hacia la corona de la vía, cunetas o alcantarillas. Si tiene la calidad adecuada, podrá usarse en recargues de taludes de terraplén, con la debida colocación para que no afecte la estabilidad del mismo. Queda prohibido depositarlo en los taludes del corte o arriba de los mismos.
- c) Si la cuneta está zampeada (mampostería), al hacer su limpieza se cuidará de no deteriorar el zampeado y éste deberá revisarse cuidadosamente, a efecto de corregir cualquier desperfecto que permita filtración del agua.
- d) Si la cuneta no está zampeada, deberán extremarse los cuidados al efectuar su limpieza, para lograr, el término de la misma, una sección transversal y pendiente longitudinal que garanticen el libre escurrimiento del agua.

Contracunetas

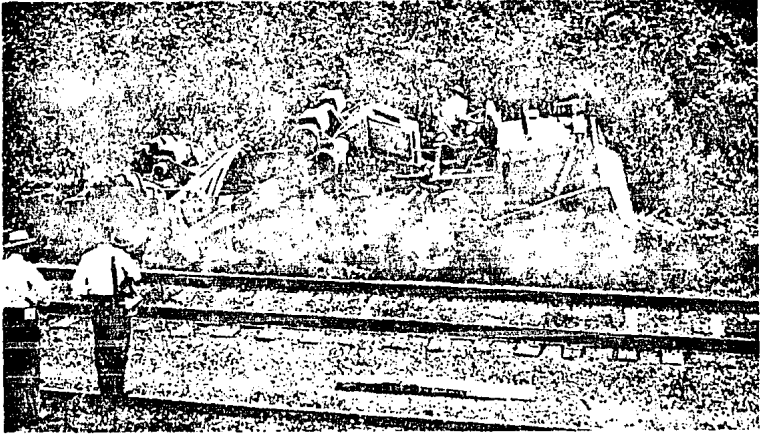
- a) Deberá removerse el azolve y depositarse formando un bordo de sección sensiblemente uniforme, paralelo a la contracuneta y del lado de aguas abajo de la ladera.

- b) Deberá vigilarse que no haya obstáculos grandes, como piedras, troncos u otros que impidan el libre escurrimiento del agua. En caso de haberlos tendrán que removerse a la mayor brevedad posible.
- c) Debido a las fuertes pendientes, es frecuente que el escurrimiento del agua provoque erosiones. En estos casos deberán hacerse escalones zampeados y, si esto no fuera suficiente, zampear y recubrir con concreto hidráulico todas las zonas afectadas.
- d) Cualquier socavación, oquedad o grieta en el piso o paredes de una contracuneta que permita filtración de agua es en extremo peligrosa y puede afectar la estabilidad del talud del corte. En caso de haberlas deberá corregirse de inmediato con el procedimiento que se considere más adecuado, el cual puede consistir en rellenarse con concreto hidráulico o mampostería y recubrir o zampear la zona adyacente.
- e) Cuando un corte no tenga contracunetas y se proyecte construirlas, será en extremo importante efectuar sondeos y estudios previos, ya que en muchos casos si el terreno tiene grietas, fisuras o una estratificación inadecuada, al hacer la contracuneta originará filtraciones de agua que puedan provocar la inestabilidad del talud. En tales casos, de acuerdo con los resultados de los estudios y sondeos, tendrá que definirse la solución más conveniente.

Por otra parte, las operaciones de limpieza de cunetas se dividen en dos:

1. Para cortes de poca altura, y
 2. Para cortes profundos.
-
1. En los cortes bajos, la obra puede llevarse a cabo mediante cuadrillas trabajando a mano, o bien mediante motoconformadoras dotadas

de cuchillas de zanjeo. Si la conservación ha sido diferida por al gún tiempo, puede emplearse económicamente escrapas de tiro siempre que haya espacio suficiente para su operación.



Escrapa de 5 metros cúbicos, construyendo cunetas.

La perfiladora *Jordan* es una máquina grande diseñada especialmente para trabajos de balastado, pudiendo sin embargo utilizarse muy von tajosamente para la limpieza de cunetas.

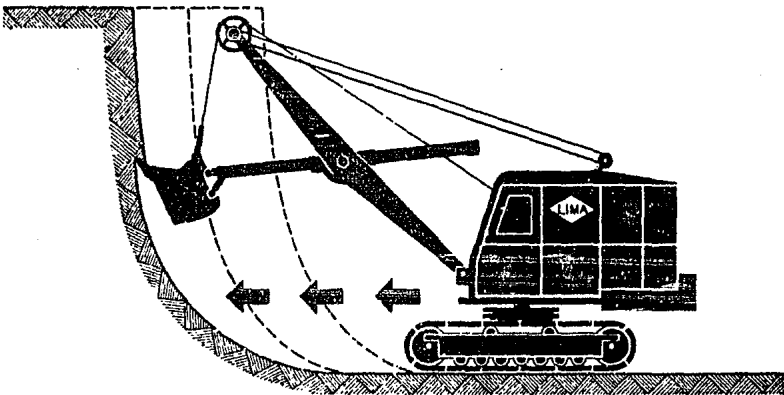


Conformadora Jordan limpiando cunetas.

Mediante el ajuste de las cuchillas de enrasamiento se va efectuando la limpieza de las cunetas a medida que se empuja la máquina. Por lo general estas operaciones se verifican simultáneamente con la ampliación de terraplenes, en los que también se utiliza la conformadora *Jordan*.

2. En los cortes profundos, el trabajo se lleva a cabo mediante escrepas mecánicas. Si el volumen por excavar es pequeño, puede emplear se cuadrillas dotadas de motores de vía con cajas balastreras y armones o bien dotadas de carretillas de mano.

Cuando el volumen por limpiar es grande la distancia de acarreo considerable, resulta por lo general más económico usar palas mecánicas para este trabajo.



Pala mecánica

Sea cual sea el método que se siga, el material deberá ser vaciado en tal forma que no vuelva a depositarse en el corte. El material removido de las cunetas nunca será depositado en el talud adyacente.

Cuando se vacía este material en los terraplenes deberá quedar siem
pre a un nivel inferior al lecho del balasto.

El uso de trenes de trabajo constituidos por plataformas, empleando labor a mano, resulta entieconómico y no debe llevarse a cabo.

Al utilizar maquinaria para estos trabajos podrá tomarse en conside
ración varios factores como son: costos de operación, intereses sobre la inversión, depreciación, conservación, interrupciones de trá
fico, etc. También deben pesarse cuidadosamente las ventajas como el gran radio de acción, las grandes cantidades de material movidas en corto plazo, la utilización del material removido para reforzamiento de terraplenes, etc.

Se recomienda el empleo de maquinaria cuando los cortes sean largos y profundos o cuando el volumen por mover sea grande; también cuando el material que deba removerse sea húmedo y difícil de manejar por otros métodos.

Las contracunetas deberán tener una pendiente mínima del 0.3%. Siempre que deba aumentarse la pendiente de manera que de origen a velocidades de erosión, tendrán que pavimentarse las zanjas. La distancia entre la contra
cuneta y la parte superior del corte no deberá ser menor de tres metros, a fin de evitar filtraciones del agua de la zanja por el terreno, hacia el talud del corte. Si el terreno es de naturaleza permeable, de manera que no se logre lo anterior, la contracuneta podrá pavimentarse o protegerse además en sus paredes, encajonándose.

En los terraplenes, cuyos materiales se vuelven inestables al saturarse de agua, también se hace necesaria la construcción de contracunetas a lo largo del pie de los taludes, a fin de abatir el agua de la superficie sobre la que descansa el terraplén con tendencia a dirigirse a él. Estas zanjas deben ser lo suficientemente profundas a fin de ayudar a que se sa
que el material inestable y para eliminar el agua que llegue a ellas por

filtraciones a través del terraplén. La distancia mínima entre el pie del terraplén y la parte superior del talud de la zanja tendrá que ser la suficiente (no menor de tres metros), para evitar el peligro de ocasionar derrumbes en el terraplén por reblandecimientos.

En terrenos planos donde el terraplén se haya construido de zanjas de préstamo, la contracuneta debe estar localizada cerca del límite del derecho de vía, teniendo la suficiente profundidad para drenar dichas zanjas. En todos los casos podrá formarse un cierto descenso en la berma del terraplén hacia la zanja a fin de evitar que el agua permanezca en charcos cerca del pie del talud del terraplén.

Las cunetas en los cortes, tienen el doble objeto de drenar el lecho de la vía y a la vez protegerlo al interceptar y acarrear el agua de superficie acumulada en los taludes durante la lluvias y debida a filtraciones, deben conservarse bajo la subrasante en todo tiempo. La cuneta mínima tendrá 30 centímetros de anchura en el fondo y estar a 30 centímetros bajo la subrasante, dotada de taludes de acuerdo con el material del terreno y no podrá tener menos de 0.3% de pendiente.

2.1.4 DRENES Y SUBDRENES

Los objetivos del ingeniero que se enfrenta a problemas del subdrenaje en la vía, en relación al agua que se infiltra en el subsuelo, son:

1. El mantener el agua alejada de las zonas donde puede hacer daño.
2. El controlar el agua que entra a las zonas críticas por métodos de conducción y eliminación.

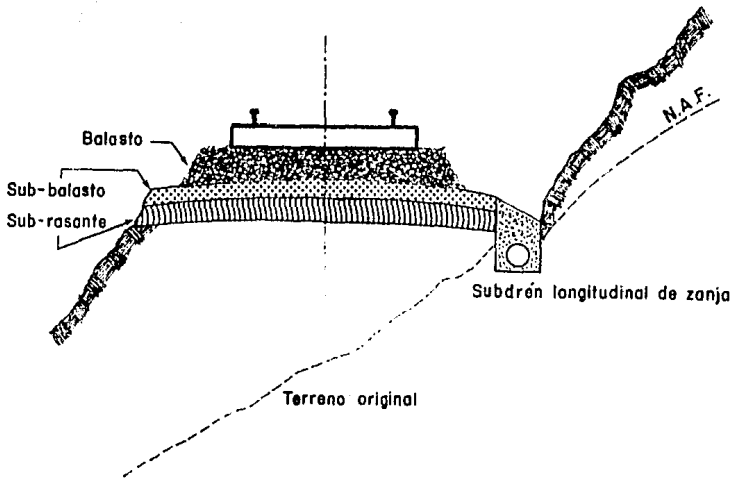
A continuación se mencionarán los diferentes tipos de subdrenaje utilizados en una vía:

- DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA

" El subdrén consiste en una zanja de profundidad adecuada (como mínimo de 1 a 1.5 metros), provista de un tubo perforado en su fondo y rellena de material filtrante; el agua colectada por el tubo se desaloja por gravedad a algún bajo o cañada en que su descarga sea inofensiva ". (16)

" El efecto del subdrén de zanja es en este caso interceptar y eliminar el flujo hacia la cama del corte y, en menor escala, disminuir la zona eventualmente saturada en el talud. La mayor parte de los drenes longitudinales de zanja que se colocan en carreteras y ferrocarriles tienen la finalidad, por lo que resulta ser en ese caso estructuras cuya principal función es la protección, interceptando un flujo de agua ". (17)

(16) (17) Rico Alfonso y del Castillo Hermillo, La Ingeniería de Suelos, p. 417

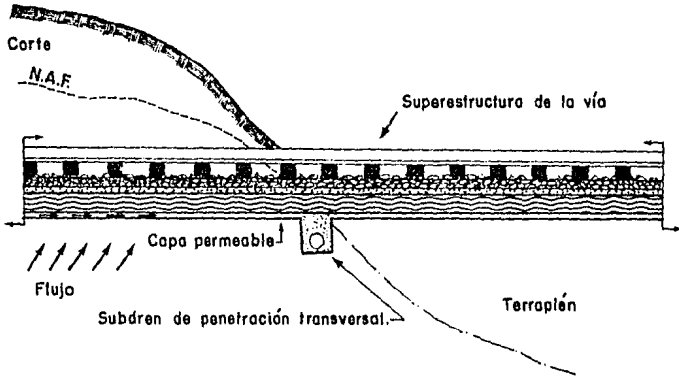


- SUBDRENES INTERCEPTORES TRANSVERSALES

" Son dispositivos de drenaje análogos en principio a los subdrenes de zanja y lo único que los distingue es la dirección en que se desarrollan, que ahora es normal al eje de la vía. El caso típico de la instalación de estos subdrenes se ilustra en la siguiente figura, en donde se muestra una transición de una sección en corte a una sección en terraplén. De no colocar el subdrén transversal interceptor podría suceder que el flujo del agua proveniente del corte entrase en el terraplén, provocando en éste asentamientos o deslizamientos ". (18)

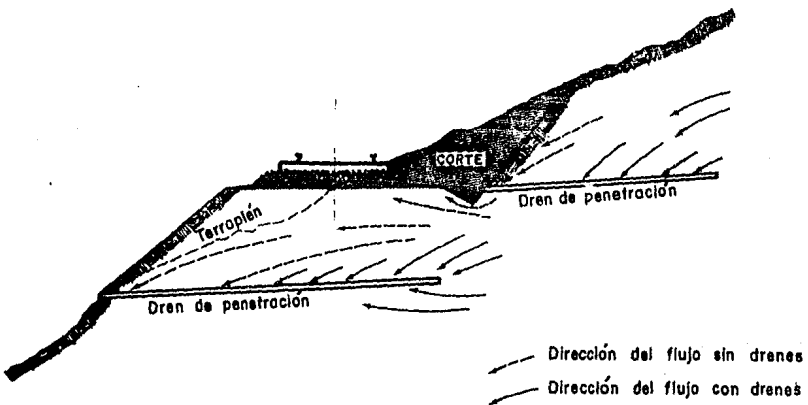
Los drenes interceptores deben de ser capaces de eliminar muy rápidamente las aguas que les lleguen por lo que en ellos son particularmente críticos los requerimientos de permeabilidad.

(18) Ibid, p 421



- DRENES DE PENETRACION TRANSVERSAL

" Estos, denominados por la práctica americana drenes horizontales, son instalaciones de subdrenaje que responden específicamente a la necesidad de abatir del interior de los taludes del corte las presiones generadas por el agua, que sean susceptibles de provocar la falla del corte ". (19)



Consisten en tubos perforados en toda la periferia que penetran en el terreno natural en dirección transversal al eje de la vía, para captar las aguas internas y abatir sus presiones.

" La descarga puede ser libre a la cuneta o, en instalaciones importantes, a tubos colectores de unos 20 centímetros de diámetro, que encaminan las aguas a donde sean inofensivas. La parte del tubo perforado del subdrén que queda próxima a la salida debe dejarse sin perforar en uno o dos metros, para evitar la invasión de vegetación a través de las perforaciones y la obstrucción del tubo ". (20)

La longitud de los drenes de penetración transversal depende mucho de la geometría de la zona en que se instalan.

Como ya se dijo, los drenes de penetración transversal además de drenar el agua y/o abatir sus presiones, también modifican, usualmente en forma favorable, la dirección de las fuerzas de filtración.

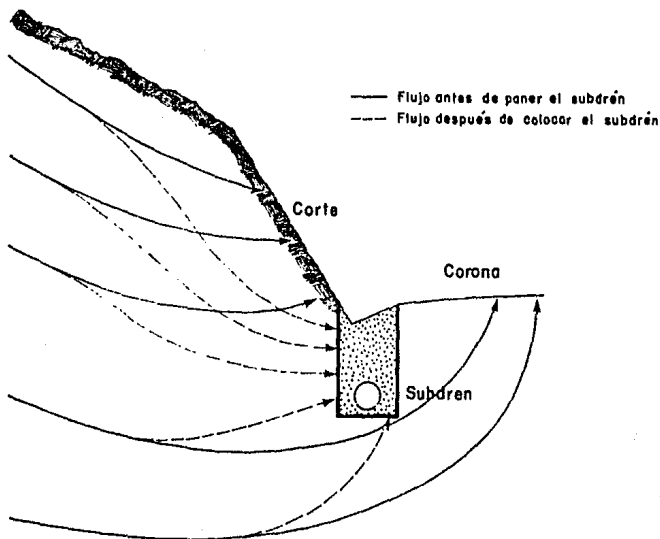
El campo natural de aplicación son los taludes de los cortes y las laderas naturales, especialmente cuando sirven de apoyo a un terraplén. Se requiere un gran número de drenes para lograr buena eficiencia y en terrenos impermeables o en masas de roca agrietada, sin fácil comunicación interna, su zona de influencia puede ser relativamente pequeña, de tal manera que se requieren espaciamientos cortos; es frecuente verlos hasta cinco metros uno del otro y en dos o más hileras separadas por un espaciamiento muy común.

Los drenes de penetración transversal deben instalarse de manera que puedan ser objeto de un mantenimiento durante la conservación normal de la vía. Este mantenimiento consiste en su limpieza interior, incluyendo el destapar sus perforaciones. Para tal efecto existe la máquina apropiada, generalmente a base de cepillos con cerda metálica integrados a máquinas de acción mecánica. Esta necesidad obliga muchas veces a la construcción de túneles o grandes tubos que proporcionen acceso a la boca de los drenes.

(20) Ibid, p. 422

Por otra parte, el subdrenaje es conveniente y beneficioso, pero éste tiene un costo muchas veces bastante elevado y los criterios se diversifican precisamente en el momento en que ha de llegarse la evaluación subjetiva de cuánto reeditúan los beneficios en comparación al costo del subdrenaje. Se ha establecido que el objetivo fundamental de una obra de subdrenaje no es el de eliminar agua, sino el de modificar un estado de presiones neutrales que, como consecuencia, sea poco favorable para la estabilidad de una masa de suelo y, también, hacer cambiar la dirección de las fuerzas de filtración, de manera que sus efectos se hagan inofensivos o mejores, en relación a la estabilidad del conjunto, tanto para mejorar la estabilidad de taludes y laderas naturales, como para proteger el sub-balasto y dar estabilidad a las terracerías.

La alternativa extrema a no emplear el subdrenaje es obviamente el deslizamiento de una ladera o la falla de un talud, en cortes los subdrenes tienden a controlar el flujo del agua en el talud, evitando que fluya hacia su superficie, para restringir así los cambios volumétricos del material y orientar favorablemente las fuerzas de filtración.



El planteamiento de un adecuado sistema de subdrenaje requiere de buena información sobre la disposición y naturaleza de los materiales naturales involucrados; también la efectividad de los diferentes sistemas de subdrenaje varía según la geología del lugar y las condiciones del clima, principalmente. Un factor importante y a veces desdeñado lo constituye la práctica local, que puede inclinar las habilidades de los operarios de una cierta región más hacia un tipo de soluciones que hacia otras.

A continuación mencionaremos algunos procedimientos para la conservación de drenes:

" Procedimientos ": (21)

- a) Supuesto que el incremento en costo se justifica ampliamente, ya que prestan un mejor servicio, se recomienda, tanto en construcción de drenes nuevos como en reconstrucción de existentes, colocar siempre un tubo.
- b) Deberá verificarse que la pendiente del tubo ayude a su limpieza; para lograrlo, la pendiente no deberá ser menor de medio por ciento (0.5%). Para pendientes mayores del dos por ciento (2%) deberá anclarse el tubo mediante una plantilla de mortero de cemento.
- c) Cuando se reparen drenes y se encuentren azolvados los tubos convendrá aumentar el diámetro para evitar nuevo azolve.
- d) La plantilla (profundidad) en los drenes será como mínimo de (1.5 metros) a partir del fondo de la cuneta.
- e) Deberán colocarse una rejilla en el extremo de descarga del tubo, para evitar la entrada de animales que puedan introducir materias extrañas y obstruirlo.

f) Se harán, en la iniciación del dren y estratégicamente distribuidos a lo largo del mismo, pozos de visita que permitan la inspección y limpieza del tubo.

El balasto no suele presentar ningún problema de subdrenaje; por ser su potencial capilar nulo, no está expuesto a invasión de agua que ascienda en flujo vertical y por ser muy elevada su permeabilidad, elimina fácilmente el agua de infiltración proveniente de lluvias.

Los problemas de subdrenaje, en lo que se refiere a la protección de lo que por extensión podría llamarse superficie de rodamiento de la vía férrea, afectan, entonces, al sub-balasto, a la subrasante y al cuerpo de las terracerías. En estos aspectos, el subdrenaje de una vía no tiene por que ser diferentes al de un camino. Las capas drenantes o los drenes longitudinales de zanja y los drenes interceptores juegan ahora un papel completamente análogo al discutido.

En cuestiones de subdrenaje es muy común que pequeños problemas, cuya atención oportuna hubiera demandado un mínimo de costo y de energía, produzcan fallas catastróficas muy caras y de grandes proporciones, por haber sido descuidados en un principio.

Otro problema especial de interés es el que plantean los manantiales o afloramientos de agua que puedan aparecer dentro del área cubierta por la vía. La captación y eliminación de sus aguas es indispensable y puede lograrse con capas drenantes localizadas, pequeñas trincheras estabilizadoras o drenes de zanja convenientemente orientados.

- BOLSAS DE AGUA

Con el aumento de tráfico y el equipo más pesado se ha notado más la existencia de lugares en que la terracería se afloja o suaviza (aguachinado) y de bolsa de agua (water pockets). Estas son generalmente fallas que vienen desde la construcción de las terracerías, tanto en los cortes como en los terraplenes en los que existe material arcilloso. Cuando hay un material inestable, el sub-balasto y el balasto son incrustados en el terraplén, ya aflojado por el agua, a causa del paso de trenes pesados. Al irse colocando más balasto en la vía y continuar el proceso, se va creando una bolsa interior con el material de la terracería que es desplazado lateralmente y algunas veces hacia arriba después, formando paredes que impiden que el agua se drene. Invariablemente se forman en estos lugares - bolsas de agua. Los métodos usuales de nivelado y calzado de la vía no surten efecto permanente constituyendo así la bolsa de agua un peligro para los trenes pesados y de gran velocidad.

Esto se corrige colocando drenes paralelos o transversales; los drenes paralelos o drenes longitudinales de zanja, pueden tener de 0.45 a 0.60 metros de ancho, se llenarán con material permeable, que sirva de filtro y de un tamaño que no se vaya con el agua dentro del tubo perforado; el balasto de piedra triturada, o grava lavada grande, puede servir para llenar el dren. Tratándose de una longitud considerable se debe de aumentar progresivamente el diámetro del tubo para que soporte el aumento de agua que lleva. La salida de este tubo se localizará de manera que el material que se venga con el agua no lo tape, y que además no se deslave el material del terraplén o corte, de manera que si la salida del tubo no queda apoyada en material rocoso, se le debe construir un lavadero y ponerle una rejilla a la salida.

En caso de no ser suficiente estos drenes paralelos, se construirán líneas auxiliares transversales que pasan por abajo de la vía y que se unen a los drenes principales separados de 3 a 12 metros, según el tamaño y cantidad de las bolsas de agua y material que se va a drenar.

El tubo que se use para los drenes principales y los laterales conectados a éstos, deben tener estas condiciones:

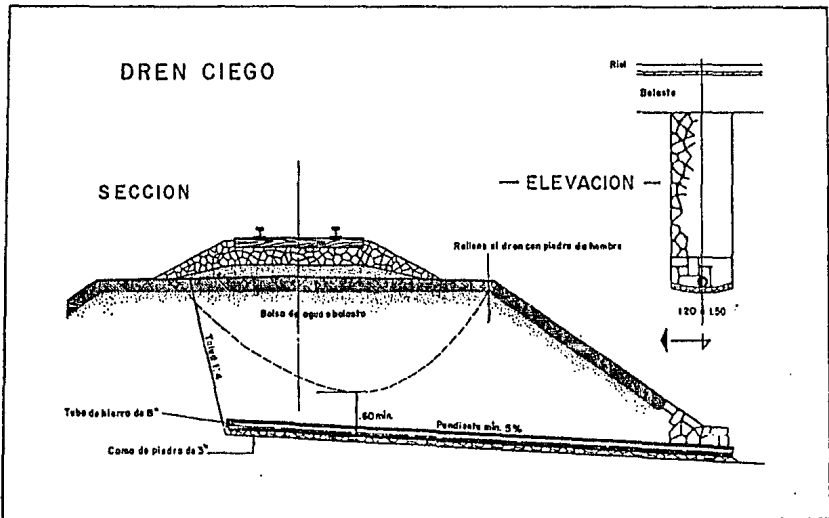
1. Tener la suficiente resistencia para soportar con seguridad la carga y el impacto.
2. Proporcionar inicialmente y conservar una alta capacidad para drenar, y que éstas no se vean menoscabadas porque alguno de sus tramos se separen o porque le entren partículas de tierra o piedra.
3. Finalmente tener la suficiente durabilidad que asegure una larga vida en servicio con la consiguiente economía.

Hay varios materiales que pueden usarse; como tubo de barro vitrificado, tubo de lámina galvanizada y corrugada, y tubo de concreto. Para determinar cual debe usarse hay que tomar en cuenta las condiciones locales y el costo relativo.

Además de este sistema, se han desarrollado otros métodos de estabilizar lugares suaves y bolsas de agua, como encajar durmientes, sacos de arena, inyecciones de mortero de cemento, etc. cada caso debe estudiarse para ver que método puede ser el más económico y dar mejores resultados.

Cuando hay que tener constantemente atención a algún punto de la tierra sería para conservar la nivelación, la causa es casi siempre una bolsa de agua. En los terraplenes que se suavizan (aguachinan) por bolsas de agua, debe tenerse muy presente la seguridad al tráfico, así como la economía en la conservación. Después de lluvias fuertes se pueden presentar desliza -

mientos de terraplenes con el consiguiente peligro, atrazo y mayor costo en el movimiento de trenes. El mover trenes en vía colocada sobre terraplenes nuevos sin ningún balasto tienden a comprimir el sitio bajo cada durmiente, formando depresiones que más tarde se convierten en bolsas de agua. Estos movimientos de trenes se deben evitar lo más posible, colocando el suficiente espesor de balasto para asegurar una distribución uniforme de la carga en la cama de la vía. Es posible drenar un terraplén aguachinado y con tendencia a deslizarse cuando no se le puede instalar un dren con tubo, por medio de un dren ciego (french drain)



Estos drenes se deben construir transversalmente al terraplén y a intervalos determinados por la condición del mismo terraplén. Generalmente una separación de 8 metros entre dren y dren es suficiente. Se excava una zanja con un ancho de 1.20 a 1.50 metros y a una profundidad mínima de - 1.50 de la base del riel. Se debe de cimbrar cuidadosamente para evitar derrumbes. Se le deberá dar una pendiente no menor de 5% desde su salida en la base del talud del terraplén hasta su extremo cerrado que puede que dar bajo la cabeza del durmiente. El extremo cerrado puede tener un talud de 1:4. Se llena con piedra de hombro usándose piedra triturada para llenar los huecos colocándose también de ese material en los lados y en la

parte superior, con lo que se evita que el material del terraplén tape los huecos y evite el paso del agua. Este tipo de drenes, que pueden ser con
truídos por el personal de las cuadrillas de sección, puede, con un costo muy bajo, secar terraplenes aguachinados con la consiguiente mejoría del nivelado de la vía y por el mismo mejoramiento evidente de las condiciones esenciales para el paso de los trenes a grandes velocidades con entera se
guridad.

2.2 CONSERVACION DE LA SUPERESTRUCTURA

La Superestructura, o vía propiamente dicha, es el conjunto de instalaciones de carácter netamente ferroviario formadas por la parte que va - arriba de las terracerías (balasto y sub-balasto), por dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, a lo que hay que agregar los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos, etc. y por último las diferentes obras de carácter complementario.

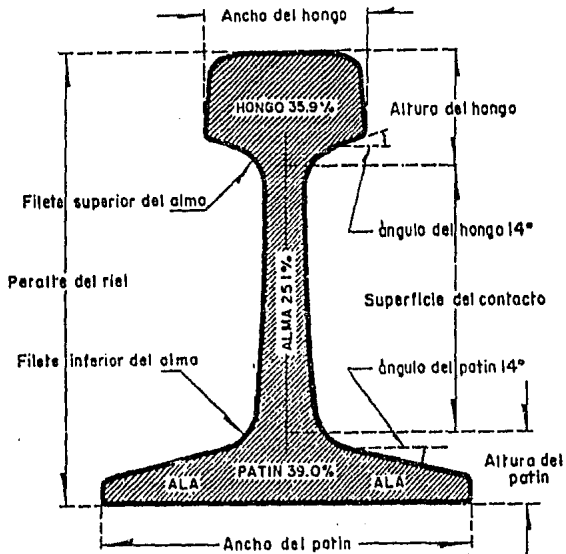
2.2.1 RIELES

Es una barra perfilada, de acero laminado, que se utiliza en las vías de ferrocarril para sustentar y guiar al equipo móvil.

El diseño del riel no ha seguido los métodos racionales comunmente -- usados en el diseño de la gran mayoría de las estructuras ingenieriles. Esto se debe principalmente a los variados factores indeterminados que -- afectan las cargas dinámicas sobre la vía, tales como el cabeceo y el balanceo de las locomotoras, las condiciones de mantenimiento y las propiedades elásticas generales de la vía. Los cambios en el diseño del riel se han producido generalmente como resultado de las fallas en diseños anteriores. El aumento de las cargas continuas por eje y de las velocidades de los trenes han obligado a un constante cambio en el diseño de la sección - del riel.

Como se ha mencionado en las páginas anteriores, el riel se divide en

SECCION DE RIEL



Con los nombres de sus partes

tres partes principales llamadas *hongo*, *alma* y *patín*, denominándose de acuerdo con su diseño y peso por unidad de longitud.

Las características esenciales que definen los diferentes tipos de rieles son:

1. Su peso por metro lineal.
2. La configuración del hongo.
3. La configuración del alma.
4. La configuración del patín.
5. La inclinación de la parte en que se apoyan las planchuelas de unión.

Se considera que constan de tres partes principales:

La cabeza, donde se asientan las ruedas del equipo móvil.

La base, que descansa sobre los durmientes.

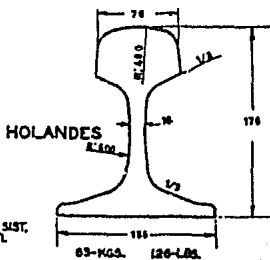
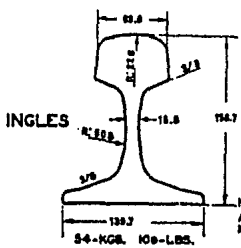
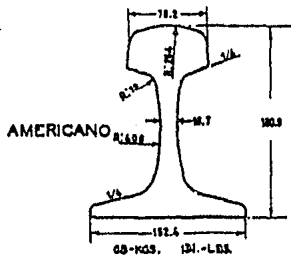
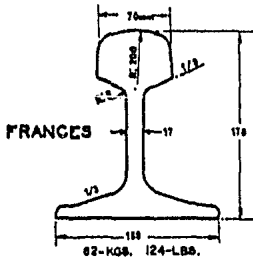
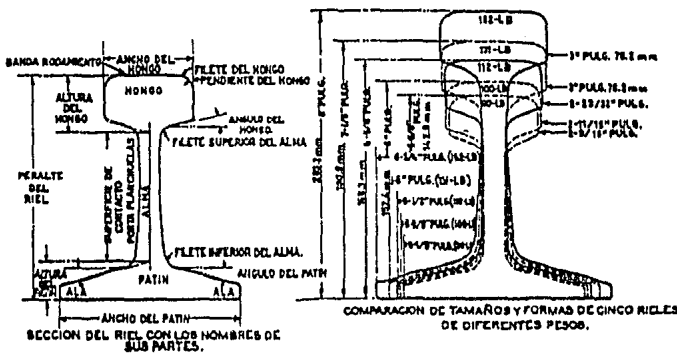
El alma, liga de unión entre la cabeza y la base.

HONGO.

El hongo de un riel está caracterizado por su anchura, su altura, el bombeo de la banda de rodamiento y la inclinación de los cachetes (filete).

El ancho debe ser escogido de tal forma que evite la concentración de

DIFERENTES PERFILES DE RIEL



NOTA:
ACOTACIONES EN SIST.
METRICO EN MITL.

la acción de las ruedas sobre una zona limitada que resultaría de un hongo estrecho. Asimismo debe limitar la tendencia del metal del hongo a romperse o aplanarse por la acción de las cargas. La experiencia ha demostrado que una anchura de hongo de 6 a 7 centímetros es satisfactoria.

La altura debe permitir un desgaste razonable; este desgaste es relativamente lento, a razón de 1 milímetro por cada 135 a 180 mil toneladas brutas.

El bombeo de la banda de rodamiento tiene una importancia particular por el contacto de la rueda sobre el riel y en el propio perfil del riel, debido a la excentricidad más o menos grande del punto de aplicación de las cargas. El bombeo también es importante ya que mejora la estabilidad de los carros en marcha.

La inclinación de los cachetes del hongo deben de ser tal que no permita el contacto entre la rueda y el hongo cuando el carro va en tangente; contrariamente a esto se produce en las curvas un contacto entre la ceja de las ruedas y el hongo que desgastan rápidamente al riel.

PATIN

El patín se caracteriza por su anchura, su espesor y la forma de sus alas.

La anchura es básica para la rigidez del riel y la resistencia al alabeamiento; así mismo un patín ancho fatiga menos al durmiente y le da mayor estabilidad al riel.

El espesor y la forma de las alas son dadas por condiciones de equilibrio entre la sección del patín y la sección del hongo y por las características del laminaje.

ALMA Y PORTA-PLANCHUELAS

Uno de los aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para el espesor del alma son los esfuerzos cortantes que se producen y desarrollan alrededor de los agujeros para los tornillos (vía tradicional). El espesor debe ser, por lo tanto, suficiente para que a pesar del desgaste progresivo debido a la corrosión, la tendencia al desarrollo de fisuras no se manifieste sistemáticamente; esto conduce a un espesor aproximado de 15 milímetros en los rieles modernos.

Los filetes del alma son puntos delicados del riel, especialmente en las líneas muy cargadas de tráfico, ya que se producen fisuras debidas a la concentración de esfuerzos transmitidos por el hongo.

- COMO ELEGIR UN RIEL APROPIADO

El riel se considera generalmente como una viga continua, elásticamente apoyada, que cede bajo la carga y la distribuye sobre varios durmientes. La presión que ejerce un carro o locomotora sobre un riel cuando se encuentra en movimiento, produce una ondulación en cada riel que se extiende en ambas direcciones. Una excesiva ondulación produce dos efectos indeseables: mayor resistencia al rodamiento y la destrucción o desgaste del riel, los durmientes y el balasto hasta llegar a la capa subrasante.

Por lo tanto, una característica deseable en el riel es rigidez o resistencia a la flexión.

Existen dos modos de incrementar la rigidez de un riel: Aumentar su momento de inercia y variar sus condiciones de apoyo.

La cantidad de tráfico que circula anualmente, así como el tonelaje movido bruto y la velocidad, son los factores importantes para la elección de un riel.

Generalmente intervienen otros factores en la selección de una determinada sección del riel, tales como su resistencia al desgaste producido por las ruedas de los trenes (desgaste especialmente notable en las curvas de escaso radio), ancho del patín para darle al riel la estabilidad y resistencia contra volteamiento (factor especialmente notable en una vía clavada), problemas de laminación, etc.

- SU FABRICACION

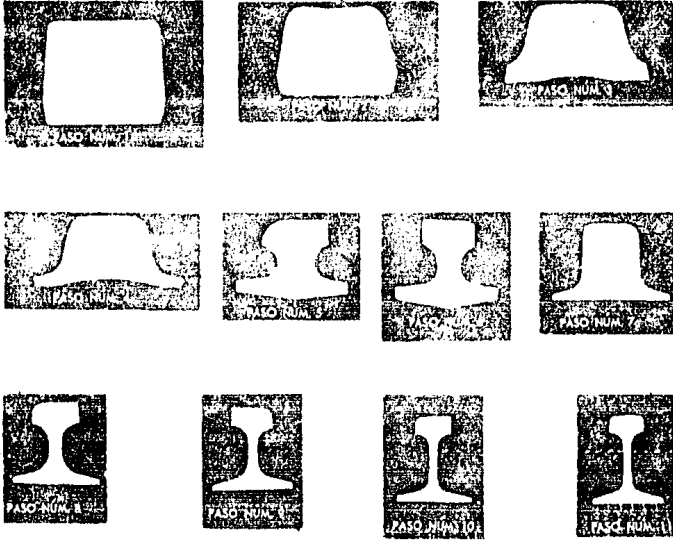
Los rieles de acero son el resultado de mezclar y laminar los siguientes minerales básicos: hierro, carbón, magnesio y silicio.

De los minerales citados, el carbón es un factor importante en la fabricación del riel, ya que a mayor cantidad de carbón el riel será más duro, pero se podrá quebrar con mayor facilidad; de acuerdo con los métodos modernos de fabricación, la cantidad de carbón puede ser controlada y por lo tanto dar la dureza requerida para cada tipo de riel.

Por otra parte el contenido de algunos minerales mezclados con el carbón o el magnesio, tales como el azufre y el fósforo, dañan al riel, pues el primero lo hace quebradizo cuando se está laminando, llegando en algunos casos a romperse a causa del contenido de azufre y el segundo reduce su resistencia al impacto o golpeteo del equipo rodante.

El acero que se utiliza para la fabricación de los rieles se obtiene en los llamados " altos hornos ", que pueden producir de 40 a 100 toneladas o más de metal fundido que, a su vez, se vacía en una serie de moldes de hierro fundido, en donde el acero líquido se enfría y solidifica formando los llamados " lingotes ".

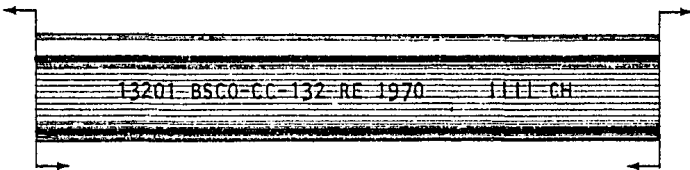
Una vez solidificados se llevan a otros hornos especiales donde se les calienta hasta tener la temperatura requerida para ser laminados. Este proceso consiste en hacer pasar el lingote por una serie de rodillos que lo desbastan y otros que dan la forma al riel.



El lingote se corta en dos partes y de cada una de ellas se pueden - obtener de 2 a 4 rieles, de acuerdo con la longitud y la sección del riel que se vaya a producir.

- CLASIFICACION Y MERCADO

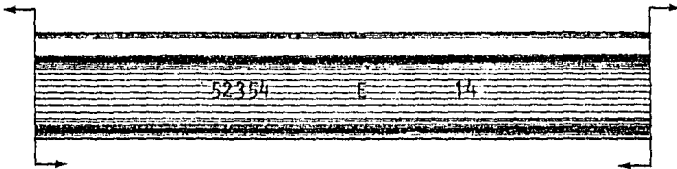
Las especificaciones del riel establecen que cada uno individualmente se identifique por lo que toca al fabricante, mes y año en que se laminó, designación de la sección, número de la hornada, número del lingote y letra del riel.



El número 13201 indica: libras por yarda, 132; número de la sección, 01. Viene luego la marca del fabricante, indicando que compañía fabricó el riel, en este caso Bethlehem Steel Corporation. La clase de acero puede -

scr B (bessemer), OH (horno abierto), CC (horno abierto enfriado controlado), CH (horno abierto enfriado controlado extremos endurecidos). El número 132 indica su peso nominal por yarda. A continuación RE pertenece al tipo de riel, que indica tipo A.R.E.A. Después viene el año en que fué laminado (1970). Finalmente el mes en que fué laminado, que algunas veces se marca con números romanos (IIII).

En el otro lado del alma, y en letras y números siempre estampados, que quedan en bajo relieve están los datos siguientes:



El número 52354 indica de que colada es el riel, algunas veces tiene antes una letra que indica el número del horno. La letra del riel indica el lugar del riel en el lingote del que se laminó. Finalmente el número - 14 indica de que lingote se trata.

Se debe recordar que la marca, en un lado del alma viene en letras --realzadas, y en letras gravadas en el otro lado del alma vienen los datos de laminación.

Algunas especificaciones también demandan que el riel lleve una flecha señaladora, indicando la dirección que indica la parte superior del lingote.

Las marcas que hemos explicado, son de gran importancia y deberán tomarse en cuenta cuando se reportan rieles defectuosos.

Toda falla en un riel debe ser observada cuidadosamente por el mayordomo y reportada a sus superiores a efecto de ver si es necesario cambiar todos los rieles de una misma colada. Para ello es necesario que el personal conozca como se marcan los rieles. La marca del riel viene en un lado del alma siempre en letras realzadas, de tipo cuadrado y como de una pulgada de largo.

Antes de enviar la fundidora los rieles nuevos, éstos son pintados en sus extremos para indicar su calidad, clasificándose como sigue:

Riel No. 1 Son aquellos que están libres de defectos perjudiciales de cualquier clase.

Los rieles No. 1 cuyo contenido de carbón y magnesio es superior a un punto medio dentro de los límites prescritos; se denominan de *alto carbón* N.1.

Los rieles No. 1 de menor longitud que el estándar de 39 pies (11.9 m); se denominan cortos N.1.

El riel No. 1 "A" es el primer riel de cada lingote, después de haber sido desechada la parte superior del mismo.

Todos los demás rieles No. 1 se denominan de bajo carbón No. 1.

Los rieles No. 2 son aquellos que:

No tienen defectos de superficie en tal cantidad que los hagan inadecuados para su uso normal.

No están estampados en caliente.

Llegan con dobleces notables o mayor combamiento que el permitido.

Por otra parte, para facilitar la identificación de cada clase de riel, se marca con un color distinto en la cara del extremo de tal manera que la clase correspondiente del riel se localice sin errores.

Los rieles para vía elástica (vía soldada) no se pintan en sus extremos, tampoco se les endurecen las puntas.

Para escoger la clase de riel que debe usarse hay que tener mucha experiencia y un juicio sereno, puesto que es casi imposible determinar -- exactamente los esfuerzos a que el riel será sometido. Esto es debido a que los rieles no tienen una base rígida, dado que hay un asentamiento -- irregular del balasto y cama de la vía. Además cuando hay mala conservación en la vía o en el equipo rodante, y existen juntas bajas, durmientes flojos, etc. las cargas verticales debidas al peso se aumentan enormemente teniendo el efecto de una carga súbitamente aplicada. Hay también severas presiones laterales, especialmente en curvas.

- DEFECTOS MAS COMUNES EN LOS RIELES

Cuando los rieles ya son colocados y se encuentran sobre los durmientes, es importante tener en cuenta que por los efectos dinámicos de la carga, la calidad del acero, etc. se pueden presentar defectos que en ocasiones ponen en peligro el tráfico de los trenes, llegando a originar accidentes.

Los mayordomos y guardavías deben examinar con frecuencia la vía en sus secciones, buscando señales de daños o defectos en el riel.

Estos defectos pueden ser *externos*, visibles a simple vista o *internos*, que son los más peligrosos, ya que, al no verse, el riel puede considerarse como en buen estado y sin embargo llegar a provocar accidentes.

Los defectos principales de los rieles se dividen en:

1. Defectos transversales.

- a) Fisuras transversales
- b) Fisuras compuestas
- c) Fracturas de desconchado
- d) Fracturas de escurrimiento.

2. Fractura por grieta de calor.

3. Defectos longitudinales.

- a) Grietas horizontales del hongo
- b) Grietas verticales del hongo.

4. Defectos del alma.

- a) Alma agrietada
- b) Riel entubado
- c) Separación del alma y el hongo.

5. Patín roto.

6. Rieles dañados.

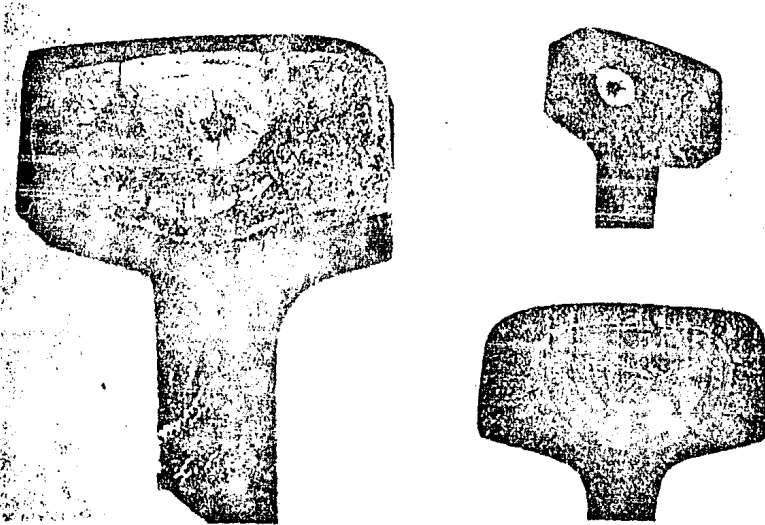
- a) Rotura angular o en ángulo recto
- b) Riel torcido
- c) Riel enmuscado.

7. Defectos de superficie.

1. Defectos transversales.

a) Fisuras transversales

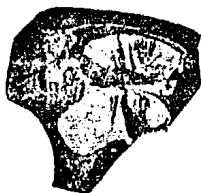
Este tipo de defecto en el riel es una fractura progresiva que se encuentra localizada en un plano transversal, comenzando de un centro o núcleo dentro del hongo para después extenderse hacia afuera en ángulo recto con la banda de rodamiento.



El origen de este tipo de defecto se debe a una imperfección del acero y al constante golpeteo de las ruedas del equipo móvil.

b) Fisuras compuestas

Consiste en una fractura progresiva del hongo del riel, comenzando con una separación horizontal para después girar hacia la parte superior e inferior del hongo, y en casos muy particulares en ambas direcciones, formando una separación transversal.



Fisura compuesta, mostrando separación horizontal y varios planos de separación transversal.



Fisura compuesta con una muy ligera separación horizontal.

La fisura se origina como una separación horizontal a partir de una grieta interior, segregación o inclusión ayudada por el peso y golpeteo de las ruedas de los trenes.

Las fisuras compuestas requieren exámen de ambas caras de la fractura para localizar la abertura horizontal de la que se originan.

c) Fractura de desconchado.

Consiste en una fractura de carácter progresivo; comienza como una separación longitudinal cerca de la banda de rodamiento, girando posteriormente hacia abajo para formar una separación transversal que tenderá a -- formar un ángulo recto con la banda de rodamiento.



El origen de este tipo de fractura es como en los casos anteriores, una grieta que en este caso se encuentra cerca de la banda de rodamiento en el lado del escantillón.

d) Fractura de escurrimiento

Fractura progresiva que comienza en el filete superior del lado del escantillón y avanza transversalmente por el hongo



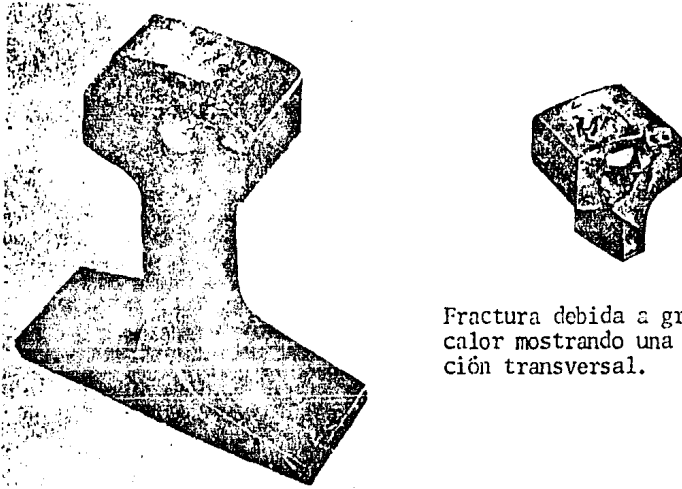
El origen es el escurrimiento en el filete superior del lado del escantillón, causada por cargas concentradas.

Una observación muy importante es que los cuatro tipos de defectos anteriores no se pueden identificar en el riel en servicio y son defectos de consideración, pues en caso de que falle el riel éste se romperá completamente.

2. Fractura por grieta de calor.

Este tipo de fractura también es progresiva en el hongo del riel; comienza en una quemada originada por derrapadas de ruedas motrices, forman

do una separación transversal. A menudo se le encuentra compuesta con una separación horizontal leve.



Fractura debida a grieta de calor mostrando una separación transversal.

Esta fractura no puede ser reconocida en el riel en servicio, hasta que el defecto llega a la superficie y entonces puede ser reconocida por:

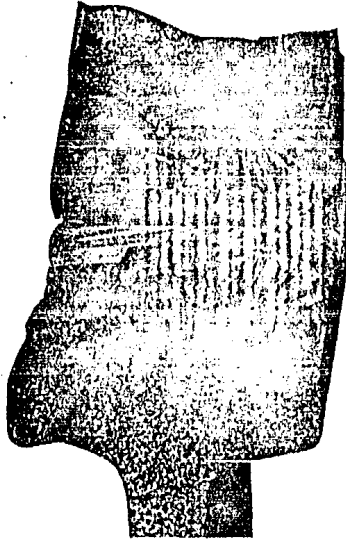
- I. Una grieta delgada en el lado del hongo e inmediata a una quemada.
- II. Grietas de calor transversal que se extienden desde la quemada hasta el lado del escantillón.
- III. Separación horizontal visible en el lado exterior del hongo bajo la superficie quemada.

Este tipo de fractura también es muy peligrosa, porque en caso de fallar el riel, éste se romperá completamente.

3. Defectos longitudinales.

a) Grietas horizontales del hongo

Una falla progresiva horizontal que se origina dentro del hongo del riel, generalmente 1/4 de pulgada o más bajo la superficie del riel, y -- creciendo horizontalmente en todas direcciones, generalmente acompañada de un aplanamiento en el riel. El defecto aparece como una cuarteadura a lo largo del riel cuando llega a los lados de la cabeza.



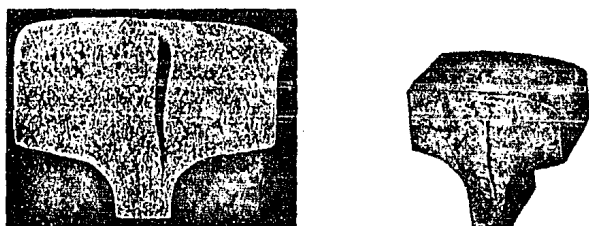
El origen de este defecto es a partir de una grieta interna y es peligrosa porque ocurre en varios lugares del riel y puede transformarse en una fisura compuesta, en cuyo caso la falla del riel es la rotura transversal total.

En cuanto a su apariencia en el riel en servicio, podemos decir que antes de aflorar una grieta horizontal tendrá la apariencia de una zona hundida en la banda de rodamiento, después de aflorar la grieta horizontal aparecerá una grieta muy delgada en cualquier lado del hongo.

b) Grietas verticales del hongo

Una cuarteadura a través o cerca del centro del hongo y que se extiende dentro del hongo del riel en forma longitudinal. Se conoce por una línea oscura en lo largo de la superficie del riel, o bien una cuarteadura o línea oxidada se vé bajo la cabeza en la juntura con el alma. En ocasiones se producen rotura de "media luna" en un lado de la cabeza del riel.

Es una fractura progresiva en el hongo del riel, en la que la separación a lo largo de una veta se extiende verticalmente a través del centro del mismo.



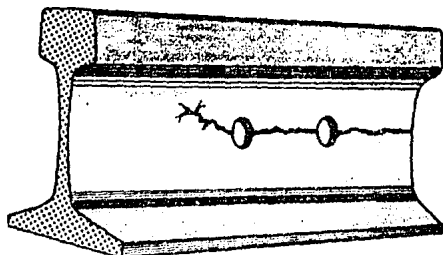
Su origen es una veta, segregación, etc. longitudinal interna. Se puede identificar en el riel pues produce una línea oscura en la banda de rodamiento, un ensanchamiento del hongo a lo largo de la grieta y en etapas avanzadas aparecerá una sangría (incisión) en el filete. Si el riel falla se romperá en varios pedazos.

4. Defectos del alma.

a) Alma agrietada

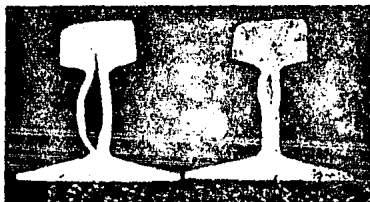
Es una fractura progresiva que crece en dirección transversal, longitudinal o en ambas. El defecto se origina en las perforaciones para los tornillos de las planchuelas y es fácil de identificar pues las grietas -

son visibles. El defecto es de consideración pues si el riel falla durante el servicio se puede romper en varios pedazos.



b) Riel entubado

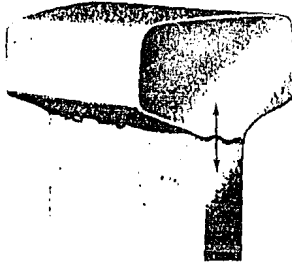
Riel con una abertura vertical, siempre en el alma, y que llega algunas veces hasta el hongo y/o el patín. Este tipo de fractura es también - longitudinal progresiva , con una separación vertical a lo largo de la cavidad.



El origen es una grieta longitudinal ancha o cavidad dentro del alma. Se puede identificar por el abultamiento del alma y el hundimiento del --hongo. Se debe a que el hueco o tubo superior del lingote de donde se laminaron los rieles no se unió debidamente en los rodillos laminadores y generalmente el primer o primeros rieles de ese lingote tienen este defecto. Los lados de esta abertura se ven lisos, como riel recién laminado y de un color más claro que la cara exterior del riel.

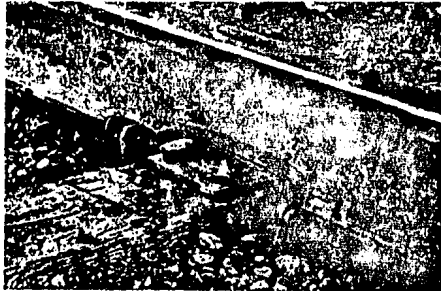
c) Separación del alma y el hongo

Es una fractura longitudinal progresiva que separa el hongo y el alma en el filete. Su origen es la fatiga causada al filete principalmente por cargas excéntricas. Se pueden identificar por las grietas que aparecen en el filete.



5. Patín roto.

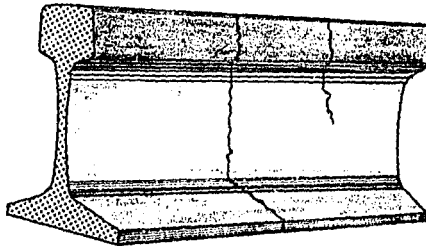
Es una fractura progresiva del patín del riel, acompañada por una separación vertical. El origen de este defecto es por lo general una colocación defectuosa del riel sobre las placas de asiento. En cuanto a su apariencia, podemos decir que aparece una grieta cerca del filete inferior del alma y que se extiende hasta el borde del patín, o también una rotura en forma de media luna. Si el riel falla durante el servicio se puede romper en varias partes.



6. Rieles dañados.

a) Rotura angular o en ángulo recto

Es una separación transversal completa del hongo, alma y patín del riel. Es a menudo causada por el clima muy frío o por algún tipo de carga concentrada. Es identificable por una grieta muy delgada que da la vuelta al riel o por la separación del riel en la rotura; es peligrosa ya que, si llega a fallar, el riel se rompe totalmente.



b) Riel torcido

Es un riel que tiene una serie de dobleces o codos; este defecto es causado por ruedas motrices desbalanceadas que causan sobreesfuerzos al riel con cada impulso motriz. No es un defecto de consideración.

c) Riel ermuescado

Es un riel con mordeduras, como lo indica el nombre, causadas por el mal manejo del riel. Este defecto es peligroso si las muescas son lo suficientemente profundas para que de ellas se origine una rotura ya sea en el hongo, alma o patín.

7. Defectos de superficie.

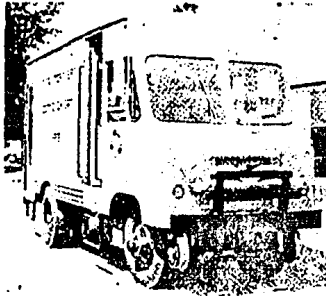
Un defecto de superficie es cualquier imperfección, daño o deformación en la superficie exterior del riel. Esta clasificación incluye seis tipos de defectos:

- a) Desconchado
- b) Descascarillado
- c) Flecos
- d) Riel escurrido
- e) Riel quemado
- f) Defectos de laminado.

Podemos decir que estos defectos no son de consideración, aunque son siempre un peligro, pues después de mucho tiempo pueden ser origen de algún tipo de separación.

Por otra parte, el defecto de los rieles debe localizarse previamente, pudiendo usar detectores de sonido y magnéticos que marcan las variaciones del flujo al pasarse sobre un tramo de riel fisurado o agrietado en su interior; el detector manual emplea sonido o marcas sobre el riel para acusar la presencia de la falla localizada por el flujo magnético de una batería portátil, pudiéndose investigar diez kilómetros por día.

El carro detector "Sperry" se agrega a un tren que recorre más de 200 kilómetros diarios, localizando, marcando y registrando con pintura, el lugar defectuoso y la cuantía del daño con gran precisión.



Vehículo detector de fallas de vía.

El hacer pasar una corriente eléctrica en el sentido longitudinal a través del riel, establece un campo magnético alrededor de él. Este campo es uniforme excepto por las alteraciones causadas por:

1. Defectos del riel (internos o superficiales), ya sea donde el área o la forma de la sección transversal difiera de la sección adyacente del riel.
2. Accesorios de vía, que resulta de las cualidades magnéticas que poseen los accesorios.

Estas distorsiones son la causa de las indicaciones correspondientes, en la cinta gráfica o de registro.

La sensibilidad del equipo detector se ajusta para registrar toda aquella fisura o falla transversal, hasta de un tamaño igual al 10% del área de la sección transversal del hongo del riel. Con esta sensibilidad no se registran las distorsiones en el campo magnético causadas por placas de vía o defectos que ocurran bajo el hongo. Puesto que los defectos más comunes y a la vez más peligrosos, incluyendo las fisuras transversales y compuestas, ocurren en él, ésta sensibilidad permite la localización del

porcentaje práctico máximo de defectos. Una sensibilidad mayor ocasionaría un número excesivo de indicaciones en la cinta gráfica, provocando una interpretación menos exacta por parte del operador y menor cantidad total de defectos localizados.

La identificación de defectos se lleva a cabo por el operador, quien, examinando la cinta y a la vez el riel por la ventana posterior del carro, vigila:

1. La indicación de la cinta gráfica, y
2. La superficie del riel donde se marca automáticamente la mancha de pintura.

El carro no se detiene si a juicio del operador la indicación fue causada por un defecto superficial o un accesorio de vía. Si hay sospecha de la existencia de un defecto interior, sin que se note causa aparente, se detiene el carro y el riel es examinado por el operador. La prueba con un aparato de mano adicional se lleva a cabo para determinar si existe una fisura transversal u otro defecto, si el examen visual no deja observar causa alguna que haya motivado la indicación.

Al realizar la prueba con el aparato de mano se colocan sobre el riel dos contactos de corriente a cada extremo de la indicación y, se limpia perfectamente la superficie del riel a cada lado de la localización sospechosa del defecto, para que se efectúe un mejor contacto elástico; se pasa un contacto localizador a lo largo de la superficie del hongo y cualquier caída de potencial en una longitud corta del riel es indicada en un milivoltímetro (aparato que mide milésimas de voltio) colocado en la parte superior del carro. Si hay un defecto transversal presente, el aparato indicará una elevación brusca en la localización del defecto y la cantidad de elevación será proporcional al tamaño de la separación transversal existente. Si la lectura en el milivoltímetro continua constante en toda la longitud al efectuar la prueba, se denomina a este "negativa" y así se

marca con el sello en la cinta gráfica.

Las quemaduras ocasionadas por patinadas de motrices de locomotora - también se localizan, así como la mayoría de los defectos que aunque sean longitudinales y paralelos al paso de la corriente de energía, tengan uno o ambos extremos en otro plano que haga posible la localización.

Una observación muy importante es que los rieles entubados, la separación entre el hongo y el alma y los defectos en el alma y en el patín del riel no se registran por el aparato.

Al detectar los rieles con carro Sperry o por lo menos con detectores portátiles, es una excelente inversión preventiva, que ahorra y previene accidentes invaluable en vidas y pérdidas de equipo, bienes y prestigio del ferrocarril, que es la base de su demanda.

- PREPARACION DE LA VIA ANTES DE LA PRUEBA

La vía deberá prepararse antes de la llegada de un carro detector, a fin de evitar en lo posible las demoras innecesarias. En el caso de una vía tradicional, los clavos altos deberán asentarse para que no causen indicaciones falsas en la cinta. A veces la superficie de deslizamiento del riel está cubierta con una caja de óxido, arena o cenizas molidas, yerbas, pasto, etc., que pueden provocar el suficiente aislamiento para impedir el contacto necesario de los cepillos. La limpieza de los rieles antes de realizar la prueba permite el examen de los mismos, mientras que en caso contrario tendrán que pasarse por alto de acuerdo con las estipulaciones.

Los ingenieros y jefes de vía pueden determinar qué superficies necesitan limpieza; para esto se coloca arena por medio de locomotoras unos días antes de la prueba; los trenes, al transitar, muelen la arena limpiando el riel.

Los lubricadores de riel deberán cerrarse para que no operen 2 ó 3 días antes de la prueba, pues una capa excesiva de aceite impedirá que se lleve a cabo la prueba, por servir de aislante.

Como los rieles con escurrimientos de metal en las curvas causan indcaciones que pueden confundirse con otros defectos peligrosos, se acostumbra igualmente, antes de la prueba, quitar las rebabas mediante marros.

Los rieles defectuosos localizados por el carro detector deberán ser protegidos inmediatamente después del paso del carro, aunque los defectos no sean visibles en la superficie del riel. Si el carro detector indica grietas transversales o grietas compuestas, no se permitirá a los trenes que excedan una velocidad de 15 kilómetros por hora al pasar sobre el riel, hasta que éste sea cambiado.

Los rieles localizados que tengan grietas transversales, compuestas u otros defectos que los hagan impropios para usarse en cualquier vía, deben marcarse con una faja ancha de pintura roja a lo largo del alma y del patín a cada lado del punto defectuoso. Estos rieles deben ser inmediatamente cambiados de la vía y considerados de desecho.

Rieles con otros defectos deben pintarse con una faja ancha de color amarillo a lo largo del alma y del patín y, además, se les grabará con tujadera una "x" profunda en la parte superior del hongo y como a 20 centímetros de cada extremo.

Los rieles de segunda clase se usarán, siempre que sea posible, en la deros; no se podrán usar en la vía principal, en curvas, túneles, puentes o en tramos donde la velocidad de los trenes exceda de 70 kilómetros por hora.

Los rieles "x" se usarán, en cuanto sea posible, en los laderos que no sean de encuentro. No se usarán en vías principales donde los trenes excedan la velocidad de 40 kilómetros por hora, tampoco se pondrán en curvas, túneles o puentes de vías principales.

- MANEJO DE LOS RIELES NUEVOS

Una vez que los rieles han sido inspeccionados y aceptados por el ferrocarril, son cargados en plataformas y enviados a las divisiones, ya sea para trabajos de cambio de riel o bien para conservación.

Tanto en uno como en otro caso es importante recordar que los rieles se pueden dañar con facilidad y por lo tanto se deberá tener mucho cuidado al efectuar las maniobras de carga, descarga y colocación de la vía.

En las maniobras de carga y descarga se pueden utilizar grúas, como por ejemplo las llamadas "burro", o bien a mano; cuando se utilizan las grúas, el encargado de la maniobra debe tener cuidado de que la grúa levante los rieles por el centro de gravedad y al descargarlos lo haga con cuidado para que no lleguen a golpearse en superficies duras o disperejas. Cuando se descargan a mano se deberán colocar unos rieles engrasados apoyados en la plataforma, formando una rampa; éstos se bajarán tomando todas las precauciones que ya hemos señalado.

Si los rieles van a ser utilizados de inmediato, como en los cambios de riel, éstos se colocarán "acordonados" a lo largo de la vía y sobre la banqueta, asegurándolos para que no se vayan a resbalar por los taludes del terraplén.

Cuando la descarga se efectúa a mano y el riel no va a ser usado de inmediato, éste debe "almacenarse en pilas", las que se clasificarán de acuerdo con el color del riel y el calibre.

- GENERALIDADES SOBRE EL TENDIDO DE LOS RIELES

1.- Alineado de curvas antes de tender los rieles.

Antes de tender rieles en las vías principales deberán colocarse estacas

en las curvas y alinearse la vía debidamente.

2.- Supervisión del tendido de rieles.

El jefe de vía deberá inspeccionar con frecuencia el tendido de rieles y asegurarse de que el trabajo está haciéndose de acuerdo con las instrucciones relativas.

3.- Abanderamiento de protección.

Los trabajos de tendido o reposición de riel se deberá hacer siempre con la debida protección de abanderamiento.

4.- Aviso al despachador.

El mayordomo encargado de la cuadrilla debe avisar al despachador entre qué límites va a ser tendido el riel cada día, pidiendo que expida las órdenes de tren necesarias para restringir la velocidad de los trenes en ese tramo. Cuando sea posible, debe conseguir del despachador programas de los trenes todas las mañanas, antes de empezar los trabajos y después con la frecuencia que sea posible durante el día.

5.- Diferencia de longitud entre el riel exterior e interior de una curva.

En las curvas, el riel interior avanza en comparación al exterior 2.5 cm (1") por cada 20 m y por cada grado de curvatura, lo cual debe tenerse en cuenta para conservar el correcto cuatrapeo de las juntas, utilizando un riel más corto en el lado interior cuando la variación llegue como máximo a 15 cm.

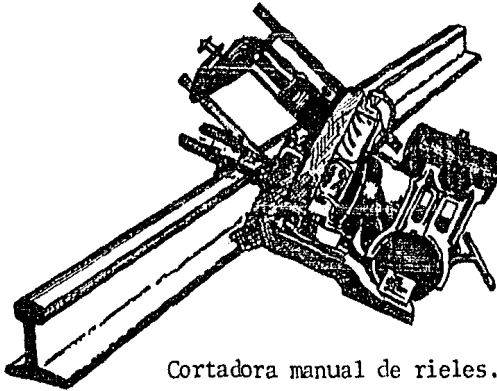
6.- Corte de rieles.

En la actualidad los rieles tienden a standarizarse entre 5 tipos muy similares, pesando desde 100 hasta 156 lbs/yd para países con gran desarrollo, siendo muy recomendables usar entre 80 hasta 115 lbs/yd para países en desarrollo, con escaso capital, como el nuestro. En la actualidad los rieles cortos se laminan de 13 m. Al colocar los rieles en la vía, a menudo es necesario cortarlos en longitudes menores, de acuerdo con las ne-

cesidades del servicio; en estos casos deberán cortarse con tajadera o bien empleando cortadoras mecánicas.

Los rieles para uso en las vías principales o laderos para encuentros, no deben cortarse con acetileno, excepto en casos de emergencia, ya que le resta resistencia al riel en su extremo; en éste último caso deberán cambiarse estos rieles antes de que se quite la orden de restricción de velocidad a los trenes.

Los rieles que se cortan para usarse en vías principales o laderos de pasada deberán tener la parte del corte lisa y a escuadra para que pueda ajustarse contra el otro riel de la vía.



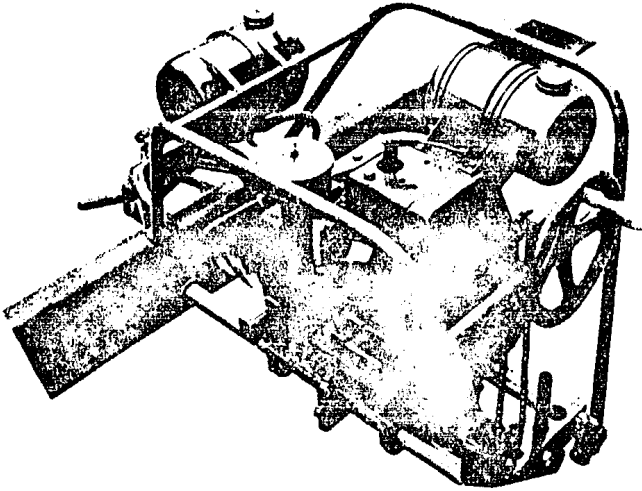
Cortadora manual de rieles.

Los rieles para uso permanente no deben tener rebabas o rebordes que estorben el ajuste de las planchuelas, por lo que las que hayan quedado al cortarlos se limarán o se quitarán.

7.- Perforado de rieles.

Una vez que los rieles han sido cortados es necesario taladrarlos para poderlos "emplanchelar", este trabajo deberá ejecutarse con taladros manuales o mecánicos invariablemente. *

* Nota: No deben usarse perforadores de presión o sopletes de acetileno para agujerar los rieles.



Perforadora manual de rieles Nordberg.

8.- Clavado de la vía.

El riel no debe ser golpeado al clavarse o al ponerlo a escantillón (distancia entre sus costados interiores). Los clavos deben clavarse verticalmente con la cara en contacto con la base del riel y deben clavarse en forma que no sea necesario enderezarlos durante la operación.

9.- Clasificación del riel cambiado.

Contempla dos aspectos:

- | | |
|---|---|
| { | a) Almacenamiento del riel |
| } | b) Apilamiento del riel para reparación |

- HERRAMIENTAS MECANICAS MAS EMPLEADAS EN LOS CAMBIOS DE RIEL

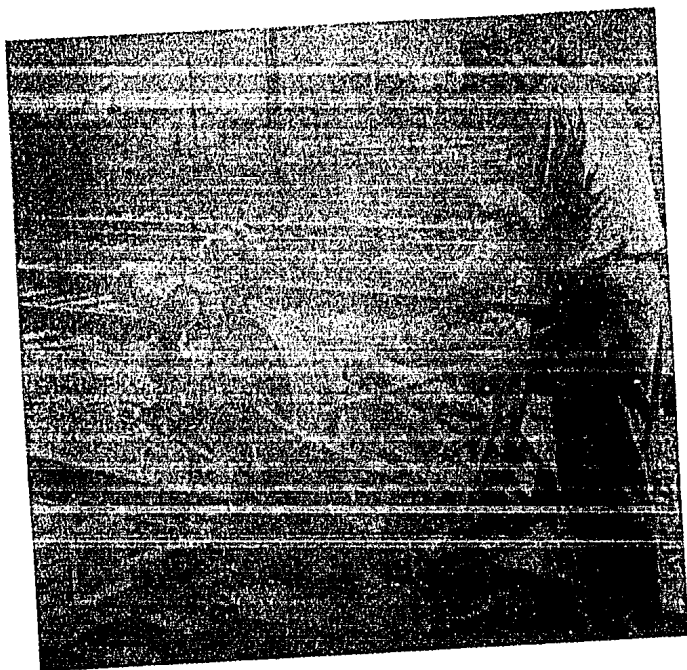
APRETADORAS DE TORNILLOS

Existen diversos tipos de apretadores mecánicos de tornillos, las cuales operan generalmente mediante un pequeño motor de gasolina de 4 caballos de fuerza. Otras funcionan empleando aire comprimido o electricidad.

En todas ellas es necesario empezar a atornillar la tuerca en la rosca del tornillo, a mano, lo suficiente para que la cabeza del mismo permanezca en el agujero de la planchuela y así no permita que el tornillo gire al aplicarle la llave mecánica.

Las apretadoras de tornillos tienen la gran ventaja de hacer un trabajo rápido y uniforme, mediante un regulador de tensión automático que opera bajo el principio de una balanza de resorte, donde se mide el esfuerzo aplicado a cada tuerca en el proceso final de apriete. Se opera automáticamente el embrague cuando se obtiene la tensión deseada. Cuando el movimiento de la máquina se hace en reversa, por ejemplo al quitar tornillos viejos, este control automático no funciona ya que cuando las tuercas están trasroscadas o congeladas, la llave de socket se zafa para no torcer el tornillo.

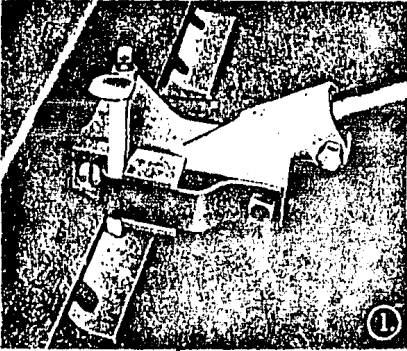
Estas máquinas están equipadas con aditamentos para perforar taladros en los rieles que carezcan de ellos.



Atomilladora Nordberg.

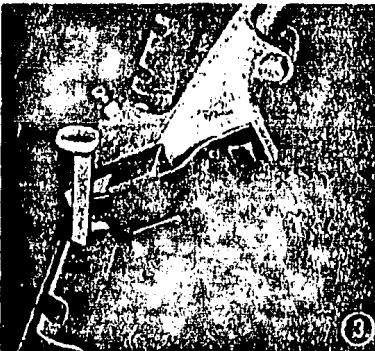
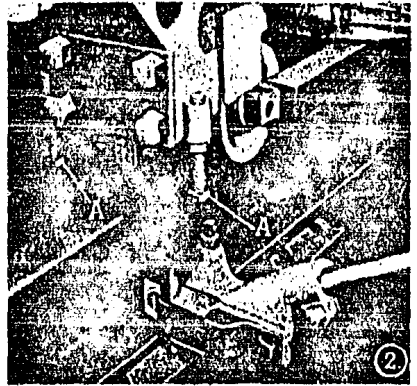
CLAVADORAS

La máquina clavadora "Nordberg" representa un método rápido y fácil de clavar los rieles durante su tendido. Para el buen manejo se necesitan tres hombre: uno para manejar la máquina y dos ayudantes para sujetar los clavos en posición durante su clavado inicial o parcial. Mientras un ayudante sujeta el clavo durante su clavado inicial por el lado de adentro del riel, el otro alista el clavo por introducirse por el lado de afuera del riel. Una máquina atendida por una cuadrilla debidamente organizada puede clavar a razón de 800 clavos por hora. Esta máquina autónoma está accionada por un motor de gasolina monocilíndrico enfriado por aire.



Una abrazadera de resorte agarra el clavo en el sujetador manteniéndolo vertical en relación con el durmiente.

El clavo está parcialmente introducido. Cuando los tornillos de tope ajustables "A", en cualquier lado de la guía del yunque hacen contacto con la cabeza del riel, el martillo cesa toda acción de enclavar.

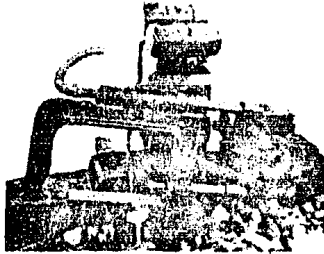


La palanca se ha levantado para soltar el clavo. En seguida se completa la acción de introducir el clavo.

CORTADORAS DE RIEL

La sierra de rieles "Matisa-jami" se utiliza para cortar rieles de cualquier calibre, tanto en plena vía como en taller.

En pocos segundos se fija la máquina al riel que hay que cortar, de tal forma que la hoja de la sierra se encuentre lo más próxima posible al lugar donde haya que efectuar el corte. El tiempo necesario para cortar un riel es de 5 a 7 minutos, según sea su calidad y sección, permitiendo una hoja realizar fácilmente 30 cortes. El corte es absolutamente plano y perpendicular al eje del riel, su peso es de 70 kg y tiene un motor de 1.5 caballos.



DESCLAVADORA

La desclavadora "Nordberg" de funcionamiento mecánico para la extracción de clavos constituye un medio formidable para minimizar tiempos y trabajo. Una sola máquina manejada por tres hombres puede extraer de 30 a 45 clavos por minuto, lo que equivale a la extracción de 10 a 15 clavos por minuto por cada hombre.

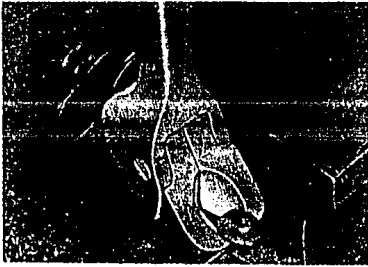
Cuando se presenta la necesidad de extraer clavos en puentes, cambios y otros lugares, esta máquina puede extraer cualquier clavo ya que está equipada con tenazas que alcanzan todos los clavos en estos puntos tan difíciles.

Los clavos torcidos, desgastados o con garganta degollada, lo mismo que clavos con cabezas corroídas, se extraen con facilidad.

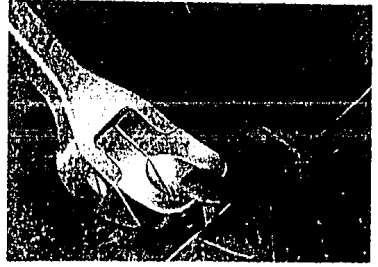
La máquina es del tipo autónomo y se acciona por un motor de gasolina enfriado por aire, mediante un sencillo mecanismo se ejerce una presión ascendente de 5 400 kg por medio de tenazas. La máquina va montada en cuatro ruedas con resortes entre los ejes y el bastidor, es empujada por un hombre y colocada al frente de cada durmiente y dos hombre, uno a cada lado del riel, se encargarán de manejar las tenazas y extraer entre ambos.



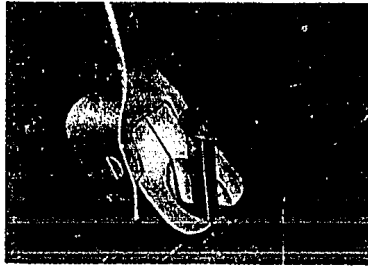
Desclavadora Nordberg



paso 1



paso 2



paso 3

Extractor manual de clavos.

ESMERILADORAS

Puesto que se admite una tolerancia en el peralte de los rieles de $1/32''$ en más y en $1/64''$ en menos, pueden encontrarse diferencias de peralte en dos rieles hasta de $3/64''$. Estas diferencias de peralte pueden acentuarse si se tienden rieles de recobro. Puesto que bastan diferencias de $1/64''$ para dar origen a golpeteo en la junta, deben esmerilarse las juntas en todos los rieles nuevos tendidos. Existen varios tipos de esmeriladoras mecánicas para el objeto, estando por lo general montadas sobre un chasis dotado de ruedas para moverse a lo largo de la vía; se manejan por un sólo operador y mediante diferentes aditamentos pueden esmerilar, ranurar, cortar rieles y hacer taladros.

Conviene también biselar las uniones de los rieles recién tendidos a fin de evitar que se formen escamas que al romperse den origen a depresiones que contribuyan a la mala conservación de la junta y al desgaste del riel.

El desgaste del riel debido al uso a que está sometido puede presentarse en varias formas: En sus extremos gastados (debido al golpeteo que sufren los extremos en las juntas en la superficie de rodamiento), escurecimientos de metal, grietas en las perforaciones para tornillos, quemadas o patinadas y otros defectos ya mencionados anteriormente.

El desgaste de los extremos constituye un problema mayor que los demás defectos, debido al gran número de rieles afectados. En el extremo es mayor su desgaste pero frecuentemente se extiende hacia atrás, hasta una distancia de varios centímetros. El desgaste puede ser distinto en los dos extremos de los rieles en una misma junta, especialmente cuando el tráfico es más denso en un sentido que el otro. Las altas velocidades contribuyen mucho a la acción de golpeteo que se presenta en ellas. En todos los casos el extremo que apunta hacia un tren que se aproxima recibe mayor golpe que el otro extremo.

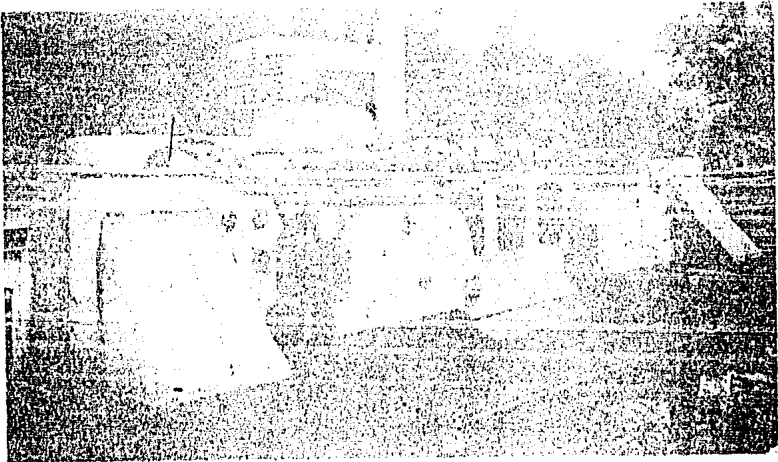
Se ha llegado a la conclusión que el grado de golpeteo que sufra, está en relación con el trabajo de conservación que tenga la misma. El impacto ocasionado por las ruedas debido a la separación entre los dos rieles es insignificante comparado con el impacto debido a la diferencia de nivel entre ellos. Tal diferencia puede consistir en la variación de peraltes entre los dos rieles, cuando los tornillos de la unión están flojos o las aristas de apoyo de las planchuelas están gastadas. Cuando los durmientes de la junta no están calzados correctamente, la unión entre los rieles se irá aflojando, contribuyendo también a este desgaste y golpeteo gradual de los extremos de los rieles.

HACHAZUELADORA

El hachazuelado de los durmientes con hachazuela manual no resulta práctico. Con la hachazueladora mecánica se producen asientos mejores en todo sentido, obteniéndose trabajos mucho más rápidos y considerable economía.



Hachazuela mecánica Nordberg



Hachazuela mecánica Kershaw, con aplicador de tratamiento preservativo para el durmiente.

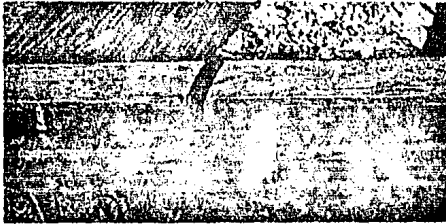
- ASPECTOS TECNICOS RELACIONADOS CON EL EMPLEO DE RIELES LARGOS

- DEFECTUOSA CONSERVACION DE LA VIA Y EL EQUIPO DERIVADA DEL USO DE RIELES CORTOS

Las vía férreas han tenido que modernizarse a fin de soportar los aumentos de velocidad y carga, preocupándose por mejorar también las condiciones de estabilidad.

Para alcanzar esta meta ha sido necesario, entre otras cosas, resolver el problema que presentan las juntas de dilatación.

Los rieles están separados, en la vía clásica, por un pequeño espacio para permitir la dilatación del metal, lo que debilita la vía; obliga a operaciones de conservación frecuentes que pueden ocupar la tercera parte del tiempo del personal de conservación.



Junta para riel corto.

Para las vías ordinarias, la simple junta a tope con planchuelas robustas se ha probado; es lo más eficiente. Una junta completamente atornillada y emplanchuelada no es fácilmente alcanzable por varias razones: el momento resistente del riel no puede ser completamente transmitido por medio de planchuelas. Desde el punto de vista estático, la junta del riel es una discontinuidad y una debilidad en la vía.

En cada junta, las ruedas de los vehículos chocan violentamente con los extremos de los rieles, produciendo oscilaciones que se traducen en movimientos desagradables para los pasajeros, en desgaste y aflojamiento del material rodante, en destrucción de la junta misma y de la punta de los rieles. Además, las planchuelas y las tuercas no aseguran la continuidad de resistencia de los rieles; la debilidad de la junta hace que los rieles cedan y las piezas que la constituyen se desgasten; los rieles se aplanan, los durmientes se cortan, el balasto se vuelve inestable, etc. La junta emplanchuada disminuye la vida de los rieles y los durmientes, lo que origina que los rieles desgastados se deban cortar y en el caso de los durmientes, muy pocas veces puedan volverse a utilizar.

La conservación de una junta cuesta muy caro, no tan sólo por el reemplazo de los materiales, sino por las operaciones que hay que ejecutar a lo largo de un año, como son: La verificación del apretado de las tuercas, la interposición de cuñas, la depuración del balasto y la nivelación frecuente; por otra parte, las juntas son ruidosas y por consiguiente molestas para los pasajeros.

Para darnos cuenta del costo de conservación de las juntas podemos decir que se considera que una vía equipada con rieles cortos, de 12 metros de longitud, cuesta el doble en conservación que una vía sin juntas.

Los perfeccionamientos en el diseño de juntas han demostrado, en la mayoría de los casos, ser deficientes, o en todo caso costosos y complicados para las pequeñas ventajas que reportan. Es por eso que varias redes ferroviarias han tratado de reducir el número de juntas por kilómetro, alargando la longitud de sus extremos; sin embargo, esta solución ha demostrado no ser definitiva y por el contrario, da lugar a ciertos efectos de deslizamiento y, de levantamiento de la vía que tiende a producir deformaciones en el lugar donde la rigidez de la vía es menor, principalmente en la junta.

Naturalmente en un principio se encontró gran oposición a esta solución a causa del dogma de la libre dilatación.

Efectivamente, hay que tener en cuenta que si las variaciones de longitud de un riel quedan impedidas, se producen en los rieles esfuerzos de gran consideración. Por ejemplo si el riel se encuentra a 20°C y su temperatura pasa a 60°C, debería dilatarse en $40 \times 0.0000105 = 0.00042$ donde: 0.0000105 es el coeficiente de dilatación por temperatura del acero; de su longitud inicial, o cuando se encuentra completamente inmovilizada la fuerza total de compresión, será igual a esta última cifra multiplicada por el módulo de elasticidad, es decir: $0.00042 \times 2.000.000 \text{ kg/cm}^2 = 840 \text{ kg/cm}^2 = 8.4 \text{ kg/mm}^2$

Por otra parte, el cálculo anterior es poco seguro y la práctica parece afirmar que los esfuerzos reales que se derivan de las variaciones de temperatura son menores y todo conduce a creer que las variaciones térmicas dan lugar a fenómenos de adaptación y posiblemente se produzca una especie de modificación estructural por termofluencia del metal, el cual tiende a volver al estado normal sin cambiar de dimensión.

Naturalmente durante el tiempo frío, los rieles quedan sujetos a esfuerzos de tensión que aunque sean menos peligrosos por sí mismos pueden facilitar la rotura de una sección del riel ya dañada, lo cual produciría la liberación de dichos esfuerzos y en una vía no anclada debidamente, una violenta separación de las dos puntas del riel.

- JUNTAS DE DILATACION

Por muy extensos o largos que pueda ser un riel soldado, es lógico que deben tenerse en cuenta los problemas que se producen en sus extremos. En los extremos de un riel continuo, la compresión queda limitada a la poca resistencia que el sistema de juntas de dilatación le proporciona. A partir de estos puntos, la fuerza longitudinal aumenta por encima de cada durmiente en una cantidad proporcional a la fricción entre éste y el riel o entre el durmiente y el balasto. Si el riel fuese ilimitado,

esta progresión continuaría sobre una longitud tanto mayor cuanto mayor fuese la temperatura; dicha longitud afectada por la dilatación del riel es del orden de 80 a 100 metros en cada uno de sus extremos. Debido a esto se colocan juntas de dilatación en los extremos del riel soldado; estas juntas tienen un juego de 180 mm, lo que es suficiente para permitir la dilatación y contracción de los rieles. Una junta de riel soldado no debe estar ni comprimida ni tensada y es por esta razón que se utilizan bastidores especiales que sirven de puntos de control del tramo soldado.

Así, el problema de la junta ha sido resuelto por medio de un dispositivo de aguja y contra-aguja que proporciona una holgura de 180 milímetros, según hemos dicho. La vía de riel soldado, con fijaciones elásticas y juntas de dilatación, permite hacer economías hasta del 40% en los gastos de conservación y de nivelación comparados con los gastos que se originan en la vía clásica.

Es indispensable hacer notar que la vía soldada en grandes longitudes precisa de materiales de primera calidad (rieles, fijaciones, durmientes, etc.), asimismo una base (terracería, sub-balasto, balasto) y una conservación perfectas. La vía soldada es una vía nueva que soporta grandes esfuerzos y que debe permanecer estable; no se adapta ni soporta defectos de trazado ni una conservación insuficiente.

El uso generalizado de los rieles soldados se debe sobre todo a las ventajas que enumeraremos a continuación:

- Una economía en la conservación.
- Posibilidades de emplear durmientes de concreto.
- Rodamiento silencioso.
- Tracción más económica.
- Prolongación de la vida de los durmientes.
- Mejor comportamiento sobre plataformas arcillosas.
- Destrucción menos rápida del balasto (no hay golpeteo en las juntas).

- Posibilidad de soldar los rieles existentes cuando el sistema de sujeción es conveniente y la conservación satisfactoria.
- Economías para el equipo móvil.

Podemos concluir diciendo que no existe límite alguno para la longitud de los rieles soldados, ya que si ésta se limita a 800 ó 2 000 metros es por razones de comodidad, de colocación, de observación y de conservación. El transporte y la colocación de los rieles soldados no ofrece dificultades y su descarga es simple.

Los rieles soldados ofrecen un interés extraordinario, ya que las untas de los rieles son los principales enemigos de una buena vía y su sujeción es una excelente inversión financiera, de inmediato rendimiento.

- METODOS DE ANCLAJE Y SUJECION

La estructura de la vía debe ser suficientemente resistente para poder soportar los esfuerzos que sobre ella produce el paso de los trenes a velocidad.

Estos esfuerzos son de tres clases:

Verticales

Longitudinales

Transversales

Además, actúan pares de fuerzas alrededor de tres ejes de los mismos sentidos que las fuerzas citadas; dos de ellos producen efectos que se confunden con los esfuerzos verticales, transversales y longitudinales y el tercero, de eje paralelo a los rieles, que tienden a abatir los mismos. En realidad el esfuerzo de este par puede considerarse también como uno de los esfuerzos transversales.

Los esfuerzos verticales son debidos al peso de los vehículos y resultan no sólo de la carga estática que este peso representa, sino de la dinámica que se produce por la velocidad y, en el equipo rodante o locomotas, por la acción de los mecanismos en movimiento.

Los esfuerzos longitudinales son producidos por la acción de la máquina de la locomotora al remolcar el tren, lo que da una pequeña componente tangencial que ejerce efecto de fuerza longitudinal y, debido igualmente a la acción del frenado, se ocasiona el deslizamiento longitudinal de los rieles.

Los esfuerzos transversales, de mucha mayor consideración que los longitudinales, se deben principalmente al movimiento llamado de "serpenteo" que adquieren los vehículos por la forma cónica de las ruedas, por las irregularidades de la vía, por el juego que debe existir entre las cajas de las ruedas y el hongo del riel, por el juego de los ejes y por diferentes acciones y reacciones de las masas de la locomotora y de los vehículos en movimiento.

Los esfuerzos transversales resultan, además, en las curvas, por el efecto de la fuerza centrífuga y por la dificultad de inscripción del material móvil.

Estos esfuerzos transversales tienden a separar los rieles, esto es, a ensanchar la vía; igualmente, tienden a abatir el riel y a destruir la unión del mismo con los durmientes así como las juntas entre los rieles. Para evitar esto se requiere que las juntas tengan suficiente resistencia, así como todos los elementos que constituyen la vía para conservar siempre el escantillón estándar.

En general, para evitar los efectos perjudiciales de todos estos esfuerzos, es necesario que todos los elementos constitutivos de la vía estén bien unidos para formar un cuerpo resistente. Se requiere también que la resistencia del riel aisladamente sea la debida, pero también la de los demás elementos de la vía; que los durmientes ofrezcan buena superficie de

apoyo y estén bien asentados sobre el balasto y que la capa de éste sea suficiente. La resistencia de la vía, en resumen, no depende sólo de la del riel, sino de la de todos los elementos que la constituyen y de la relación de unos con otros.

SUJECION RIEL-DURMIENTE

Uno de los principales problemas, como ya hemos mencionado, que se presentan en las vías férreas, desde su iniciación hasta nuestros días, ha sido la sujeción del riel al durmiente. Cuando uno examina una vía en servicio después de un tiempo de haber sido construida, lo primero que llama la atención es el juego que existe entre el clavo de vía y el riel.

El sistema empleado en México de sujetar la vía mediante clavos es ineficaz y basta observar un clavo recién colocado para darse cuenta que al paso del primer tren se afloja y adquiere un juego que rápidamente aumenta; este fenómeno es especialmente notable en los durmientes de madera blanda como el pino y ocote, utilizados en nuestros ferrocarriles.

La falta de firmeza de la sujeción mediante clavo, origina fenómenos vibratorios y esfuerzos dinámicos casi imposibles de valuar, pero indudablemente de gran magnitud.

Es innegable que un gran número de descarrilamientos y desastres ferroviarios han sido originados por clavos de vía sueltos, con la consiguiente pérdida de vidas, destrucción de material rodante y de la vía misma, además de retrasos e interrupciones del servicio.

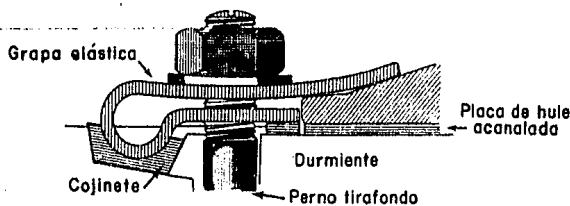
Por otra parte, la falta de capacidad del clavo para resistir esfuerzos de tracción, ocasiona el hundimiento del patín del riel en el durmiente de madera, por efectos dinámicos y su consiguiente destrucción prematura.

Otro problema muy común en la vía clavada es el fenómeno conocido como "caminamiento" o "deslizamiento", es decir, el desplazamiento longitudinal de los rieles, problema especialmente importante en líneas de fuerte pendiente.

Estos problemas han tratado de solucionarse con el empleo de un mayor número de clavos por durmiente (con la consiguiente disminución de la vida del durmiente), con el empleo de placas metálicas de asiento (cada vez más pesadas y de mayor costo) y con el uso de un gran número de anclas y dispositivos antideslizantes.

En Europa, en vez del clavo de vía, se emplea el tirafondo o tornillo, que aunque tiene mayor resistencia a las fuerzas de tracción que el clavo, requiere igualmente una conservación esmerada, con reapretados periódicos y sistemáticos. Debido a esto, los ferrocarriles franceses desarrollaron una técnica especial que ha venido a solucionar el problema de fijación riel-durmiente.

Esta técnica se conoce con el nombre de *sujeción elástica*; integrada por dos elementos elásticos de fijación, estos son: Las placas de hule acanaladas y las grapas o grapillas. Las primeras se colocan entre el patín del riel y el durmiente, con la finalidad de absorber las vibraciones; las segundas que, conjuntamente con los pernos tirafondos fijan elásticamente el riel al durmiente, pero permitiendo los movimientos elásticos del mismo, al tiempo que amortigua los efectos dinámicos.



Sujeción elástica

Para analizar los fenómenos vibratorios en la vía se han utilizado "acelerómetros de cuarzo piezo-eléctricos" fijados a los rieles y a los durmientes para registrar las aceleraciones mediante oscilógrafos catódicos.

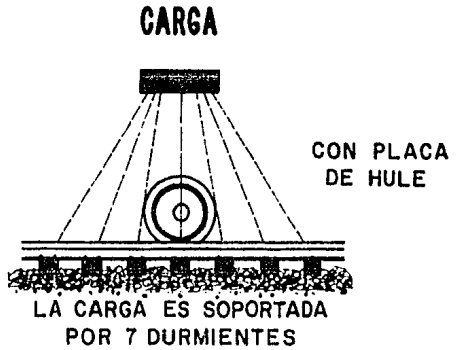
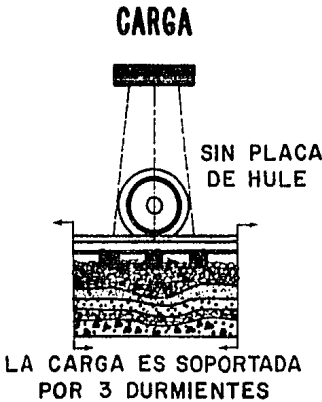
La vibración destruye la cohesión molecular y la destrucción se inicia por las zonas con fisuras y defectos de la fundición y laminado, con los golpes del tráfico.

El acelerómetro puede medir los esfuerzos en la estructura de la vía y a diversas profundidades del balasto; la resistencia eléctrica del cuarzo es muy sensible a las presiones variables, de modo que un galvanómetro (aparato destinado a medir la intensidad de las corrientes eléctricas mediante la desviación de la aguja inmantada) señala con precisión las fatigas provocadas por el tráfico de los trenes.

La posibilidad de medir las vibraciones y la creación de vibradores de laboratorio para simular iguales efectos que los observados para el paso de los trenes en la vía permite, desde hace 25 años, los estudios exhaustivos realizados por técnicos franceses, belgas, alemanes, para provocar en unas cuantas horas o días una destrucción debida a la vibración, equivalente a varios años de tráfico.

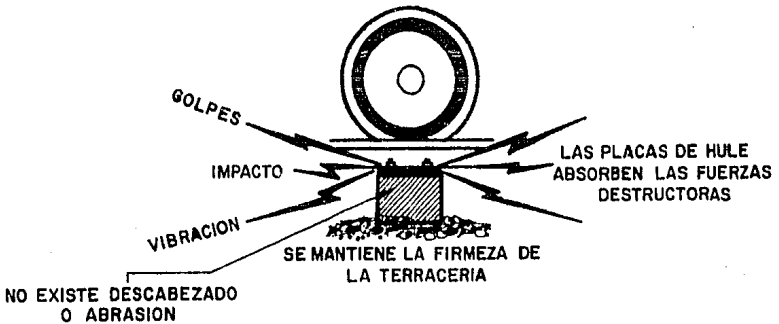
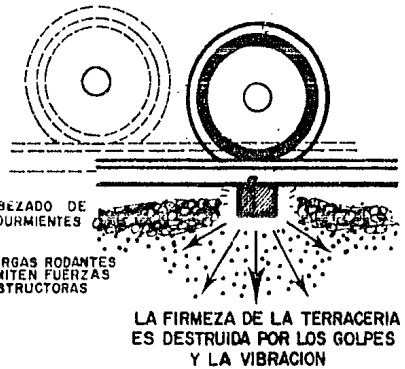
"El vibrogir" simula los impactos del paso de los trenes, con los 3 000 rpm equivalentes a 50 Hertz, de un motor eléctrico y su mecanismo excéntrico que sacuden vibratoriamente a un tramo de vías experimental don de los rieles, las fijaciones, los durmientes y el balasto, son estudiados con resultados casi idénticos a la práctica, pero obtenidos en cortísimo tiempo. En la actualidad, la mayoría de los europeos y Estados Unidos disponen de aparatos vibratorios cuyos datos son fidedignos únicamente cuando la intensidad del golpe y la frecuencia son análogos a la realidad; se emplean además aparatos para simular los efectos de un tren "descarrilado" golpeando los durmientes y fijaciones, tal como el existente en los laboratorios de St. Owen de París". (22)

(22) Ferrocarriles, op.cit, p.496



EFFECTO DE LAS CARGAS RODANTES SOBRE VIA ESTANDAR.

LAS FUERZAS DESTRUCTORA QUE CAUSAN GRANDES DANOS A LAS ESTRUCTURAS ESTANDAR DE LA VIA



2.2.2 ACCESORIOS DE VIA

Para poder unir los rieles por sus extremos, fijarlos a los durmientes, evitar que se apoyen directamente sobre estos y que no se recorran o deslicen, se utilizan los accesorios de vía. Estos se pueden dividir en:

1. de Conexión
2. de Anclaje
3. de Fijación
4. de Lubricación

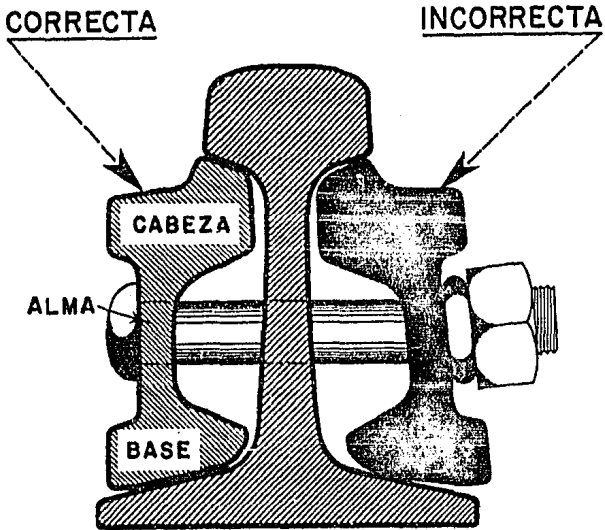
1. ACCESORIO DE CONEXION

Dentro de este grupo se encuentran LAS PLANCHUELAS, para vía clásica o tradicional.

Las juntas de los rieles se localizan entre dos durmientes, donde el esfuerzo cortante es nulo y existe momento flexionante máximo positivo en la viga continua que representa el riel; la junta debe permitir la libre dilatación, debiéndose limpiar y lubricar adecuadamente.

La mayoría de las vías férreas del país se encuentran construídas con rieles cuyas longitudes varían entre los 9 y 12 metros y las uniones entre ellos están aseguradas mediante planchuelas que se fijan a los rieles con 4 ó 6 tornillos, dependiendo del peso del mismo. Con esta forma de construcción, cada junta constituye una parte en la que se interrumpe la continuidad de la vía, pues aun en el caso de que los rieles se encuentren a tope, es factible comprobar diferencias entre los extremos de los rieles contiguos, tanto en alineamiento como en nivel.

Independientemente del tipo y forma de las planchuelas que se utilizan actualmente, todas constan de tres partes principales que son: cabeza, alma y base.

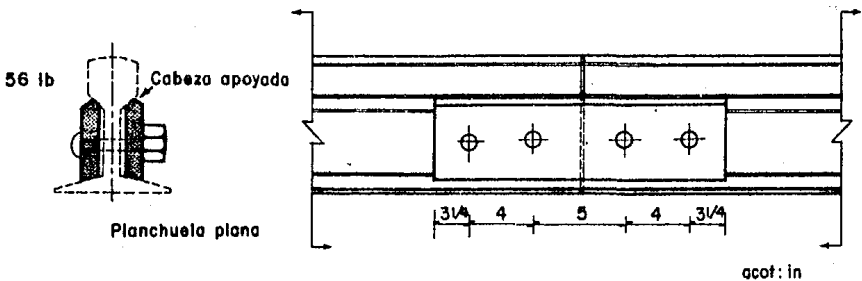


COLOCACION DE PLANCHUELAS

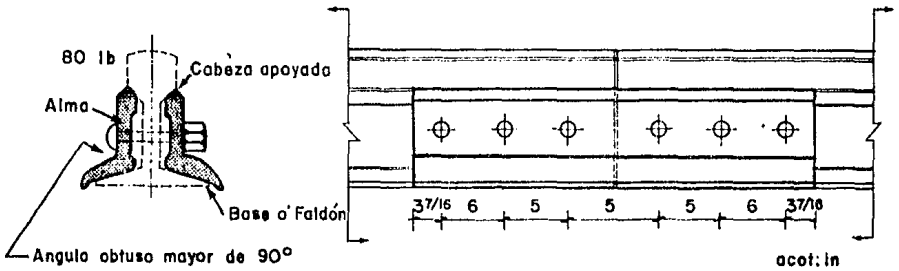
Las dimensiones o medidas de las planchuelas varían de acuerdo con el calibre de los rieles para el que van a ser utilizadas, siendo las principales medidas; largo total, distancia de cada extremo de la planchuela al centro del primer taladro, distancia entre centros de taladros, distancia de centro a centro de los dos taladros centrales y la altura entre la cabeza y la base. Por lo que se refiere a las medidas más usuales entre los taladros, tenemos el diámetro, si éstos son circulares, la parte más angosta y más ancha si éstos son ovalados y uno de los lados si son cuadrados.

Por su forma, las planchuelas pueden ser de solera o planas, de cordón y angulares. Dentro de este último tipo podemos mencionar las de tipo Bonzano, que se emplean con un riel de 85.45 lb; estos tres tipos de planchuelas pueden a su vez clasificarse como de "cabeza apoyada" o "cabeza libre".

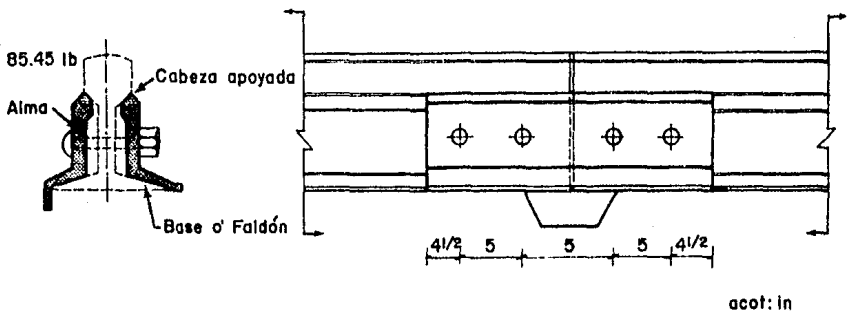
Las planchuelas de solera o planas se distinguen de los otros dos tipos por el hecho de no tener una base llamada "Faldón" que tapa parcialmente o totalmente el patín del riel. Además, como las cabezas de las planchuelas quedan perfectamente en contacto con el hongo, son de "cabeza apoyada". Lo anterior se puede observar en la siguiente figura que corresponde a un tipo de planchuelas para un riel de 56 lb, de tipo Angleur.



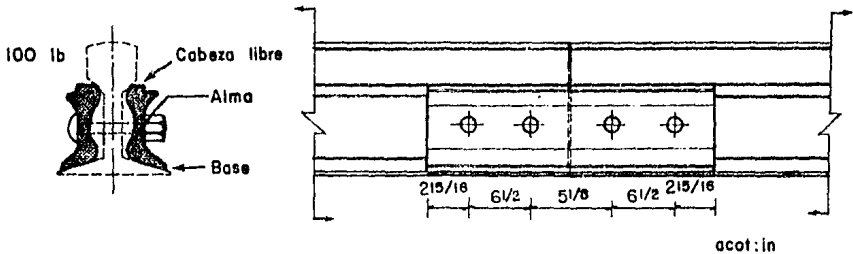
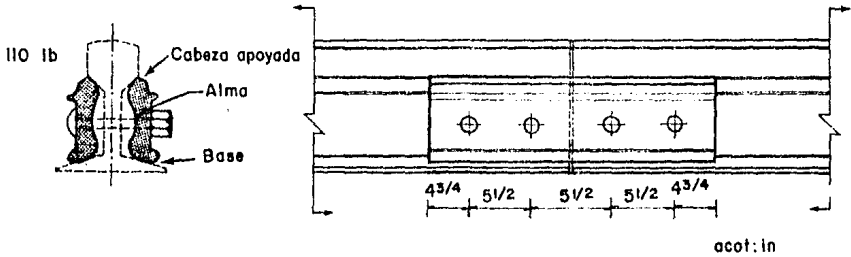
Las planchuelas "Angulares" se caracterizan porque el "alma" y la "base" forman un ángulo obtuso, es decir, mayor de 90° y la base o "faldón" tapa totalmente el patín del riel y al igual que en el tipo anterior, son de "cabeza apoyada".



En la siguiente figura se muestran las planchuelas "Bonzano" cuya diferencia con las angulares comunes consiste en que la base o "faldón" tiene un doblé hacia abajo en su parte central, el que queda exactamente a la medida de los durmientes.



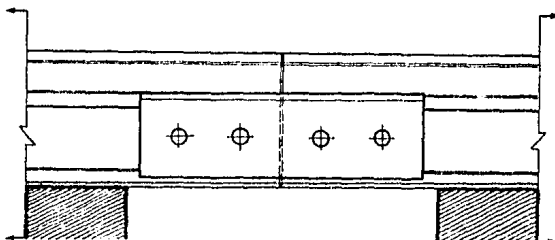
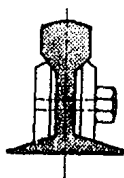
Con respecto a las planchuelas de "cordón", éstas vienen a ser una modificación de las planchuelas "planas"; su cabeza no queda totalmente bajo el hongo del riel y su base tapa una gran parte del patín; este tipo de planchuelas podemos observarlo en la siguiente figura para riel de 110 lb/yd de "Cabeza apoyada" y de 100 lb R.E. de "Cabeza libre".



Por otro lado existen dos tipos de juntas:

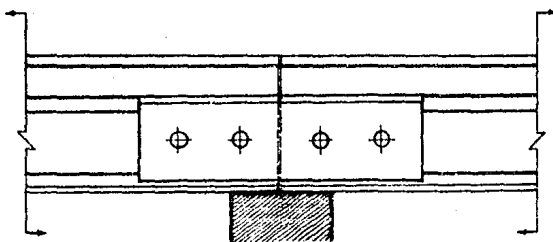
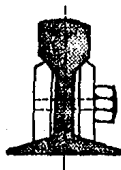
- a) Suspendida
- b) Apoyada

Junta suspendida.- Se define como aquella junta del riel que se encuentra directamente soportada en medio de dos durmientes.



JUNTA SUSPENDIDA

Junta apoyada.- Es aquella en que la junta se tiende directamente sobre un durmiente.

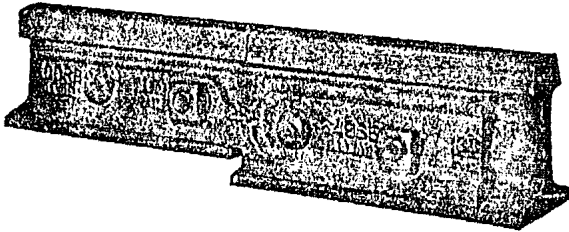


JUNTA APOYADA

Independientemente de las planchuelas como accesorios de conexión, que sirven para unir dos rieles del mismo calibre, existe otro tipo de planchuelas que se emplean para unir dos rieles de diferente calibre, como por ejemplo, un riel de 56 lb, con otro de 75 lb, un riel de 80 lb con otro de 112 lb etc; estas planchuelas especiales reciben el nombre de

"Planchuelas de compromiso"

Este tipo especial de planchuelas puede ser fabricadas en las fundidoras a solicitud del ferrocarril, o bien ser hechas por personal especializado (soldadores) del mismo ferrocarril, que es lo más común.



Planchuela de compromiso

2. ACCESORIO DE ANCLAJE

Son accesorios para poder aferrarse al patín del riel con fuerza de amarre superior a 500 kilogramos por pieza; se colocan al costado de un durmiente para utilizar la resistencia de éste a desplazarse debida al esfuerzo cortante del balasto compactado.

Este tipo de anclas puede reducirse en número y mejorarse en resultado, usando la máxima fricción entre el patín del riel y su apoyo sobre el durmiente, mediante una placa de hule que duplica el coeficiente de fricción del fierro contra el acero o del riel sobre la madera.

Las anclas de riel son accesorios especialmente diseñados para evitar el movimiento longitudinal de los rieles, manteniendo la separación es pecífica de las juntas, lo que es de gran ayuda para el mantenimiento y la buena conservación. Su función principal es mantener el riel en una posición fija con respecto al durmiente.

Sin un anclaje adecuado las juntas se pueden abrir, a tal grado, que

en invierno la tensión puede ser suficiente para "degollar" los tornillos de las planchuelas. Un anclaje inadecuado afecta el mantenimiento de la vía. El deslizamiento del riel es la causa de defectos tales como: durmientes girados, alteraciones del escantillón y desalineamientos de los sapos y agujas de los cambios.

Los factores que ayudan al deslizamiento de los rieles son: grandes tonelajes movidos predominantemente en una dirección, separación insuficiente en las juntas, balasto ligero, calzado defectuoso de los durmientes, balasto flojo, un espaciamiento inapropiado de los durmientes, pendientes fuertes, drenaje deficiente o defectuoso, tornillos flojos y la acción de las frenadas de los trenes.

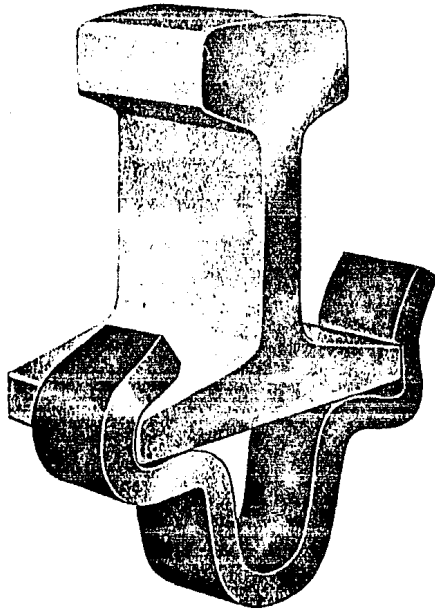
Aunque el deslizamiento es, en la mayoría de los casos lógico, algunas veces se manifiesta del modo más extraño e indescriptible, dependiendo sobre todo del tipo de tráfico y las condiciones de la vía.

Entre las características del desplazamiento de los rieles encontramos:

- 1.- La reducción de espaciamiento o separaciones de juntas sucesivas en la dirección del desplazamiento y la ampliación de las juntas donde comenzó el desplazamiento.
- 2.- Aparición de marcas, en el patín del riel, dejadas por los clavos que lo rayan al deslizar éste.
- 3.- Los durmientes de las juntas, se corren un poco empujando el balasto hacia adelante y dejando atrás hendiduras en el mismo.
- 4.- Los sapos y las agujas se desalínean.
- 5.- Existe el peligro de que el riel, se tuerza donde la tendencia al deslizamiento es grande y continúa en grandes tramos.

Por otra parte, se considera que las anclas tienen una resistencia contra el deslizamiento del riel, mayor que el poder de sujeción de los durmientes en el balasto. Por lo tanto, el número de anclas está determinado por el poder de sujeción de los durmientes en el balasto, con lo que el tipo y condiciones del mismo son factores importantes en la restricción del deslizamiento del riel.

Entre los requisitos principales que debe tener una buena ancla encontramos la propiedad para retener su poder de adherencia, al quitarse y ponerse varias veces en el riel. Otras condiciones importantes son su simplicidad de diseño, el número de partes de que consta y la facilidad para colocarla y quitarla del riel. Algunos tipos de anclas requieren una herramienta especial para colocarla correctamente, mientras que otras se pueden colocar y quitar con golpes leves de martillo.



Diseño especial de anclas de acero

3. DE FIJACION

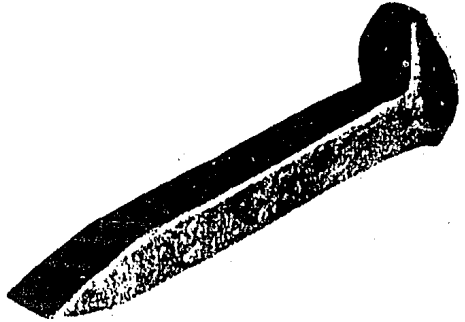
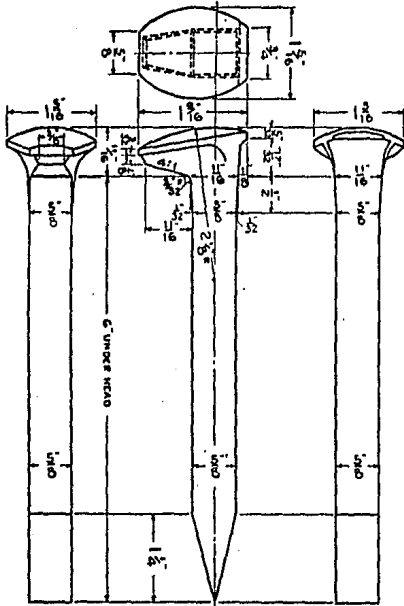
Los durmientes pueden ser de maderas duras o blandas, de concreto, mixtos y de fierro; cada tipo demanda una fijación especial.

Clavo de vía

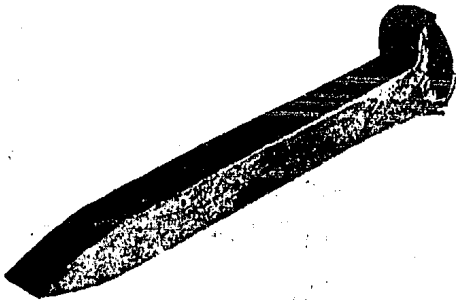
El riel se sujeta a la vía por medio de clavo de acero de sección cuadrada y con cabeza en forma de gancho que apoya en el riel. Son de diseño variado aunque el clavo de 5 1/2 pulgadas de largo y 5/8 pulgadas por lado parece ser el más usado. El clavo se adelgaza en su parte inferior hasta terminar en forma de cincel o en punta; ésta separa las fibras de la madera del durmiente al ser colocado el clavo, sin cortarlas o aplastarlas, dejando que éstas se aprieten contra el clavo y lo mantengan en su lugar dejando poca oportunidad de que el agua penetre y cause que la madera se pudra. Se usan también extensamente clavos con rosca, los cuales requieren el uso de perforaciones de diámetro más pequeño que el clavo para ser colocadas. La cabeza de este clavo o apoya directamente en el riel o en una grapa que sostiene el riel.

Clavar, empujar o atornillar, deben ser realizados sin rajar la madera paralelo a sus fibras, abocardar la entrada, o causar cualquier otra clase de daño al durmiente de madera, incluso permitir la entrada del agua, sin facilitar su drenaje lo cual precisa de barrenar el lugar del clavo o tirafondo, traspasando el taladro hasta la base del durmiente.

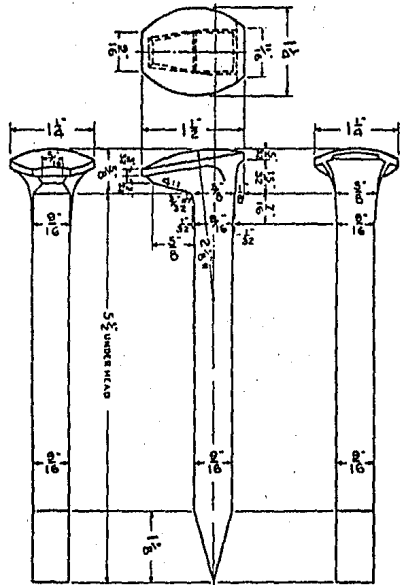
En la actualidad, el clavo debe hincarse en el barreno vertical hecho a máquina y clavarse también con máquina, para evitar golpes diagonales que abocarden la entrada y reduzcan la fuerza de apriete.



Courtesy of Inland Steel Company

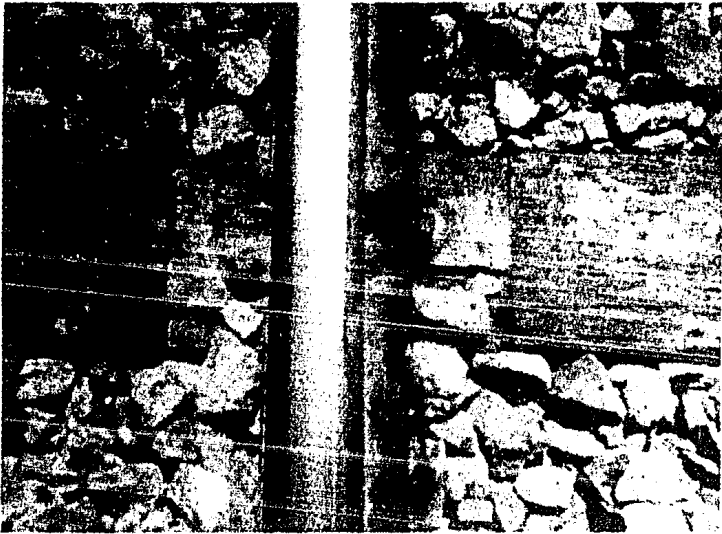


Courtesy of Inland Steel Company

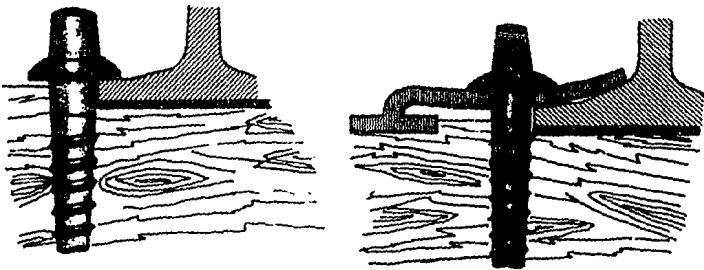


Dimensiones estándar de clavos de vía

El tirafondo es insustituible para maderas blandas y la solidez de su fijación es tan grande que puede producir roturas del patín, cuando se comete el error de no usar placa de hule en el asiento del riel y dotarlo de rondana de presión.



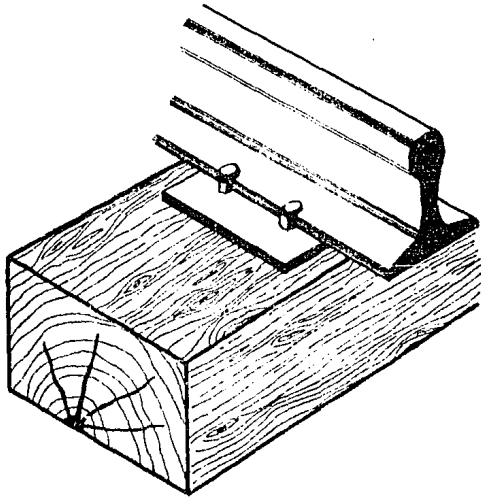
Tirafondo con grapilla de acero



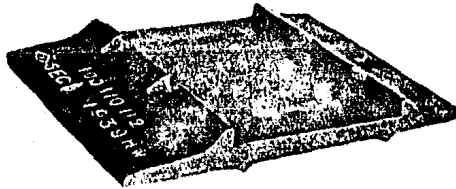
Tirafondos de fijación para durmiente de madera

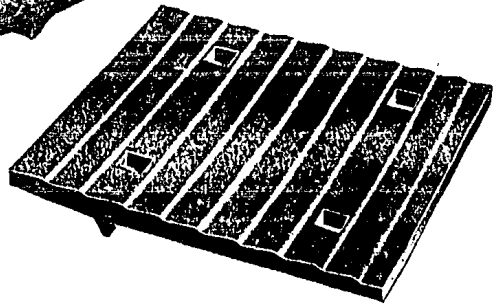
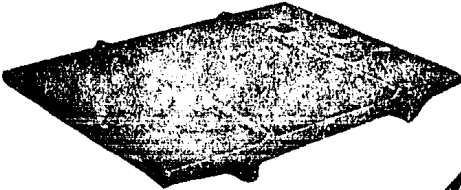
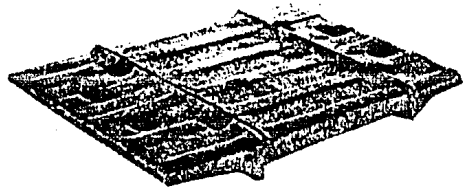
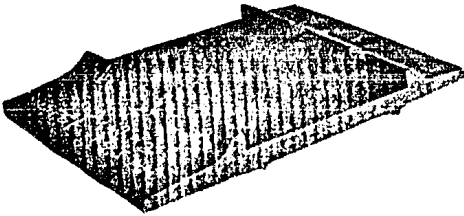
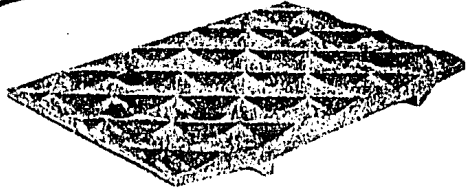
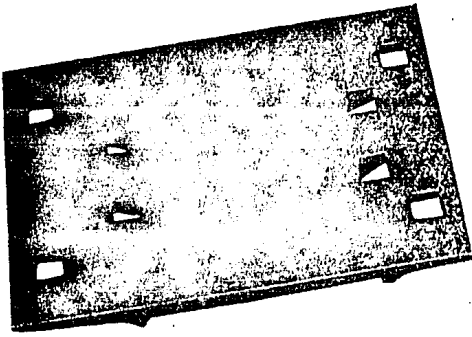
Placa para durmiente.

Para proteger el durmiente contra la acción cortante que el riel ejerce, especialmente en curvas, en los de madera suave haciéndolos inservibles mucho antes que su vida útil acabe, se usan las placas.



Estas se construyen de acero, hierro forjado o hierro maleable y se colocan a lo largo del durmiente para distribuir la presión sobre una superficie mayor de madera y resistir la tendencia del riel a voltearse.





Diferentes diseños de placas de asiento para durmiente de madera

Algunas placas tienen en su parte inferior costillas longitudinales para un mejor aseguramiento en la madera, pero éstas causan daño a los durmientes, por lo que las placas nuevas están fabricadas con parte inferior lisa.

La placa tiene en su cara superior un hombro que se ajusta contra la orilla exterior del patín del riel y que quita parte de la presión lateral que tiende a desalojar el clavo de la vía.

Uno de los éxitos, tras de larga experiencia, se ha desarrollado con placas de hule de diferentes espesores, hasta lograr una placa con estrías para absorber la deformación en espesor, sin expandirse en anchura al paso de la carga.

Además de mejor asiento y menor presión unitaria se obtiene absorción de vibraciones del riel al durmiente y finalmente un mayor anclaje por el máximo coeficiente de fricción entre el hule y fierro. El siguiente sistema lo analizaremos posteriormente al hablar de la vía elástica, que ha venido revolucionando y ampliando las perspectivas de nuestro sistema ferroviario.

Abrazaderas

En las curvas, las ruedas ejercen una fuerte presión lateral contra los rieles, tendiendo a correrlos hacia afuera o a voltearlos. Para evitar esto se usan abrazaderas clavadas al durmiente que apoyan, en algunos tipos, contra el alma del riel y, en otros, contra el alma y la cabeza. Se colocan en el lado exterior de los rieles en curva.

4. ACCESORIOS DE LUBRICACION

Los lubricadores de vía reducen el desgaste de las cejas sobre los rieles externos y la resistencia de la curva al movimiento del tren. Los dispositivos están sujetos a los rieles en las curvas para aplicar lubricante a la ceja de cada rueda que pasa.

En general un lubricador de vía consiste en un recipiente que contiene un tipo adecuado de grasa, un émbolo activado por cada rueda que pasa para bombear una pequeña cantidad de grasa dentro del aplicador, y el aplicador mismo. Este es un miembro de acero de varios pies de largo apoyado contra el lado interno del riel; este miembro contiene pequeños agujeros a través de los cuales se bombea la grasa para ponerse en contacto con las cejas de las ruedas.

Alguna cantidad de lubricante puede caer arriba del riel, bajando la atracción de las ruedas de la locomotora. Para evitar la pérdida de tracción en ambos rieles al mismo tiempo, pueden usarse lubricadores separados para cada riel, y no deben colocarse opuestos uno al otro.

2.2.3 BALASTO

El balasto es el material pétreo seleccionado que se coloca sobre el lecho de la vía de un ferrocarril, esto es, se coloca sobre el sub-balasto, debajo de los durmientes, manteniéndolos alineados y nivelados; permite distribuir las cargas que se transmiten al sub-balasto y a las terracerías, asegura el drenaje del agua pluvial, hace posible el alineamiento, nivelación y elevación de la vía y, por último, la renovación de los durmientes sin tocar el lecho.

Un buen balasto, siempre que esté relativamente libre de polvo y tierra, retarda el crecimiento de la vegetación de la vía.

Los materiales que se han usado y se usan como balasto se seleccionan dependiendo de los materiales que se tengan a la mano, así como de su precio.

Los principales materiales que se utilizan como balasto son:

- 1.- Piedra triturada
- 2.- Escoria de fundición ("Grasa")
- 3.- Grava de mina o de río
- 4.- Grava lavada
- 5.- Grava cribada
- 6.- Tezontle, etc.

Es muy recomendable usar alguna de las clases de balasto más baratas, tales como grava de mina, arenas o cenizas, para cubrir la cama del sub-balasto.

Este sub-balasto o balasto inferior constituye la base sobre la cual se coloca el balasto más costoso para completar la sección requerida. Si se combina un sub-balasto bien seleccionado con piedra triturada o escoria,

empleadas como balasto superior, se obtiene generalmente un mejor drenaje y soporte de la vía que si se utilizara el material de primera categoría en toda la sección de balasto. Si el lecho de la vía está húmedo o constituido por algún material difícil de drenar, el lodo o barro tiende a ascender por el balasto grueso.

El material que cumple mejor los requisitos de un balasto ideal, es la piedra triturada. El balasto de piedra triturada consiste de piedra que ha sido quebrada en fragmentos pequeños, generalmente por medio de trituradoras. Debe proceder principalmente de rocas pesadas y duras, sin huecos ni agrietamientos. La piedra caliza, el granito y la roca volcánica (basalto) son las variedades más usadas.

Las plantas trituradoras se instalan generalmente en algún banco o cantera cercana a la vía.

Las especificaciones recomendadas por la A.R.F.A. *, y adoptadas y modificadas por los Ferrocarriles Nacionales de México, para balasto de piedra triturada, establecen que: la piedra para balasto deberá ser triturada en fragmentos angulares, bastante uniformes, que en cualquier posición pasen por una malla de 2 1/2 pulgadas y se retengan a través de una malla de 3/4 pulgadas (19 mm). La trituración debe ser en tal forma que todos los tamaños comprendidos entre los límites superior e inferior estén presentes en cantidades aproximadamente iguales en todo el conjunto.

Para una vía de primera clase en la que los trenes de carga y los de pasajeros son frecuentes y a altas velocidades, el balasto de piedra triturada es indispensable aunque es el más caro. Este balasto mantiene la vía nivelada y alineada mejor que cualquier otro material y no tiene prácticamente ningún polvo.

Este balasto durará dando buen servicio por muchos años. Como la tierra, cenizas, aceite, yerba, etc., se acumulan con el tiempo, evitando un buen drenaje del agua de lluvia, el balasto de piedra se debe quitar, limpiar y volver a colocar cada varios años, necesitándose de 15 a 25 por

* Manual for Railway Engineering, American Railway Engineering Association.

ciento de balasto nuevo al colocarlo.

El método para limpiar el balasto consiste en extraerlo de la vía, cribarlo en el lugar y volverlo a poner en la vía, sin tocar el balasto que está bajo los durmientes, por lo que no se altera el alineamiento o nivel de la vía ni se interrumpe el tráfico.

A continuación daremos algunas características importantes de los materiales que, a juicio nuestro, le siguen en importancia a la roca triturada.

GRAVA.- La grava lavada y con una buena graduación de tamaños es casi tan buena como la piedra triturada. Se acomoda perfectamente en la vía cuando se calza con calzadoras mecánicas y mantiene la vía en buen alineamiento y nivel. La grava simple, tal como sale del banco de balasto, generalmente tiene un alto porcentaje de arena y tierra. Este balasto no drena bien y tiende a acomodamientos que con frecuencia desnivelan la vía. Por estas razones este balasto necesita más trabajo de conservación.

Puede usarse también grava del río, siempre que no contenga limo, barro, o materias vegetales. "Debe tener un máximo de 3 pulgadas y puede contener arena, de preferencia gruesa, hasta un 40 %". (23)

Este tipo de material para balasto da bastante buen resultado.

ESCORIA DE FUNDICION ("GRASA").- En zonas donde hay grandes fundiciones se puede obtener este balasto a buen precio, pero deberá ser seleccionado cuidadosamente. La grasa triturada mantiene la vía en su lugar, drena perfectamente y es un material duro y con poco polvo. Sin embargo hay grasa o cierto tipo de grasa que se desintegra rápidamente por el tráfico pesado.

Por otra parte, los demás materiales usados para balastar, como are-

(23) S.C.T. Dirección general de ferrocarriles en operación, Conservación de vía, p. 4-5

na, desperdicios de fundición, etc., sólo se usan como balasto en ramales no importantes. Son usadas como sub-balasto en aquellos lugares en donde existe terracerías arcillosas, donde se forman bolsas de agua o donde el material de la subrasante se suaviza perdiéndose en el balasto de piedra triturada.

Cuando cualquiera de los materiales más costosos para balasto están siendo cargados y manejados, hay que evitar que se mezclen con materiales extraños, observando que cada carro o góndola se encuentre libre de polvo, arcilla, cenizas, paja, etc. Las banquetas de la vía quedarán limpias libres de hierbas o materia orgánica.

Los montones excedentes que se hayan mezclado con tierra deberán ser usados para formar el extremo inferior del talud de la sección de balasto o bien deberán extenderse sobre la superficie del lecho, pero nunca entre los durmientes.

- RENOVACION DE BALASTO

Es conveniente recordar que el balasto tiene como uno de sus objetivos permitir que el agua de lluvia se filtre, llegue a la corona del terraplén y, debido al bombeo que tiene ésta, se escurra hasta los taludes y; por otra parte, mantiene a los durmientes alineados y nivelados.

Debido a que el balasto se encuentra mezclado con tierra o haberse molido bajo los durmientes al paso de los trenes, ya no permite que se filtre el agua dando lugar a golpes "aguachinados", o bien ya no tiene la sección reglamentaria, es decir, está escaso y entonces el durmiente puede quedar mal calzado o descuadrarse.

Antes de proceder al cambio o renovación del balasto, es importante hacer sondeos, es decir, hacer una excavación en el balasto para saber si

todo el espesor es de buen material o ya está mezclado con tierra, pues muchas veces se llega a descargar material limpio sobre otro que ya necesariamente tenía que haberse retirado de la vía por no proporcionar un buen drenaje; el resultado del sondeo se hará del conocimiento del supervisor del distrito y del jefe de vía y en última instancia será el ingeniero residente quién determine si procede o no relevar todo o parte del material.

Siempre que se vaya a descargar el balasto, antes se deberá reforzar la corona del terraplén y afinar los hombros, dando el ancho reglamentario, para evitar que el material se escurra por los taludes y, por lo que toca a los cortes, también se limpiarán y ampliarán si es necesario.

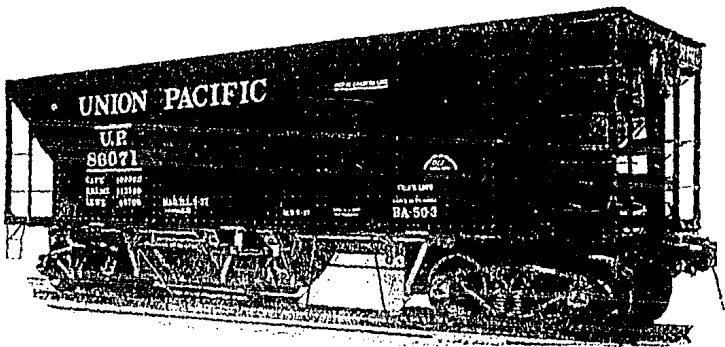
Al reballastar o completar la sección reglamentaria, el balasto viejo se aprovechará lo más posible limpiándolo con "bielidos" y se quitará aquel que esté demasiado sucio y revuelto con tierra, utilizándose en el reforzamiento de las banquetas y hombros del terraplén distribuyéndose uniformemente. Una vez efectuado este trabajo se podrá levantar la vía sobre el balasto viejo o simplemente se quitarán los golpes de nivel.

Generalmente, en los trabajos normales de conservación, los trabajos de balastado o reballastado no llegan a efectuarse en grandes longitudes; sin embargo, por necesidades propias del trabajo, el jefe de vía podrá reforzar al personal de la sección con una cuadrilla regular que ejecutará los siguientes trabajos:

- 1.- Verificación del escantillón.
- 2.- Vaciado de la vía o elevación sobre el balasto viejo, o simplemente quitarán los golpes.
- 3.- Renovación de los durmientes viejos y efectuarán el re-espaciamiento de los mismos.

Una vez terminado estos trabajos, la vía estará preparada para recibir el balasto nuevo.

Estando preparada la vía para recibir el balasto, el jefe de vía determinará el número de góndolas o carros-tolva que se necesitarán. El balasto se descargará a paso de tren, vigilando que se descargue el necesario a fin de evitar el acarrear en armones o se desperdicie al tirarse por los taludes del terraplén.



Carros-tolva para balasto de cincuenta toneladas de capacidad.

- LIMPIEZA DE BALASTO

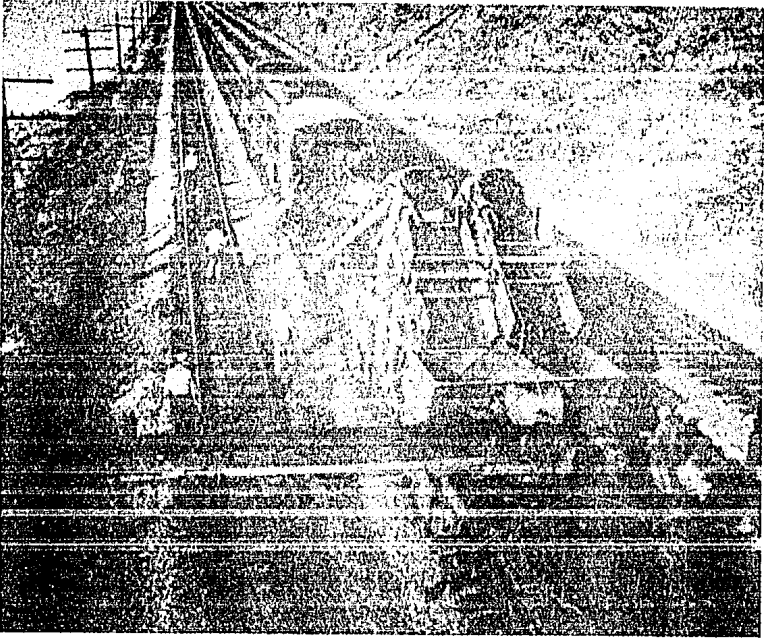
La frecuencia con que debe ser limpiado el balasto depende en gran parte de la cantidad y clase de tráfico que se mueve sobre la vía. La vía principal puede conservarse en condiciones satisfactorias si el balasto se limpia una vez cada tres años y en algunos casos hasta una vez cada seis o siete años.

El método más usual para la limpieza de la piedra consiste en retirar y limpiar todo el balasto de los hombros hasta la cama y volverlo a colocar en su lugar.

Existen varios métodos, que a continuación se detallan:

- a.- Se criban pequeñas cantidades de balasto sucio con bieldos.
- b.- Se criba el balasto en un marco inclinado portátil, provisto de una malla, haciendo la operación a mano por medio de una pala.
- c.- Se pasa el balasto a través de una criba rotatoria accionada por un motor que se mueve sobre la vía.
- d.- Se usa un cucharón de almeja para levantar el balasto hasta una criba inclinada montada sobre una góndola. El balasto que se retiene en la malla rueda hacia la vía quedando en el carro únicamente la tierra, polvo y suciedad que logran pasar la criba.
- e.- Se usa una máquina automática accionada por una planta de fuerza que extrae el balasto, lo limpia y lo regresa a la cama de la vía sin que se interrumpa el tráfico.

El método más usado para limpiar el balasto, cuando se trata de grandes cantidades, consiste en excavar y levantar el balasto por medio de una grúa giratoria, depositándola en una criba inclinada montada en una góndola, de tal manera que la tierra y basura pasen a través de la malla, depositándose en el interior de la góndola y el balasto limpio rueda hasta la parte inferior de la malla, cayendo finalmente a lo largo de la vía.



Equipo limpiador de balasto.

La tierra y desperdicios son colocadas fuera de las vías por la banda transportadora.

Este equipo se puede utilizar en combinación de una grúa giratoria do tada de un cucharón, que va montada en el extremo de descarga de una góndola:

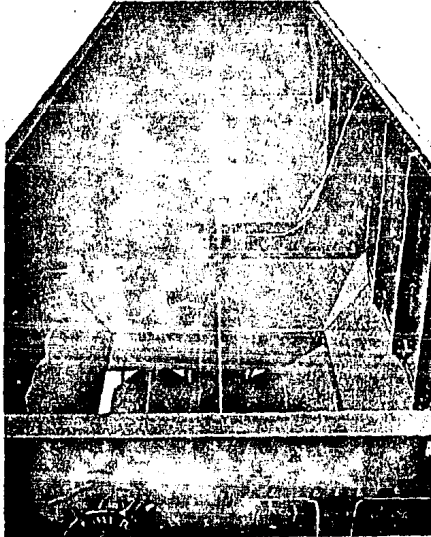
La grúa mueve el cucharón que recoge el balasto de la vía en las cabezas de los durmientes y los deposita sobre una gran criba inclinada sobre otra góndola. Varios equipos de grúa y criba pueden ser acoplados y movidos por una sola locomotora, reduciéndose así el promedio de los costos de operación.

Existe la ventaja de que las grúas pueden ser empleadas en muchos otros trabajos cuando no se utilizan para la limpieza del balasto.

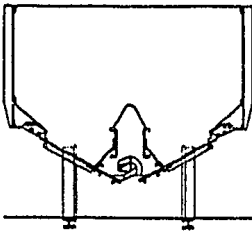
- DISTRIBUCION DEL BALASTO

El balastado de un tramo de vía comprende varias operaciones distintas, siendo los dos factores primordiales: a) La clase de equipo que vaya a usarse y b) El método que vaya a seguirse al hacer la distribución del material.

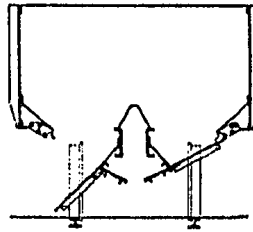
Los carros selectivos para servicio múltiple encabezan la lista por ser los de mejor diseño. Se emplean la mayor parte del año para el transporte de fletes comerciales, pero están especialmente adaptados para el transporte y distribución de balasto, cuando haya demanda de carros para dicho servicio. Se llaman selectivos porque permiten escoger el método más apropiado para la distribución de balasto en el momento y lugar de hacer la descarga.



Carro selectivo de compuertas

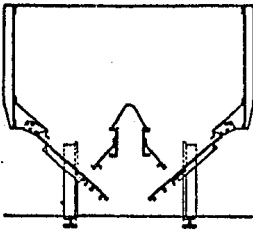


Cerrada

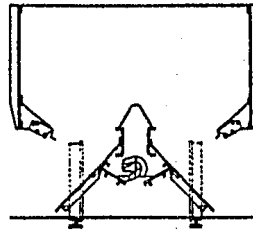


Descarga lateral, un lado

**OPERACION DE LAS COMPUERTAS EN
CARRO SELECTIVO PARA BALASTO.**



Descarga central



Descarga lateral, ambos lados

Las compuertas localizadas en la parte inferior están diseñadas para abrirse, ya sea para descarga por el centro o por los lados, o bien combinando la descarga central y lateral, de manera que puede distribuirse el balasto en cualquiera de las formas siguientes:

- 1.- En la parte central de la vía entre los rieles.
- 2.- En un extremo de los durmientes a cualquier lado de la vía.
- 3.- En ambos extremos del durmiente.
- 4.- Simultáneamente en el centro y a uno o a ambos lados de la vía.

Parte del contenido de un carro selectivo puede depositarse en el centro de la vía, para un levante ligero, y otra parte en el extremo de los durmientes para formar la banquetta o en la parte exterior de una curva donde se requiere mayor cantidad de balasto para dar la sobreelevación. Mediante esta disposición, el balasto se descarga precisamente donde vaya a usarse, evitando así maniobras adicionales de traspaleo.

Con la excepción de uno de los tipos de carro, una vez abiertas las compuertas de descarga no es posible cerrarlas hasta que se haya vaciado el material. Cuando se haya abierto una o más compuertas, el carro debe seguir moviéndose hasta descargarse en su totalidad.

Cuando un carro esté casi vacío, el operador comenzará a abrir las compuertas de descarga del carro siguiente, teniendo cuidado de abrir el segundo carro antes de que termine la descarga del carro precedente.

El tren se moverá a una velocidad de 5 a 6 kilómetros por hora mientras vaya descargando; se depositará el suficiente material para levantar o elevar la vía de 10 a 13 centímetros.

La descarga hecha a mano no se considera práctica, excepto en aquellos casos en que deban descargarse pequeñas cantidades en lugares muy distantes entre sí.

- ELEVACION DE LA VIA

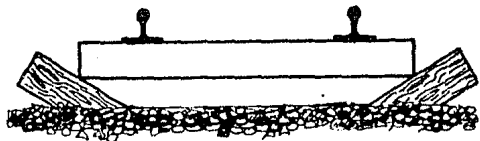
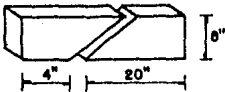
Una vez descargado el balasto se le coloca bajo los durmientes mediante un levantamiento general, consistente en ir alzando sucesivamente tramos cortos de la vía por medio de gatos, hasta la altura uniforme deseada y se calza el balasto bajo los durmientes.

El trabajo efectivo de levantar la vía se divide en tres etapas:

- a.- Elevarla con gatos
- b.- Calzarla
- c.- Alinearla

Los gatos para levantar la vía se operan por pares y deben colocarse siempre en la parte exterior de los rieles (para no estorbar los trabajos), uno enfrente del otro; se usa un nivel de vía cerca de los gatos para poder elevarla uniformemente.

En trabajos de balastado de gran magnitud pueden usarse cuñas para soportar los durmientes; están hechas de madera dura y tienen unos 10 centímetros de ancho y se utilizan mientras llega la cuadrilla de calzamiento.



Cuña de madera dura para soportar a los durmientes.

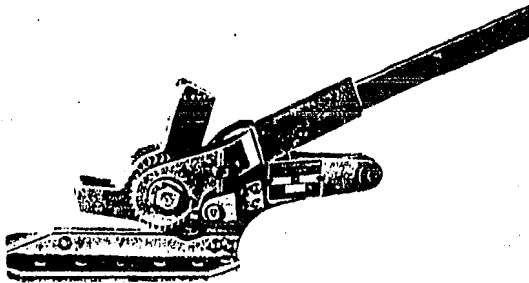
El número de pares de gatos requeridos dependerá del calibre de los rieles en la vía y de la altura de levantamiento que tenga que hacerse.

El tipo de gato de vía generalmente usado por el personal de las secciones puede levantar cerca de 36 centímetros y pesa 28 kilogramos. Los gatos pesados que se usan en trabajos de balastado pueden levantar aproximadamente 48 centímetros y pesan unos 45 kilogramos.

- DESCRIPCION DE UN GATO DE VIA

El gato de vía "matisa" esta especialmente ideado para los distintos trabajos que requiere la conservación de las vías férreas, sobre todo para las operaciones de nivelación.

Presenta la gran ventaja de no afectar las dimensiones de la vía. El asa de la que va provisto facilita su trabajo, ya que su peso es pequeño (28 kg). La peana (pie o sostén) es delgada, pero reforzada, y permite encajonar el gato bajo los rieles en plena vía, siendo su capacidad para cinco toneladas.



Gato de vía.

Un gato de vía nunca debe usarse en la unión de dos rieles (junta), ya que la planchuela puede sufrir deformaciones y la rotura total.

2.2.4 DURMIENTES

Los durmientes son aquellas piezas que se colocan transversalmente sobre el balasto para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado, transmitir los esfuerzos al balasto, proporcionar un medio para que los rieles se conserven con seguridad a la distancia correcta del escantillón. En relación con el uso correcto del balasto, los durmientes también proporcionan la manera de conservar la vía alineada y nivelada.

El durmiente o traviesa es el medio más usado mundialmente por los ferrocarriles para sostener los rieles y conservarlos a escantillón. A causa de que la clase de durmientes y su condición son factores importantes para determinar la seguridad y capacidad de la vía, los durmientes son de primordial importancia en los ferrocarriles. El durmiente constituye casi una sexta parte del costo total de conservación de vía; por este motivo su inspección, almacenaje, manejo y uso deben ser objeto de especial interés.

Dentro de los problemas de la vía, el problema durmiente ocupa un lugar de primera importancia; la conservación de la vía exige el reemplazo anual de varios millones de durmientes. Estas cantidades bastan para explicar los esfuerzos que se han venido desarrollando, para encontrar la solución económica a este problema. Este se ha buscado solucionar mediante el empleo de durmientes de madera dura tratada, el empleo de durmientes metálicos y finalmente mediante el empleo de durmientes de concreto.

En nuestro país el problema de la conservación y explotación de bosques productores de maderas para durmientes es complejo, pues independientemente de la calidad de las maderas, se requiere que se dispongan de zonas boscosas, cuya densidad y explotación racional garanticen los volúmenes para la conservación de la vía y para la industria.

Características principales que debe reunir un durmiente:

TABLA QUE MUESTRA LA VIDA UTIL
DE UN DURMIENTE

MADERA DURA	AÑOS	MADERA SUAVE	AÑOS
FRESNO	4	CEDRO	6 0 8
HAYA	4 0 5	CIPRES	6 0 10
ABEDUL	4 0 5	ABETO	6 0 8
CATALPA	10	PINABETE	5 0 8
CEREZO	6 0 8	ALERCE	7 0 8
CASTAÑO	8 0 10	PINO	6 0 8
OLMO	4 0 6	ABETO	6 0 8
ARBOL GOMA	3 0 4		
NOGAL	3 0 4		
ALGARROBO	10 0 16		
MEPLE ARCE	4 0 5		
ROBLE BLANCO	7 0 9		
ENCINO	7 0 8		
ROBLE ROJO	3 0 4		
ALAMO	5		
SICOMORO	3 0 4		
NOGAL	8 0 10		

- a). Vida útil alta.
- b). Resistencia a los grandes esfuerzos dinámicos producidos por el paso de los trenes.
- c). Proporcionar una debida sujeción al riel con un costo reducido.

- DURMIENTES DE MADERA

Las diferentes variedades de madera que se emplean en la fabricación de durmientes pueden agruparse en dos clases generales: maderas suaves y maderas duras. Las primeras son por lo general de poco peso, fibra recta, contienen bastante resina y se obtienen de árboles como el pino y el abeto, mientras que las segundas son más pesadas, de mayor peso volumétrico, son más fuertes y resistentes y provienen de árboles como el encino y el castaño.

Existe una considerable variedad de propiedades de la madera aun tratándose de ejemplares de la misma clase, debidas a diferencias del suelo y del clima donde han crecido y de muchos otros factores.

Algunas maderas se distinguen de otras por tener mayor rigidez y elasticidad; por ejemplo, el castaño, el nogal, el abeto, el pino amarillo y la acacia. Otras maderas se distinguen por su tenacidad (capacidad de la madera para mantenerse sin romperse o sin doblarse), como el fresno, el nogal, el olmo, el encino blanco, etc.; las maderas duras son cerca de tres veces más tenaces que las suaves.

La durabilidad de la madera varía en diferentes condiciones. Hablando en términos generales, las maderas de corazón (madera de la porción interior de un árbol), como el olmo, la acacia, el encino blanco, resisten condiciones alternadas de humedad y sequía mejor que otras maderas para

durmientes. De una manera semejante, el cedro, el castaño, el ciprés, la acacia y el encino son muy durables en condiciones de sequía. Si no se impregnan los durmientes, su vida en servicio por lo general se reducirá grandemente a causa de la pudrición.

- DEFECTOS DE LA MADERA

Grietas anulares.- Son grietas circulares que separan los anillos de crecimiento anual de la madera, unos de otros. Son defectos perjudiciales.

Grietas radiales.- Grietas poco profundas que cruzan los anillos anulares en el extremo de un durmiente o se extiende hacia adentro a partir de la superficie. Las pequeñas no son muy perjudiciales, pero las mayores o muy numerosas debilitan el durmiente.

Rajaduras.- Se extienden en los extremos del durmiente de una cara a otra adyacente u opuesta. Tienden a aumentar de tamaño a medida que se sazona (madura) el durmiente. Si se contrarresta la grieta por medio de grapas, puede aceptarse el durmiente.

Madera quebradiza.- Es la madera que se quiebra en pedazos sis astillas o grietas. Este defecto se presenta en ciertas variedades de madera, como resultado de una pudrición incompleta. En ocasiones este defecto se indica por una decoloración en la madera.

Madera nudosa.- Término que se aplica a la madera que contiene muchos nudos.

Madera torcida.- Término que se aplica a la madera cuando las fibras se tuercen en esperial; éstas se muestran en la cara del durmiente como fibras inclinadas. La madera en estas condiciones no puede usarse para piezas largas.

- FORMAS DIMENSIONES Y USOS DE LOS DURMIENTES

En México, prácticamente la totalidad de los durmientes son de sección transversal rectangular, siendo sus dimensiones reglamentarias 21 cm de base, 18 cm de altura por 2.44 metros de largo (7' x 8" x 8').

Los durmientes aserrados tienen la ventaja, sobre los labrados a hacha, de ser más rectos y de tamaños más uniformes, lo que los hace más manejables en su transporte y manejo. Debido a su uniformidad son excelentes para usarse en cambios y cruceros.

Los durmientes para cambios se fabrican por juegos. Los durmientes de cada juego varían en número y longitud para corresponder a la longitud y ángulo del cambio; este permite soportar los rieles de la vía troncal y del cambio sobre los mismos durmientes.

Los mejores durmientes que puedan obtenerse deben siempre usarse en los puentes, túneles o en otros lugares donde la conservación y la renovación se dificulte y en las juntas de los rieles.

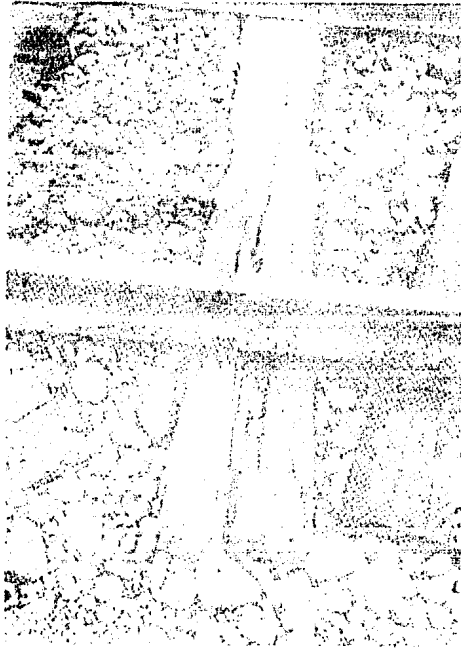
Clavos fechados.

A fin de obtener registros exactos del tiempo que dura cada durmiente en la vía se hace necesario en ellos la fecha en que se colocan. Para ello se emplea un clavo fechador especial que se clava en el durmiente en la planta de impregnación en la cara superior y al centro del durmiente. En la cabeza del clavo se muestran las dos últimas cifras del año en que se coloca.

Se deben extraer los clavos fechadores de los durmientes que se quiten de la vía y vayan a ser destruidos. Los clavos se deben enviar a la oficina correspondiente al finalizar cada año, como parte de los registros anuales. (Este sistema no se utiliza en nuestro país).

- DESGASTE MECANICO DE LOS DURMIENTES

Pueden agruparse varias condiciones, como son: el degüello del durmiente al hundirse el riel, corte motivado por la placa de asiento y destrucción originada por los clavos. Los cambios de clima tienden a rajar los durmientes, daños por defectos en el equipo rodante, o bien, debido a descarrilamientos u otros accidentes. Estas causas tienen iguales efectos para los durmientes de madera dura o suave, con el inconveniente de que las maderas duras tienen mayor tendencia a rajarse que las suaves.



Las rajaduras en los durmientes tienden a reducirse mediante el empleo de una mezcla de proporciones adecuadas de petróleo crudo con las demás sustancias químicas usadas en el tratamiento de la madera. Para corregir las grietas ya formadas y evitar su crecimiento se utilizan distintos diseños de hierros de sujeción que se colocan en los extremos del durmiente. Estos hierros se fabrican con cierta proporción de cobre para que re

sistan al óxido, sus dimensiones de 3/4" de anchura por 3/32" de espesor. Deben colocarse inmediatamente cuando el durmiente presente grietas en la cabeza, colocándose perpendiculares a la grieta y en tal forma que abarquen el mayor número posible de anillos de crecimiento anual de la madera. Es conveniente que sean examinados cuidadosamente los durmientes antes de abandonar la planta de impregnación, a fin de aplicarles los hierros o Zunchos de sujeción.

Cuando falta la protección de placas de asiento se corta el durmiente al hundirse gradualmente el riel dentro de la madera, debido a los pequeños movimientos del riel sobre el durmiente al paso de las locomotoras y carros. Además del movimiento de balanceo que tiene el riel sobre el durmiente, hay un movimiento de deslizamiento sobre él, que machaca la madera bajo el riel.

Cualquier partícula de balasto que se introduzca entre el riel y el durmiente tiende a agravar esta acción destructora.

Resumiendo, puede decirse que todos los durmientes de madera suave, así como todos los de madera impregnada, deberán estar provistos de placas de asiento.

- RENOVACION DE DURMIENTES

La renovación de durmientes ocupa un lugar muy importante dentro del costo total de la conservación de una vía, por lo cual deberá tenerse el mayor cuidado al hacer la selección de los durmientes que deben ser reemplazados. Todos los durmientes cuya duración se estime inferior a dos años deberán cambiarse en una reconstrucción de un tramo de vía; esto tiene por objeto el no molestar la vía por concepto de remoción de durmientes, por lo menos durante este intervalo de tiempo. Todo aquel durmiente que en apariencia esté en buen estado, pero al golpearlo suene hueco, deberá quitarse por estar podrido interiormente. Igual puede decirse de aquellos en que hayan aparecido hongos, aun cuando no presenten grietas considerables.

Las principales causas que originan la reposición de un durmiente son:

- a) Descomposición o pudrición del mismo, la que se acelera en lugares fangosos o faltos de drenaje adecuado.
- b) Falla por desgaste mecánico, la que ocurre principalmente cuando faltan placas de asiento y el patín del riel corta las fibras dentro del durmiente; y
- c) Por rajaduras en la madera. La falla puede deberse a una combinación de las tres causas.

Los durmientes que debido al desgaste mecánico han sido cortados por el riel o por la placa de asiento que se apoya en ellos pueden clasificarse en dos grupos: los que al ser volteados sobre su cara inferior pueden prestar todavía servicio y aquellos que ya no pueden usarse. Generalmente cuando el desgaste es superior a 2.5 cm, ya no resulta económico voltearlos para seguirlos usando en la vía troncal, pero pueden colocarse en laderos o vías secundarias.

El porcentaje de durmientes que fallan por la tercera causa mencionada ha aumentado considerablemente en nuestro país, debido al sazónamiento incompleto de las maderas antes de ser sometidas al tratamiento de impregnación. Sin embargo, a este respecto debe decirse que no se reemplaza todo aquel durmiente que presente alguna grieta, sino solamente aquellos en que por el tamaño y la colocación de ésta no presten seguridad ni ofrezcan apoyo a los clavos de vía. Cuando las rajaduras se presentan en la cara superior del durmiente es casi seguro que darán origen a focos de pudrición prematura.

Ocasionalmente se encuentran en la vía durmientes con otros defectos distintos a los anotados antes, ya sea con roturas en el centro, descabezados, etc., que naturalmente deberán reemplazarse también. Los durmientes se rompen en el centro por falta de apoyo en los extremos, precisamente bajo los rieles, haciendo que queden "en banda". Esto ocurre ya sea

cuando el calzado de la vía es imperfecto, al perderse el balasto por falta de banquetas, la disgregación del balasto por cargas muy fuertes, etc., dando origen a esta mala condición de la vía.

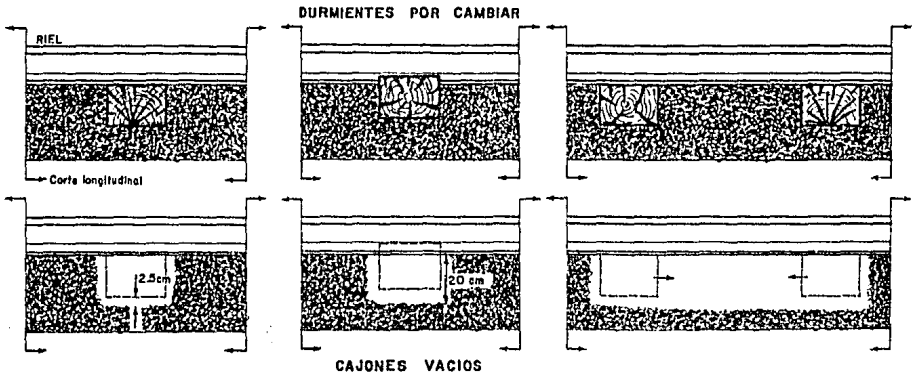
- METODO PARA CAMBIAR DURMIENTES

Una vez realizada la distribución de nuevos durmientes, un hombre de be encargarse de caminar delante de la cuadrilla sacando los clavos de los durmientes que estén marcados; sacará tantos clavos como permita mantener segura la vía. Así, donde se marquen dos o más durmientes en sucesión para ser renovados, el clavo exterior debe dejarse en su lugar en cada punta de durmiente y cada tercer durmiente, siempre que se trate de curvas suaves y vía en tangente; en curvas forzadas debe dejarse el clavo exterior en cada punta de durmiente y en cada durmiente. En las curvas forzadas, en donde es necesario cambiar ambos durmientes en una junta emplanchuelada, cada durmiente nuevo debe ser clavado tan pronto como se pone en la vía.

Un par de hombres deberá trabajar por cada durmiente; excavarán o vaciarán el cajón de cada lado del durmiente y por el lado de la cabeza por donde vaya a ser sacado, el vaciado se hará a una profundidad no mayor de 2.5 cm (1"), a partir de la cara inferior del durmiente viejo o a 20 cm (8") a partir del patín del riel cuando el durmiente por cambiarse se ha encajado en éste o con anterioridad ha sido hachazuelado; esto tiene por objeto alterar lo menos posible la cama del durmiente viejo y por consecuencia evitar que se afloje el balasto que ya se encuentra apretado.

El balasto que se saque se amontonará, evitando que se mezcle con tierra; se aflojará el durmiente, se quitarán las placas de asiento y las anclas, si es que tiene, y en seguida se sacará el durmiente. En el caso de que por necesidades del servicio se tengan que cambiar dos durmientes juntos, se vaciará el cajón intermedio, siguiendo el mismo método señala-

do en el párrafo anterior. En ambos casos los durmientes viejos se sacarán siempre con tenazas para durmientes, pues el empleo de picos o palas para jalarlos puede originar accidentes personales y, por otra parte, la destrucción o rotura de la herramienta.



Una vez que se ha vaciado el cajón, y sacado el durmiente viejo, se procederá a colocar inmediatamente el nuevo; al descargarse se procurará que los durmientes nuevos queden frente al lugar donde van a ser utilizados, a fin de evitar trabajo inútil a los reparadores de vía; si es necesario se podrá ampliar el cajón por el lado exterior de la vía, para que el nuevo durmiente no llegue a enterrarse en el balasto mientras es colocado en su lugar. Se comprobará si el patín del riel asienta perfectamente en la cara superior del durmiente y, en caso contrario, se hachazuelará lo mínimo, cubriendo la parte hachazuelada con creosota caliente.

Al cambiarse o colocarse los durmientes impregnados en la vía se deberá tener cuidado que los clavos queden perfectamente "ásentados", es decir, que no debe quedar ningún espacio o hueco entre el patín y la placa de asiento y entre ésta y el durmiente, pues si los clavos quedan "zancosnes", al pasar los trenes, por efecto de la trepidación, la placa de asiento se encajará en el durmiente y lo cortará, llegando a dejar al descubierto la madera que no ha sido impregnada.

Quando se ejecutan trabajos de reclave o, en general, cuando se sacan los clavos, siempre se colocará en el agujero un taquete creosotado para evitar que entre el agua o la tierra y se llegue a dañar el durmiente; además, al colocarse nuevamente el clavo, éste quedará en su posición correcta sujetando perfectamente el patín del riel.

Una vez que el durmiente nuevo ya está puesto en su lugar, debidamente espaciado y alineado, se colocarán las placas de asiento y se procederá a calzarlo sosteniéndolo contra el patín del riel, a fin de que el balasto se apriete en su cara interior; debe aclararse que nunca debe calzarse primero el durmiente y después colocar la placa de asiento, pues al levantarse ligeramente el riel próximo para introducir la placa se aflojarán los durmientes próximos y se formará un golpe, o bien, el balasto se "escurrirá" debajo del durmiente aflojado y el riel quedará alto.

Clavado el durmiente se procederá a colocar las anclas, si es que lleva, debiendo quedar éstas completamente pegadas a las caras laterales del durmiente, pues de lo contrario, al dejarse un espacio por pequeño que sea, el durmiente se moverá, descuadrará y desnivelará.

Debe tenerse presente que, al efectuarse la renovación o cambio de durmientes, no se deberá dejar cajones vacíos, durmientes nuevos sin calzar y sin clavar al final de la jornada.

- ESPACIAMIENTO DE LOS DURMIENTES

Para proporcionar un apoyo uniforme al riel es necesario que los durmientes se coloquen equidistantes uno del otro. El espaciamento está sujeto a reglas previstas de antemano, de acuerdo con la clase de vía de que se trate. Para vías troncales de primera se acostumbra colocar 20 durmientes en un riel de 10 m de largo y 24 durmientes en el de 12 m de longitud.

En los ramales y líneas secundarias se colocan de 16 a 18 durmientes bajo un riel de 19 m.

Para una vía principal con rieles de 11.89 m (33') el espaciamiento será de 49 cm de centro a centro del durmiente; (2040 x km) con rieles de 10.05 m (33') el espaciamiento será de 50 cm, (200 x km) y en rieles de 9.14 m (30') (18 durmientes por riel) el espaciamiento será de 51 cm, (1960 x km).

En el caso de vías troncales, y para riel de 10 m, quedarán a 51 cm de centro a centro de durmiente reglamentario (0.18 x 0.20 x 2.44), variando esta distancia en las juntas de los rieles entre 0.38, 0.42 y 0.48 según el tamaño de la planchuela. En el riel de 12 m los durmientes quedan a 49.5 cm (19.5") de centro a centro.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores considero que para obtener resultados satisfactorios en la renovación de los durmientes y, consecuentemente, en la conservación de la vía, es necesario cumplir con los siguientes requisitos: que la madera sea de buena calidad, es decir, dura, lo que aumenta la capacidad de anclaje de la fijación; que su resistencia a la compresión en el sentido perpendicular a las fibras sea alto, que la explotación racional de los bosques garantice la demanda tanto para la industria como para los ferrocarriles; que las causas de destrucción prematuura del durmiente sean controladas y reducidas si es posible y, por último, que sea económicamente amortizable en función de su envejecimiento o vida útil.

Al no cumplirse una o varias de las condiciones anteriores, cuya importancia dependen de factores locales de cada país, es necesario recurrir a durmientes de acero o de concreto, sustitutos de los de madera y cuya misión es, principalmente, cubrir en forma racional el déficit existente, el cual es uno de los factores principales que, como ya se indicó, provocan la conservación diferida de una línea o una red ferroviaria.

- DURMIENTES DE CONCRETO

La construcción y experimentación de durmientes de concreto se inició por el año de 1898; desde un principio se observó que el problema de proyectar un durmiente de concreto entrañaba grandes problemas, pues las repetidas pruebas demostraron que las cargas dinámicas destruían rápidamente el concreto. Se desarrollaron experimentos de los más diversos tipos de durmientes de concreto reforzado y se experimentaron igualmente dispositivos de diversa índole para la sujeción de los rieles.

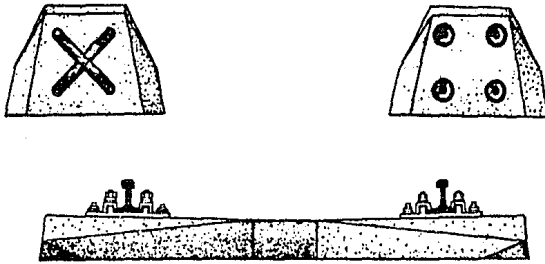
Los durmientes de concreto han ofrecido siempre un gran interés a los técnicos ferroviarios, ya que son de gran peso y duración. Además de estas ventajas, la mayor parte de los materiales que los constituyen pueden encontrarse en el lugar y pueden ser fabricados fácilmente por mano de obra local. El empleo de durmientes de concreto permite efectuar el reemplazamiento de los durmientes bajo la forma de renovación completa de la vía con el sistema de tramos premontados, lo que acarrea una reducción de costos de mano de obra en los equipos de conservación y renovación de vía.

Por otro lado, nuestro país demanda el uso de durmientes de concreto y adquiere gran importancia por lo siguiente;

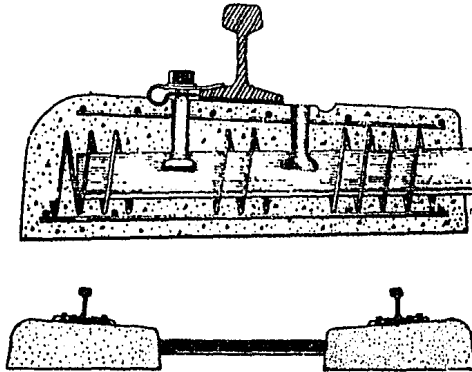
- Se obtiene mayor calidad en su fabricación; sus propiedades estructurales mejoran la estabilidad y funcionamiento de la vía.
- El interés que se tiene en satisfacer la demanda de nuestro país, por tener un sistema ferroviario eficiente y contribuir tecnológicamente el diseño de durmientes nacionales, ya que los durmientes de concreto que actualmente se usan están fabricados bajo patentes extranjeras.

La magnitud del problema es satisfacer la demanda, al tomar en cuenta la necesidad de ampliar la red actual y tener un costo mínimo en su conservación.

Cabe mencionar que el mayor número de durmientes de concreto instalados en las principales líneas del país son "monolíticos postensados" y, en menor cantidad, "mixtos reforzados" (bibloques).



Durmiente Dywidag de patente alemana.



Durmiente RS de patente francesa.

Durmientes más comúnmente utilizados en México.

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE DURMIENTES

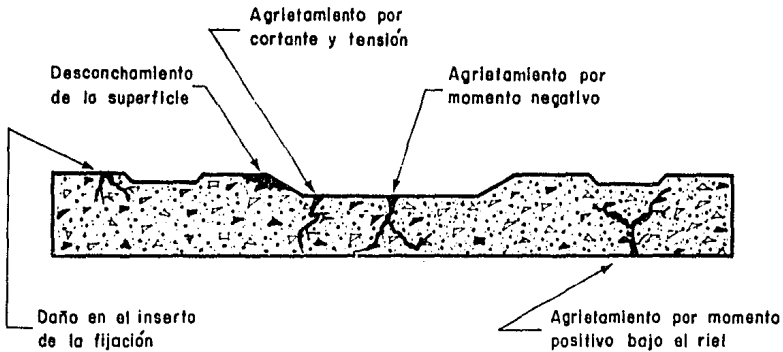
Las fuerzas internas que se originan en un durmiente por el tránsito de un tren a cierta velocidad dependen de una interacción compleja, de tipo dinámico, entre el tren y los distintos componentes de la vía: riel, fijación, durmiente, balasto y terraplén. Las mediciones de campo han mostrado que los resultados son muy sensibles a pequeñas imperfecciones en el equipo rodante y a irregularidades en las condiciones de apoyo entre uno y otro componente de la vía. El impacto juega un papel decisivo en definir la magnitud de las sollicitaciones que se originan por las imperfecciones mencionadas; la magnitud del efecto de impacto depende de la capacidad para disipar energía del sistema, comúnmente este efecto llega a incrementar en dos o más veces las sollicitaciones estáticas.

Otro aspecto importante del problema es el carácter repetitivo de las cargas impuestas. Durante la vida útil de un durmiente son de esperarse varias decenas de millones de repeticiones de cargas de magnitud significativa, lo cual hace que el aspecto de falla por fatiga merezca una atención especial.

"Comportamiento observado de durmientes instalados" (24)

La experiencia sobre el desempeño de durmientes de concreto ha sido diversa en distintos países. En general mientras que en los países europeos hay consenso de que estos durmientes no han presentado problemas estructurales de consideración, en los Estados Unidos la experiencia ha sido poco favorable en las primeras aplicaciones, y esto ha retardado mucho la difusión de los durmientes de concreto. Las fallas que se han presentado tienen características típicas ligadas con sollicitaciones críticas inducidas por las cargas de rueda, y la separación entre durmientes.

(24) Sánchez Ramfrez Abraham Roberto, Comportamiento de durmientes de concreto y un nuevo sistema para sujetar el riel al durmiente. P. 26-31



AGRIETAMIENTOS OBSERVADOS EN DURMIENTES

Para los durmientes monolíticos los tipos de falla más comunes que se presentan con mayor frecuencia es el agrietamiento por momento positivo bajo el asiento del riel; en general éste se origina por una sobrecarga excepcional debida a irregularidades de las ruedas o del riel y se propaga verticalmente hacia arriba debido a la repetición de cargas. Este tipo de falla se ve favorecida por la existencia de huecos en la sección. Al llegar aproximadamente a la mitad del peralte la grieta se abre en forma de una "Y" cuyas dos ramas siguen prolongándose hacia arriba a medida que continúan las repeticiones de carga. Finalmente puede llegarse a la fractura del durmiente. Se trata por tanto de un fenómeno en que están ligados el efecto de pocas cargas excepcionales que producen el agrietamiento, con el de la fatiga por un gran número de repeticiones de carga de menor magnitud, que hacen progresar el agrietamiento.

El siguiente tipo de falla, por la frecuencia con que se observa, es el agrietamiento por momento negativo al centro del durmiente, dicho agrietamiento sigue una trayectoria análoga a la anterior, pero ahora con una forma de "Y" invertida.

Con menor frecuencia se ha observado grietas diagonales por cortantes o por torsión. Una falla que se ha presentado con frecuencia se debe a los esfuerzos locales ocasionados por las fijaciones que producen aplastamiento, desconchamientos y agrietamientos.

Un tipo de falla muy particular es el debido al descarrilamiento del tren, que ocasiona el impacto de las ruedas sobre el durmiente y con frecuencia la fractura de este último. Ante este tipo de falla no hay diseño válido.

Un aspecto importante en los durmientes presforzados es la falla de anclaje de los tendones. El problema se origina porque la sección crítica de momento positivo (el asiento del riel) se encuentra muy cercana al extremo del durmiente. En ella se presenta el momento máximo y el máximo esfuerzo en los tendones, el cual debe disiparse por adherencia en la longitud que hay entre dicha sección y el extremo.

- CARACTERISTICAS DE LOS DURMIENTES DE CONCRETO

El material que responde más adecuadamente a las necesidades de orden económico de disminución de los costos de conservación de los durmientes en una vía, es el concreto. Los principales requisitos que llena este material son los de dar una vía más estable que no demanda más que una conservación mínima y que no exige más que renovaciones a largo plazo ejecutadas sistemáticamente, evitando el procedimiento altamente costoso de la búsqueda en la vía de los durmientes de madera que sea necesario sustituir.

Por las cualidades que le confieren, el durmiente de concreto ya sea el monolítico o mixto, puede soportar los fuertes y complejos esfuerzos a los cuales está sometido. La concepción de estos durmientes da a la vez la rigidez que permite asegurar la estabilidad de la vía y la flexibili-

dad necesaria para absorber los choques repetidos, tanto horizontales como verticales, provocados por el paso de los trenes.

Por último este tipo de durmientes puede ser utilizado en cualquier clima. Entre los inconvenientes que presentan los durmientes de concreto comparándolos con los de madera, podemos decir que su precio de compra es más elevado, sobre todo el durmiente pretensado, en caso de descarrilamiento su reparación es muy difícil y no pueden calzarse a mano ya que podrían romperse las aristas. Estos durmientes exigen la utilización de fijaciones elásticas modernas.

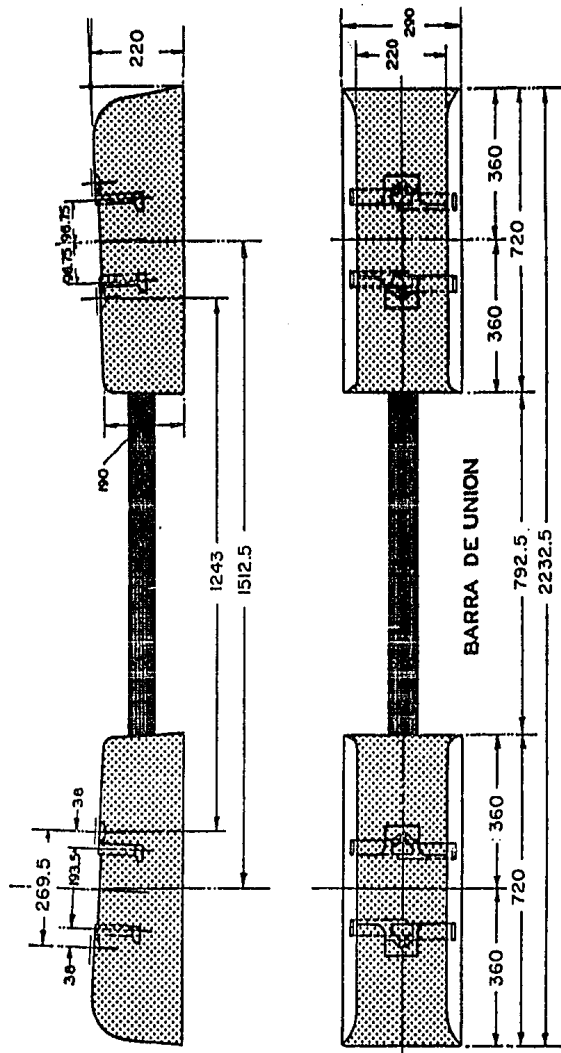
- DURMIENTES RS

Los durmientes mixtos de concreto del tipo RS son los menos costosos y su utilización en los ferrocarriles Franceses y en otros países se desarrolla más cada día. Estos durmientes se componen de 2 blocks de concreto armado de (22 x 30 x 22 cm), unidos por una barra metálica que les permite cierta flexibilidad. Los blocks son zapatas que transmiten presiones casi uniformes al balasto, en tanto que la barra no recibe reacciones importantes del balasto a causa de su pequeña sección y de admitir cierta flexibilidad elástica sin afectarse la medida del escantillón. Esta barra pesa aproximadamente 14 kilogramos y puede obtenerse de la relaminación de rieles viejos cuyo metal resiste perfectamente los esfuerzos y la oxidación.

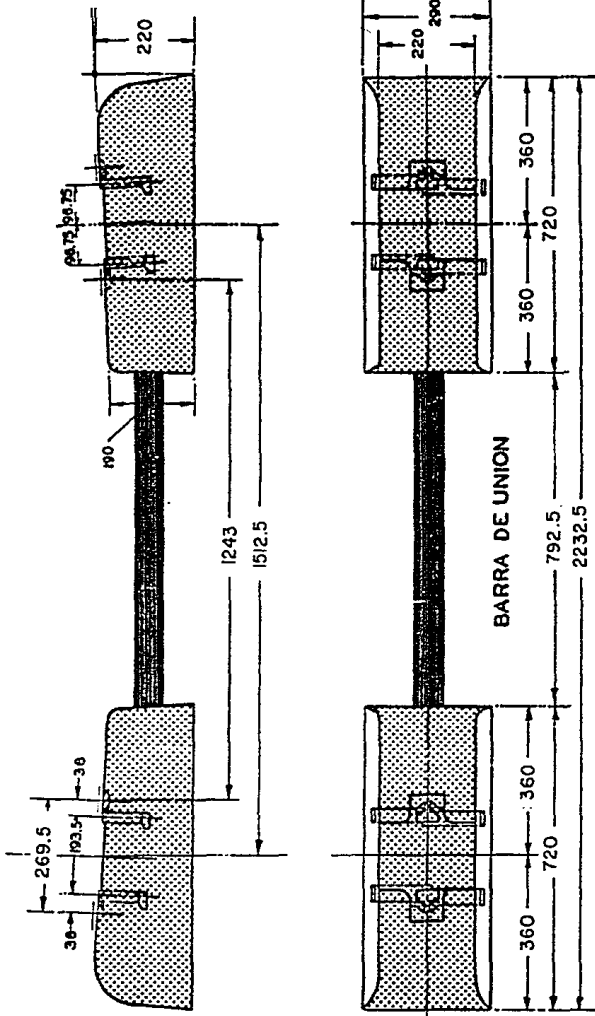
El refuerzo es muy simple y lo forman 2 parrillas de cuatro varillas cortas de 5/16" con 4 trozos de alambón (separadores) ligados por una espiral helicoidal de 3/16" con diámetro de 15 cm y paso de 4 cm.

El refuerzo pesa menos de 7 kg de fierro por cada 2 blocks que se deben separar mediante la barra de fierro estructural de 2 metros de largo con un peso máximo de 14 kilos.

DURMIENTE SNCF-RS.



DURMIENTE SNCF-RS.



Su fabricación es sencilla y las instalaciones poco costosas, las fábricas pueden ser repartidas geográficamente de acuerdo con los programas de rehabilitación que se tengan proyectados de manera que se reduzcan los transportes al mínimo

Una de las ventajas del durmiente RS, es que se pueden "soldar" las barras cortadas por los golpes máximos y admitirse los daños menores causados por descarrilamientos leves, en especial cuando el balasto protege a las ruedas descarriladas.

-COMPORTAMIENTO OBSERVADO DE DURMIENTES RS (MIXTOS, BIBLOQUES)

En los durmientes mixtos la falla estructural más común es también el agrietamiento por momento positivo bajo el riel; además se presentan problemas locales por la fijación y los de torceduras de las barras de unión entre los dos bloques.

Con cierta frecuencia se presenta el problema de aplastamiento del balasto por las altas concentraciones de esfuerzos transmitidos por el durmiente. El área de la cara inferior del durmiente debe ser suficiente para que los esfuerzos transmitidos sean aceptables para el balasto.

- DURMIENTES DWIDAG

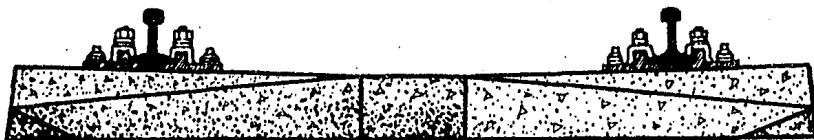
Entre los diferentes tipos de durmientes de concreto patentados por la firma alemana DYCKERHOFF UND WIDMANN (DYWIDAG), es el más comúnmente utilizado y destinado a las líneas de tráfico pesado y en vías de curvatura pronunciada. Este durmiente pesa aproximadamente 230 kilos, con una longitud de 2.30 metros, su sección es trapezoidal. Es una robusta y co-

recta solución resistente de los esfuerzos, dentro del límite económico estrictamente calculado.

México construye Dywidag B-55 en Tlaxcala, donde los precios resultan competitivos con el diseño francés RS, siendo cada uno de ellos excelente en su propio género, los que ofrecen características para aplicarlos en su mejor territorio, manteniendo sana competencia.

Este tipo de durmientes es el que nuestros ferrocarriles deberían utilizar en las zonas montañosas, observando el durmiente RS para el resto de las zonas del país. Puesto que los ferrocarriles son uno de los principales rapamontes y teniendo en cuenta el déficit que se tiene actualmente en reposición de durmientes, es de pensarse en la conveniencia de ir implantando el uso del durmiente de concreto en nuestro país.

En un país inmenso como el nuestro, el factor transporte juega un papel muy importante, no solamente debido al precio del mismo, sino también por la pérdida que presenta la utilización del material móvil destinado a transportar durmientes de madera de los centros de producción a los de utilización, y; por el contrario, los durmientes de concreto pueden ser fabricados cerca del lugar de empleo, a condición de que ahí se encuentren los materiales pétreos para su fabricación.



Durmiente Dywidag de concreto pretensado B-55 para carga por eje de 25 toneladas.

- DESEMPEÑO DE LOS DURMIENTES DE CONCRETO EN MEXICO

Al respecto no se tiene información detallada relativa al tipo de daño estructural pero se cuenta con una estadística, muy interesante, acerca del número de durmientes que se han tenido que reponer por daños debidos a problemas estructurales, mala colocación o descarrilamiento. Los datos mencionados por (G.Rodríguez Mac Nice, Vía moderna de los Ferrocarriles Nacionales de México, Revista de Ingeniería, Vol. LIII, No. 2, 1983), indica que de los 3.5 millones de durmientes de concreto colocados hasta 1980 (aproximadamente 2.5 millones monolíticos y 1 millón mixtos) el porcentaje global de desperfectos fue de 0.50 por ciento para los monolíticos y de 0.75 por ciento para los mixtos (sin incluir los problemas debidos a descarrilamientos). En forma muy particular, la tabla siguiente muestra el porcentaje de defectos en dos tramos de prueba sometidos a un tránsito total de cerca de 200 millones de toneladas brutas de carga. Dichos porcentajes varían significativamente de una a otra línea, pero se mantiene en valores no muy superiores a 1 por ciento. Que hablando en el medio ferrocarrilero se considera que estos resultados indican un desempeño muy satisfactorio de los durmientes de concreto.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO

EJEMPLOS DE DEFECTOS DE DURMIENTES COLOCADOS

División Guadalajara 175 millones de toneladas (brutas) línea I (ocho años)	División San Luis Potosí 200 millones de toneladas (brutas) Línea "BC" (once años)
---	--

MODELO	MONOLITICO		MONOLITICO		BIBLOQUES	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Instalados	431,494	100	8299	100	290,723	100
Mal orden	1,119	0.25	118	1.42	3,471	1.19
Faltantes	105	0.02	107	1.29	51	0.02
Por accidente	334	0.07	-	-	2,575	0.89
TOTAL	1,558	0.34	225	2.71	6,097	2.10

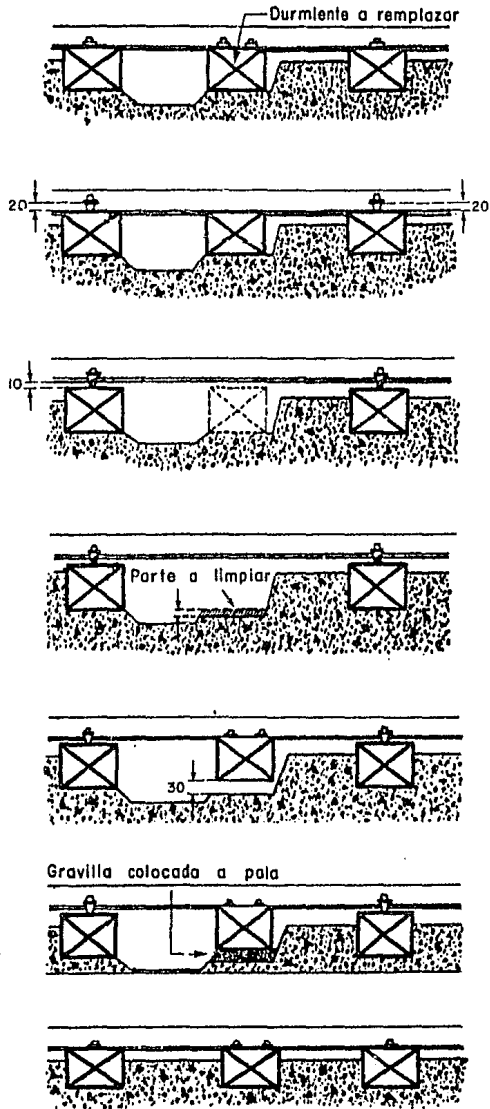
- CONCLUSIONES

Podemos decir que la duración de los durmientes de concreto igual que la de los rieles, permite eliminar la política seguida de substituciones parciales de materiales y considerar las rehabilitaciones completas de rieles y durmientes que se espaciara en función de las medidas que requiere la conservación, lo que es primordial para lograr una mayor vida del material.

El cambio de durmientes de concreto en una vía, debe hacerse:

- a) Cuando los blocks están rotos.
- b) Cuando varios tirafondos están rotos.
- c) Cuando la barra de unión está deformada.
- d) Cuando el durmiente se encuentra agrietado en las partes claves.

La substitución de durmientes debe hacerse de manera para evitar destruir la base donde están apoyados. Para ello existe un sistema a seguir como lo muestra la figura anexa.



Este procedimiento es costoso y sólo aplicable a líneas de intenso tráfico.

Para terminar podemos concluir diciendo que:

- 1.- La sustitución racional del durmiente de madera por el de concreto y por consecuencia el empleo de la "Vía Moderna", debe llevarse a cabo en la construcción de nuevas líneas o en la renovación total de aquellas que por su conservación diferida, cuyo origen, se debe principalmente a la falta de madera, requiere modernizarse en función de su trazo, que permita el aumento las velocidades de los trenes, en beneficio de la operación y economía de los ferrocarriles.

- 2.- Deberá circunscribirse el empleo del durmiente de madera a las líneas que por su proximidad a las plantas de tratamiento y que por su curvatura y pendiente resulte antieconómica la utilización de la "Vía Moderna", al no poderse aumentar las velocidades de los trenes, debiendo sustituirse el clavo por el tirafondo, con objeto de prolongar la vida útil del durmiente.

2.3 CONSERVACION DEL ALINEAMIENTO Y NIVELACION

Hasta ahora nos hemos referido a la conservación de las terracerías, de los durmientes, del balasto, de los rieles y accesorios, etc. Sin embargo, para que los trenes puedan circular sobre la vía de una manera segura, se requiere no sólo la conservación aislada de cada una de las partes de la vía que hemos indicado, sino que también es necesario ejecutar una serie de trabajos que se conocen con el nombre de "Alineamiento y Nivelación".

La circulación de los trenes sobre una vía será suave y cómoda cuando ésta se encuentre perfectamente alineada y nivelada y por consiguiente que evite el movimiento de los carros o coches en una forma exagerada, (cabeceo, serpenteo y balanceo).

Efectivamente, si una vía se encuentra alineada, pero desnivelada, al pasar los trenes sobre ella, los carros tendrán un movimiento en sus cabezas de arriba hacia abajo, es decir, "cabecearán"; si el desnivel o golpe está localizado en ambos rieles y corresponde al mismo durmiente o durmientes, se provocará un movimiento en los carros como ya lo hemos indicado anteriormente. Ahora bien, cuando el golpe o golpes están "cuatrapeados", como en el caso de localizarse en las juntas o llantas, el cabeceo del carro será alternado y provocará el ensanchamiento del escantillón; esta clase de golpes de vías o desniveles se conoce con el nombre de "golpes de nivel".

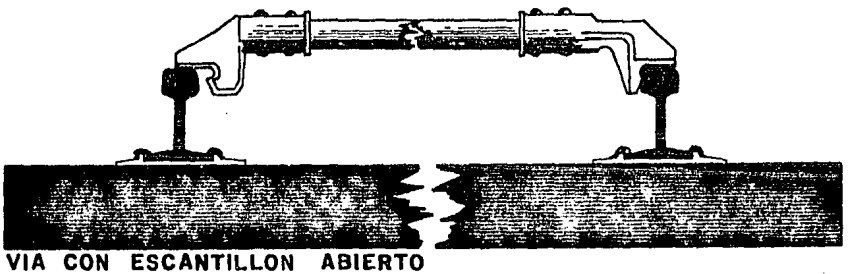
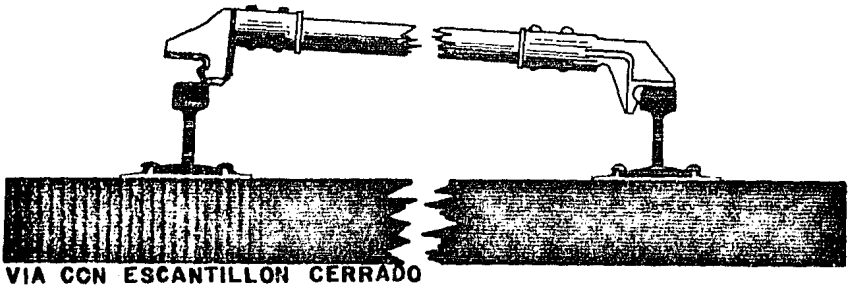
Por otra parte, si la vía está nivelada pero fuera de línea, al pasar los carros sobre ella, éstos tendrán un movimiento lateral, es decir, irán de un lado para otro y las ruedas golpearán el lado o cara interior de ambos rieles, provocando con esto que los clavos de vía se aflojen y después se ensache el escantillón, abriéndose la vía. Esta clase de golpes por falta de alineamiento se conoce con el nombre de "golpes de línea".

Una vía en buenas condiciones para el tráfico de los trenes debe cum-

plir con tres condiciones necesarias o indispensables, éstas son:

- Alineamiento
- Nivelación
- Escantillón

Antes de que una vía sea alineada o nivelada, se debe de verificar el escantillón; es decir, que mediante el escantillón de vía se comprobará si los dos rieles están a la separación reglamentaria o si la vía está abierta o cerrada.



Para medir y comprobar el escantillón de una vía, se deberá colocar el escantillón a escuadra con los rieles, teniendo cuidado de que los "espaldones" de la horquilla se apoyen perfectamente en el riel de línea y el espaldón del otro extremo haga contacto con el riel de escantillón; debe aclararse que este contacto no deberá ser ni forzado ni holgado y además

se tendrá cuidado de que al colocar el escantillón, éste no se apoye en las planchuelas.

Para comprobar si el escantillón de vía está correcto, éste debe tener una separación, entre los dos puntos de contacto con el lado interno de los rieles, de 1.435 metros. Ahora bien, estos dos puntos de contacto están a una profundidad de 16 milímetros ($5/8''$) abajo de la superficie de rodamiento del riel.

Antes de utilizar el escantillón de vía para saber si la separación entre los dos rieles es correcta, se deberá comprobar si tiene la medida reglamentaria entre los espolones de la horquilla y el del extremo opuesto, de no ser así, el escantillón será remitido al taller de vía para su reparación y ajuste, además deberá tenerse cuidado de que no se llegue a golpear con los rieles pues si llega a desajustarse no deberá ser reparado por el personal de la cuadrilla ya que posteriormente y al colocarlo en la vía dará una medida equivocada y por lo tanto, el escantillón podrá quedar cerrado o abierto.

Varias son las causas por la que una vía puede tener su escantillón abierto y una de ellas son: "Por desgaste del riel". En las curvas, en el riel exterior el desgaste de la cara interior del hongo es más rápido, perdiéndose el escantillón más pronto. Ya sea en las tangentes o en las curvas, cuando el escantillón está muy abierto por efecto del desgaste del riel, será necesario cerrarlo mediante el reclave correspondiente y en el caso particular de las curvas se tendrá cuidado de conservar la separación entre los dos rieles.

Otra de las causas que provocan que se abra el escantillón en la vía es el empuje lateral de las ruedas de los carros al paso de los trenes, sobre todo cuando se tienen durmientes podridos; cuando la vía está fuera de línea o se tiene poco balasto, se puede provocar que por efecto del empuje lateral se abra el escantillón; en todos estos casos, los clavos de vía se aflojan y por lo tanto se agrandan o abocardan los agujeros y esto da lugar a que el riel se mueva de su posición original y se ensanche o abra el

escantillón.

En vías donde no se tiene colocada placas de asiento, el patín del riel puede cortar la madera y hundirse o encajarse en el durmiente, perdiéndose entonces el nivel de la vía y aumentando el empuje lateral de las ruedas y al igual que en el caso anterior, el escantillón se abrirá.

Al abrirse la vía por las causas señaladas en los párrafos anteriores, a excepción de cuando ocurre por desgaste del riel, es necesario que se ejecuten los siguiente trabajos:

- Sacar los clavos flojos.
- Colocar taquetes impregnados en los agujeros.
- Hachazuelar lo menos posible los durmientes para proporcionar un buen apoyo al riel o a la placa de asiento.
- Clavar nuevamente la vía poniéndola a escantillón.
- Colocar los clavos verticalmente, sin recargarse sobre el patín del riel.

Al efectuarse los trabajos anteriores, siempre se evitará mover el riel de línea para ajustarse el escantillón, pues de moverlo se perdería el alineamiento de la vía.

Algunas veces el escantillón de la vía puede encontrarse cerrado en uno o varios tramos; esto puede deberse a que los rieles se han recorrido, es decir, han "caminado" y arrastrado a los durmientes descuadrándolos y dando lugar a que los propios rieles traten de juntarse.

Al ocurrir lo anterior, los trabajos por ejecutarse serán:

- Enderezar y alinear perfectamente los durmientes.
- Reclavar la vía al escantillón reglamentario.

Completar el balasto faltante.

Y lo más importante, reportar al ingeniero el movimiento o desalojamiento de los rieles ya sea hacia el norte o hacia el sur, indicado si es posible la cantidad de centímetros o milímetros que se mueven los rieles en uno o en otro sentido; con estos datos el ingeniero efectuará un estudio para determinar si es necesario o no aumentar el número de anclas por riel, o bien modificar su colocación para evitar que los rieles se sigan recorriendo.

Una vez que ha sido corregido el escantillón de una vía, antes de alinearse deberá ser nivelada como ya se indicó en párrafos anteriores; ambos trabajos pueden ser de dos tipos:

- a) Reparaciones parciales o por tramos
- b) Reparaciones generales o continuas

a) Reparaciones parciales o por tramos.

Estos trabajos son los que ejecutan normalmente las cuadrillas de sección durante todo el año en el tramo de vía a su cuidado y consisten principalmente en quitar los golpes de nivel y de línea que les son reportados en lugares aislados, debiendo atender en primer lugar los golpes más peligrosos, pasando después a quitar los golpes menores.

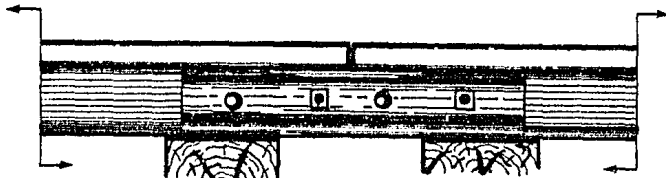
Los golpes de nivel se originan por los siguientes conceptos:

Por tenerse en la sección o tramo, durmientes podridos, por existir bolsas de agua que provocan golpes "aguachinados", por falta de balasto o bien si éste existe, se encuentre mezclado con tierra, lo que impide el libre escurrimiento del agua de lluvia; por estar los niveles vencidos o bien por juntas vencidas.

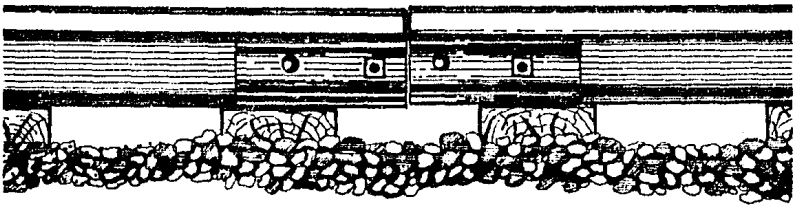
Cuando se tienen varias juntas bajas o golpes de nivel seguidos en un tramo corto de vía es recomendable usar la niveleta, la cual se colocará sobre el hongo del riel y en un punto cuyo nivel sea correcto

y verificado con el nivel de vía y ésto no permitirá elevar la vía en todos los puntos bajos y dejarlos a la misma altura.

Respecto a los golpes de línea o codos, éstos se originan generalmente durante la temporada de fuertes calores, se observan con mayor frecuencia en la parte baja de las pendientes o en el fondo de los columpios, aunque también se pueden observar en la vía a nivel. Para evitar que se formen los codos o golpes de nivel al aumentar la longitud de los rieles por efecto del calor, es necesario conservar la separación correcta de las juntas; de esta manera, aunque los rieles se dilatan o aumenten de longitud por efecto del calor, tendrán siempre un espacio libre entre las dos juntas y por lo tanto se evitará que la junta se "truen" y se forme el codo.



JUNTA NORMAL



JUNTA TRONADA

Cuando en una vía no se tienen anclas o si existen, la cantidad por riel es insuficiente para impedir que los rieles se recorran, llega un momento en que a consecuencia del movimiento de los rieles, se pierde el espacio libre en las juntas y al seguirse recorriendo los rieles y no tener espacio para moverse, la junta se "tronará" formán-

dose inmediatamente uno o varios codos en un determinado tramo de vía; en este caso, será necesario reportar el riel o rieles cuyas juntas es tén "tronadas" y colocar o aumentar el número de anclas por riel hasta evitar que se muevan; a veces será necesario cortar uno o más rieles - para dar la separación reglamentaria de las juntas.

Por todo lo mencionado en los párrafos anteriores respecto a los golpes de nivel y de línea, es importante tener presente que para conservar en buenas condiciones el tramo de vía correspondiente a una seg ción, se debe procurar tener un buen alineamiento y una buena nivela - ción;

b). Reparaciones continuas o generales.

Este tipo de reparaciones, a diferencia de las reparaciones parciales o por tramos, se efectúan en grandes longitudes o tramos continuos de vía; así por ejemplo, puede ser el alineamiento de 3 ó 4 kiló metros de vía o la nivelación de 5 kilómetros; en estos tramos se eje cutan al mismo tiempo diversos trabajos de conservación sin elevar la vía y colocando balasto nuevo, únicamente para completar la sección reglamentaria de balasto, siempre y cuando ésto sea necesario.

Los trabajos que se deberán efectuar en este tipo de reparaciones serán:

- a) Cambio de durmientes
- b) Espaciamiento de durmiente
- c) Nivelación, alineamiento y calzado de juntas
- d) Corrección de escantillón
- e) Escuadrado de los durmientes

- f) Apretado y reposición de los tornillos y tuercas rotas o faltantes.
- g) Reclavado de clavos "zancones" incluyendo la reposición de los rotos o faltantes.
- h) Ajuste y reposición de las anclas
- i) Reposición de planchuelas agrietadas o rotas
- j) Inspección minuciosa de la vía, rieles y accesorios

Al terminar la temporada de lluvias y después de corregir los defectos ocasionados por el agua, el jefe de vía, los supervisores y mayor domos de sección, podrán efectuar una inspección a todos y cada uno de los distritos y secciones a su cargo y, como resultado de esta inspección se determinarán los tramos de vía que requieren trabajos de reparaciones continuas o generales, para lo cual se formulará un programa de acuerdo con el ingeniero residente; este programa y los trabajos correspondientes se ejecutarán, si es posible, al iniciarse el año, con el objeto de aprovechar la temporada de secas y lograr de esta manera que, al volver las aguas, la vía se encuentre consolidada y en buenas condiciones para el tráfico y lo más importante, que durante la propia temporada de lluvias no haya necesidad de alterar, modificar o remover la cama de la vía, pues al hacerlo, se correrá el peligro de perder el alineamiento y nivelación; así por ejemplo, si se llegan a cambiar, espaciar o escuadrar los durmientes, en la temporada de lluvias, se aflojará el balasto y lo más seguro es que se formen golpes "aguachinados" en grandes tramos.

Como un complemento a los trabajos e inspecciones anteriores se deberán revisar cuidadosamente los rieles y cambiar aquellos que presenten defectos que puedan poner en peligro el tráfico de los trenes, o bien, que por su desgaste deben retirarse de la vía como ya lo hemos explicado.

En general cuando un tramo de vía en reparación se encuentra perfec-

tamente clavado y a escantillón, cambiados los durmientes, corregida su separación y debidamente escuadrados, completos de accesorios de vía, etc., se debe efectuar su nivelación y alineamiento. El procedimiento más exacto para nivelar es aquel en que se utiliza el nivel de vías y la niveleta.

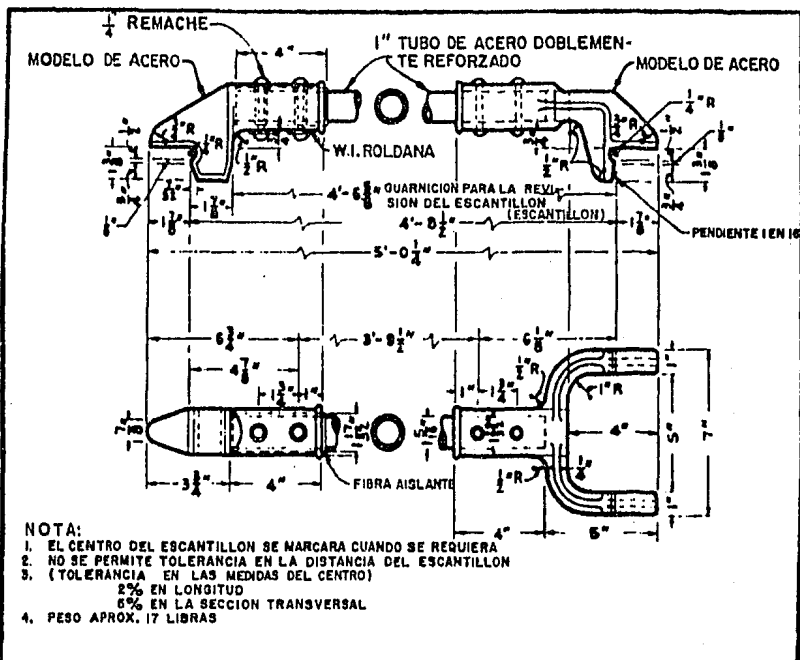
En todos los trabajos de nivelación los gatos de vía también juegan un papel muy importante, estos se deberán usar por pares y su separación y cantidad dependerán del calibre del riel o levante por efectuarse, así como también de la clase de balasto que se tenga en el lugar.

2.3.1 HERRAMIENTAS MANUALES PARA LOS TRABAJOS DE ALINEAMIENTO Y NIVELACION

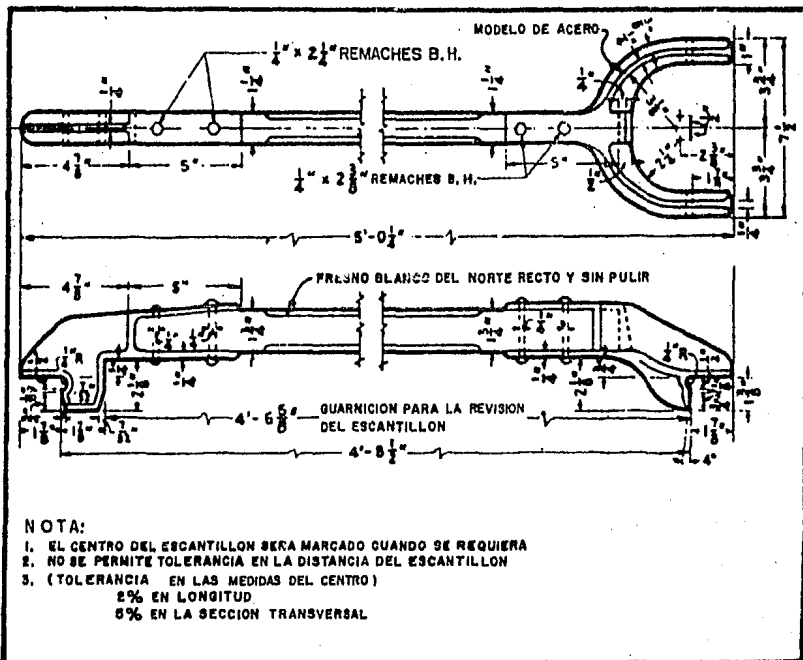
- ESCANTILLON

El ancho o escantillón de la vía ancha o standard es de 1.435 metros (4 pies 8 1/2 pulgadas), debe medirse entre las cabezas de los rieles, en ángulo recto con el riel a 5/8 de pulgada bajo la cara superior del riel.

La herramienta para medir esta distancia, cuando los rieles se encuentran ajustados correctamente uno con respecto al otro, es el escantillón; generalmente está hecho en forma de U, para que al colocarlo en la vía quede en ángulo recto al riel.



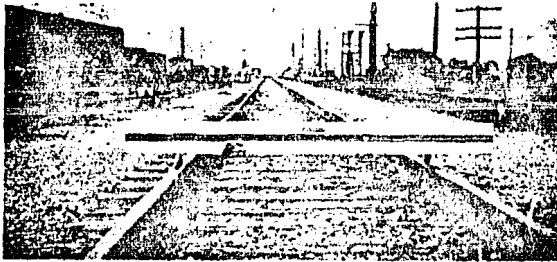
ESCANTILLON DE VIA-CON CENTRO DE TUBO



ESCANTILLON DE VIA-CON CENTRO DE MADERA

- NIVEL DE VIA

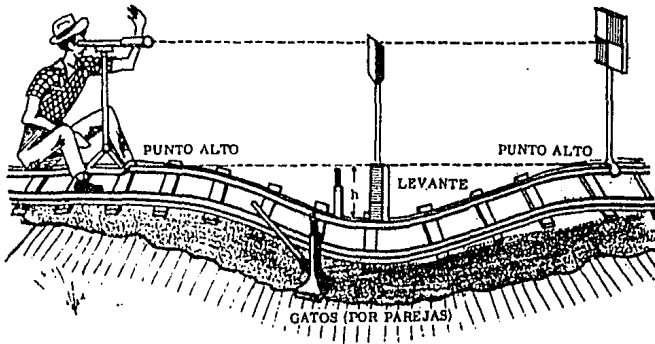
Esta herramienta es una regla de madera con un nivel de agua, sirve para medir la sobre elevación del riel exterior en curvas, y poner los dos rieles de la vía al mismo nivel en tangentes. En su parte inferior, en un extremo tiene una serie de escalones de 1/2 de pulgada para medir la correcta sobre elevación. Otros niveles tienen una pata marcada, movable, en un extremo en un lugar de los escalones. Es muy importante que el nivel se mantenga correctamente ajustado, para lo cual tiene un tornillo de ajuste.



Nivel de vía.

- NIVELETA

Para hacer levantes de vía, para llevar una pendiente uniforme al nivel la vía, se usa la niveleta. Es esencialmente una regla de madera, equipada con un nivel, y montada sobre dos patas, graduadas a octavos de pulgada y se apoyan sobre los rieles de la vía a levantar.



Reventón con niveleta.

2.3.2 RESUMEN

Entre todos los trabajos de conservación de vía, a pesar de estar to dos ellos destinados a mejorar la cama del camino y la estructura de la vía y por lo mismo a dar mayor seguridad al paso de los trenes, hay dos que afectan sensiblemente las cualidades de la vía en lo que respecta al paso, con comodidad, de trenes sobre ella. Estos trabajos son el buen ali neamiento de la vía, sin codos bruscos, o cambios en las curvas; y la nive lación que mantendrá los trenes corriendo sobre una superficie uniforme, sin bruscas bajadas que obliguen a los trenes a oscilar y a tener cambios súbitos en su movimiento.

Aún teniendo una terracería sólida; balasto limpio, de suficiente espesor para proporcionar drenaje y elasticidad a la vía; durmientes en bue nas condiciones; y el riel de calibre adecuado, perfectamente clavado y anclado; aun teniendo esas ventajas repetimos, los trenes pueden viajar con movimientos laterales súbitos, a velocidades reducidas y sujetas a la posibilidad de accidentes, si no existe una buena nivelación y un aline amento adecuado.

3. VIA ELASTICA

3.1 NORMAS PARA SU CONSTRUCCION

- ASPECTOS GENERALES

En la colocación tradicional de las vías férreas, las juntas entre los rieles constituyen puntos de poca resistencia. El aplanamiento de los extremos de los rieles y las deformaciones que se producen a causa de estas juntas, aumentan a la vez la amplitud de los golpes de línea y de nivel, incrementando los gastos de conservación de la superestructura de la vía, el mantenimiento del material rodante, así como gastos de tracción, disminuyendo además el confort de los pasajeros.

La ausencia de las juntas de los rieles o por lo menos la reducción de su número, se ha llevado a cabo después de numerosas búsquedas con los resultados siguientes:

En primer lugar, por el simple aumento de la longitud de los rieles laminados salidos de las fábricas, y después utilizando diversos procedimientos de soldadura para construir por medio de rieles del tipo ordinario, "barras" de mayor longitud. Estas barras largas (denominadas "L.R.S." "Largos rieles soldados"), aportan una solución original y aparentemente simple al "problema de las juntas.

Este sistema de vía elástica se inventó en Francia a principios de siglo y tiene como objetivos:

- Reducir de una manera importante las juntas entre los rieles.
- Alcanzar altas velocidades (de 80 a 90 kilómetros por hora en trenes de carga y hasta 140 kilómetros por hora en trenes de pasajeros).
- Brindar un confort superior al proporcionado por la vía convencional (constituida por rieles ordinarios, juntas de dilatación y un sistema de fijación entre riel y durmiente a base de clavos), estudiada en los capítulos anteriores.
- Reducir considerablemente los gastos de conservación, que es uno de los principales objetivos en nuestro estudio.

En general, la vía elástica consiste en emplear rieles soldados en largos tramos, usualmente con más de 1 000 metros de longitud, durmientes de concreto reforzado, juntas de dilatación y un sistema de sujeción flexible para unir el riel al durmiente.



Doble vía elástica, tramo México-Querétaro (viaducto).

- DEFINICIONES

Para evitar confuciones, se adoptan los términos siguientes:

a) Vía Elástica.- Es la vía que está constituida de largos tramos de riel soldado (L.R.S.) convenientemente fijados a los durmientes de madera, acero o concreto reforzado, mediante un sistema adecuado de fijación elástica que evite el deslizamiento o flexión de los rieles y amortigue sus vibraciones e impactos.

b) Riel Ordinario.- Es el que tiene una longitud que varía entre los 33' (10.05 metros) y 39' (11.887 metros) de cualquier calibre y que para formar la vía se unen entre sí por medio de planchuelas.

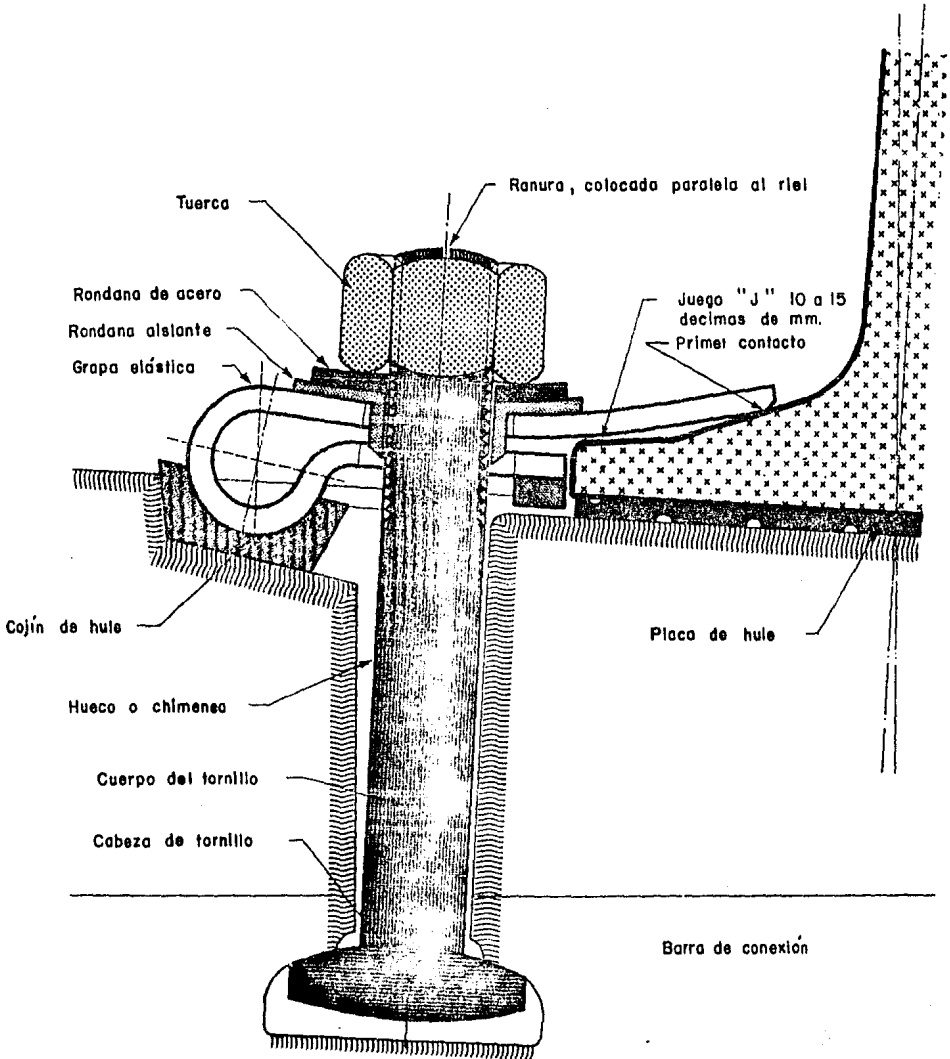
c) Riel Largo.- Es el que tiene una longitud promedio de 78' (23.77 metros), 117' (35.66 metros) o mayor, de cualquier calibre y que se obtiene de soldar dos o más rieles ordinarios.

d) Riel Continuo.- (Largos rieles soldados "L.R.S."). Es el que se obtiene de soldar entre sí por cualquier procedimiento, varios tramos de riel largo, lográndose rieles sin juntas de longitudes que varían desde 250 metros, 1200 metros, o mayores.

e) Fijación o Sujeción Doblemente Elástica.- Es la integrada por dos "elementos elásticos" de fijación y que son "las placas de hule acanaladas", que se colocan entre el patín del riel y el durmiente con la finalidad de absorber las vibraciones y las "grapas" y "grapillas elásticas" construidas de acero al cromomagnesio que conjuntamente con los "pernos de anclaje" o "tornillos tirafondos", fijan elásticamente el riel al durmiente firmemente, pero permitiendo los movimientos elásticos del mismo, al tiempo de que amortigua los efectos vibratorios, mediante los dos elementos elásticos mencionados.

ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA SUJECION ELASTICA

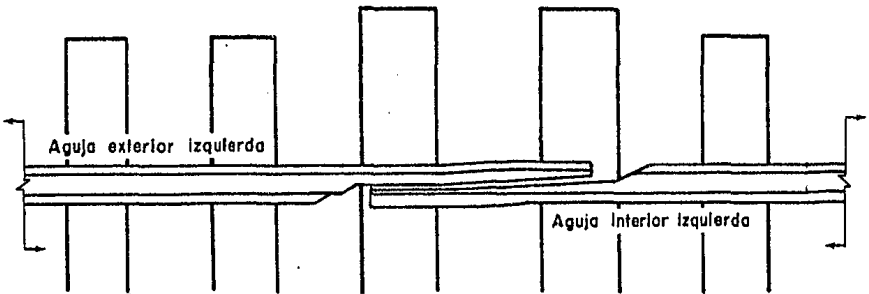
COLOCACION CORRECTA DE LA GRAPA ELASTICA EN EL PRIMER CONTACTO



f) Vía sin Juntas.- Son vías cuyos rieles "largos" han sido soldados para formar barras o tramos de gran longitud (L.R.S.) en las que su parte central no experimenta movimiento por efecto de las dilataciones o contracciones originadas por los cambios de temperatura.

g) Tramos sin Juntas.- Es la parte de una vía, comprendida entre dos juntas emplanchueledas o entre dos juntas de dilatación. En esta definición se comprenden también todos los tramos soldados provisionales, que indirectamente han de constituir la vía elástica.

h) Juntas de Dilatación.- Son dispositivos especiales que permiten recorridos importantes de los extremos de los rieles que en ellos concurren. En lo sucesivo se denominarán "J.D."



Junta de dilatación.

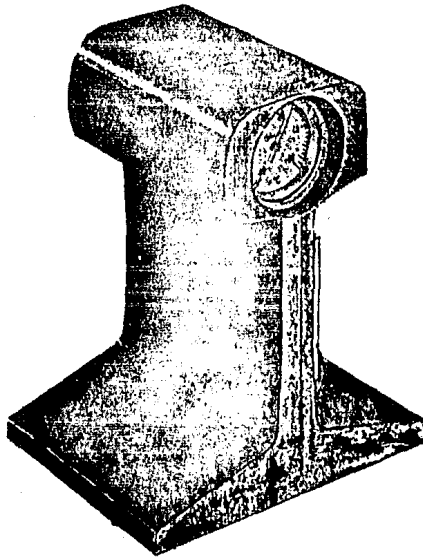
Esta constituida por unas agujas y contra-agujas, ancladas a la vía sobre durmientes de madera, dichas juntas son intercaladas entre los extremos de dos rieles consecutivos, de gran longitud (L.R.S.) soldándolas a los mismos, o por medio de juntas bloqueadas.

i) Separación de Rieles.- Es el espacio entre los extremos de los rieles, en las juntas emplanchueladas o entre las dos agujas de la "J.D."

- MEDICION DE LAS TEMPERATURAS

Siempre que se trate de temperatura se entenderá:

Que se han medido en un trozo o pedazo de riel de 30 cm. de longitud, dotado en su interior de un termómetro o sobre el riel del "L.R.S.". En este último caso de preferencia con dos termómetros provistos de imanes, colocados en el alma de los rieles y del costado que no recibe directamente los rayos del sol. Las lecturas no se efectuarán antes de haber transcurrido 5 minutos de su colocación.



Termómetro de rieles.

En lo sucesivo se distinguirán las siguientes temperaturas:

1) Temperatura del Riel.- Es la temperatura que presenta el riel en el momento en que se observa y debe medirse en el interior del mismo, utilizando termómetros especiales; o también, un dispositivo denominado "riel muestreador de temperatura", que consiste en un trozo de riel de unos 30 centímetros de longitud y contiene en su interior un termómetro para medir la temperatura de la masa de acero del riel.

2) Temperatura de equilibrio o temperatura media del riel.- Es la temperatura promedio obtenida entre las temperaturas máximas y mínimas que alcanzan los rieles en la región geográfica donde se va a construir la vía elástica. Es la temperatura del riel al pasar de compresión a tensión en consecuencia, donde el riel no presenta ningún esfuerzo. En los Ferrocarriles Nacionales de México se tienen temperaturas de rieles mínimas hasta de 10°C y máximas de $+60^{\circ}\text{C}$, por lo que podemos fijar como una temperatura de equilibrio igual a $+25^{\circ}\text{C}$.

3) Temperatura de Colocación.- Es la temperatura que rige en los dos rieles en el momento de fijarlos a los durmientes. En principio la temperatura ideal o más conveniente para la colocación de los rieles es la temperatura media o de equilibrio.

Una de las cosas que en la práctica sucede es, el no disponer siempre de la temperatura media, por lo que se ha fijado "una tolerancia", para la colocación de los rieles de $+11^{\circ}\text{C}$, con respecto a la "temperatura media", dentro de la cual podrán fijarse o colocarse los rieles. De acuerdo con lo anterior, las temperaturas de colocación oscilan entre los 14°C y 36°C , cuando la temperatura media es de 25°C .

4) Temperatura de Liberación.- Cuando un riel de gran longitud (L.R.S.) ha sido fijado o colocado a una temperatura distinta a la temperatura de equilibrio, debe procederse tan pronto como sea posible, a verlo a colocar o a fijar a la temperatura de equilibrio, o muy próximo a la misma. La tolerancia de temperaturas que es de $\pm 7^{\circ}\text{C}$, con respecto

a la temperatura de equilibrio, para la fijación definitiva de los rieles de gran longitud (L.R.S.), se denomina "temperatura de liberación".

Si la temperatura media o de equilibrio es de 25°C, la tolerancia para la liberación estará comprendida entre los 18°C y los 32°C respectivamente.

- RIEL COMPENSADO "LIBERADO" O EN EQUILIBRIO TERMICO

Es el riel que ha sido fijado, en el momento que tiene su posición y longitud correspondiente a la temperatura de liberación.

En otras palabras, cuando el riel presenta la temperatura media de 25°C, o las toleradas para su liberación (18°C a 32°C) y está apoyado sobre rodillos, de manera que nada impida su libre movimiento; entonces adquiere "su posición y longitud de equilibrio térmico", es decir, en ese instante, los esfuerzos que tienden a dilatarlo o contraerlo han quedado "compensados" o "equilibrados" entre sí, o sea el riel no presenta tendencias ni para dilatarse ni contraerse por encontrarse "liberado" de dichos esfuerzos.

- CONDICIONES PARA CONSTRUIR "L.R.S"

Los requerimientos indispensables de la superestructura para garantizar en los "L.R.S.", la seguridad del servicio a las velocidades máximas admisibles y con los máximos pesos, son los siguientes:

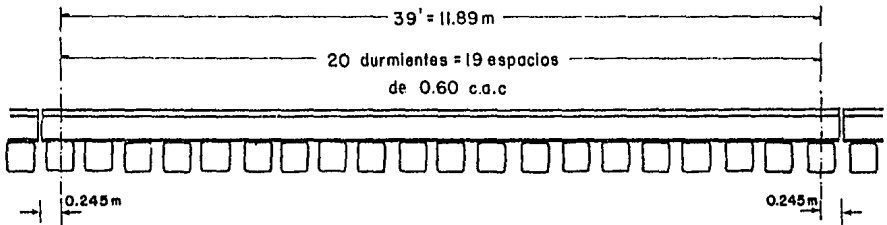
- a) Plataformas o terracerías estables o consolidadas, es decir, no sujetas a deformaciones.

- b) Balasto permeable y sección completa del mismo consolidado hasta las cabezas de los durmientes.
- c) Durmientes de concreto armado, postensado, pretensado, o durmientes de madera o acero, en buen estado de conservación correctamente espaciados.
- d) Cuidadosa conservación y calzado, de manera que se mantenga en buen estado los perfiles longitudinales y transversales de la vía.
- e) Cuidadosa neutralización o liberación, de las tensiones internas, consistente en liberar los rieles por aflojamiento de las fijaciones, con objeto de que se dilaten libremente y se aprieten después a las temperaturas prescritas. Procediendo de esta manera, las tensiones que se originen en las barras de comprensión o tracción en los períodos de máximos calores o fríos, quedarán dentro de las tensiones admisibles.
- f) Control periódico de las temperaturas de los rieles mediante termómetros y de las tensiones de neutralización o liberación mediante apropiadas referencias de posición.

1. Vía sin juntas en los puentes.- Los puentes sin balasto no deben transmitir a los "L.R.S.", esfuerzos anormales, debido a su dilatación térmica, prescribiéndose por este motivo, la colocación de "J.D." en sus extremos.

- CONSTITUCIÓN DE LAS "L.R.S." PROVISIONALES

1. Barras o tramos provisionales.- Antes de construir los "L.R.S." definitivos, deberán formarse tramos "L.R.S." provisionales de longitudes comprendidas entre 285.29 metros (24 rieles de 39') y 439.82 metros (37 rieles de 39'), los que a su vez deberán estar compuestos por rieles largos soldados en taller de riel ordinario.

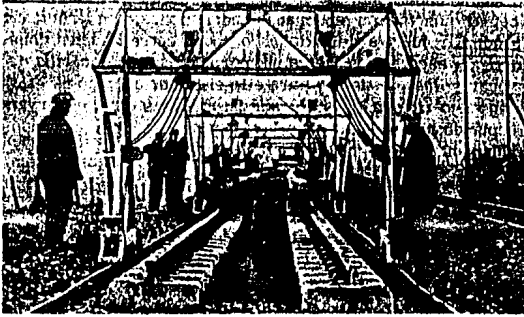


Distribución de los durmientes de concreto en los tramos prefabricados.

Los rieles deberán estar exentos de taladros en los extremos y para la unión entre ellos, se tendrá en cada frente de trabajo, las prensas (Ces) necesarias. Si no se tuvieran las prensas y los rieles estuvieran taladrados, las juntas emplanchueladas se asentarán sobre los durmientes separados 30 centímetros cada lado; los dos durmientes contiguos se separarán provisionalmente, corrigiéndose esta posición al soldar las barras de tal manera que todos los durmientes queden separados 60 centímetros.

2. Distribución de durmientes:

a) Caso de recibir los "L.R.S." ya soldados en planta.- En estos casos se distribuirán los durmientes a un espaciamiento parejo de 0.60 metros de centro a centro de durmientes.



Pórtico para tendido de vía prefabricada.

3. Separación entre rieles.- Los rieles se colocarán de manera que las separaciones entre puntas de los hongos de riel en el momento de la soldadura tenga de 13 a 18 milímetros, (de acuerdo con el calibre de riel por soldar). Los extremos destinados a soldarse con las "J.D." y los de los tramos prefabricados deberán estar a escuadra.

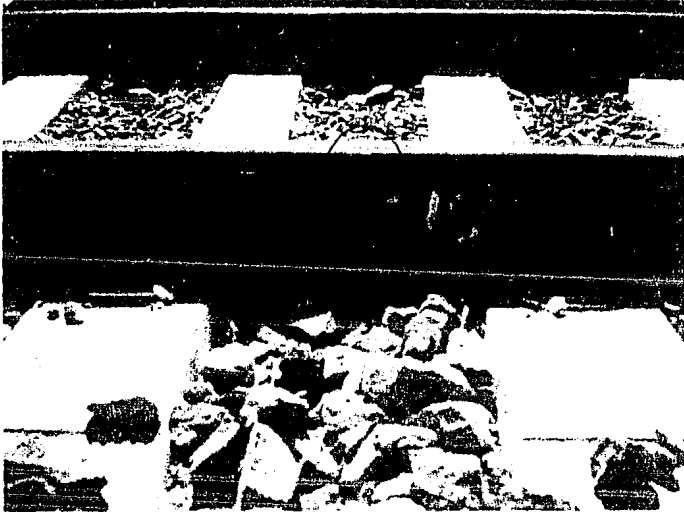
4. Apriete de las grapas antes del paso de trenes de trabajo.- Antes de autorizar el paso de la circulación de trenes de trabajo, deberán ser apretadas las grapas de un durmiente cada 5 y el 50% de las grapas de las 4/5 partes de los durmientes restantes con el primer contacto dado, de tal forma que el juego en el segundo contacto sea inferior a 1 mm.

5. Ejecución de las soldaduras.- Al soldar los rieles largos en las vías, éstas se realizarán al mismo tiempo en los dos hilos y si es posible a una temperatura ligeramente creciente, debiendo cuidarse que la media de la temperatura a la cual se efectúan las soldaduras, esté comprendida entre +10°C y +30°C, pudiendo incluso descender hasta 0°C, con la obligación en este caso, de realizar una liberación provisional (y si es posible definitiva), antes de que la temperatura del riel sobrepase en 30°C la temperatura media a que se efectuaron las soldaduras.

En el caso en que se trabaje en época de calor, podrá soldarse con temperatura media superior a +30°C, pudiéndose llegar hasta 45°C; siempre

que se efectúe la liberación del "L.R.S.", provisional antes de que los rieles adquieran una temperatura inferior a 10°C.

Las soldaduras necesarias para obtener los "L.R.S." provisionales deberán efectuarse alternativamente y según orden establecido, con el fin de facilitar la contracción del acero que se produce al enfriarse las soldaduras. Para ello deberá tenerse presente que en cada soldadura y dentro de los 40 a 60 minutos después de su ejecución, se produce una contracción de 2 a 3 mm; la que debe distribuirse por lo menos en 24 metros (20 durmientes) a cada lado de la soldadura.



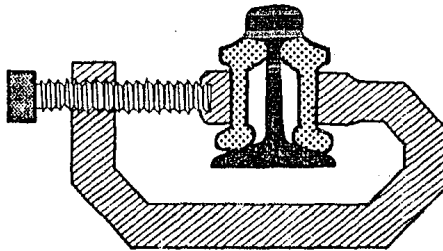
Riel continuo (soldado).

Las soldaduras ejecutadas en esta forma evitan que al cortar las rebabas o residuos, se perturben (por vibración), las operaciones inherentes a la ejecución de las soldaduras inmediatas.

Durante la ejecución de las soldaduras, el apriete de las grapas mencionadas en el punto 4 deberán aflojarse, apretando después todas las grapas.

pas conforme el "L.R.S." provisional se va constituyendo, pero siempre de jando libre 24 metros (40 durmientes) a cada lado de las juntas soldadas, cuyo apriete no se ejecutará antes de que pasen 30 minutos de la ejecución de la soldadura.

6. Intervalo entre circulaciones de trenes.- Las operaciones de que se habla en los puntos 3,4 y 5 deberán iniciarse y completarse siempre que sea posible en un intervalo entre la circulación de los trenes. Con el fin de evitar que las operaciones se obstaculicen unas a otras, se puede admitir que la ejecución de algunas soldaduras se dejen para el día siguiente, debiendo en este caso quedar los rieles sin soldar unidos con la prensa "Ces".



PRENSA "CES"

- COMPORTAMIENTO DE LA VIA ELASTICA

Cuando una vía está bien balastada y su curvatura es igual o inferior a los 2 grados 17 minutos (501.89 metros de radio) y está construida con largos tramos de riel soldado "L.R.S.", los cuales son fijados adecuadamente a los durmientes mediante fijaciones doblemente elásticas, sucede que los rieles, así fijados, no pueden desplazarse con relación a los durmientes, ni longitudinal ni transversalmente, debido a los cambios de temperatura que experimenten los mismos y las tendencias de los rieles al desplazamiento quedan contrarrestadas por el peso y anclaje de los durmientes dentro del balasto, produciéndose en su lugar un esfuerzo o con-

tracción de comprensión o de tensión en el interior del riel, el cual es soportado, dentro de los límites normales, por la resistencia propia del acero que constituyen los rieles.

Aunque este "equilibrio", puede mantenerse en tramos de vías elásticas de varios kilómetros, por conveniencia de lograr una mejor y más controlada conservación de la vía, se han diseñado juntas de dilatación especiales "J.D.", colocadas cada 1 000 metros aproximadamente o más, que permitan la libre expansión o contracción de los primeros 100 metros de cada extremo de los "L.R.S.", permaneciendo inmóvil o en equilibrio el resto de la longitud central del riel soldado.

De manera que cuando se utilicen juntas de dilatación en los "L.R.S." de 1 000 metros o mayor longitud, hay que distinguir tres partes en el mismo:

1. La parte central.- de 800 metros de longitud en la cual los movimientos de los rieles son nulos y las contracciones son máximas, aunque esten equilibradas.

2. Los dos extremos.- de 100 metros de longitud denominados "zonas de respiración", donde las contracciones son variables y pueden moverse los rieles en mayor proporción cuanto más se acerquen a la junta de dilatación. La longitud de estas zonas de respiración varía de acuerdo con la resistencia de la vía a su deslizamiento longitudinal, al área de la sección transversal de los rieles y a la variación de la temperatura.

- PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA LIBERACIÓN O COMPENSACIÓN DE LOS "L.R.S."

Deben escogerse épocas en que la temperatura permanece sensiblemente constante, para lo cual se medirán periódicamente las temperaturas de los rieles.

Deberá comprobarse que la carrera o juego posible entre las puntas de las agujas de las juntas de dilatación "J.D." permitan la respiración normal del "L.R.S."

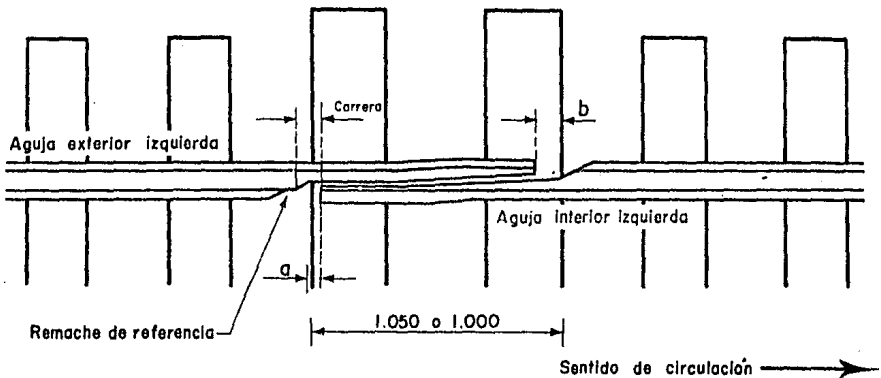
En el día en que rija la temperatura de liberación (entre 18°C y 32°C) y cuando ésta sea sensiblemente igual a los 25°C se procederá a aflojar completamente todas las grapas de las sujeciones elásticas, partiendo desde los extremos del "L.R.S.", simultáneamente hacia su centro, utilizando 4 atornilladoras, es decir, una por hilo y en cada dirección, de manera que se efectúe el trabajo simultáneamente en los cuatro tramos (de longitud igual a la mitad de los "L.R.S.").

Una vez efectuado lo anterior se procederá en la siguiente forma:

1. Los rieles se levantan ligeramente con gatos.
2. Se apoyarán los rieles sobre rodillos, a razón de un rodillo por cada 10 durmientes.
3. En seguida se pondrán en su lugar correcto todas las placas de hule que se hubieran corrido.
4. Sosteniendo de nuevo el riel con los gatos se irán quitando los rodillos para dejar descansando de nuevo los rieles sobre las placas de hule.
5. Inmediatamente se apretarán nuevamente las sujeciones por medio de las atornilladoras mecánicas, pero esta vez se comenzará desde

el centro del "L.R.S.", avanzando simultánea y progresivamente hacia los extremos, pudiéndose apretar las sujeciones primeramente cada 10 durmientes y en seguida terminar el apretado de las restantes.

6. Al terminar la operación anterior, debe medirse y anotarse la abertura o "carrera" de las agujas de las juntas de dilatación "J.D."



JUNTA DE DILATACION

Cuando dos rieles largos consecutivos han sido liberados, o cuando un riel es liberado y el siguiente ha sido colocado a la temperatura media, la abertura o "carrera" de las agujas de las juntas entre estos rieles, debe tener una carrera de:

- 100 mm si la temperatura es de 18°C
- 96 mm si la temperatura es de 21°C
- 90 mm si la temperatura es de 25°C
- 84 mm si la temperatura es de 29°C
- 80 mm si la temperatura es de 32°C.

O sea aproximadamente una variación de 1.5 mm por grado.

Cuando sea necesario modificar en más o menos la longitud del riel, para ajustarlo a la longitud que debe tener, se cortará insertando un pedazo de riel de 4 metros de longitud mínima, soldándolo en sus extremos y quedando localizado a 6 metros de los extremos de las juntas de dilatación.

Si es necesario desplazar, longitudinalmente la junta de dilatación, se procederá a regularizar el espaciamiento de los durmientes en los extremos del "L.R.S."

También es necesario desplazar restablecer la posición del espaciamiento de los durmientes las juntas de dilatación respecto a las agujas. Son las cotas "a" y "b" de la figura, que deben fijarse conforme a la siguiente tabla:

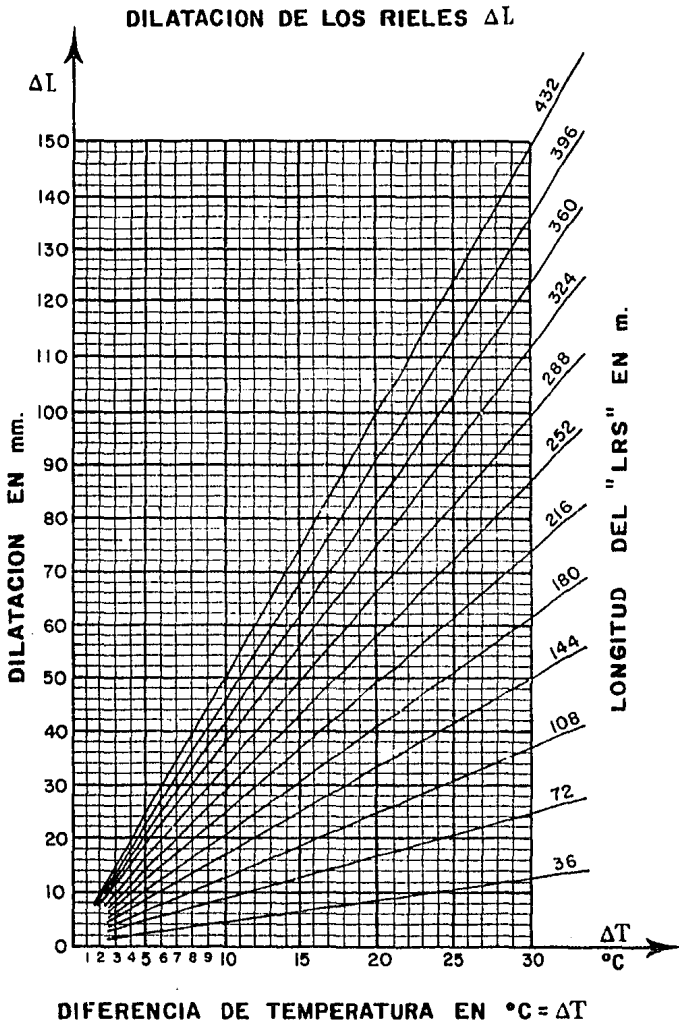
(milímetros)

Tipo de la "J.D."	Carrera	"a"	"b"
Tipo 49	100	70	120
	90	65	115
	80	60	110
Tipo 57 o 59	100	40	100
	90	35	95
	80	30	90

Es necesario precisar que el "juego o carrera" se mida entre la aguja y la contra-aguja (lo que sólo indica el movimiento de una barra en relación a la otra), en tanto que las distancias "a" y "b", indican la posición de la junta con respecto al claro total.

7. La temperatura habrá sido medida y anotada al principiar y terminar estas operaciones y el promedio así obtenido será la temperatura media o de liberación del "L.R.S." que se acaba de liberar, cuya temperatura deberá ser marcada con pintura blanca en el patín de los rieles.
8. Intervalo entre circulaciones de trenes: El intervalo de interrupción de las circulaciones deberá programarse para una duración de 4 horas en período del día en el que la temperatura sea creciente y de manera que los rieles alcancen la temperatura de liberación aproximadamente dos horas después de haberse iniciado el intervalo.

DIAGRAMA DE DILATACION PARA RIELES



0.0000115 = Coeficiente de dilatación lineal del riel

ΔL = Dilatación lineal (variación de longitud buscada) en mm

ΔT = Diferencia de temperatura del riel en °C

L = Longitud del riel en mm.

EJEMPLO: $\Delta L = 0.0000115 \times L \times \Delta T = 0.0000115 \times 144\,000 \times 15 = 25\text{mm.}$

*Nota: ΔT = Temperatura de colocación — Temperatura de liberación

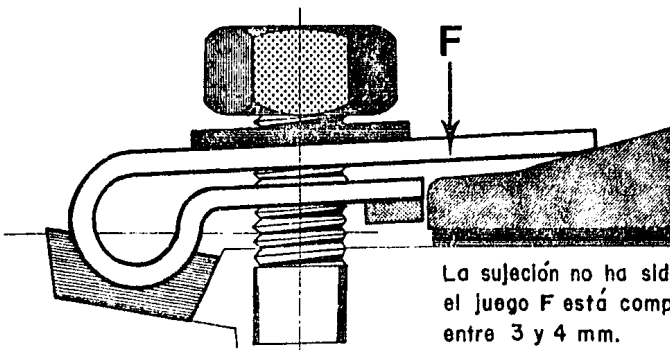
- COLOCACIÓN DE LAS GRAPAS ELÁSTICAS

La propiedad esencial de las fijaciones elásticas del riel al durmiente sobre las fijaciones rígidas, consiste en permitir que al paso de las circulaciones verticales del riel, amortiguándose de esta manera la energía de los choques que inevitablemente se producen.

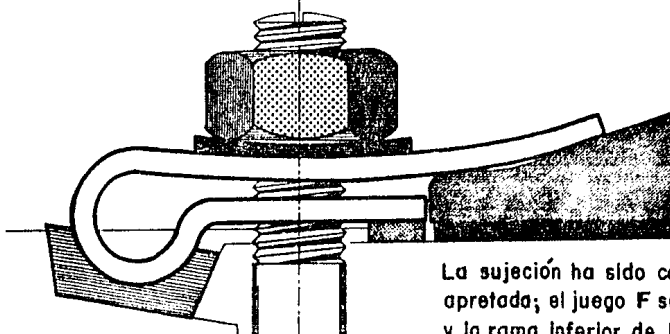
Para que las oscilaciones verticales del riel se verifiquen sin juego alguno entre el riel y el durmiente, es necesario el funcionamiento de las grapas como muelle, con el fin de absorber los recorridos verticales que debido a la elasticidad de las placas de hule experimentan los rieles al pasar sobre ellos la circulación de los trenes. Si las grapas no actúan como muelle, el régimen elástico desaparece y las grapas se convierten en fijaciones rígidas pero de escasa rigidez.

Las grapas pueden dejar de funcionar como muelles, si un apriete excesivo de los tornillos que las fijan a los durmientes ocasiona en el acero con el que están fabricadas, tensiones superiores a su límite de elasticidad, ya que entonces se producen deformaciones permanentes de las grapas, convirtiéndose éstas, como mencionamos anteriormente, en fijaciones rígidas.

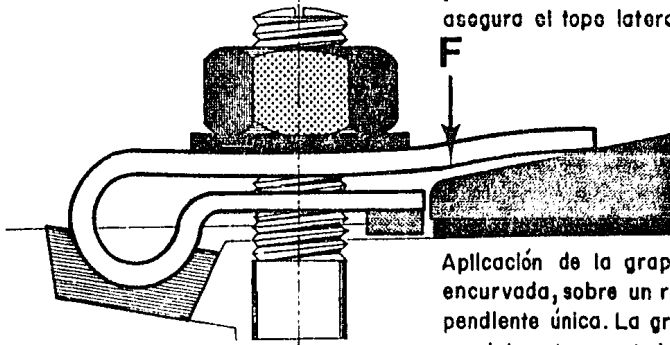
Para que no suceda lo anterior y se disponga de un medio sencillo de evitarlo, se ha proyectado la forma de las grapas de manera que en su posición correcta la rama superior apoye sobre el patín del riel, según dos líneas paralelas al mismo, líneas que se denominan de "primer contacto" y de "segundo contacto". La forma correcta de las grapas bien colocadas y apretadas se muestran en la siguiente figuras.



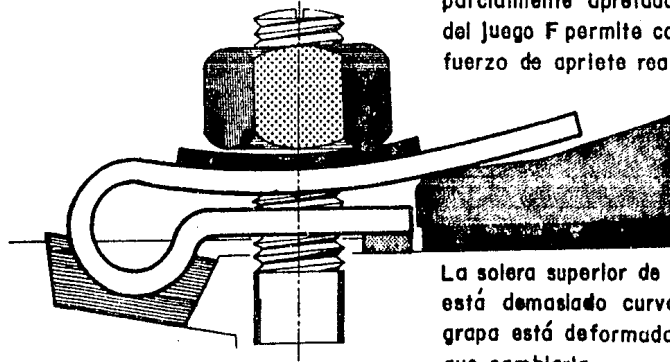
La sujeción no ha sido apretada el juego F está comprendido entre 3 y 4 mm.



La sujeción ha sido correctamente apretada; el juego F se ha anulado y la rama inferior de la grapa asegura el tope lateral del riel

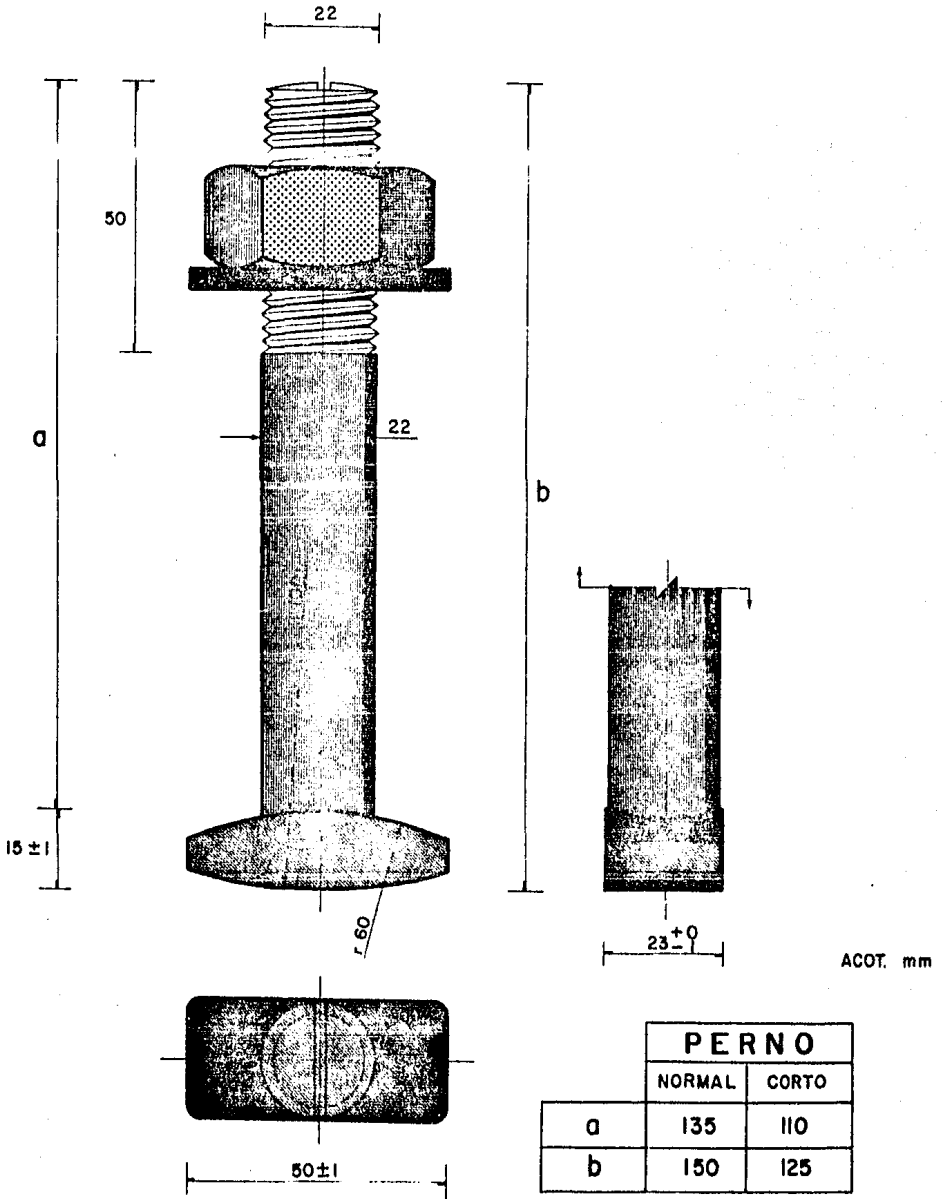


Aplicación de la grapa especial encurvada, sobre un riel con pendiente única. La grapa está parcialmente apretada y la medida del juego F permite conocer el esfuerzo de apriete realizado.

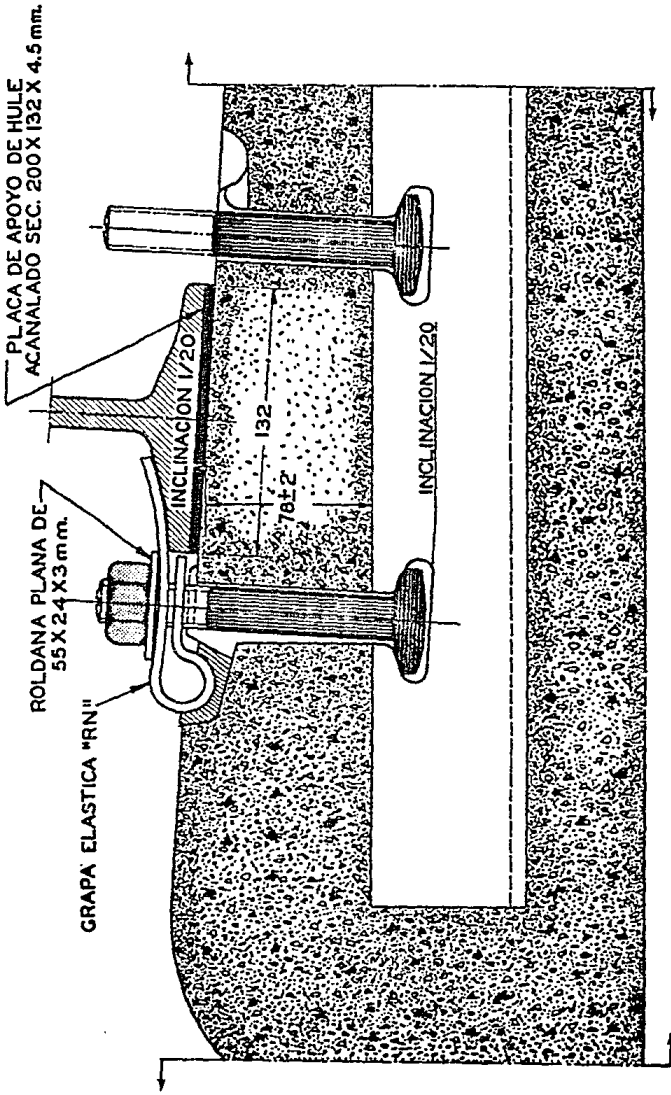


La solera superior de la grapa está demasiado curvada. La grapa está deformada y hay que cambiarla.

PERNO TIRAFONDO ESPECIAL "RS"



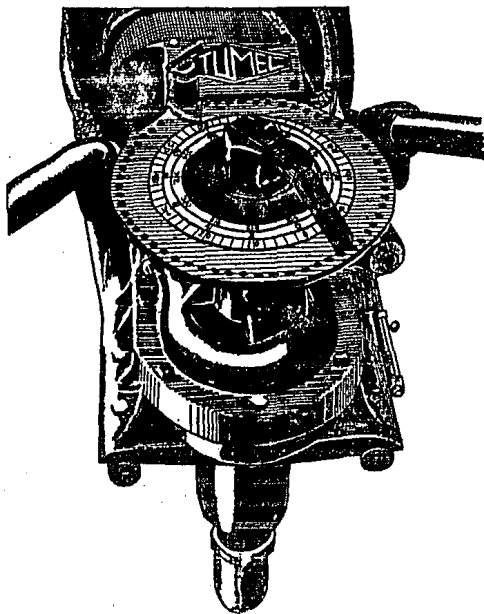
DISPOSITIVO DE SUJECION ELASTICA PARA
DURMIENTES S.N.C.F.-RS.



- COLOCACIÓN Y APRETADO DE LAS GRAPAS ELÁSTICAS

Para la colocación y apretado de las grapas se seguirán estrictamente las instrucciones siguientes:

- a) Comprobada la posición correcta de los durmientes, del riel y de las placas y cojinetes de hule, se introducen en las "chimeneas" o huecos del durmiente los tornillos o pernos de fijación de las grapas, cuya base descansará en la parte de la muesca practicada al durmiente de concreto. Es estrictamente necesario que el fondo del hueco o chimenea esté limpio de polvo, arena, etc., lo que se consigue inyectando aire con una escobilla. Para esto, se utilizarán los huecos existentes en las dos paredes laterales del durmiente.
- b) Se colocan las grapas con o sin arandela (según sea o no necesario) introduciendo sus orificios en la cabeza superior del cuerpo del tornillo de manera que la rama larga de la grapa apoye sobre el patín del riel en la línea del "primer contacto. Se rosca enseguida a mano la tuerca sobre la parte fileteada del tornillo hasta que haga contacto con la arandela plana.
- c) Se hace girar el tornillo de manera que la ranura existente en la extremidad superior del mismo se coloque paralelamente al riel y sujetando el tornillo, se aprieta a mano la tuerca hasta que la parte superior de la cabeza del tornillo apoye en los labios de la entalladura hecha en la barra. En esta posición puede ya proceder se al apretado de los tornillos.
- d) La operación de apretado de los tornillos debe realizarse con la máquina atornilladora, a la que se ha colocado un dispositivo especialmente proyectado para el montaje de las grapas elásticas, o con la máquina "STUMEC".



ATORNILLADORA STUMEC

El apretado de las tuercas de los tornillos se efectuará a una velocidad de 15 vueltas por minuto y con menor velocidad, si se utiliza la atornilladora Stumec. En ambos tipos puede leerse sobre un círculo graduado la carrera vertical de la llave de apriete.

La operación de apretado se efectúa en dos tiempos:

1. "Primer tiempo" : Las tuercas de todas las grapas se aprietan hasta que la flexión de la grapa sea tal que en el segundo contacto quede un juego de 1 a 1.5 mm, lo que se consigue fácilmente haciendo uso del limitador de carrera que las atornilladoras poseen.
2. "Segundo tiempo" : El apriete definitivo es logrado por una rotación geométrica limitada a un valor correspondiente a la carrera necesaria para obtener el segundo contacto.

Esta última operación se realiza por un dispositivo acoplado a la cabeza de la máquina y que comprende esencialmente una carátula graduada en décimas de milímetro (para obtener el segundo contacto de la grapa), colocada sobre una base fija y que tiene un tope marcador desplazable.

- e) La cuadrilla de montaje ya sea que éste se realice en un campamento o en la vía, debe dejar las grapas correctamente apretadas, es decir, realizar sin excusa alguna los "dos" tiempos del apretado, antes que sobre el tramo pase alguna circulación.
- f) Lo más pronto posible se procederá a recubrir el extremos superior del tornillo y parte de la tuerca, con una caperuza de grasa consistente, con el objeto de impedir la oxidación del de ambos elementos.

- SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA PARA RIELES

La soldadura de rieles por el proceso aluminotérmico se efectúa por fusión, vertiendo un metal en estado líquido (metal de aportación), a una temperatura que oscila entre 2000°C y 2500°C., sobre un molde refractario que rodea los extremos de los rieles cuya soldadura se va a efectuar. La elevada temperatura a que se encuentra el metal de aportación provoca la fusión de los rieles en el interior del molde dando lugar a su soldadura. Con el fin de aportar un número inicial de calorías que facilite la fusión se someten los extremos de los rieles a un precalentamiento de forma que en el momento de efectuar la colada, la temperatura de sus extremos sea aproximadamente de 900°C.

El metal de aportación en estado líquido se obtiene por reacción entre el óxido de hierro y el aluminio los cuales pulverizados reaccionan a 1200°C.

Al terminar la reacción, los productos resultantes hierro y alúmina,

se encuentran en estado líquido muy fluido sobrenadando la alúmina o escoria por su menor densidad. En estas condiciones es posible sangrar el crisol por el fondo de forma que primero cuele el acero relleno el molde y después la alúmina o escoria ocupando la parte superior del mismo.

Por medio de adiciones incorporadas a la mezcla inicial de óxido de hierro y aluminio (carga de soldadura) es posible variar la composición del metal de aportación de acuerdo con las características del acero de los rieles. Efectuada la soldadura se corta el excedente y finalmente por esmerilado se rehace el perfil del hongo del riel, de manera que la zona soldada presente la misma continuidad del resto del riel.

Fases de ejecución.

La soldadura de rieles por el procedimiento aluminotérmico, exige efectuar diversas operaciones que es posible agrupar en fases perfectamente diferenciadas, las que a continuación enumeramos, según el orden de ejecución:

- a) Presentación de los rieles
- b) Moldeado
- c) Precalentamiento
- d) Colada
- e) Desbaste
- f) Acabado.

- a) Presentación de los rieles.

Antes de colocar el molde, los dos rieles han de ser cuidadosamente presentados uno frente al otro.

"Alineación en planta".- Los extremos de ambos rieles se alinearán en planta. Colocando una regla metálica contra la superficie lateral del hongo

go de los rieles, su flecha debe ser nula.

"Alineación en elevación".- Las superficies extremas de los rieles que limiten la separación, han de ser verticales y paralelas. La falta de paralelismo o verticalidad puede dar lugar a una soldadura defectuosa.

"Separación".- Entre los extremos de los rieles concurrentes en la junta debe existir una separación de "a" mm de espesor:

$$13 \leq a \leq 18 \quad (\text{dependiendo del calibre de los rieles})$$

TABLA COMPARATIVA PARA SOLDADURA ALUMINOTERMICA DE RIELES

Calibre (riel) lbs/yd	Separación entre los extremos de los rieles en mm.	Altura del soplete en mm	Tiempo de precalentamiento en minutos
70	14	30 - 32	4'
75	14	30 - 31	4'
80	14	28 - 30	4'
85	14	28 - 30	4'
90	15	28	4 1/2'
100	16	27 - 28	5'
112	17	26 - 27	5 1/2'
115	17	25 - 26	6 1/2'

Un aspecto de gran importancia es, limpiar los extremos de los rieles que van a ser soldados con auxilio de un cepillo metálico para eliminar todo rastro de óxido o suciedad.

Quando se suelda en vía es necesario aflojar las fijaciones de varios durmientes para lograr una buena alineación.

b) Moldeado:

Al utilizarse una soldadura por fusión es necesario moldear la zona

de la soldadura. El molde se hace de arena y se compone de dos piezas idénticas, simétricas respecto al plano longitudinal del riel. En la actualidad se utilizan dos tipos de moldes:

- 1.- Molde Verde
- 2.- Molde prefabricado.

1. Molde Verde (frescos).

Se denomina así el molde confeccionado en obra con arena ligeramente húmeda. La arena empleada está constituida por una mezcla de arena sílica y arcilla, su composición es aproximadamente 83% de arena sílica y 71% de arcilla refractaria. Para darle a la arena plasticidad necesaria, se le agrega agua aproximadamente en un 6%.

2. Molde Prefabricado.

Se designa con este nombre al molde de consistencia dura que es fabricado en serie por un taller.

c) Pre calentamiento

Una vez colocado el molde y antes de efectuar la colada de los extremos de los rieles, se calientan hasta lograr que su temperatura sea de 900°C. El pre calentamiento tiene una doble finalidad:

1. Aportar un número inicial de calorías que facilite la fusión del riel al entrar en contacto con el metal de aportación.
2. Secar el molde cuando se emplean 'moldes verdes'.

d) Colada.

Quando los extremos de los rieles se hallan a una temperatura de 900°C, se vierte en el molde el metal de aportación en estado líquido. Esta operación se lleva a cabo sangrando a través de un agujero situado en el fondo del crisol cónico, en cuyo interior ha tenido lugar la reacción entre el óxido de hierro y el aluminio. El metal que fluye por el agujero penetra en el molde a una temperatura aproximada de 2000°C, llenando los espacios vacíos de su interior hasta un nivel situado por encima de la superficie de rodamiento del riel. La elevada temperatura a que se encuentra el metal de aportación, provoca la fusión de los extremos de los rieles y da lugar a su soldadura.

El crisol cónico utilizado consta de una envoltura de chapa de acero revestida de un forro interior de material refractario. En el fondo del crisol, existe una pieza intercambiable (boquilla) perforada longitudinalmente, a través de la cual se efectúa la colada. Una válvula de acero en forma de clavo, permite mantener cerrado el agujero hasta el momento de la colada.

El crisol se coloca sobre un soporte capaz de girar alrededor de un vástago vertical unido al cuerpo central de la prensa de sujeción del molde. Antes de verter la carga en el crisol conviene centrarlo, de forma que al girarlo, el agujero quede sobre el bebedero del molde.

e) Desbaste.

Tres o cuatro minutos son suficientes para que el metal vertido en el molde solidifique. Transcurrido este tiempo se desprenden las carcasas y se deshace el molde cortándose en caliente el metal sobrante en el hongo del riel.

El material sobrante en el hongo del riel se corta con tajadera y marro o con cincel neumático, previamente se limpia el metal con un cepillo metálico de todo el resto de arena.

f) Acabado.

Cuando la soldadura está fría se limpia el resalte de la arena que le quedó adherida al deshacer el molde y finalmente se rehace por esmerilado el perfil del hongo del riel en la zona afectada por la soldadura.

El reborde debe limpiarse cuidadosamente de todo rastro de arena de forma que puede inspeccionarse con facilidad el aspecto externo de la soldadura.

Para realizar la limpieza se comienza por picar con un martillo la arena adherida terminando con un enérgico raspado con cepillo metálico de mano.

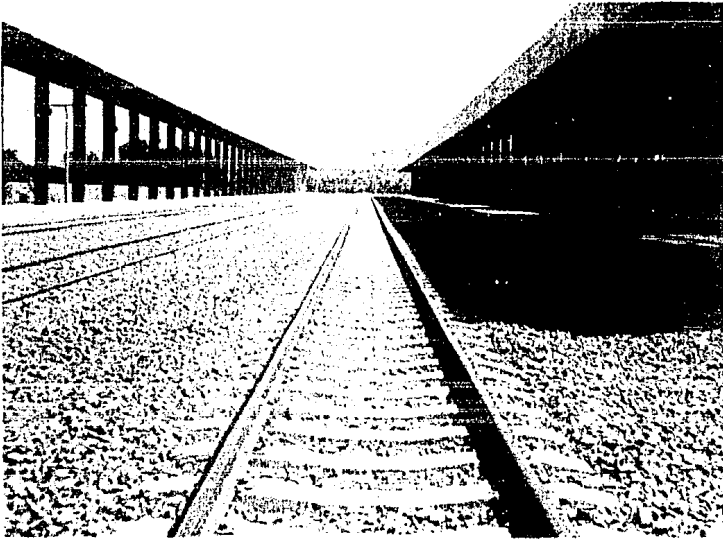
Con objeto de evitar cualquier clase de impacto al pasar las ruedas de los trenes por la zona soldada, se rehace el perfil del hongo del riel por esmerilado de tal manera que la superficie de rodamiento y la cara lateral interna del hongo no presenten en la zona soldada discontinuidad respecto al resto del riel.

Finalmente en los trabajos de acabado no debe aparecer en la soldadura:

- Ningún defecto ni porosidad en la zona de unión del metal fundido con el laminado.
- Ninguna incrustación de arena vitrificada que profundice sobre el hongo del riel.
- Sobre toda la superficie del metal fundido ninguna grieta, discontinuidad u oxidación.
- Ninguna deformación en el reborde.

3.2 CONSERVACIÓN DE LA VÍA ELÁSTICA

Cada uno de los elementos que constituyen la vía elástica desempeñan una función específica y, en conjunto, su objetivo es permitir que el ferrocarril se desplace sin dificultad, con seguridad y a un costo razonable. Para que la vía opere satisfactoriamente, además de estar bien diseñada, debe contar con todos y cada uno de sus componentes en buen estado. Por lo tanto, la conservación toma un papel muy importante ya que su objetivo es la corrección de defectos menores, antes de que lleguen a un desarrollo tal que amenacen la seguridad.



Conservación excelente de la vía elástica.

Por otro lado, la base técnica de la vía elástica consiste en mantener equilibrada la vía mediante el "anclaje" que ofrecen el peso de los durmientes y su empotramiento dentro del balasto, todo lo cual contrarresta las tendencias al movimiento de la misma, originada por los cambios de

"temperatura" de los "L.R.S." y como la mayor parte de las operaciones de conservación tienden a disminuir dicho anclaje provisionalmente, favoreciendo y propiciando consecuentemente el deslizamiento de la vía. Resulta por lo tanto indispensable, efectuar solamente los trabajos de conservación de la vía elástica, cuando sus rieles de gran longitud estén sometidos a débiles contracciones, lo que sólo ocurre cuando la temperatura del riel está proxima a su temperatura media.

De acuerdo con lo anterior, las temperaturas límites entre las cuales podrán efectuarse los distintos trabajos de conservación, son fijados con relación a la temperatura media en que se liberaron los "L.R.S."

Para garantizar la seguridad en la ejecución de estos trabajos, cada mayordomo recibirá una orden escrita con su cuadro correspondiente, donde se consignarán los kilometrajes donde existe cada riel de gran longitud, su temperatura de colocación o liberación, y las distintas "temperaturas de trabajo" en las que podrán ejecutarse las diferentes operaciones de conservación de los tramos de vía elástica asignados a cada cuadrilla.

Será regla general que todo "L.R.S." colocado en la vía a una temperatura distinta a la "temperatura media", deberá ser "liberado o compensado" antes de proceder con cualquiera de las operaciones de conservación.

Los trabajos de conservación en la vía sin juntas (vía clásica), se diferencian de aquéllos a ejecutar en la vía elástica, en las precauciones que deben tomarse referentes a:

- El apriete de las fijaciones
- La nivelación y alineación de los "L.R.S."
- La reparación de las roturas.

Las épocas del año que deben preferirse para la ejecución de los trabajos de conservación, son aquellas en las que no hay ni fuertes calores, ni fríos intensos.

- APRETADO DE LAS FIJACIONES ELASTICAS

Transcurridos algunos meses de terminada la renovación y preferiblemente después del primer período de fuertes calores, es necesario efectuar una revisión general del apretado de las grapas.

Esta revisión se llevará a cabo intentando introducir un calibrador de dos décimas de milímetro de espesor, en los bordes de las grapas que hacen el primer y segundo contacto. Sólo será obligatorio el apriete general de las grapas, cuando en las zonas inspeccionadas, el 25% de las grapas tengan un juego en el segundo contacto igual o superior a un milímetro.

El apriete de las grapas se realizará con atomillador mecánico (stymec) o manuales, provistos de carátula que mida el descenso de la tuerca.

Al mismo tiempo que se realizará la revisión del apretado de grapas, se recubrirá la parte fileteada de los tornillos con grasa consistente u otro recubrimiento eficaz. Aparte de la revisión antes descrita, deberán hacerse muestreos anuales para conocer el apretado de las grapas, operación que se ejecutará antes de los primeros calores o fríos intensos.

- CAMBIO DE DURMIENTES

Los durmientes deben cambiarse salteados, pues está estrictamente prohibido renovar dos durmientes consecutivos al mismo tiempo; y aún cumpliendo la condición anterior, sólo podrá cambiarse la tercera parte de los durmientes existentes en una longitud de 18 metros de vía elástica. Si fuera necesario renovar mayor número de durmientes, los trabajos deberán ejecutarse en varias etapas.

Al proceder con la renovación de los durmientes deben cumplirse las siguientes precauciones:

- a) Debe efectuarse el trabajo de tal forma que no pase ningún tren cuando falte un durmiente.
- b) Para sacar e introducir los durmientes, sólo podrá levantarse los rieles un máximo de 2 centímetros. Ya que de no ser así, el riel se deslizará longitudinalmente de sus fijaciones, se puede perder el alineamiento y nivelación de la vía, ocasionando mayor carga de los trabajos.
- c) Tampoco deben aflojarse las fijaciones de varios durmientes consecutivos.
- d) El vaciado de la vía deberá ser el mínimo requerido, efectuándose en el momento de cambiar el durmiente y volviéndose a rellenar inmediatamente después.

- REEMPLAZAMIENTO DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE FIJACION DO
BLEMENTE ELASTICA

Cualesquiera que sean los elementos de las fijaciones que resulten da
ñados por cualquier causa, produciendo una fijación deficiente del riel-
durmiente, puede reemplazarse en todo tiempo, pero debe darse preferencia
a las fijaciones existentes dentro de la zona de 50 metros a uno y otro
lado de las ".J.D."

Las grapas o grapillas "RN", tienen una garantía de fabricación de 5
años y la fecha de su producción está marcada bajo relieve en la superfi-
cie superior de las grapas, por lo que al producirse una rotura de las mis
mas dentro de su período de garantía, dichas grapas deberán remitirse al
Jefe del Departamento de Vía para su examen y mantener una vigilancia es-
pecial dentro del tramo donde ocurrieron estas fallas, pues pudiera prod
cirse roturas sucesivas como consecuencia de una producción defectuosa de
estos elementos de fijación.

- NIVELACION EN GENERAL

Las diferentes formas para nivelar la vía, ya sea por calzado mecánico "soufflage" o levantamiento de la vía, tienden a desconsolidar la vía y a hacerla perder su completa estabilidad aunque sea ocasionalmente, es por esto, que los trabajos deben ejecutarse siguiendo ciertas reglas generales, entre las que deben citarse:

- a) En las zonas de 50 metros a cada lado de las juntas de dilatación, la nivelación podrá ejecutarse en cualquier tiempo y forma, como si se tratara de una vía clásica.
- b) En el resto del riel soldado, no debe vaciarse la vía ni nivelarse durante las temporadas de fuertes calores y fríos intensos; por tanto, estos trabajos deben dejarse para las estaciones del año donde las variaciones de las temperaturas sean moderadas.
- c) En general deben imponerse precauciones limitando la velocidad de los trenes si se comprueban tramos de vía desconsolidados.

- METODOS DE NIVELACION

La nivelación longitudinal y transversal de la vía sin juntas, puede ejecutarse por calzado mecánico o por calzado dosificado (soufflage). Aunque los "L.R.S." nivelados por calzado dosificado, resultan después de consolidados tan estables como los nivelados con calzadoras mecánicas, es preferible utilizar estas últimas debido a que con ellas, se alcanzan con mayor rapidez la resistencia necesaria que impide el desplazamiento lateral de la vía.

Si se utiliza el calzado dosificado, es preciso prever reducciones de velocidad a 60 kilómetros por hora, durante el período de consolidación que dura de 15 a 20 días (paso de 100,000 a 200,000 toneladas según los casos), mientras que utilizándose las calzadoras mecánicas este período pue-

de reducirse a la mitad.

Debe prohibirse a las cuadrillas de vía, la nivelación de los "L.R.S." por calzado dosificado, sin permiso especial del ingeniero encargado de la conservación, a causa del riesgo de desconsolidación inherente a este método.

- NIVELACION CON CALZADORA MECANICA

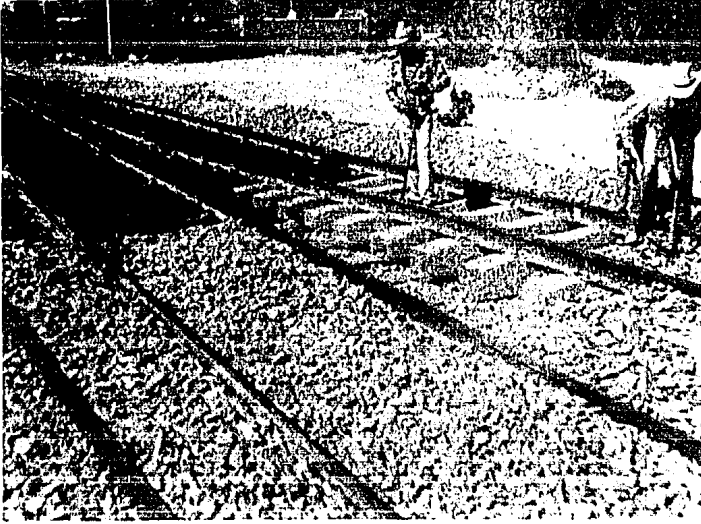
En el intervalo comprendido entre los 6 y 12 meses, a partir de la recepción definitiva de las renovaciones, se deberá proceder a una nueva nivelación general de la vía, con calzadoras mecánicas y a su alineamiento. Transcurridos otros 12 meses se efectuará en iguales condiciones otra nueva nivelación.

El riel se apoyará en el número suficiente de gatos, para que las calzadoras no produzcan descenso en el mismo.

El avance de la nivelación se regulará de tal modo, que al final de la jornada de trabajo, el tramo tratado en el día se encuentre perfectamente nivelado y alineado, con un perfil completo de balasto.

- NIVELACION DE LOS TRAMOS DE VIA CONSOLIDADOS

Consolidada la vía, el estado de su nivelación indicará la periodicidad de ejecución de calzados mecánicos, de modo continuo o discontinuo. En el primer caso se nivelará por tramos enteros con calzadoras mecánicas, y en el segundo, si los tramos a nivelar no son excesivos ni en número ni en longitud.



Nivelación de vía elástica (tramo México-Querétaro).

- CALZADO MECANICO SIN VACIADO DE LA VIA

Esta clase de calzado se efectúa con las calzadoras múltiples como la Matis, la Temper, la Jackson y otras semejantes.

Los levantes se ejecutarán hasta 2 centímetros pudiéndose sobrepasar esta altura si se impone una limitación de velocidad de 60 kilómetros por hora a los trenes.

Si los "L.R.S." fueron colocados fuera de la temperatura de liberación debe procederse a liberarlos.

- CALZADO MECANICO CON VACIADO PARCIAL DE LA VIA

Este tipo de calzado se ejecuta a mano o con las calzadoras automáticas manuales. La "liberación" previa es obligatoria si los rieles fueron colocados fuera de la temperatura de liberación.

Los levantes máximos serán de 2 centímetros y si fuera necesario dar mayores levantes, habrá que limitar la velocidad de los trenes a 60 kilómetros por hora o menos.

- CALZADO DOSIFICADO (SOUFFLAGE) DISCONTINUO, AFECTANDO MENOS DEL 50% DE LOS DURMIENTES EN 100 METROS DE VIA

La liberación previa es obligatoria, si el riel fue colocado fuera de la temperatura de liberación.

La altura máxima del levante será de 1 centímetro a no ser que se impongan reducciones de velocidad iguales o inferiores a 60 kilómetros por hora a los trenes.

" SOUFFLAGE MESURE " (25)

Por considerar bastante interesante el método de nivelación con calzado dosificado, cuyo origen es inglés pero que en Francia se ha perfeccionado y establecido como reglamentario dentro de la Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses, a continuación trataremos de exponer en forma condensada, pero sin perjuicios de la claridad en qué consiste, condiciones para su aplicación y las diferentes operaciones que entran en su ejecución.

Este método ha venido a sustituir con resultados óptimos la nivelación clásica por calzado y, en esencia, consiste en colocar por medio de una paleta especial la cantidad precisa de balasto para llenar el hueco existente entre el durmiente y la cama del mismo, ejecutándose de dos tipos; continua y discontinua, ya sea que la totalidad de los durmientes en un tramo tienen que calzarse o sólo algunos que se encuentran separados a distancias variables entre sí.

Por norma establecida este sistema no debe ser utilizado:

- En rehabilitaciones de vía cuando se ejecute una depuración del balasto.
- Cuando la cantidad de durmientes por sustituir es bastante elevada.
- Cuando la rectificación del alineamiento implica desplazamientos horizontales o verticales superiores a 30 mm.
- Cuando por alguna causa se tengan que ejecutar cambios importantes en la sobreelevación de las curvas.
- Cuando la plataforma de la vía es inestable y el balasto es de inferior calidad.

La ejecución de este sistema de nivelación abarca cinco operaciones cuyo orden no se puede alterar y que son las siguientes:

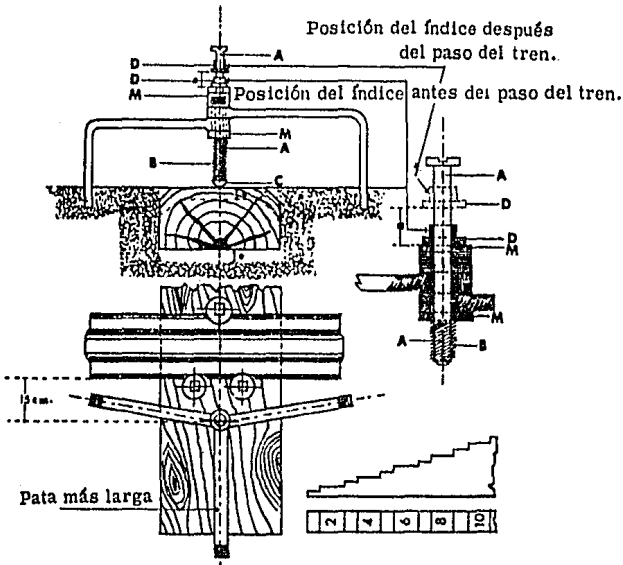
- 1.- Determinación de la altura a que deben levantarse los durmientes.
 - 2.- Desencajonado de la vía.
 - 3.- Calzado propiamente dicho.
 - 4.- Recubrimiento con balasto.
 - 5.- Rectificación del alineamiento.
- 1.- Refiriéndonos a la primera operación se hace necesario medir con la mayor precisión los defectos existentes en la nivelación, distinguiendo los defectos de estabilidad y los defectos de nivelación propiamente dicha.

La estabilidad de la vía se afecta debido al espacio vacío entre la parte inferior del durmiente y el balasto en que debe apoyarse. Para medir la altura exacta de este hueco se utiliza un aparato llamado *danzómetro*, tomando del nombre *danzarín* que se aplica al durmiente que no apoya en el balasto.

El danzómetro está compuesto de 3 pies plegables alrededor de un mango central que atraviesa un vástago deslizante, el cual se encuentra constantemente empujado hacia arriba por la acción de un resorte apoyado su extremo superior en el mango y el inferior en la punta del vástago. Este tiene en la parte superior un índice que se desplaza sobre el vástago.

El muelle que empuja el vástago hacia abajo, se comprime por la presión de su punta sobre el durmiente y estando el índice en con contacto con la cara superior del mango al pasar las ruedas de los

trenes en los rieles fijados a los durmientes danzarines, éstos se hunden hasta ponerse en contacto con el balasto, permaneciendo los pies del danzómetro inmóviles mientras que el vástago sigue el movimiento vertical del durmiente.



Trípode " Danzómetro " para medir al asentamiento.

El índice que se encuentra retenido por el mango del aparato no puede descender, pero sí acompaña al vástago cuando éste se desplaza hacia arriba al liberarse de la carga, recorriendo una distancia igual al descenso del durmiente que es la altura buscada del hueco la cual se mide en milímetros haciéndose uso de un calibrador.

Previamente a la medida del defecto señalado, por medio de un bastón de bola se localizan los durmientes danzarines golpeando la cabeza de éstos, aplicándose los danzómetros en los que parezcan más danzarines.

Los valores encontrados con los danzómetros se reparten a derecha e izquierda asignando a cada durmiente danzarín un valor igual a la mitad del valor existente en el anterior.

Para la medida de los defectos de nivelación propiamente dicha, se utiliza un escantillón nivel que determina el desnivel transversal y un anteojo y mira que determina las alteraciones de la nivelación longitudinal, distinguiendo en este último caso las 3 variantes siguientes:

- Nivelación de un hilo de la vía entre dos puntos correctos.
- Nivelación de un hilo entre dos puntos con calzado de los mismos.
- Nivelación general de la vía.

Determinado el valor de los defectos de estabilidad y de nivel, la suma de los dos nos da en mm. el valor del calzado por ejecutar a cada durmiente danzarín.

- 2.- Para el desencajonado de la vía, realizado con pico y pala, se abre en el balasto una zanja de 15 a 20 cm. de ancho por 40 cm. de longitud a cada lado del patín del riel, en el costado de cada durmiente por calzar y por el lado de la cara que corresponde al sentido de avance del trabajo, poniendo especial cuidado de que la profundidad de la zanja, no rebase el nivel de la cara inferior del durmiente.
- 3.- La pala especial o de recalce, citada al principio, se compone de un cajón para el balasto que se va a introducir debajo de los durmientes, cuyo fondo es curvo y su pared delantera posee una ranura para el paso del balasto, ésta va unida mediante un marco a un mango tabular con terminación de empuñadura, dentro del cual se desliza un pistón con empuñadura en su extremo superior, teniendo en la inferior sujeta una corredera con tres soleras flexibles de

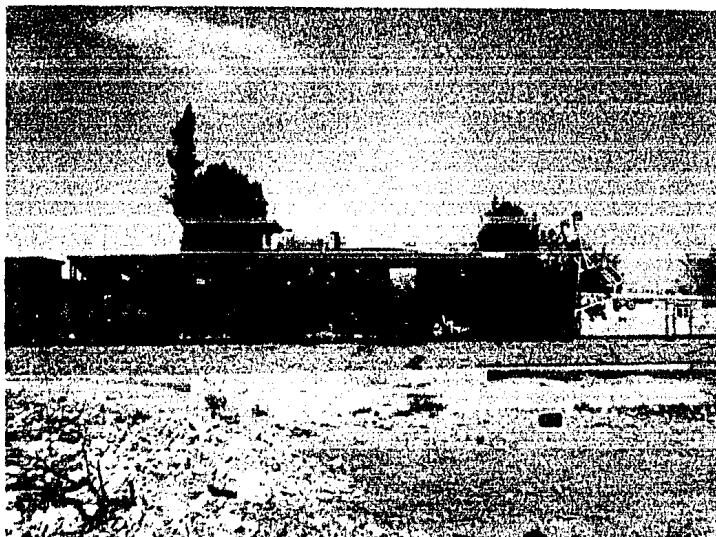
lámina que llevan remachado en sus extremos, pequeños calzadores.

El balasto que se deposita en el cajón es la cantidad necesaria para 38 cm. a cada lado del riel, a partir del eje del mismo, medida en una pala dosificadora cuyo volumen total permite un levante de 20 mm., pero teniendo en sus paredes laterales referencias constituidas por tres hileras de pequeñas perforaciones, que corresponden a levantes de 5, 10 y 15 mm. respectivamente.

Para poder introducir con mayor facilidad el balasto, éste debe ser de granulometría comprendida entre 10 y 30 mm., haciéndose indispensable además levantar la vía por medio de gatos, colocados dos por riel, cuatro cm. como máximo.

Es conveniente hacer notar que el balasto por utilizar previamente ha sido descargado a lo largo de la vía en montones de donde es llevado a las palas de recalce por medio de cajones provistos de un patín para deslizarse sobre los durmientes y de rodillos para rodar sobre el hongo del riel.

- 4.- El recubrimiento de la vía consiste en volver a colocar en los cajones el balasto que se extrajo, cuidando de separar el demasiado grueso y no dejar sin cubrir ningún tramo de la vía recalzada en la jornada.
- 5.- La rectificación del alineamiento se hace diariamente sobre el tramo de vía recalzado, utilizando anteojo y mira.



Multicalzadora (calzadora, niveladora, alineadora) MK II.

- CRIBADO O LIMPIEZA DE BALASTO

El cribado o limpieza de balasto de la sección bajo la cara de los durmientes, no se efectúa actualmente en vía elástica, por la desconsolidación y el consiguiente peligro de deslizamiento que este tipo de trabajo podría originar.

- ROTURA DE RIELES

Las roturas de riel no se producen generalmente a temperaturas superiores a las de colocación, ya que el "L.R.S." se encuentra comprimido, si por excepción se presentase este caso, bastaría consolidar la sección rota con una "Ces" (prensa) y efectuar la reparación definitiva.

En el invierno o en la época de mayores fríos es cuando existe mayor peligro de roturas por mayor tracción. Como la reparación debe realizarse a temperaturas muy próxima a la de colocación será necesario aguardar la época más templada o calentar el riel; en ambos casos, transcurrirá un cierto tiempo, antes de poder reparar definitivamente la rotura y por lo tanto, se hace necesario ejecutar una reparación "provisional".

a) Reparación provisional a corto plazo.

Quando la reparación provisional, puede efectuarse en el plazo de algunos días, se unirán los dos trozos de riel por medio de una "Ces" y se colocarán además a un lado y a otro de la sección de fractura y a 5 metros de ella, 20 anclas en 19 durmientes alternados cuya finalidad es aminorar las fuerzas que aparecen en los labios de la rotura.

Finalmente se hará un cuidadoso apriete de las grapas en 50 metros a cada lado de la rotura.

b) Reparación provisional a largo plazo.

La reparación, se ejecutará cortando un trozo de riel de longitud aproximada a 4 metros, (2 metros a cada lado de la rotura), teniendo cuidado que los extremos del trozo se encuentren por lo menos a 2 metros de la soldadura más próxima. Si en el momento de esta operación, la temperatura es superior a la temperatura de fijación de "L.R.S.", los cortes serán necesarios hacerlos con soplete.

La parte suprimida se reemplazará por un trozo de riel de igual calibre y desgaste, unido por medio de "Ces", a las partes contiguas del "L.R.S.". Se colocará además en la forma indicada en el párrafo anterior, igual número de anclas.;

La longitud del trozo de riel, será precisa para que en cada extremo queden espaciados cuya anchura dependerá de la época en que se efectúe la reparación. El ancho de los espacios se encontrará haciendo uso del "Diagrama de dilatación de rieles", de manera que se permita la dilatación de 50 metros de riel para variaciones de temperatura iguales a:

25°C cuando la reparación se efectúe en época en que el máximo de temperatura no exceda de + 30°C.

20°C a 60°C, cuando la reparación se efectúe en época en que las temperaturas mínimas y máximas pueden variar de 20 a 60°C.

c) Reparación definitiva.

La reparación definitiva de un riel roto en un "L.R.S." al aire libre, debe ir siempre acompañada de la liberación del tramo comprendido entre las "J.D." más próxima y 120 metros más allá de la soldadura del lado de la otra "J.D." excepto cuando la soldadura diste menos de 20 metros de la "J.D."

Después de quitar el trozo provisional, se liberarán las tensiones en

el tramo indicado, y se efectúa el apriete de las fijaciones.

d) Deformaciones de la vía.

En los "L.R.S." las deformaciones de la vía, en sentido horizontal, como consecuencia de trabajos mal efectuados de nivelación o por errores de liberación.

Para volver la vía a su primitiva posición se cortará con el soplete la sección precisa en los dos rieles y una vez la vía alineada, se apretarán los labios de los cortes con "Ces" (prensas).

Las partes adyacentes de la vía se asegurarán con 30 anclas, colocadas en la forma indicada en los párrafos, "Reparación provisional a corto plazo".

- CONSERVACION DE LAS JUNTAS DE DILATACION "J.D."

Las juntas de dilatación "J.D." son puntos singulares de la vía, que precisan una vigilancia especial sobre todo en el transcurso del año siguiente a su colocación.

La nivelación y alineación de las "J.D." tienen una importancia muy grande para su buen funcionamiento en servicio y por ello cualquier irregularidad que se observe debe ser corregida lo antes posible.

Los durmientes de madera de las "J.D.", deben estar siempre en perfecto estado, para que la fijación de los tirafondos sea eficaz y se mantenga el escantillón de la vía en la "J.D.", con una tolerancia máxima de $\pm 2\text{mm}$.

Las caras internas y patines de las agujas, que se apoyan en el bloque central de acero manganeso, deben engrasarse periódicamente, debiendo efectuarse también una limpieza general de toda la junta. Asimismo deberán

reapretarse en estas visitas todos los tirafondos especiales de fijación. En general la "J.D." debe mantenerse en todas sus partes y elementos constitutivos de acuerdo con los planos de construcción y diseño de la misma.

Las rebabas que se formen en la superficie exterior de las agujas deberán eliminarse, ya que su existencia produciría una falsa medida del escantillón de la vía.

- BALASTADO

Conviene hacer notar, que las contracciones no quedarán convenientemente repartidas, y el desplazamiento nulo, sólo cuando los durmientes estén convenientemente anclados a la plataforma por medio de un balastado corecto. Este mismo balastado será el que mejor se opondrá a las tendencias de la vía a deformarse cuando ella sea sometida a contracciones elevadas; por tanto el balastado correcto y abundante, con el estricto respeto de las secciones tipos de balasto, es una regla imperativa.

- ESCANTILLON DE LA VIA

El escantillón de la vía elástica, debe ser de 1 435 mm, igual que la vía clásica, con una tolerancia de ± 1 mm.

4. CONCLUSIONES

Para que las instalaciones ferroviarias sean eficientes, no sólo se atenderá a los aspectos constructivos de obras nuevas, sino también a la adecuada conservación de las ya existentes. Una conservación buena de la vía garantiza la regularidad de los horarios, el confort y la seguridad; así mismo, prolonga la vida de los materiales utilizados economizando rieles y durmientes, reduciendo enormemente los gastos y mejorando las condiciones de servicio. Donde puede aumentarse la velocidad de los trenes y en consecuencia mejorar el rendimiento de las locomotoras y de los carros.

La buena conservación de la vía es un factor importante en la actividad de un ferrocarril. El conocimiento detallado de los trabajos por ejecutar y su consecuente realización con toda oportunidad, haciendo uso de los elementos disponibles, además de permitir de manera segura el tránsito impedirá el incremento de las fallas en la vía y disminuirá considerablemente la necesidad de los trabajos que puedan considerarse de construcción.

Las características y situación de nuestras vías son las siguientes:

- La conservación adolece de deficiencias debido a la falta de elementos, en primer lugar, y a la poca responsabilidad con que se han utilizado los recursos.
- La creciente acumulación de la conservación diferida, muestra de una falta de presupuesto federal y de recursos humanos, dentro de los Ferrocarriles Nacionales de México.
- La necesidad urgente de corregir esta mala conservación, razón por la cual es difícil proponer y pensar en la modernización.

En relación con los temas desarrollados en este trabajo respecto a los diferentes tipos de vías, se pueden considerar las siguientes conclusiones.

VIA CLASICA (TRADICIONAL)

- Se incrementan los gastos de conservación de la superestructura de la vía, así como gastos de tracción, disminuyendo el confort de los pasajeros.
- En la colocación tradicional de las vías férreas, las juntas entre los rieles cortos (12 m) constituyen puntos de poca resistencia.
- El aplanamiento de los extremos de los rieles y las deformaciones que se producen a causa de estas juntas, aumentan la amplitud de los golpes de línea y de nivel.
- El sistema empleado en México de sujetar la vía mediante clavos es ineficaz. La falta de firmeza de la sujeción mediante clavo, origina fenómenos vibratorios y esfuerzos dinámicos casi imposibles de valuar.
- La falta de capacidad del clavo para resistir esfuerzos de tracción, ocasiona el hundimiento del patín del riel en el durmiente de madera y su consiguiente destrucción prematura.
- La conservación de la vía exige el reemplazo anual de varios millones de durmientes de madera (la durabilidad de la madera es muy pequeña).

BIBLIOGRAFIA

M. TOGNO FRANCISCO, Ferrocarriles, 2a. reimpresión, México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1980.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS, Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras, Segunda Edición, México, 1971.

RICO ALFONSO Y DEL CASTILLO HERMILIO, La Ingeniería de Suelos, Vol.I, Ed. Limusa, 1974.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, Dirección General de Ferrocarriles en Operación, Conservación de Vía (Manual para trabajadores de vía), México, junio de 1969.

SANCHEZ RAMIREZ ABRAHAM ROBERTO, Comportamiento de durmientes de concreto y un nuevo sistema para sujetar el riel al durmiente, Tesis Profesional, México, Facultad de Ingeniería U.N.A.M., 1985.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO (Instituto de Capacitación), Dirección de Capacitación en Vía y Estructuras), Curso por correspondencia sobre conservación de vía, Capítulos del I al XIII.

S. MERRIT FREDERICK, Manual del Ingeniero Civil, Vol. III, Mc Graw, Mac Graw - Hill, México, 1984.

G. RODRIGUEZ MAC NICE, Vía moderna de los Ferrocarriles Nacionales de México, Revista Ingeniería, Vol. LIII, No. 2, 1983.