



15

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"

MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS

TESIS

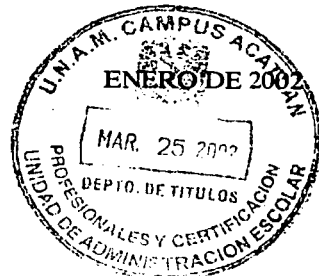
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Ingeniero Civil

PRESENTA

César Octavio Flores Jiménez

Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Contenido

Contenido	i
Introducción	iii
Capítulo 1 GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes históricos	1
1.2 Infraestructura Ferroviaria Actual	5
1.3 Justificación	6
Capítulo 2 CONSTITUCION DE LA VÍA	8
2.1 Terracerías	8
2.1.1 Desmontes	
2.1.2 Cortes	
2.1.3 Préstamos	
2.1.4 Terraplenes	
2.2 El Sub-balasto	25
2.3 El Balasto	30
2.4 Durmientes	37
2.4.1 Durmientes de madera	
2.4.2 Durmientes de concreto preesforzado	
2.4.3 Durmientes de acero	
2.5 El Riel	47
2.5.1 Esfuerzos del riel y base del durmiente	
2.5.2 Características del riel	
2.5.3 Materiales recomendados para rieles	
2.5.4 Rieles tipo "T"	
2.6 Accesorios	51
2.6.1 Accesorios de conexión	
2.6.2 Accesorios de fijación y anclaje	
2.7 Cambios	74
2.7.1 Agujas	
2.7.2 Accesorios para colocar las agujas	
2.7.3 Árboles de cambio	
2.7.4 Protectores para las agujas	
2.7.5 Sapos	
2.7.6 Contrarrieles	
Capítulo 3 CLASIFICACION DE LAS VIAS FERREAS	90
3.1 Volumen de carga	91
3.2 Condiciones físicas de la vía	92

3.3	Capacidad de carga	92
3.4	Requisitos mínimos para la conservación de vías	93
Capítulo 4 CONSERVACION DE VIAS FERREAS		96
4.1	Terracerías	99
4.2	Balasto	100
4.3	Durmientes	100
4.4	Rieles	100
	4.4.1 Grieta horizontal	
	4.4.2 Grieta vertical	
	4.4.3 Separación del alma y del hongo	
	4.4.4 Alma agrietada	
	4.4.5 Riel entubado	
	4.4.6 Patín roto	
4.5	Accesorios de vía	105
4.6	Mantenimiento de terracerías	115
4.7	Mantenimiento para balasto	117
4.8	Reemplazamiento de durmientes	118
4.9	Mantenimiento del riel	120
4.10	Mantenimiento para accesorios de vía	121
4.11	Nivelación y alineación de vía en tangente	126
	4.11.1 Reparaciones parciales o en tramos	
	4.11.2 Reparaciones continuas	
	4.11.3 Nivelación	
	4.11.4 Alineación	
4.12	Alineamiento y sobre elevación de las curvas	130
CONCLUSIONES		137
ANEXO 1 PRUEBA DE LOS ANGELES		
ANEXO 2 UNION DE RIELES MEDIANTE SOLDADURA		

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene la finalidad de plantear un sistema de conservación aplicable en todo tiempo a la red ferroviaria actual, para que la infraestructura y superestructura de las vías mantengan un alto nivel de calidad que garantice la seguridad de los trenes y mercancías que circulan sobre ella, además de aumentar la vida útil de los materiales y elementos que conforman la vía, haciendo la corrección y mantenimiento de defectos menores con costos bajos, antes de que se originen o se desarrollen grandes desperfectos que amenacen la seguridad de operación de trenes y representen costos muy altos o hagan inoperables las vías.

CAPITULO 1 GENERALIDADES

El transporte representa el movimiento de alimentos, insumos industriales y productos manufacturados, además del traslado de pasajeros.

El transporte eficiente es la base del desarrollo, el cual depende de la producción donde se complementan los recursos nacionales con los recursos importados.

Sólo la moderna transportación terrestre hace posible la formación de grandes ciudades. Transportar es índice de producir y su gráfica debe ser paralela a la producción nacional y mayor que la de la población.

Un ferrocarril se puede definir como el conjunto formado por la vía compuesta de guías paralelas, denominadas rieles, sobre las que transitan una serie de trenes movidos por tracción mecánica y las instalaciones tales como patios, laderos y estaciones ya sea de carga o de pasajeros, necesarias para el mantenimiento y buen funcionamiento del ferrocarril.

1.1 Antecedentes Históricos.

El ferrocarril ocupó el primer lugar en el transporte terrestre de 1825 a 1925.

En la infraestructura el ferrocarril remonta su origen al invento de la locomotora de vapor en el año de 1808. Este usa en la superestructura rieles en lugar de una superficie asfaltada de rodamiento y ruedas de acero en lugar de neumáticos.

El ferrocarril emplea locomotoras para remolcar trenes hasta de 100 carros con una longitud total de 1.5 kilómetros. Necesita vencer una resistencia de rodamiento 5 veces menor que en la carretera y el personal empleado para un ferrocarril también es 5 veces menor que el necesario para igual transporte.

La primer máquina de vapor fue inventada en 1808, fabricada en Inglaterra por Trevithick, su velocidad era de 2.3 kph. En 150 años se convierte en locomotora eléctrica BB serie 7,000 que bate el récord de 331 kph en los ferrocarriles franceses.

Para 1825, en Inglaterra, Stephenson construye la primera locomotora eficiente y en 1829 se remolca un tren de 40 toneladas de peso, que corre a 29 kph jalado por una locomotora "Rocket" tipo Stephenson en el ferrocarril comercial que fue el de Liverpool a Manchester.

Las vías con rieles y durmientes o traviesas se usaban desde 1670 en el transporte de carbón en las minas y el ferrocarril propiamente dicho nace en 1825 para los ingleses y en 1839 para los franceses.

Para 1840 las máquinas de los Stephenson corrían trenes a 93 kph como velocidad máxima con promedios de 80 kph.

En 1850, las locomotoras Crampton de 800 HP alcanzaron velocidades de 125 kph.

En 1865, en EE UU, un tren con locomotora "American" alcanza 165 kph.

La expansión ferroviaria fue producto de la primera gran revolución industrial mundial que se dio entre 1825 y 1925. La máquina de vapor ha evolucionado hasta convertirse en máquinas con motores a diesel, diesel eléctricas de gran velocidad, diesel hidráulicas muy potentes, locomotoras con turbinas de gas y locomotoras eléctricas.

En México se evolucionó del tráfico de arriería en 1821 hasta la aparición del ferrocarril en 1872. En el lapso comprendido entre 1872 y 1926 se construyeron un promedio de 350 km. de vía por año, reduciéndose éste ritmo entre 1926 y 1966 a solo una tercera parte, con lo cual se alcanza un kilometraje actual de 24,905 km. Aproximadamente, de la red de Ferrocarriles Nacionales de México.

En 1837 se registra el primer antecedente en los ramales de las vías férreas cuando el presidente Anastasio Bustamante otorga a Francisco Arriaga la primera concesión para construir un camino de hierro entre la capital de la República y el puerto de Veracruz. La concesión sucumbió ante la incapacidad del comerciante veracruzano, pues no pudo realizar ni un solo metro de vía; el proyecto, en cambio, estaba destinado a sobrevivir y cobraría su primer fruto el 16 de septiembre de 1850, fecha de inauguración del tramo de 13.6 km. entre Veracruz y El Molino. México se convertía así en el décimo segundo país en la historia que gozaba del servicio ferroviario.

Los afanes por contar con un transporte eficaz que estuviera a salvo del bandidaje y evitara las incomodidades connaturales al tránsito de las carretas y diligencias por caminos ruinosos, tenían como meta fomentar la prosperidad nacional, tal como sucedía entonces, con circunstancias semejantes en el vecino país del norte.

La realidad, empero, arremetía frontalmente contra estas aspiraciones. El principal obstáculo era la topografía del territorio nacional, conformada por grandes cordilleras y macizos montañosos desplantados desde el centro hacia el sur y a todo lo largo de nuestras costas. Estos obstáculos no apagaron los encendidos ánimos de los gobiernos nacionales, que pudieron superar la falta de capitales de inversión y los altos costos de construcción en la geografía mexicana.

A finales de 1873 se habían construido 572 km. de vías férreas, de los cuales 470 km. correspondían a la citada vía entre México y Veracruz, del Ferrocarril Mexicano. Por esas fechas las autoridades cambiaron el enfoque de otorgar concesiones en forma indiscriminada. Las amargas experiencias de la guerra de Texas y de la intervención francesa, originaron franca desconfianza hacia la aceptación de capitales extranjeros.

Por otra parte, las compañías norteamericanas no abandonaban su empeño por extender sus vías más allá de sus fronteras, hasta entroncarlas al Pacífico a través del territorio mexicano. Después de la revuelta de Tuxtepec que encabezó el General Porfirio Díaz contra el Presidente Sebastián Lerdo de Tejada, se incrementó la desconfianza de inversionistas europeos, puesto que no tomaban a bien la poca estabilidad de los regímenes gobernantes. Por esta razón, el kilometraje construido en esta década, a pesar de su poca extensión, lo debemos al esfuerzo de algunos estados que fueron apoyados por el Gobierno Federal.

La etapa de mayor dinamismo en la construcción de vías férreas en nuestro país se dio poco antes de concluir el siglo XIX y prosiguió hasta los inicios del siglo XX. La elección de Manuel González como Presidente de la República recuperó la certidumbre general en la disposición democrática de su antecesor, Porfirio Díaz, quien había entablado negociaciones que maduraron durante la siguiente gestión.

El General González formalizó muy temprano con empresarios norteamericanos, las dos concesiones que hasta antes de la puesta en operación de esta doble vía, cubrían la ruta. Nos referimos por una parte, a la otorgada a la compañía Ferrocarril Central Mexicano, con el fin de que se construyese la línea México a paso del Norte, pasando por Querétaro, Celaya, Salamanca, Irapuato, Guanajuato, Silao, León, Aguascalientes, Zacatecas y Chihuahua, así como un ramal hacia el Pacífico, por Guadalajara.

La otra concesión fue adquirida por la Compañía Constructora Nacional Mexicana, que más adelante cambiaría su denominación por la compañía del Ferrocarril Nacional Mexicano, a la que se la daban los derechos para realizar dos líneas en vía angosta: México a Manzanillo por Toluca, Maravatio, Acámbaro, Morelia, Zamora y La Piedad; y México a Nuevo Laredo, por San Luis Potosí, Saltillo y Monterrey.

La compañía del Ferrocarril Central Mexicano había sido fundada por hombres de empresa radicados en Boston, quienes manifestaron en su escritura constitutiva un capital inicial de un millón de dólares, cifra que no tardó en aumentar a 16 millones. El prestigio que acompañaba a los socios fundadores hizo posible la recepción inmediata de suscriptores, que aportaron fondos excedentes por 5 millones de dólares. Semejante respaldo económico, conjugado con la voluntad política del ejecutivo y la disminución, muy notoria en materia ferroviaria de los congresos V y IX, condujo al inicio acelerado de los trabajos en el tramo de México a León, el cual debía concluirse el último día de 1882. el término para completar el ramal al Pacífico era de 5 años, y para paso del Norte 8, contados a partir de esa fecha. Sin embargo, estos lapsos resultaron holgados, pues el ritmo de la construcción, iniciada el 25 de mayo de 1880, permitió inaugurar el 15 de septiembre de 1881 el tramo de cerca de 100 km., comprendido entre México y Tula.

El primero de diciembre de ese mismo año fue posible alargar el viaje 97 km. más, hasta San Juan del Río. Localizada 54 km. adelante, la ciudad de Querétaro recibiría jubilosa el 16 de febrero de 1882 al primer ferrocarril. Con este motivo se organizó una feria industrial que orgullosa mostraba los adelantos tecnológicos de la época. El

compromiso de hacer llegar hasta León fue saldado con 5 meses de anticipación y la conclusión del ramal a paso del Norte tuvo lugar el 22 de marzo de 1884, cuando por primera vez partió de la ciudad de México un tren con destino a Chicago. se habían construido 1970 km. en solo 1388 días , es decir, un promedio de 1.42 km. diarios, labor que constituye toda una hazaña.

Pero toda moneda tiene dos caras y esta obra no fue la excepción. Si bien el ramal hacia el norte fue concluido a todo vapor debido a las intereses norteamericanos, el tramo que debería comunicar al Pacífico tuvo un avance lento, no obstante su importancia para el país. La línea logró tocar Guadalajara en 1888 y la compañía obtuvo en relevo la obligación de construir el tramo restante.

La compañía del Ferrocarril Nacional Mexicano inició sus gestiones para trabajar en México en 1877, causando una agria discusión en los congresos correspondientes, que no lograban ponerse de acuerdo al respecto. Por fin se autorizó su ejecución en julio de 1880, junto con las del Central y el de Sonora. Los trabajos se iniciaron a un ritmo acelerado, aunque no tanto como las del Ferrocarril Central

En términos globales el avance de la obra durante el cuatrienio del gobierno de Manuel González fue satisfactorio ya que tendió un total de 1164 km. pero su impacto en la opinión pública resultó insignificante, debido a que este kilometraje se encontraba disperso en siete diferentes tramos y en algunos de ellos en franca imposibilidad de conectarse al servicio de la compañía. Esto aunado a un escantillón angosto, impedía que compitiera con la vía del Ferrocarril Central. Únicamente con la adquisición del tramo entre México y El Salto que corría paralelo a la vía de Tula, fue posible conservar la posibilidad, cumplida más tarde, de tender una vía directa entre México y San Luis Potosí, con el objetivo de reducir substancialmente la distancia a la frontera.

Después la construcción de vías férreas quedó paralizada por completo debido a la Revolución que estalló en 1910, una vez terminada ésta se intentó volver a construir o terminar los tramos que habían quedado incompletos, pero debido a que el país se encontraba metido en una gran crisis por tantos años en guerra e inestabilidad no contaba con los recursos económicos necesarios por lo que el ritmo de construcción era muy lento.

Otra razón para la reducción del ritmo de construcción de las vías férreas se debió en parte a la necesidad de crear la red caminera, por la aparición y gran auge de los automóviles a principio de siglo, de ésta red caminera se construyeron 55,000 km. de caminos entre 1926 y 1966, a la fecha van más de 250,000 km. transitables en todo tiempo.

Los ferrocarriles nacionales movían por día hasta antes de su privatización, algo más de 500 trenes (1/3 de pasaje y 2/3 de carga) recorriendo un promedio de 300 km. los de pasaje y de 200 km. los de carga.

El tren de carga medio producía 100 mil toneladas-kilómetro (netas) por tren, con recorrido medio de 200 kilómetros y una distancia media de 450 km. por tonelada.

El tren de pasajeros medio producía 60 mil pasajeros-kilómetro, con recorrido medio de 300 km. por 120 km. de recorrido por pasajero.

Los ferrocarriles mexicanos movían sus trenes con, aproximadamente, 1,000 locomotoras, 2,000 coches y 25,000 carros.

1.2 Infraestructura Ferroviaria Actual.

La extensión de la red férrea de Ferrocarriles Nacionales de México era de 24,905 km. de los cuales 20,445 son de vía principal y 4,460 son patios y laderos. De las vías principales, 8,200 km. están en condiciones adecuadas para soportar el tráfico de los trenes comerciales actuales con carros de alta capacidad, ya que en sus elementos se incluyen rieles soldados continuos de alto calibre, apoyados sobre durmientes de concreto. Adicionalmente en México se cuenta con 1,540 km. de vías particulares, principalmente espuelas.

De la red férrea, 7,810 km. son de vía tradicional con rieles de 100 lb/yd o mayor, y 4,300 km. son ramales armados con rieles de bajo calibre, emplanchuelados y clavados en durmientes de madera.

De acuerdo con la densidad del tráfico, se considera que 11,200 km. constituyen la Red Básica Prioritaria, por donde circulan los trenes más importantes y que generan la mayor parte de los ingresos por el transporte de carga. Los 8,200 km. de vía moderna están incluidos en esta red.

El 60 % de las líneas tiene capacidad de carga para soportar carros de 100 toneladas, aquí se incluyen 11,200 km. de la Red Básica Prioritaria. El 40 % restante lo constituyen las líneas de menor capacidad.

Por lo accidentado de la orografía de México, aún se cuenta con 2,499 km. de vía en tramos de montaña con fuertes pendientes y curvaturas. En toda la Red se tienen 10,800 puentes con una longitud total de 194.6 km. y 24,500 alcantarillas que suman 66.6 km. Existen 301 túneles cuya longitud en conjunto es de 71.5 km. de los cuales 115 requieren ampliar su gálibo para permitir el paso de equipo de doble estiba y tres niveles.

Existían en lo Ferrocarriles Nacionales de México 1,500 km. de vía señalizada con el sistema de Control de Tráfico Centralizado (CTC), de los cuales 900 km. requieren modernizarse y rehabilitarse. Además, para optimizar el servicio en los mejores tramos de vía, se necesita señalizar con CTC cuando menos, otros 2,157 km.

El sistema de transporte ferroviario tiene una gran capacidad de carga y bajos costos de operación, en comparación con otros sistemas de transporte masivo de mercancías, lo que lo hace importante para el desarrollo de la industria y el campo y por tanto importante para el país.

1.3 Justificación

El Sistema Ferroviario, piedra angular del crecimiento económico y político de un país en vías de desarrollo, tubo un gran auge en el gobierno Porfirista, pero posterior a la revolución de 1910 tubo un desarrollo casi nulo.

La situación tan precaria en las que se encontraba el Sistema Ferroviario después de la Revolución dio lugar a que el 24 de junio de 1937 el entonces Presidente de la República Lázaro Cárdenas decretara un acuerdo para la nacionalización completa de los Ferrocarriles Nacionales.

En el acuerdo consideraba que la denominada Ferrocarriles Nacionales de México SA que controlaba las líneas más importantes de la red, desde hacía tiempo atrás operaba las líneas con vicios arraigados y deficiencias en el manejo del sistema ocasionando retrasos en el ritmo de progreso técnico con perjuicios para la economía del país y cada uno de los mexicanos. Consideraba también que no debían descuidarse por más tiempo por ser de trascendental importancia para el desarrollo del país y era preciso adoptar medidas para su solución y mejora del servicio, por tal motivo concluyó que el paso más conveniente era la expropiación de los Ferrocarriles Nacionales.

A partir de este momento y hasta la década de los sesentas, el sistema ferroviario representó un adelanto para los elementos nacionales como el campo la industria y el transporte de pasajeros.

Desafortunadamente por políticas que privilegiaron el desarrollo del transporte por carretera, por la nula construcción de nuevas vías y por la falta de visión del gobierno decayeron hasta su semiabandono.

Esta situación obligó desde mediados de la década de los 80's a pensar en la modernización del sistema ferroviario. Sin embargo esta idea no cristalizó hasta 1995, cuando fue modificado un párrafo del Artículo 28 Constitucional para permitir la inversión extranjera en el sector, se promulgó la Ley del Servicio Ferroviario y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes definió los lineamientos generales de privatización.

A partir de la privatización de Ferrocarriles Nacionales en el año de 1995, las principales empresas ferroviarias reportan un buen aumento en el transporte de carga sobre todo en lo referente al cemento, automóviles, granos, productos petroquímicos y siderúrgicos entre otros, que oscila entre un 15 y 24 % desde que obtuvieron la concesión de las líneas.

Debido a este favorable aumento los ferrocarriles de carga y sus líneas necesitaran inversiones importantes para mejorar y dar mantenimiento a vías, trenes e instalaciones.

Como es el caso de las vías del noroeste del país, que fueron concesionadas a TFM (Transportes Ferroviarios Mexicanos), que al cierre de 1 año de 1999 transportaron tres mil embarques y a finales de dos mil doblaron la cifra a setecientos veinte mil embarques.

Las líneas que llegan a la frontera norte con nuestro principal socio comercial (EEUU) tales como la de Mexicali-Calexico, Nogales-Cd. Juárez, Ojinaga-Presidio y Piedras Negras-Eagle Pass, así como las líneas que comunican puertos en el pacífico en Guaymas Sonora, Topolobampo y Mazatlán en Sinaloa, Manzanillo en Colima y en el Golfo de México, al puerto de Altamira y Tampico, todo este paquete fue adquirido por la empresa Ferrocarril Mexicano y cubren un total de 10,461 km.. Esta empresa con una inversión inicial de \$410 mdd y 8000 empleados lograron en el año dos mil un incremento del 24.5% en su transporte de carga.

En el sureste la Empresa Ferrosur con 1500 km de vía troncal y 4600 carros de ferrocarril, han aumentado un 15 % su transporte de carga como son los granos y productos agrícolas que llegan al puerto de Veracruz y los productos petroquímicos, industriales y siderúrgicos que llegan al puerto de Coatzacoalcos.

Otras líneas de menor importancia, pero que en el futuro tendrán una mayor eficiencia son la de Chiapas-Mayab, que cubre el sur del país y la de Baja California con un tren de carga entre la Cd. De Tijuana y Tecate.

El tren de pasajeros esta casi agonizando y solo quedan dos líneas que podrían tener importancia sobre todo para el turismo, estas son: la de Chihuahua-Pacífico y la Oaxaca-Tehuantepec.

CAPITULO 2

CONSTITUCIÓN DE LA VÍA.

La vía de un ferrocarril se compone de dos partes principales: las terracerías y la superestructura.

Las terracerías son el conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de subrasante, y la superestructura, o vía propiamente dicho, es la parte que va arriba de la terracería y la forman dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que a su vez descansan sobre un lecho de material pétreo denominado balasto.

También hay que agregar los accesorios de las vías tales como placas, planchuelas y tornillos que forman parte de los dispositivos de sujeción, juegos de cambio y cruceros que se colocan para sustentar y guiar al equipo rodante.

Existen dos tipos de vías que son la elástica y la clavada.

La vía elástica es aquella en la que los rieles van soldados, tiene placas de hule amortiguador entre rieles y durmientes de concreto y sujeciones del tipo de muelle o resorte.

La vía clavada es aquella en la que los rieles van emplanchuelados, los durmientes son de madera y además se emplean placas de asiento metálicas entre rieles y durmientes, sujeciones con clavos de vía y anclas a presión sujetas a rieles.

2.1 Terracerías

Las terracerías son movimientos de tierra realizados para conseguir nivel uniforme del terreno sobre el que se asienta la vía. Al planear los trabajos, siempre se busca el equilibrio entre los volúmenes de material extraído por cortes y los necesarios para conformar los terraplenes. Entonces se puede definir a las terracerías como el conjunto de cortes y terraplenes de la obra de la vía, ejecutados hasta la subrasante.

Los materiales que se emplean en las terracerías son los que provienen de la corteza terrestre, ya sea que se extraigan de cortes o préstamos y que se utilizan en la construcción de terraplenes o rellenos, los cuales se pueden emplear solos, mezclados o estabilizados con otros materiales naturales o elaborados, en tal forma que reúnan las características adecuadas para su uso.

Los materiales para terracerías se clasifican de acuerdo con lo indicado en la Tabla 1.

Para obtener mejores resultados, al usar los materiales de terracerías se recomienda, de acuerdo a sus características, cumplir con lo indicado en la Tabla 2.

Tabla No 2. CLASIFICACION DE MATERIALES PARA TERRACERIAS

Tipo	Subtipo	Símbolo de grupo	Características Para su acomodo	Pruebas especificadas para la determinación de los pesos volumétricos tecos máximos	RECOMENDACIONES PARA SU USO				
					Cuerpo del terraplén	Capa subrasante en terracerías y cortes			
FRAGMENTOS DE ROCA	GRANDES Mayores de 75 cm y menores de 2 m	Fg Fgm Fge Fgmc Fgcm	Susceptible de acomodarse con el tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándose en su posición más aceptable, entendiéndose que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado.	No deben usarse			
	MEDIANOS Mayores de 20 cm y menores de 75 cm	Fm Fmc Fmg Fmcg Fmge	Susceptibles de acomodarse por bandejo con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén tendiéndose en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	No deben usarse			
	CHICOS Mayores de 7.5 cm y menores de 20 cm	Fc Fcm Fcg Fcmg Fcgm	Susceptible de acomodarse por bandejo con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	No deben usarse			
SUELOS	GRUESOS	Gravas	GW	Susceptibles de compactarse con equipo especial para este tratamiento. AASHO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	90 % de compactación.	No deberán usarse materiales con valor relativo de soporte saturado menor de 10 % o expansión de 3 %	95 % de compactación		
			GP						
			GM						
		Arenas	SW						
			SP						
	FINOS	Límite líquido menor de 50	SC		NO DEBEN USARSE			El proyecto deberá especificar aquellos casos en que no sea posible construir por capas, todo o parte del terraplén. Las mezclas de fragmentos de roca y suelos, en que predominen éstos, podrán, en algunas ocasiones, ser susceptibles de compactarse con equipo especial, aunque no pueda determinarse el método de compactación. Esto sólo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén, al momento de su construcción, a consecuencia de pruebas.	95 % de compactación en carreteras. En aeropistas no deben usarse. NO DEBEN USARSE
			ML						
			CL						
		Límite líquido entre 50 y 100	OL						
			MH ₁						
Límite líquido mayor de 100	CH ₁								
	OH ₁								
	MH ₂								
ALTAMENTE ORGANICO	Turba	CH ₂							
		OH ₂							
		Pt							

La obra de las terracerías implica el desmonte, los cortes, los préstamos, los terraplenes y el refinamiento.

2.1.1 Desmonte. Esta definido como el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de material vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad. Comprende las siguientes operaciones:

- > Tala, consiste en cortar las ramas y troncos de los árboles por el pie y colocarlos de manera ordenada en forma de barrera
- > Roza, esto es limpiar los suelos de cualquier hierba o elemento vegetal antes de realizar cualquier movimiento de tierras
- > Desenraice, esto es principalmente sacar las raíces de los árboles que han sido talados
- > Limpia y quema de todo los fragmentos de materia orgánica y vegetal producto de las actividades anteriores

Las operaciones antes mencionadas se ejecutaran en todo o en parte del derecho de vía, igualmente que en la superficie limitada por las líneas trazadas cuando menos a un metro fuera de las superficies que limitan los bancos, préstamos y otras superficies fuera del derecho de vía y podrán hacerse a mano o con máquina.

Cuando se hagan a mano, el corte de los árboles deberá quedar a una altura máxima sobre el suelo de setenta y cinco (75) centímetros y el de los arbustos a cuarenta (40) centímetros.

El desmonte en el sitio de los cortes y de las áreas de desplante de los terraplenes se ejecutará cuando sea necesario, en los tramos de terracerías compensadas, antes de iniciar la construcción de los mismos, removiendo los materiales inadecuados hasta la profundidad fijada; el despalme deberá haberse terminado dentro de los quinientos (500) metros contiguos adelante de cada frente de ataque de las terracerías.

Según sea el proyecto, se determinarán los árboles y arbustos que deban respetarse que no intervengan en el derecho de vía y se tomarán las providencias necesarias para no dañarlos y únicamente se cortarán las ramas que queden a menos de ocho (8) metros de la corona de la terracería.

El desmonte se medirá tomando como unidad la hectárea con densidad de 100%.

2.1.2 Cortes. Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural en ampliación o abatimiento de taludes, en rebajes en la corona de cortes y terraplenes

existentes, en derrumbes, escalones o despalmes, con el objeto de preparar y formar la sección de la obra, por donde va a pasar el ferrocarril, (Figura 1 y 2).

Los materiales de cortes se pueden clasificar conforme a la dificultad que presentan para su extracción y carga en:

- Material A, que es blando o suelto y puede ser excavado con motoescrepa de 110 HP sin auxiliar de arados o tractores empujadores, son suelos poco a nada cementados con partículas de hasta 7.6 cm.
- Material B, es aquel que por la dificultad de extracción y carga solo puede ser excavado eficazmente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable de 140 HP, sin uso de arado ni explosivos. Los materiales considerados como tipo B son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tobas no muy rígidas.
- Material C, es aquel que por su dificultad de extracción solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además también se considera como material C las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 cm. Entre estos materiales se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

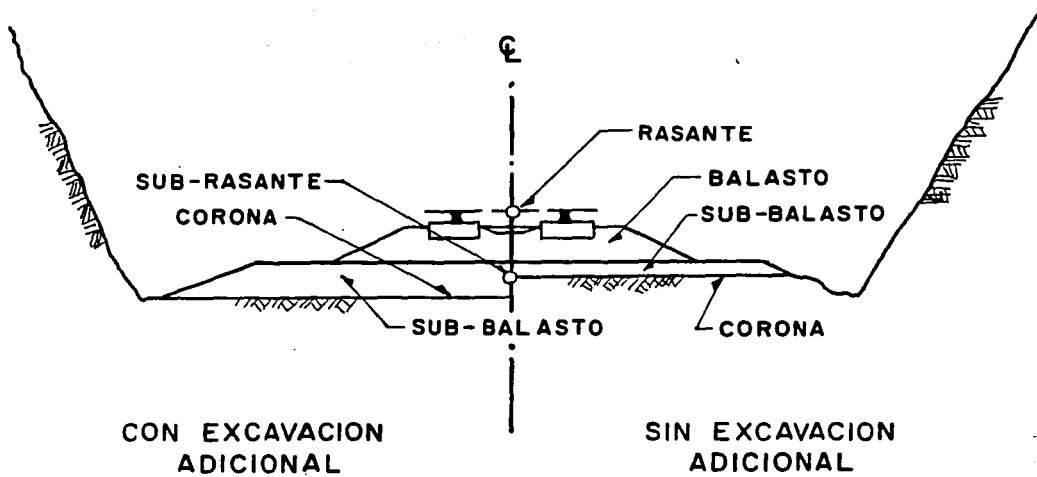
Los cortes se deberán hacer con equipo especializado y se despalmará el sitio de los cortes y el área de desplante de los terraplenes, desalojando la capa superficial de terreno natural para eliminar el material que se considere inadecuado para la construcción de las terracerías. Los despalmes se ejecutarán solamente en material blando o suelto, en suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de siete punto seis (7.6) centímetros, que son suelos agrícolas, arcillas, limos y arenas.

Las excavaciones en los cortes se ejecutarán de manera que permitan el drenaje natural del mismo y los materiales obtenidos en dichos cortes se emplearán en la formación de terraplenes, en la medida que sea posible.


Al hacer los cortes, particularmente cuando se empleen explosivos, se evitará hasta donde sea posible aflojar el material en los taludes, más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto.

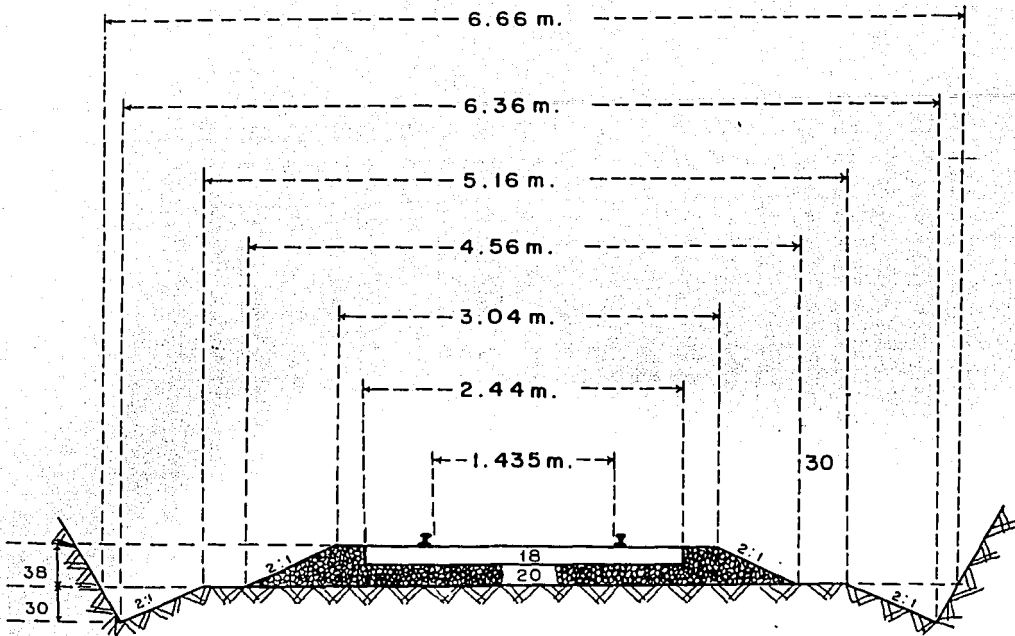
En los cortes en material como las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, riolitas, granitos y andesitas sanas, o rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tobas, la excavación se hará hasta una profundidad de treinta (30) centímetros abajo de la subrasante de proyecto, para formar la cama, no debiendo quedar salientes de roca de más de quince (15) centímetros.

En laderas cuya pendiente transversal sea igual o mayor de veinticinco por ciento (25 %), para obtener una liga entre los terraplenes y el terreno natural y con el fin de evitar




CORTE EN TANGENTE

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno:	Fig. 1 Corte en tangente
	Asesor:	
	Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	



CORTE EN TANGENTE CON BALASTO PERMEABLE

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	<p>Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS</p>	
	<p>Alumno: César Octavio Flores Jiménez</p>	<p>Fig. 2 Corte en tangente con balasto permeable</p>
	<p>Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel</p>	
	<p>Octubre del 2001</p>	

deslizamientos, se construirán escalones dentro del área donde se apoyen los terraplenes.

Los escalones tendrán una plantilla de dos punto cincuenta (2.50) metros cuando se excaven en materiales sueltos o medianamente cementados.

Para dar por terminado un corte, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- > Nivel en la subrasante, que podrá ser cuando mucho de tres (3) centímetros.
- > Ancho de la excavación, al nivel de la capa subrasante, del centro de línea a la orilla, será de diez (10) centímetros.
- > Salientes aisladas con respecto a la superficie teórica del talud, en material suelto y medianamente cementado será de diez (10) centímetros y en material compacto altamente cementado, será de cincuenta (50) centímetros.

El material producto de los cortes tendrá como unidad de medición el metro cúbico, sin considerar el abudamiento.

2.1.3 Préstamos. Son las excavaciones ejecutadas en lugares determinados a fin de obtener los materiales para formar terraplenes no compensados. Pueden ser :

- > Laterales, que son aquellos ejecutados dentro de fajas ubicadas fuera de los límites longitudinales llamados cerros, en uno o ambos lados del eje de las terracerías. Con anchos según el proyecto, cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos préstamos. Los anchos de las fajas siempre se medirán a partir del eje de las terracerías.
- > Préstamos de banco, son los ejecutados fuera de la faja de cien (100) metros de ancho. También se consideran como préstamos de banco, las excavaciones ejecutadas dentro de las fajas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se empleen en la construcción de terraplenes que no estén situados lateralmente a dichos préstamos, tomando en cuenta la tolerancia de veinte (20) metros. El material de estos bancos debe cumplir con la calidad que fije el proyecto para la capa en que se valla a emplear, como puede ser subrasante, sub-base o base.

En la construcción de los préstamos se despalmará el sitio, cuando sea necesario, desalojando los suelos que no sean adecuados para la formación de los terraplenes. En el procedimiento constructivo se tendrá especial atención con lo siguiente:

- > El préstamo se iniciará después de efectuado el seccionamiento de la superficie probable de ataque.

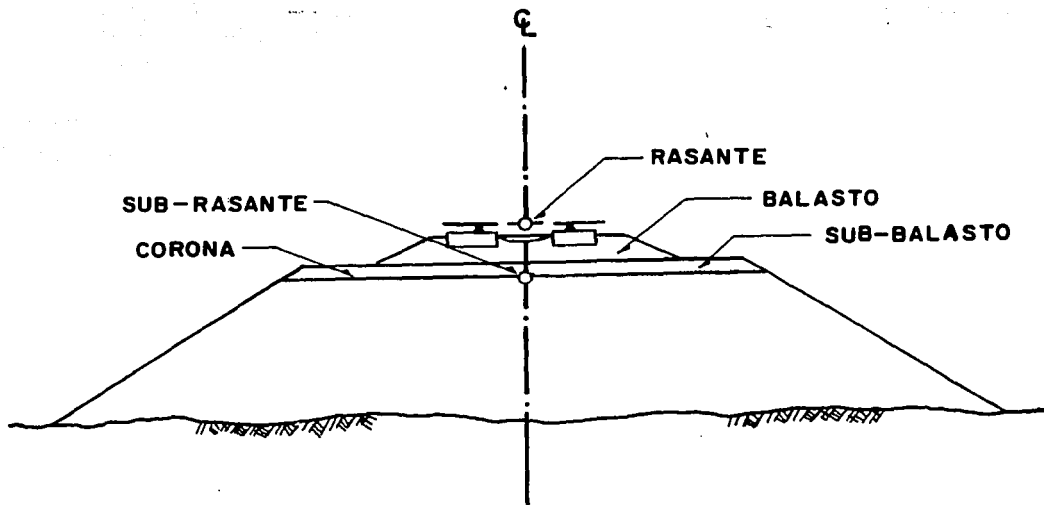
- Durante la ejecución de dichos préstamos no se alterarán ni modificarán las referencias y bancos de nivel del seccionamiento.
- Una vez despalmados los préstamos, se seccionarán nuevamente antes de ser atacados, dejando las referencias y bancos de nivel a distancias tales del lugar de ataque y de trabajo, para que no vayan a ser destruidas o alteradas.
- Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto, en la forma más regular posible, en seco, es decir, sin tirante de agua a fin de facilitar su medición.
- En los tramos de terracerías compensadas solamente se harán préstamos de ajuste cuando se haya utilizado totalmente el material aprovechable de los cortes.
- En los préstamos cercanos a las terracerías se dejará una berma o banquetta, entre la línea de ceros del terraplén y la orilla contigua de la excavación para el préstamo, que en general será mayor de tres metros. Las excavaciones deberán quedar debidamente drenadas.
- La cantidad de material para préstamos tendrá como unidad de medida el metro cúbico, sin considerar el abudamiento.

2.1.4 Terraplenes. Son estructuras ejecutadas con material adecuado de cortes o de préstamos. Se consideran también como tales, las cuñas contiguas a los estribos de puentes y de pasos a desnivel, la ampliación de la corona, el tendido de los taludes y la elevación de la subrasante, en los terraplenes existentes y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la subrasante en cortes (Figuras 3, 4 y 5).


Los materiales empleados en la formación de los terraplenes se pueden clasificar en material compactable y no compactable.

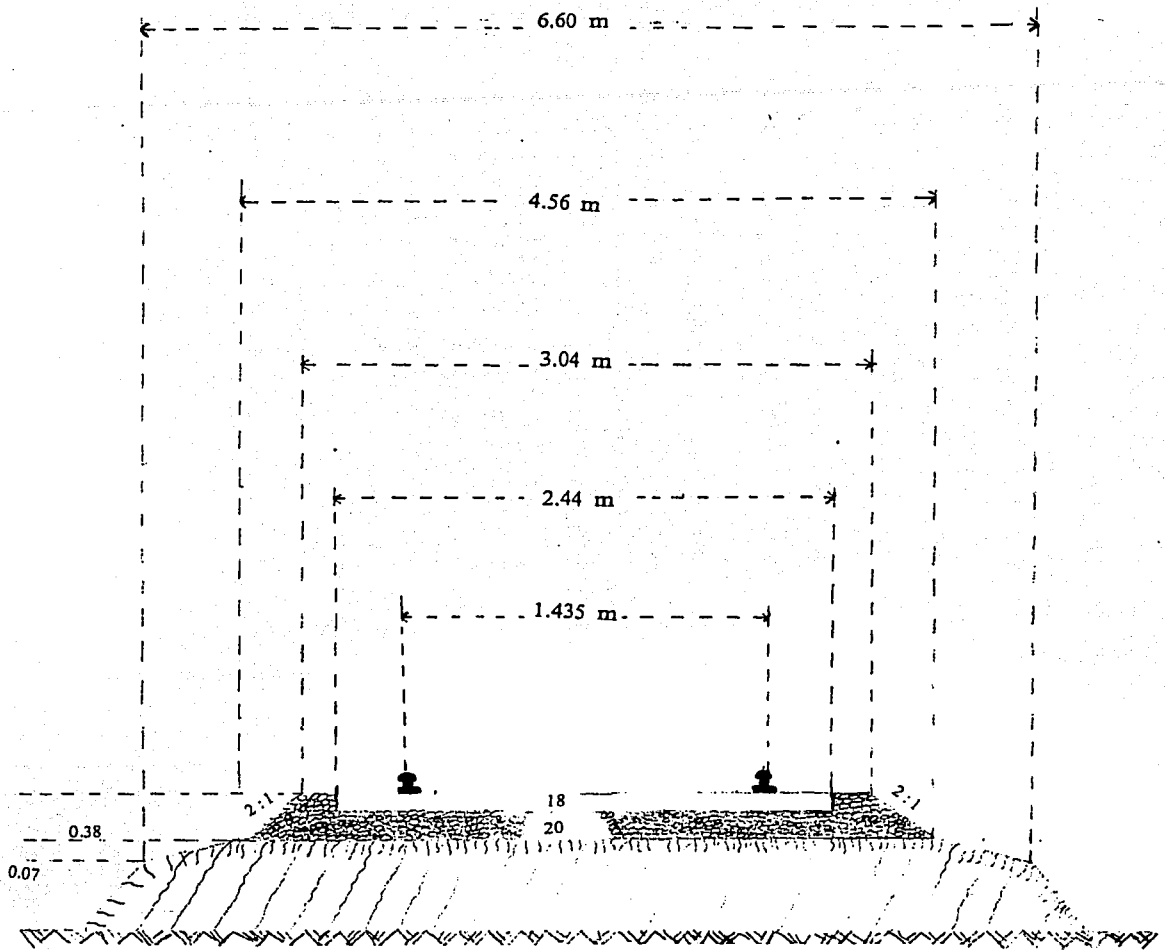
Los suelos de la carta de plasticidad tales como limos y arcillas de baja compresibilidad con índice plástico y límite líquido menores de 45 y 80 respectivamente; los fragmentos de rocas muy alteradas; conglomerados medianamente cementados; areniscas blandas y tobas son consideradas como materiales compactables. En caso de duda, se someterán a la prueba que se detalla a continuación y deben cumplir con los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido.

1. Se tenderá una capa, del espesor que permita el tamaño máximo del material, pero no menor de treinta (30) centímetros, en todo el ancho del terraplén y en veinte (20) metros de longitud.
2. Se regará agua sobre la capa, en cantidad aproximada a cien (100) litros por metro cúbico de material.



TERRAPLEN EN TANGENTE

 Campus Acaatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno:	Fig. 3 Terraplén en tangente
	César Octavio Flores Jiménez	
	Asesor:	
Ing. Miguel Zurita Esquivel		
	Octubre del 2001	



TERRAPLEN EN TANGENTE CON BALASTO PERMEABLE



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

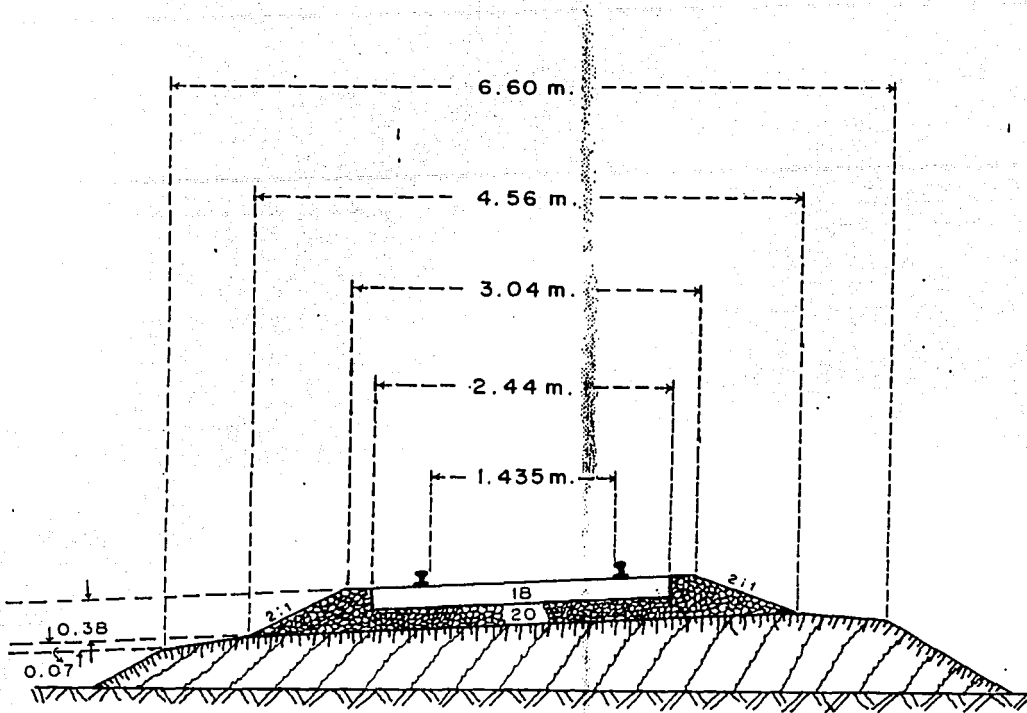
Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez


Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 4 Terraplén en tangente con balasto permeable



TERRAPLEN EN CURVA CON BALASTO PERMEABLE

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 5 Terraplén en curva con balasto permeable
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

3. Se someterá la capa regada al tránsito de un tractor de orugas con garra y peso de veinte (20) toneladas, pasando tres veces por cada uno de los puntos que forman la superficie.
4. Se harán sondeos a cielo abierto en los veinte (20) centímetros superiores de la capa, con volumen aproximado de medio (0.5) metro cúbico en cada sondeo.
5. El material producto de los sondeos deberá tener como máximo un veinte por ciento (20%) en volumen, de material retenido en la malla setenta y seis (76) milímetros.
6. El material retenido deberá contener como máximo el cinco por ciento (5 %) del volumen total, de fragmentos de roca mayores de quince (15) centímetros.
7. Se tomará el promedio de los resultados en tres sondeos efectuados en distintos lugares.

Los materiales no compactables son los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, tales como los basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas.

Para la construcción de los terraplenes se despalmará el sitio de desplante del mismo, desalojando la capa superficial del terreno natural para eliminar el material que se considere inadecuado.

Cuando lo fije el proyecto antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenaran lo huecos motivados por el desenraice, se escarificará y se compactara el terreno natural o el despalmado, en el área de desplante y en el espesor ordenado hasta alcanzar el grado de compactación fijado. Siempre que la topografía del terreno lo permita, se construirán por capas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.

En el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas deberá ser tal que se obtenga la compactación fijada.

En el caso de material no compactable el espesor de las capas será el mínimo que permita el tamaño mayor del material.

Ampliación de corona existente. En la ampliación de la corona de terraplenes existentes y/o en la elevación de subrasante, para obtener una buena liga entre el material que se utilice y el terraplén existente, salvo indicación en contrario del proyecto, en términos generales se procederá como sigue:

1. Se despalmará el sitio de desplante de los terraplenes, recortando el primer escalón de liga al pie del talud del terraplén.
2. Se rebajará horizontalmente la parte superior del terraplén en todo el ancho de la sección.

3. El material producto del rebaje de capa se colocará y extenderá al pie del terraplén a partir del desplante de la ampliación, recortando simultáneamente el escalón de liga correspondiente, cuyo peralte será igual al espesor de la capa que esta formando.
4. Se compactará el material de la capa extendida, al grado indicado en el proyecto, observando lo siguiente:
 - Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección.
 - Se dará al material uniformemente la humedad conveniente. Se aplicara el agua en el lugar de la excavación o en el terraplén mismo.
 - Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación se eliminará el agua excedente.
 - Efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se escarificará y se agregará agua si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente.
5. Salvo lo que se indique en el proyecto, no se formaran escalones cuando el terraplén que se modifica este construido con material no compactable.

Tendido de taludes existentes. En el tendido de taludes de terraplenes existentes en los que no se vaya a modificar el ancho de la corona, para obtener una buena liga entre el material que se utilice y el terraplén existente, se procederá como sigue:

1. Se despalmará el sitio de desplante de los terraplenes como ya ha sido indicado anteriormente.
2. El material para el tendido, obtenido del sitio que fije el proyecto, se colocará por capas y al extenderlo para formarlas se harán recortes o escalones en el talud del terraplén existente, cuyo peralte será aproximadamente igual al espesor de la capa suelta que se está formando.
3. Las capas así formadas se compactarán como se mencionó en el inciso 4 de la ampliación de la corona.
4. No se formarán escalones cuando el terraplén que se modifica este construido con material no compactable.

Cuando en las ampliaciones de corona y tendido de taludes de terraplenes existentes se emplee material no compactable, su formación se hará a volteo, excavando previamente

escalones en los taludes del terraplén, salvo cuando éstas se encuentre formado con material no compactable.

Cuando la topografía del terreno sea tal que presente lugares inaccesibles al equipo de construcción tales como depresiones profundas y angostas o laderas muy pronunciadas, donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas en toda la altura del terraplén, se rellenarán a volteo esos lugares inaccesibles hasta la mínima altura necesaria para formar una plantilla constituida por la corona del terraplén parcialmente formado, en la que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante.

Compactación de terraplenes. La compactación de terraplenes se hará observando lo siguiente:

- Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección según los grados de compactación que fije el proyecto.
- Se dará al material uniformemente la humedad conveniente. Se aplicará el agua en lugar de la excavación o en el terraplén mismo.
- Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación, se eliminará el agua excedente.
- Efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se escarificará y se agregará agua si es necesario antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas efectivamente.

Capa de subrasante. La capa subrasante deberá tener como mínimo treinta (30) centímetros de espesor, formándose con una o varias capas de material seleccionado, del espesor parcial que fija el proyecto, las cuales se compactarán de acuerdo con los incisos anteriores y como se indica a continuación:

- Con objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección el terraplén, lo que no es posible obtener en las orillas, los terraplenes se construirán con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente que se encontrará con el talud teórico del proyecto en la línea de ceros; se obtendrán así las cuñas laterales de sobreebanco, en las cuales la compactación podrá ser menor que la fijada. El proyecto incluirá las dimensiones de las cuñas de sobreebanco, las que serán recortadas una vez que se haya terminado la construcción del terraplén, dejando el talud debidamente afinado. El material resultante del recorte de las cuñas de sobreebanco, se extenderá uniformemente sobre el talud hasta el pie de los terraplenes sin obstruir el drenaje.

- En cada capa se hará el acomodo del material mediante dos tránsitos por cada uno de los puntos que forman la superficie de la capa, de tractor con peso de veinte (20) toneladas, avanzando y retrocediendo la máquina movimiento roncoado.

Cuando se utilicen materiales no compactables en la construcción de terraplenes, estos se formarán con dichos materiales hasta una elevación tal que no queden salientes aisladas a menos de treinta (30) centímetros abajo de la subrasante de proyecto. los terraplenes se terminarán hasta subrasante, utilizando material adecuado obtenido de los sitios que fije el proyecto, colocado y compactado como anteriormente se menciona.

En cortes con excavación adicional abajo de la subrasante, ésta se obtendrá construyendo un terraplén de relleno sobre la cama utilizando para ello el material adecuado.

No deberá iniciarse la construcción de terraplenes antes de terminarse los muros de sostenimiento ordenados, la construcción de los cuales deberá ir por lo menos quinientos (500) metros adelante de las terracerías.

El relleno de la excavaciones para estructuras, muros de sostenimiento y colchones de protección de las obras de drenaje se ejecutarán previamente a la construcción de terraplenes.

Para formar la subrasante en aquellos cortes en que no se haya ordenado excavación adicional ni relleno, se escarificará la cama y se compactará en el espesor y con el grado de compactación que se fije según el proyecto.

Para recompactar la subrasante existente en cortes y terraplenes construidos con anterioridad se escarificará y acamellonará la capa superior en tramos de longitud variable y un ancho de la mitad de lo que mida la subrasante existente en la vía; se compactará la superficie descubierta y se procederá a disgregar y eliminar el desperdicio mayor de 76 mm, a tender y compactar el material acamellonado, todo ello en los espesores y con los grados de compactación que fije el proyecto.

Elevación de subrasante sobre material no compactable. Los procedimientos de ejecución para el mezclado, tendido y compactación de la capa subrasante formada con material seleccionado, en la elevación de subrasante en cortes y terraplenes existentes; de la capa subrasante sobre terraplenes construidos con material no compactable y de la capa subrasante en los cortes en que se haya ordenado excavación adicional, serán los siguientes:

- Cuando se empleen dos (2) o más materiales, se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme.
- Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener

homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de quince (15) centímetros.

- > Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado, sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto, el cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique y se le agregue agua, si es necesario, a fin de ligarlas debidamente. Podrá efectuarse la compactación en capas de espesores mayores que el indicado en el inciso 4 de la ampliación de corona, siempre que se obtenga la compactación fijada en el proyecto. Se darán riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.
- > En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro, en las curvas de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

Para dar por terminada la construcción de un terraplén, incluyendo su afinamiento, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las tolerancias de la Tabla 3:

Tabla 3 Tolerancias para la construcción del Terraplén

Concepto	Tolerancia
Niveles en subrasante	± 3 cm.
Ancho de la corona al nivel de subrasante, del centro línea a la orilla.	+ 10 cm
En los taludes o el ancho entre el centro línea y las líneas de ceros, conservando el plano general de estos:	
a) Material A o B	+ 30 cm
b) Material C	+ 75 cm

Para la medición de cualquier concepto relacionado con el terraplén se tomará como unidad de medida el metro cúbico. El agua empleada en la compactación de terracerías se medirá en las pipas, en el lugar de aplicación.

Para el mezclado, tendido y compactación de la capa subrasante formada con material seleccionado se medirá por unidad de obra terminada.

Reafinamiento. Son excavaciones y movimiento de materiales con volumen total hasta de 3000 metros cúbicos por kilómetro, necesarios para afinar, rehacer o modificar la sección de proyecto de las terracerías de la obra de la vía, ya atacadas o terminadas.

Acarreos para terracerías. Son transportes del material producto de cortes, excavaciones adicionales abajo de la subrasante, ampliación y abatimiento de taludes, rebaje de la corona de cortes y terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio; así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerías.

2.2 El Sub-Balasto.

El sub-balasto es la capa de material seleccionado que se construye sobre las terracerías terminadas, resistente a la penetración del balasto y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en estas.

Los materiales seleccionados que se empleen en sub-balasto, deberán ser de los siguientes tipos:

Materiales que no requieren tratamiento. Estos son poco o nada cohesivos; como los limos, arenas y gravas, que al ser extraídos quedan sueltos y que no contienen más de cinco por ciento (5%) de partículas mayores que setenta y seis (76) milímetros (3").

Materiales que requieren ser disgregados. Son suelos y rocas cohesivas, como la toba, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, que al ser extraídos resultan con terrones que pueden disgregarse por la acción de un equipo mecánico y que una vez disgregados no contengan más del cinco por ciento (5%) de partículas mayores de setenta y seis (76) milímetros (3").

Materiales que requieren ser cribados. Este tipo de materiales son poco o nada cohesivos; como mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y que contienen entre el cinco por ciento (5%) y el veinticinco por ciento (25%) del material mayor de setenta y seis (76) milímetros (3"); por lo que requieren ser cribados por una malla para eliminar el material mayor de setenta y seis (76) milímetros.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados. Este tipo de materiales son poco o nada cohesivos; como mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y que contienen entre el veinticinco por ciento (25%) y el setenta y cinco por ciento (75%) de partículas mayores de setenta y seis (76) milímetros (3").

Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribado. Los materiales que requieren esto, son los que no pasan a través de la malla de setenta y seis (76) milímetros (3") y que provienen de:

- a) Piedra extraída de mantos de roca.
- b) Piedra de pepena.

c) Piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

La constitución del sub-balasto se iniciará cuando las terracerías estén totalmente terminadas.

A menos que el proyecto lo especifique, el espesor del sub-balasto no será menor de treinta (30) centímetros.

Los materiales que no requieren tratamiento deberán ser extraídos y cargados por cualquier medio mecánico que apruebe la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El desperdicio mayor de setenta y seis (76) milímetros deberá ser eliminado de la corona de la terracería depositándolo en el sitio que ordene la SCT u organismo encargado de la construcción o mantenimiento de las vías.

Los materiales que requieren ser disgregados deberán ser extraídos del banco y reducidos en éste al tamaño máximo de cuarenta (40) centímetros, antes de ser transportados a la obra y colocados sobre terracerías previamente compactadas al grado fijado en el proyecto, en donde serán disgregados utilizando equipo mecánico adecuado, hasta que el porcentaje de terrones de tamaño mayor de setenta y seis (76) milímetros sea menor del cinco por ciento (5%). El desperdicio mayor de ese tamaño debe eliminarse y depositarse en el sitio que ordene la SCT u organismo encargado de la construcción o mantenimiento de las vías..

Los materiales que requieran ser cribados deberán ser extraídos y cribados por cualquier medio mecánico que asegure la eliminación de las partículas mayores de setenta y seis (76) milímetros.

Los materiales que requieran ser triturados parcialmente y cribados, deberán ser triturados a tamaño máximo de setenta y seis (76) milímetros con equipo mecánico adecuado que permita satisfacer la composición granulométrica fijada.

Los materiales que requieran ser triturados totalmente y cribados deberán ser extraídos, pepenados u obtenidos de depósitos naturales o de desperdicio y triturados a tamaño máximo de setenta y seis (76) milímetros con equipo mecánico adecuado que permita satisfacer la composición granulométrica fijada.

Todos los materiales aprovechables para la construcción del sub-balasto, tanto los que no requieran tratamiento como los que lo ameriten, se transportarán al lugar de utilización o se almacenarán en el sitio de obra o en algún otro sitio determinado por la SCT u organismo encargado de la construcción o mantenimiento de las vías. Antes de extender el material para formar el sub-balasto, este se acamellonará para su medición. La descarga de éstos se realizará en las terracerías terminadas, conforme a la distribución por estación que ordene la SCT.

Los procedimientos de ejecución del sub-balasto, así como el proporcionamiento de los materiales, serán fijados según el proyecto y en términos generales la secuencia será la siguiente:

1. Cuando se empleen dos o más materiales se mezclarán en seco, con objeto de obtener un material homogéneo.
2. Se extenderá parcialmente el material con motoconformadora y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad que se fije y obtener homogeneidad. A continuación se extenderá en capas sucesivas, cuyo espesor será tal que se logre la compactación deseada.
3. Cuando se emplee otro equipo para el mezclado, incorporación de agua y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción, deberá ser previamente aprobados por la SCT.
4. Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un grado no menor del noventa y cinco por ciento (95%), sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto, el cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique superficialmente y se le agregue agua, si es necesario, antes de tender la siguiente capa a fin de ligarlas debidamente. Se darán riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.
5. En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas, de la parte interior hacia la exterior.

En lo referente a la reconstrucción y mantenimiento del sub-balasto, se escarificará este en el espesor y en un ancho que fije el proyecto según las necesidades de dicha reconstrucción. Cuando sea necesario se añadirá material de sub-balasto nuevo y se mezclará con el existente hasta obtener una mezcla homogénea.

Para dar por terminada la construcción del sub-balasto se verificará el alineamiento, perfil, sección, compactación espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- > Ancho de la sección del eje a la orilla más diez centímetros.
- > Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de tres metros de longitud paralela y normal al eje más dos centímetros.
- > En espesores, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que 14/100 del espesor real promedio; además, el valor absoluto de las diferencias entre los espesores real y de proyecto correspondiente al 84% como mínimo, de las

determinaciones realizadas, siempre deberá ser igual o menor que el 10% de los espesores de proyecto. Lo anterior se puede expresar también de la siguiente manera:

$$[(e_1 - \hat{e})^2 + (e_2 - \hat{e})^2 + \dots + (e_n - \hat{e})^2/n]^{1/2} \leq .014\hat{e} \text{ y } [e_r - e] \leq 0.1e$$

donde

e	Espesor de proyecto
e ₁ , e ₂ , ..., e _n , e _r	Espesores de reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.
$\hat{e} = (e_1 + e_2 + \dots + e_n)/n$	Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos.
n	Número de verificaciones del espesor real hechas en el tramo.

La longitud de cada tramo será de un (1) kilómetro o menos.

La distribución de los puntos donde se llevan a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancia, deberán ser los indicados en la Figura 6.

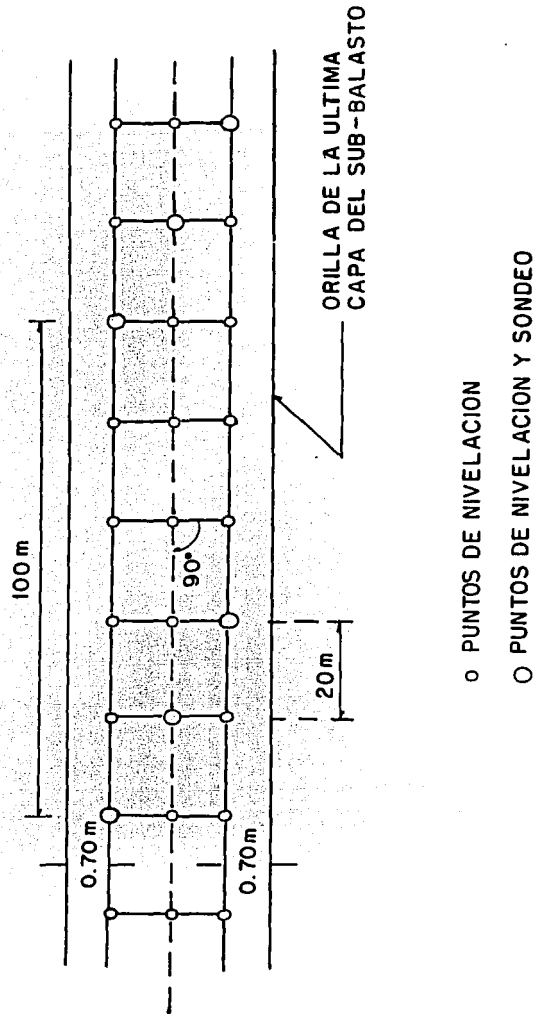
Para los sondeos se deberán seguir las siguientes recomendaciones:


- > No deberá dañarse la parte contigua a los mismos.
- > El espesor del sub-balasto, determinado a partir de los sondeos realizados, deberá ser igual al espesor fijado en el proyecto.
- > El contratista rellenará el hueco en cada uno de los sondeos, usando el mismo tipo de material de sub-balasto, compactando el material de relleno hasta obtener un grado no menor del noventa y cinco por ciento (95%) y deberá enrasarse la superficie con la original del sub-balasto.

En las nivelaciones para verificar los espesores:

- > Se nivelará la corona de la terracería terminada, utilizando nivel fijo y comprobando la nivelación. Para cada sección transversal, que deberá estar a una distancia máxima de veinte (20) metros de las contiguas, se tomarán los puntos que se indican en las figuras anteriores.
- > Una vez terminado el sub-balasto se volverán a nivelar los mismos puntos y para las mismas secciones a que se refiere el párrafo anterior.

PUNTOS DE VERIFICACION
SUB-BALASTO



 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	<p>Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS</p>	
	<p>Alumno: César Octavio Flores Jiménez</p>	<p>Fig. 6 Puntos de verificación del sub-balasto</p>
	<p>Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel</p>	
	<p>Octubre del 2001</p>	

- > A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos antes indicados se
- > obtendrán los espesores del sub-balasto compactado.

Los volúmenes de los materiales producto de la explotación de bancos, tanto de los aprovechables como de los desperdicios, de sus maniobras y tratamientos se medirán tomando como unidad el metro cúbico.

El agua empleada en la compactación del sub-balasto se medirá tomando como unidad el metro cúbico. La verificación de los volúmenes se hará en los vehículos de transporte en el lugar de la aplicación.

2.3 El Balasto.

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 o traviesas.

El balasto mantiene a los durmientes alineados y balanceados, 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 coloca correctamente y tiene suficiente espesor, 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.

Se emplean diversos materiales como balasto, la selección depende de lo que se tengan a la mano, así como de su precio. Una lista de materiales empleados como balasto, ordenada de acuerdo con los técnicos ferrocarrileros respecto a los méritos del material para balastado, se da a continuación:

- > Piedra triturada.
- > Granito desintegrado.
- > Escoria triturada.
- > Grava lavada.
- > Grava cribada.
- > Grava de río.
- > Grava de mina.
- > Cenizas.
- > Residuos de la trituración de piedras.
- > Arena.
- > Grava cementada.
- > Escoria granulada.

El espesor necesario de balasto para una vía de primera clase, a fin de que pueda resistir satisfactoriamente las pesadas cargas a que será sometido, es fuerte, y por lo tanto, si se emplea cualquiera de las mejores calidades de material para formar todo el espesor en toda la sección de balasto resulta caro.

Debido a ello es recomendable usar alguna de las clases de balasto más baratas, tales como la grava de mina, arenas o cenizas para cubrir la cama de la vía en toda su anchura, formando la mitad del espesor total requerido. Hay que tener presente que si se emplea balasto grueso sólo cubre la terracería, si ésta se encuentra húmeda o formada por algún material difícil de drenar el lodo o barro tiende a ascender por los vacíos dejados por el balasto grueso. Esto se puede evitar colocando una capa relativamente delgada de sub-balasto bien seleccionado sobre las terracerías. Una capa de veinticinco a treinta centímetros (25 cm a 30 cm). de espesor de cenizas u otro material similar es un preventivo casi seguro.

El material que llena mejor los requisitos de un balasto ideal es la piedra triturada. La piedra caliza, el granito y la lava volcánica son las variedades más empleadas.

Los Ferrocarriles Nacionales de México especifican como balasto de piedra triturada aquellas que pasan de cien por ciento (100%) la malla de una y media pulgada (1½") y se retiene en la malla de tres cuartos de pulgada (¾"). El balasto de piedra debe ser triturado de tal forma que todos los tamaños comprendidos entre el límite inferior de tres cuartos de pulgada (¾") y el superior dos pulgadas tres cuartos (2¾") estén presentes en cantidades aproximadamente iguales en todo el conjunto. Esta mezcla uniforme de tamaños hace que el balasto sea fácil de calzar y se mantenga firmemente en su lugar. La grava triturada que se prepara como balasto debe cumplir una de las especificaciones granulométricas indicadas en la Tabla 4, dependiendo la elegida del porcentaje de partículas trituradas que presente. Se considera como partículas trituradas aquellas que tengan una o más caras procedentes de fractura.

Tabla 4 Especificaciones granulométricas para el balasto

Porcentaje de partículas trituradas	% en peso, pasando la malla de:							
	1½"	1"	½"	# 4	# 8	# 16	# 50	#100
0 - 20	100	80-100	50-85	20-40	15-35	5-25	0-10	0-2
21 - 40	100	65-100	35-75	10-35	0-35	0-5		
41 - 100	100	60-95	25-50	0-15	0-15			

Se entiende por porcentaje de partículas trituradas en la muestra, al por ciento (%) en peso de partículas trituradas contenidas en el material que se tiene en la malla número catorce (# 14).

El balasto preparado debe satisfacer los siguientes requisitos, además de los granulométricos.

- > No debe contener más del 5% de elementos friables y blandos.
- > No debe contener más del 0.5 % de terrones de arcilla.
- > El desgaste de los Ángeles no debe ser mayor del 40 %.

La prueba de los Ángeles es un método que existe para medir la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos. Consiste en colocar una muestra de 5.0 Kg. de masa del material pétreo que se desee ensayar, dentro de un cilindro de acero, hueco y cerrado en sus dos extremos con un diámetro interior de 710 mm y largo interno de 510 mm (Máquina de los Ángeles); junto con la muestra se deposita la carga abrasiva formada por esferas de acero con un diámetro promedio de 45 mm y una masa entre 390 y 445 g, el número de esferas varía de 6 a 12 y dependen de la granulometría de la muestra. Una vez colocada la carga abrasiva y la muestra se gira la máquina de los Ángeles a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto durante 500 revoluciones; al terminar el ciclo de revoluciones especificadas, se descarga el material y se realiza una separación del material granular y del material fino.

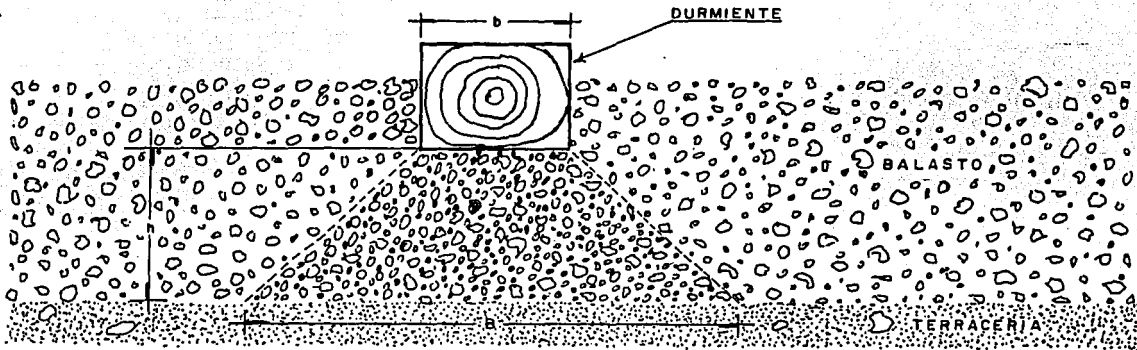
La diferencia entre el peso original de la muestra y el peso final, sin contar el material fino, se expresa como porcentaje del peso de la muestra original. Este es el porcentaje de desgaste por abrasión. En el Anexo 1 se detalla el procedimiento a seguir e la prueba de Los Angeles de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-C-219-1978.


La piedra triturada constituye uno de los materiales para balasto más limpios. Cuando la vía esta balastada correctamente presenta un aspecto sumamente atractivo.

Con el tiempo el equipo rodante pulveriza el balasto, aún en las vías mejor conservadas. El polvo no es un factor de mucha importancia cuando las cargas axiales son ligeras, las velocidades bajas y los carros cortos, como es el caso de patios y laderos donde no se alcanzan grandes velocidades.

Por lo general, los carros de carga modernos solamente se cargan dentro de los límites de seguridad correspondientes a sus ejes. Cuando un tren largo compuesto de estos carros recorre la vía a grandes velocidades, pasando sobre balasto viejo y pulverizado, el polvo que se levanta del balasto puede ocasionar calentamiento de las chumaceras de las locomotoras o carros, a menos que las cajas de los muñones se encuentren diseñadas y conservadas a prueba de polvo.

El espesor de la capa de balasto debe ser tal que proporcione firme asiento a los durmientes y que distribuya las presiones uniformemente a las terracerías. El espesor debe ser mayor cuanto más intenso sea el tránsito en la vía y mayores las cargas y las velocidades de los trenes. La relación entre el ancho b del durmiente y la amplitud B de la superficie sobre la cual se reparten las presiones, varía en función del espesor h de la capa del balasto. Si se presupone que la distribución de presiones es a 45° se tiene que $B = b + 2H$ (Fig. 7).



 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 7 Distribución de presiones sobre el balasto
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel Octubre del 2001	

El balasto sirve para anclar y nivelar la vía, fijándola en su posición geométrica; así como para drenar y transmitir presiones uniformes y admisible a la subrasante, permitiendo renivelar cada vez que sea necesario.

El nivel de la subrasante, ya sea del lecho o de la corona de los cortes o terraplenes, obviamente debe soportar las cargas causadas por el tendido inicial de una vía, cuyo balastado y nivelación final se ejecutan posteriormente.

Las condiciones del valor de soporte de la subrasante, son muy variables a través del tráfico que varía en sus velocidades y cargas por lo que se están usando terracerías con normas similares a las de las autopistas e incluso se han empleado base compactada y sellada con riego asfáltico o forrada con tela ahulada de neopreno, además de perfilar la sección de bombeo para el escurrimiento transversal del agua.

El tráfico pulveriza al balasto y lo contamina y si se desea mantener el balasto en buen estado es recomendable que cada tres años se le efectúe una criba, limpieza y adición de nuevo balasto "fresco".

Se puede definir entonces que los objetivos del balasto son:

- Confinar los durmientes, oponiéndose a sus desplazamientos longitudinal y transversal, originados por el frenaje o la tracción del equipo, por el cabeceo, por las fuerzas centrífugas o por sobre elevación excesiva en las curvas y en las vías soldadas por los considerables esfuerzos que se generan con los cambios de temperatura.
- Transmitir las presiones a la subestructura.
- Drenar las vías.
- Servir de elemento nivelador para la conservación de la rasante.

Las dimensiones del material que forma el balasto, pueden variar desde dos (2) hasta siete punto cinco (7.5) centímetros, aunque generalmente no pasan de cuatro o cinco centímetros (4 cm o 5 cm).

Estas limitaciones se debe a las dificultades que presenta el material grande para la precisión con que deben ser niveladas las vías.

Las partículas menores de dos (2) centímetros también deben excluirse, por constituir un dren poco eficiente. Existe una excepción en los patios y laderos, donde se emplean materiales de punto sesenta y cinco (0.65) centímetros a dos (2) centímetros.

Según las Normas para Construcción e Instalaciones de Vías Férreas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el balasto está definido como el material pétreo seleccionado que se coloca sobre el sub-balasto debajo de los durmientes y entre ellos, cuya función es dar firmeza a la vía y distribuir las cargas al sub-balasto y las terracerías, además de asegurar el drenaje del agua pluvial.

De acuerdo con la definición anterior se usan como **Balasto** los materiales que cumplen con las siguientes clasificaciones:

- > **Piedra triturada para balasto.** Los materiales que se seleccionan provendrán generalmente de mantos de roca, depósitos o piedra de pepena los cuáles requieren trituración total o parcial según se requiera y cribado, o bien solamente cribado, de modo que el producto resultante esté compuesto por partículas duras fuertes y durables, libres de sustancias y partículas perjudiciales, cuyo tamaño deberá ser de los números 24,25, 4, 3 y que pase por las mallas de 76 mm (3") y los porcentajes retenidos de acuerdo con la Tabla 5 Granulometrías recomendadas por el A.R.E.A. para que cumplan las funciones de sujeción y liberación de agua de la vía.
- > **Screening.** Material resultante de la trituración y clasificación de la piedra de los No. cinco (5) y cincuenta y siete (57) que pasen la malla de treinta y ocho punto uno milímetros (38.1 mm) con los porcentajes requeridos con la Tabla 5.
- > **Escoria de fundición.** Material producto del desecho en una forma más o menos vitrificada procedente de los hornos para la reducción de minerales que deberá ser cribado para que reúna las especificaciones de granulometría a que deben sujetarse los materiales para balasto, cuyo tamaño deberá ser del No. 4, 4A, o que pase la malla de sesenta y cuatro (64) milímetros o (2-2 1/2") los porcentajes retenidos con la Tabla 5.
- > **Piedra Hombre.** Material producido en la cantera, homogéneo, durable. Resistente a los esfuerzos de compresión y al intemperismo, de grano fino, color uniforme, sin defectos tales como blandones, gabarros, revestaduras, grietas y otras. Deberá tener una consistencia que permita su labrado según las líneas y superficies que se deseen. Se rechazarán aquellas piedras cuyos defectos hayan sido disimulados de alguna manera. Deberá estar libre de polvo, aceite y otras materias extrañas que impidan la debida adherencia del mortero. Las dimensiones aproximadas apropiadas de las piedras serán de veinticinco (25) centímetros de grueso por treinta y cinco (35) centímetros de ancho y cincuenta (50) centímetros de largo, el peso deberá estar comprendido entre cincuenta (50) y sesenta (60) kilogramos como mínimo para cada piedra.

Todos los materiales deben cumplir con las siguientes normas de calidad:

- > De acuerdo con el tamaño máximo de sus partículas, estas deberán cumplir con alguna de las composiciones granulométricas de las que se citan en la Tabla 5.

Tabla 5 Especificaciones granulométricas para el Balasto

Material	Por ciento en peso que pasa la malla de									
	76.1mm 3"	64.0mm 2 1/2"	50.8mm 2"	38.1mm 1 1/2"	25.4mm 1"	19.0mm 3/4"	12.7mm 1/2"	9.51mm 3/8"	4.76mm malla #4	2.38mm malla #8
Balasto	100	90-100		25-60		0-10	0-5			
	100	80-100	80-85	50-70	25-50		5-20	0-10		
		100	95-100	35-70	0-15		0-5			
		100	900-100	60-90	10-35	0-10		0-3		
			100	90-100	20-55	0-15		0-5		
Escoria de fundición			90-100	75-100	40-75	20-55		0-20		
Screening				100	80-100	40-75	15-35	0-15	0-5	
				100	85-100		25-60		0-10	0-5

Las partículas que pasen la malla # 4, deberán tener un equivalente de arena no menor de 80 % determinado en la prueba de granulometría.

- Su peso volumétrico seco compactado mínimo será de mil cien kilogramos por cada metro cúbico (1,100 Kg./m³).
- Un desgaste máximo de cuarenta por ciento (40 %) determinado por la prueba de Los Ángeles.
- En el intemperismo acelerado utilizando sulfato de sodio de cinco (5) ciclos de saturación y secado, la pérdida de peso de la muestra no deberá exceder del 10 %.
- En la forma de las partículas, el material deberá contener como mínimo el sesenta por ciento (60 %) en peso de partículas angulosas o trituradas dentro del material aprovechable y cuando menos el setenta y cinco por ciento (75 %) de las partículas en peso deberán tener dos o más caras formadas por la fractura de la piedra. El balasto no deberá contener más del 30 % en peso constituido por partículas planas.
- La absorción deberá exceder de dieciséis (16) litros de agua por metro cúbico.
- La resistencia máxima obtenida a la compresión simple debe ser de setecientos kilogramos por cada centímetro cuadrado (700 Kg./cm²) y la mínima de trescientos cincuenta kilogramos por cada centímetro cuadrado (350 Kg./cm²).
- En la prueba de solubilidad no debe aparecer decoloración en el agua.
- El balasto deberá ser manejado en la planta productora, de tal manera que se mantenga limpio y libre de materias extrañas. Deberá ser cargado solamente sobre góndolas que estén en buen estado, suficientemente compactado y apretado para evitar huecos.
- Las muestras de balasto para determinar la granulometría y otras pruebas requeridas, deberán tomarse de cada diez mil metros cúbicos (10,000 m³), de material procesado. La muestra será representativa y deberá pesar no menos de cincuenta kilogramos (50 Kg.).

2.4 Durmientes

Los durmientes son piezas en forma de paralelepípedo que se colocan a distancias iguales bajo los rieles y transversalmente a ellos para sujetarlos y transmitir las cargas al terreno.

Los durmientes podrán ser:

- a) De maderas blandas y preservadas.
- b) De maderas duras semiduras, preservadas.
- c) De concreto hidráulico preesforzado.
- d) Mixtos, de acero y concreto hidráulico reforzado.
- e) De acero (conchas).

2.4.1 Durmientes de madera.

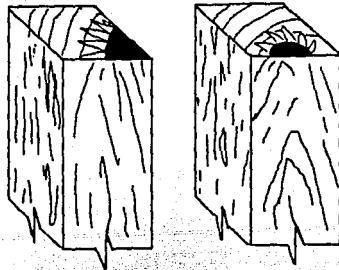
Durmientes de maderas duras. Estas maderas son el alejo, bálsamo, cabo de hacha, chanchanote, cabos negros, camotillo, cañafistula, cañamazo, cocuite, copite, capire, coral, cacahuete, chico-zapote, chijol, ébano, encino prieto, guipisiña, guachipilin, guayacán verde, guayacán café, guirisiña, guaje liso, granadillo guapiñol, gateado, guayabillo, hormiguillo prieto, habi, laurel prieto, loro, mora, mangle prieto, tapicerán y lora sangre.

Durmientes de maderas semiduras. Son los durmientes manufacturados con maderas como el amargoso coyote, chicharilla, campanillo, cerón encino amarillo, frijolillo, guaje, limoncillo, naranjillo, nazareno, peinecillo blanco, palo de seda, rosa morada roble serrano, tepeguacate y xochicahuite.

Durmientes de maderas blandas. Los de maderas blandas pueden ser de amapa prieta, cacao, cedro, corazón bonito, cuero, caimito, encino roble, escobillo, laurel blanco, pino, roble blanco trompillo, tepezontle, ubero, vara prieta.

Los durmientes deberán ser de madera compacta y tener en alguna parte de su sección cuando menos siete (7) anillos de crecimiento anual, en un espacio de tres (3) centímetros medido en dirección radial; entendiéndose madera compacta la que no presenta una estructura esponjosa.

También es posible usar durmientes que tengan en su sección transversal madera de corazón con diámetro de ocho (8) centímetros o mayor, los que provengan de trozas de cuya sección se hayan obtenido dos (2) o más durmientes y los durmientes sencillos de madera compacta y anillos resinosos (Figura 8).

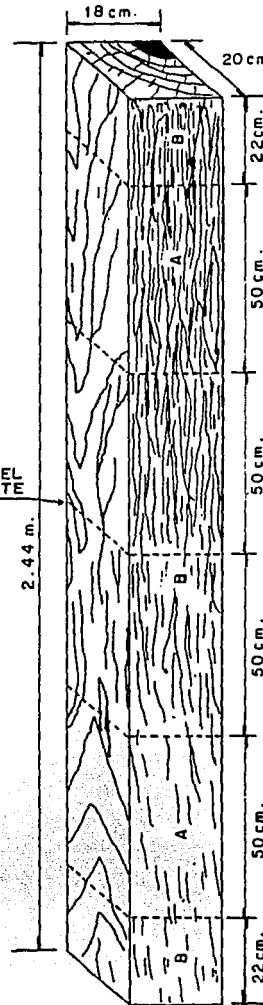


DURMIENTES CUARTEADOS



- (1) FIBRA CON INCLINACION MENOR DE 1/15
- (2) FIBRA CON INCLINACION IGUAL A 1/15
- (3) FIBRA CON INCLINACION MAYOR DE 1/15

CENTRO DEL DURMIENTE



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 8 Dimensiones tipo y defectos comunes en durmientes de madera

Los durmientes de madera y anillos resinosos no serán admitidos en cantidad mayor del diez por ciento (10 %) en cada embarque. La fibra de la madera no tendrá inclinación mayor de un quinceavo (1/15) en el sentido longitudinal de la pieza (Figura 8). La madera estará exenta de cualquier principio de putrefacción, aún cuando se presente en forma de manchas, libres de plagas y hongos; solamente serán aceptadas las manchas azules de savia.

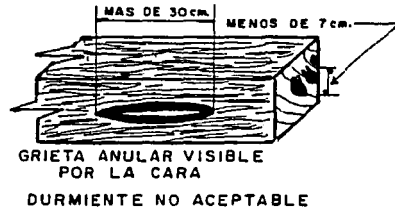
Las dimensiones tipo de los durmientes serán: veinte (20) cm. de ancho, dieciocho (18) cm. de espesor y dos punto cuarenta y cuatro (2.44) m. de largo, salvo que el proyecto indique lo contrario. Las tolerancias para estas dimensiones deben ser las siguientes:

En longitud + 4 % y - 2 %.

De acuerdo con las figuras de la madera para durmientes serán rechazados con las siguientes condiciones:

- Los que presentan en las zonas "A" y fuera de ella agujeros de uno punto cinco (1.5) centímetros de diámetro o más de ocho (8) centímetros de profundidad.
- Los que presenten varios agujeros en grupo que por su superficie equivalgan a un agujero de los ya citados y que debiliten el durmiente en igual grado que aquellos, entendiéndose que un agujero está próximo al otro cuando la distancia de centro a centro de los agujeros sea menor de dos (2) diámetros del agujero mayor del grupo.
- Los durmientes que tengan un agujero longitudinal de dos (2) centímetros de diámetro por veinte (20) centímetros de profundidad y aquel que aparezca con uno (1) o mas agujeros obturados con tapón.
- Los durmientes que presenten en las zonas "A" nudos de más de cinco (5) centímetros de diámetro o varios próximos que equivalgan a dicha dimensión; la proximidad se entenderá como se definió anteriormente.
- Los durmientes que presenten en las zonas "A" nudos de más de cinco (5) centímetros de diámetro o varios próximos que equivalgan a dicha dimensión;
- Los durmientes que tengan muchos nudos sueltos o bolsas de resina que alcancen las dimensiones establecidas para los agujeros.
- Los durmientes que, debido a la presencia de nudos, sus fibras acusen una distorsión que les haga salir a la cara del durmiente.

Cuando se presente la grieta anular (Figura 9), que es aquella que sigue las capas concéntricas de crecimiento anual, se aceptara únicamente si es menor de siete (7) cm. de extensión y no se presenta en las caras del durmiente o pongan al descubierto la superficie cilíndrica o la arista correspondiente en más de 30 cm.



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 9 Defectos comunes en durmientes de madera

Los nudos dobles, llamados de paloma cuando estén fijamente unidos al durmiente solo se aceptarán cuando no penetren más de tres cm. (Figura 9).

Grieta radial es la que se presenta transversalmente a los anillos de crecimiento anual, y no se tolerará aquella que tenga más de siete cm. de extensión, contados en la cabeza, ni las que tengan más de treinta cm. a lo largo del durmiente aunque sean menores de siete cm. en la cabeza (Figura 10).

La unión de una grieta radial con una anular se llama grieta mixta y no se aceptará en ningún durmiente (Figura 10).

Los durmientes descritos serán cortados de árboles vivos y sanos que no tengan más de un mes de talados; podrán ser aserrados o labrados con hacha; tendrán sus cabezas cortadas a ángulos rectos con el eje de la pieza y sus caras superior e inferior paralelas; sus aristas vivas y limpias absolutamente de corteza, debiendo ser rectos y bien labrados

Los durmientes de madera dura se aceptarán aún cuando no tengan aristas vivas. Debe considerarse a un durmiente como recto, cuando teniendo un cordel de centro a centro de las aristas de cabeza, cualquier punto de la aristas laterales diste del cordel cuando menos cinco centímetros (5cm) (Figura 10).

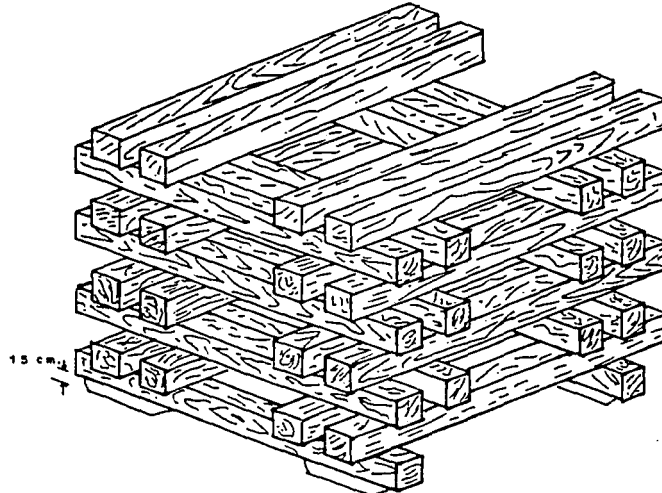
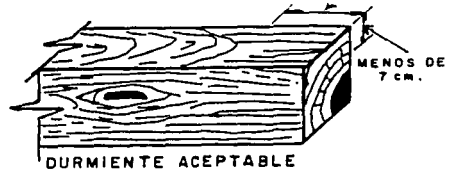
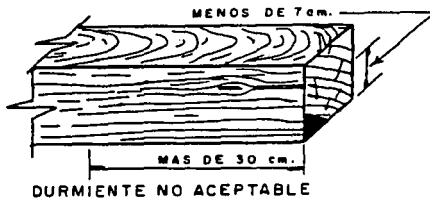
Para que los durmientes tengan una mayor vida deben ser impregnados por algunos preservativos. La impregnación consiste en meter en algún líquido que preserva la duración de la madera, mediante una presión suficiente para llenar los tubos capilares de la periferia hasta lo mas cercano posible al corazón de la madera dura.

Tanto la creosota con petróleo (impregmol) como las sales de fluoruro de sodio (arseniato de sodio, bicromato de potasio y fenol) constituyen elementos que ahuyentan a los insectos xilófagos, además de evitar la rápida destrucción por la oxidación.

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

La creosota-impregmol, se usa del cuarenta al sesenta por ciento (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 no penetra el preservativo.

La creosota precisa alta viscosidad y por ello la impregnación es lenta, en contraste con las sales Wolman que son de muy baja viscosidad y permiten disminuir el tiempo de impregnación.



MADERA DE FORMAR LAS TONGAS DE DURMIENTES



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 10 Defectos comunes y manera de formar tongas para durmientes de madera

La sal 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

El osmos emplea el reflujo de la savia de madera verde para introducirse con buena penetración sin requerir presión alguna. Los durmientes pueden sumergirse en baños de inmersión con sales osmosalt ahorrando varios meses de secado. Este método es muy recomendable para instalación portátil cuando se le esta dando mantenimiento a la vía o construyendo una nueva.

Los durmientes duros se usan sin creosotar en áreas próximas a sus bosques y el tirafondo y el clavo elástico Macbeth son recomendables en lugar del clavo común que produce el rajamiento de la madera al clavarse a golpes y carece de apriete al patín.

El pino y las maderas semiduras, deben creosotarse para incrementar su vida útil.

2.4.2 Durmientes de concreto preesforzado. El uso del concreto para durmientes se empezó en los ferrocarriles americanos.

El concreto debe resistir entre setecientos (700 Kg./cm²) y ochocientos (800 Kg./cm²) kilogramos por cada centímetro cuadrado a la compresión y 80 kg/cm² a la tensión, precisando agregados pétreos de gran dureza; las fisuras existen a través de tiempo en servicio pero la fuerza de pretensado las mantiene cerradas e invisibles. El durmiente monolítico no presenta fierro oxidable excepto en sus accesorios, resultando con máxima resistencia en las zonas de gran precipitación o de atmósfera corrosiva.

El acero es especial y debe resistir entre diezmil (10,000 Kg./cm²) y hasta diecisietemil (17,000 Kg./cm²) kilogramos por cada centímetro cuadrado, como fatigas de ruptura y de fluencia dependiendo del tipo de anclaje. Para reducir el alto costo del acero especial, en Alemania se inventó un durmiente llamado DIVIDAG B-55 y B-58, que usan dos barras cruzadas en X, que ofrecen 4 varillas paralelas con sus respectivas cuñas en un sólo extremo.

Los momentos resistentes de la sección de estos durmientes, son los correspondientes a las fatigas normales de treinta kilogramos por centímetro cuadrado (30 kg/cm²), y los de principio de agrietamiento de ochenta kilogramos por centímetro cuadrado (80 kg/cm²), de poca ocurrencia en la vida del durmiente. El análisis de momentos flexionantes impone la necesidad de disponer de una base (balasto) similar a las condiciones de proyecto, para no ocurrir a fatigas considerables y frecuentes; en especial, precisa impedir el contacto central del balasto con la base del durmiente, excepto en patios y otras zonas de velocidad moderada como serian los talleres y zonas de carga y descarga de combustibles.

Tanto el B-55 como el B-58 soportan cargas de treinta (30) toneladas por eje que fatigan al balasto en la base del durmiente.

Se puede intentar un diseño económico reduciendo el área de acero hasta el límite dieciséis (16) a veinte (20) toneladas y podemos tratar de ahorrar costo de los agregados de alta resistencia y cemento admitiendo quinientos kilogramos por cada centímetro cuadrado (500 kg/cm^2) a la compresión, pero esos tipos de durmientes no deben ser usados en vías de primer orden ni exponerse a grandes esfuerzos por curvatura y pendiente en vías de segundo orden.

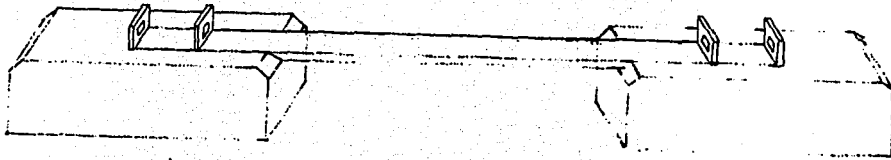
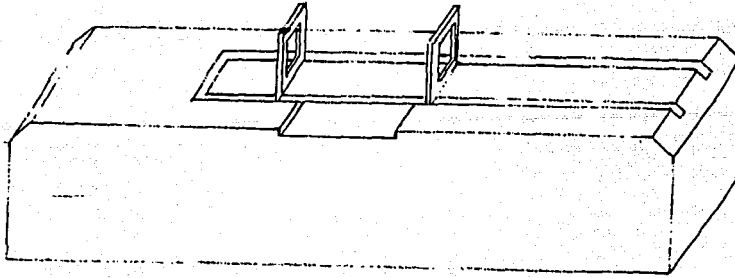
El uso de Durmientes Dividag B-55 es una correcta solución que ofrece resistencia a los esfuerzos dentro del límite económico estrictamente calculado. México construye este tipo de durmientes en Tlaxcala a precios competitivos, de características excelentes para poderse emplear. Este durmientes pretensado tiene una capacidad aproximada de veintisiete (27) toneladas y soporta velocidades de doscientos (200) kph y frecuencia de grandes cargas o trenes de carga donde el peso por eje es de unas veintitrés (23) toneladas, lo cual se aproxima al peso del eje motriz de las grandes locomotoras diesels de treinta (30) toneladas, por estas razones este durmiente es recomendable en condiciones normales, o de carga con gran impacto y excentricidad.

Desde hace varios años técnicos de países como Alemania, Francia e Inglaterra, han construido una vía para usarse en túneles, con durmientes de 2 bloques ahogados sobre material elástico que se comporte como un mortero líquido durante el proceso de la instalación. Este sistema ha soportado tráfico intenso en túneles suizos durante varios años sin requerir mantenimiento.

Este tipo de durmiente llamado RS, está diseñado por dos bloques ligados por una barra ligera de fierro que evita los esfuerzos en lugar de resistirlos. Los bloques de este durmiente son de $(22 \times 30 \times 72) \text{ cm}$ con apoyos para los rieles inclinados como en muchos casos se usa (Figura 11).

El concreto del durmiente RS resiste cuatrocientos kilogramos por cada centímetro cuadrado (400 Kg/cm^2) a los 28 días lo cual resulta fácil para usar casi cualquier agregado de dureza normal, necesitando solo veinticinco kilogramos por cada centímetro cuadrado (25 Kg/cm^2) a la tensión. La relación agua cemento, es de punto cero tres (0.3); debiéndose vibrar los bloques que tienen un volumen de cero punto cero ocho metros cúbicos (0.08 m^3), por cada durmiente.

El refuerzo es muy simple y lo forman dos parrillas de cuatro (4) varillas cortas de cinco dieciseisavos de pulgada ($5/16''$) con cuatro (4) estribos de acero de un cuarto de pulgada ($1/4''$), ligados por una espiral helicoidal de tres dieciseisavos de pulgada ($3/16''$), con diámetro de quince (15) centímetros y paso de cuatro (4) centímetros.



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 11 Durmientes de acero tipo "RS"

El refuerzo es de acero pesa menos de 7 Kg. por cada 2 bloques que se deben separar mediante la barra de acero estructural de 2 metros de largo con peso máximo de 15 kilos.

La barra en forma de Y al revés tiene 3 veces más acero que el requerido por los esfuerzos, como margen de seguridad en prevención de la oxidación y los descarrilamientos.

La oxidación, necesitaría casi 50 años para hacer peligrar en condiciones normales, la resistencia requerida, lo cual se puede mejorar mediante la aplicación de pintura ahulada o de algún galvanizado económico para los casos aislados de gran humedad.

Los bloques 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. Estos bloques deben pasar el control de calidad efectuándoseles pruebas a la flexión sin admitir grieta alguna usando cargas de 30 toneladas por cada bloque, además de probar el concreto para resistir la abrasión al frotarse en su cama contra el balasto.

Tanto los durmientes tipo Dividag como el RS pueden usar cualquier tipo de fijación razonable, como los taquetes de encino o plástico, para los tirafondos o pernos, ya sea para grapa francesa RS o para emplear la gran placa de asiento "karig" con su grapa y rondana elástica modelo alemán, capaz de resistir grandes esfuerzos en curva de radio corto.

Se estima que los durmientes Dividag en promedio pueden resistir el descarrilamiento, pero con nulo valor de rescate para los aislados casos de golpes máximos; en tanto que los "RS" se pueden soidar 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. La vía RAS puede taparse con balasto al ras, cuando se tiene buen drenaje y la zona no es muy húmeda, ni el balasto es de piedra porosa absorbente de agua.

2.4.3 Durmientes de acero. Los durmientes de acero, denominados "conchas", presentan una cara superior dotada de los elementos para sentar los rieles, afirmar el escantillón y sujetar las cabezas de los pernos de fijación del patín. Sus bordes volteados hacia abajo, presentan su inconfundible característica de anclaje que es excelente para vías sinuosas o de riel soldado. La concha es hueca y se necesita usar un balasto adecuado y saber introducirlo y calzarlo correctamente, usando herramienta mecanizada especial para compactar e introducir el balasto bajo el durmiente.

El peso es de solo setenta y cinco kilogramos (75 Kg.) por pieza para vía ancha, o sea que pesa igual que uno de madera y puede manejarse por un hombre con facilidad.

La oxidación salobre los hace inconvenientes para la costa o los túneles próximos al mar, pero el desierto, el lomerío o la montaña resultan el territorio ideal de este versátil durmiente.

En México, lo instalaron los ingleses en el Ferrocarril Mexicano y en el Interoceánico y existen ejemplares con 90 años de servicio en esas vías de muy ruda curvatura y pendiente. En el Ferrocarril de San Luis a Tampico, en las fuertes pendientes y curvaturas de Tamasopo, el ferrocarril central recurrió al uso de conchas que soportaron locomotoras tipo Mallet de vapor y tráfico pesado por más de 60 años de vida útil, habiéndose descontinuado su empleo en la actualidad sin motivos técnicos en su contra.

Suiza e Inglaterra emplean durmientes de acero en la mayoría de sus vías donde el tráfico, las pendientes, curvas y bajas temperaturas de invierno son severas.

La duración mínima de estos durmientes con fuerte tráfico es de 60 años, además tienen un daño mínimo por descarrilamiento con la posibilidad de repararlos mediante soldadura, presentan gran resistencia a desplazamiento lateral y al corrimiento longitudinal reduciendo anclas; el mantenimiento de la línea se hace con lapsos muy prolongados cuando el balasto cuenta con las características que las normas marcan y es bien calzado.

Su fijación se hace por medio grapas o plaquetas para pernos con rondana de presión o arandelas elásticas de sistema Karig, ingles o Grower simplificado, dando solidez y evitando el corrimiento de los rieles largos soldados.

Cada uno de los durmientes antes mencionados presenta diferentes características de resistencia a los esfuerzos ejercidos por las cargas que circulan por la vía y a las diferentes velocidades. Sin duda los durmientes con mayores ventajas son los de concreto, por su alta resistencia y mínimo mantenimiento durante su vida útil, pero resultaría inadecuado y antieconómico pensar que es el mejor tipo de durmiente y usarlo en todo tipo de vías. La red Mexicana, incluyendo los patios y laderos, presenta vías sinuosas, gran variedad de climas tales como desierto y zonas donde llueve mucho, además de temperaturas extremas, así mismo las velocidades a la que circulan los trenes son muy variables, por lo que es recomendable realizar un estudio integral de costos, materiales disponibles en la zona, velocidades, cargas y vida útil para determinar cuál es el durmiente más apropiado conforme a sus características y costos; de acuerdo con esto el mercado de madera, acero y concreto deben complementarse.

2.5 El Riel.

El riel es uno de los elementos que forman la superestructura de un sistema de vía férrea, fabricado con una aleación de acero con otros metales bajo requisitos de composición metalúrgica, geométricos, de resistencia y durabilidad especificados, que permiten el rodamiento cómodo y seguro del equipo, transmitiendo los esfuerzos a través de los durmientes a la infraestructura de la vía. Este es una viga cuyo peralte y momento de inercia le proporcionan cierto momento resistente o módulo de sección que precisa concordar con la máxima carga rodante y su impacto sobre una serie de durmientes.

Los rieles (paralelos a una distancia entre sus costados interiores denominados escantillón), permiten el tránsito del equipo, cuyas ruedas se mantienen sobre las vías gracias a las cejas con separación igual al escantillón mas una pequeña holgura.

Los rieles requieren la máxima precisión para su alineado en planta y la nivelación del perfil longitudinal, así como adecuadas sobre elevaciones para poder permitir altas velocidades y confort a un tráfico que somete a los rieles a grandes esfuerzos que precisan de fijaciones sólidas para mantenerlos sobre los durmientes amortiguando golpes y vibraciones.

2.5.1 Esfuerzos del riel y base del durmiente. Como ya se dijo el riel es una viga, cuya función es permitir el tránsito, dicho riel va apoyado sobre una serie de durmientes que transmiten las cargas al balasto, sin que el riel presente alguna deformación.

Cuando se diseña una vía y se están analizando las cargas que el riel transmitirá a los durmientes, se tomará en cuenta que el apoyo de uno o más durmientes puede fallar, lo que ocasionará claros reales hasta del triple del espaciamiento normal de los durmientes. Esta condición provoca presiones máximas sobre un sólo durmiente, el cuál debe reaccionar en su apoyo de balasto sin hundirse y el riel debe soportar la flexión sin deformarse ni romper las planchuelas o juntas de rieles tensiones excesivas.

2.5.2 Características del riel. El riel viene designado por el número de kilos de peso por cada metro de longitud (ó el número de libras de peso por cada yarda de longitud) de tal modo que cuando se dice: riel de 55 Kg. de peso (ó de 112 lb.), quiere decir que un metro (ó una yarda) de ese riel pesa 55 Kg. (ó 112 lb).

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

El hongo del riel se diseña considerando que va a estar en contacto con las ruedas cuyas pestañas tienen que guiar y por lo tanto la altura del hongo debe ser mayor de la necesaria para la resistencia del mismo, ya que debe existir una reserva de metal para proveer el desgaste. Por esto, en la altura total del riel hay que distinguir la parte del material correspondiente a la rodadura y la parte necesaria para resistir la acción de las cargas a las que el riel va a ser sometido como viga. La parte correspondiente a desgaste por rodadura es normalmente de 1.5 cm, por lo tanto un riel que haya experimentado un desgaste de esa magnitud debe ser retirado.

La relación que existe entre la anchura del hongo y la altura del mismo, debe ser tal que el desgaste de la anchura no obligue a quitar el riel antes de que haya que hacerlo por desgaste vertical. La relación anchura/altura del hongo, debe ser de uno punto seis (1.6) a uno punto siete (1.7) como máximo. El ancho de la cabeza del riel varía de seis (6) a siete (7) centímetros, tendiendo a acercarse al de la superficie de rodadura de la rueda, ya que así se reduce el desgaste vertical y se aumenta la superficie de apoyo de las bridas disminuyendo su desgaste y dando origen a juntas mas deformables.

La superficie de rodamiento de los rieles no es plana sino combada con el fin de el desgaste recíproco entre rueda y riel. Una superficie plana produciría rebabas laterales que acabarían finalmente por exfoliarse y desprenderse.

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.

Una repartición adecuada de metal debe existir entre el hongo, el alma y el patín de los rieles. Una de dichas reparticiones, que se ha considerado como buena, es la de cuarenta (40), veintidos (22) y treinta y ocho (38) por ciento, respectivamente, del material en cabeza, alma y patín.

El riel y sus uniones precisan de un módulo de sección capaz de resistir la flexión que produce la carga máxima y su impacto, sobre los claros hasta tres (3) centros de durmiente o sea uno punto cincuenta (1.50) metros, aproximadamente, usual para durmientes de madera. En buena parte el riel define su peralte por lo anterior, en tanto que el tamaño del hongo dependerá del desgaste previsible causado por las llantas, como por las cejas al rozar en las curvas.

El patín, transmite presión al durmiente a través de placas metálicas, de hule tablillas de madera. Los empujes horizontales aplicados al hongo, tienden a volcar al riel con momentos mas grandes cuanto mayor sea el peralte o inversamente proporcionales a al anchura del patín.

La sección geométrica del riel elegido depende de los momentos de inercia y distancias de giración de cada perfil para un determinado valor fatiga permisible, según la geometría de la vía y del equipo usado.

2.5.3 Materiales recomendados para rieles. El fierro dulce adicionado con carbón, silicio y manganeso respectivamente adquiere mayor dureza, evita la porosidad y aumenta resistencia y flexibilidad.

El carbón y manganeso intervienen con uno por ciento (1 %) máximo del total y el silicio varía desde cero punto cero cuatro por ciento (0.04%) hasta alto silicio (0.1 % aprox.)

El volumen del molde fundido determina el largo del riel tipo de trece (13) metros laminado.

El riel para curvas, debe contener alto silicio y alto carbón. El riel para vía con asentamientos debe tener bajo carbón y los extremos del riel que deba ser soldado, tiene que ser de acero normal.

2.5.4 Rieles tipo "T". Para este tipo de rieles de acero al carbón con peso de treinta punto dos (30.2) kilogramos por metro y mayores, que se destinan principalmente a la construcción de vías férreas, deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- El acero deberá ser fabricado por los procesos de hogar abierto, básico al oxígeno u horno eléctrico.
- Se hará un descarte suficiente en cada lingote, para asegurarse que quede libre de segregación perjudicial.
- El acero deberá satisfacer los requisitos de composición química indicados en la Tabla 6.

Tabla 6 Composición química del acero para rieles tipo "T"

Componentes	Peso de los rieles en kg/m (yd/lb)			
	30.2 a 39.7 (61 a 80)	40.2 a 44.6 (81 a 90)	45.1 a 59.5 (91 a 120)	60.0 y mayores (121 y mayores)
Carbono por ciento	0.55 - 0.68	0.64 - 0.77	0.67 - 0.80	0.69 - 0.82
Manganeso por ciento	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.70 - 1.00	0.70 - 0.82
Fósforo máximo por ciento	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre máximo por ciento	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio por ciento	0.10 - 0.25	0.10 - 0.25	0.10 - 0.25	0.10 - 0.25

En cualquier campaña de laminación es conveniente que el número de coladas con porcentaje de carbono superior al promedio del rango especificado, sea cuando menos igual al número de coladas con porcentaje inferior al promedio y que el promedio de carbono sea el especificado.

Se realizarán análisis de colada, separados de muestras que representan uno de los tres primeros y uno de los últimos lingotes complementos de la colada, para determinar los porcentajes de carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio. Estas determinaciones pueden ser químicas o espectrográficas.

El calibre y peralte del riel se determinan en base a las cargas por eje y velocidades usuales para cada clase de vía. En México los calibres más usuales son el de 80 a 100 lb/yd para vía clavada y de 100 a 115 lb/yd para vía elástica. Para que el ferrocarril sea competitivo y funcional debe estandarizar la capacidad de carga de sus vías y aumentar sus velocidades, esto implica el uso de rieles con mayor calibre y peralte, es recomendable estandarizar nuestras vías con calibres que varíen entre 100 y 115 lb/yd que ofrecen una

capacidad de carga entre 25 y 30 toneladas y soportan velocidades superiores a las que se circula en México.

2.6 Accesorios.

El buen funcionamiento de una vía no sólo depende de la subestructura como lo son las terracerías y la superestructura que en este caso es la vía, si no que se necesita agregar accesorios. Esto con el objeto de unir los rieles en sus extremos, fijarlos a los durmientes, evitar que se apoyen directamente sobre éstos y que no se corran o deslicen en sentido longitudinal.

2.6.1 Accesorios de conexión. En las juntas de unión, salvo que lo indique el proyecto, se utilizará el siguiente accesorio:

Placas de unión o planchuelas. Esta es un accesorio que se utiliza con el fin de asegurar la unión entre los rieles. Independientemente del tipo y forma de las planchuelas que son utilizadas actualmente en los ferrocarriles, podemos decir que todas ellas constan de tres partes esenciales, que son la cabeza, el alma y la base.

Las medidas o dimensiones de las planchuelas varían de acuerdo con el calibre de los rieles para el que van a ser utilizadas, siendo las principales medidas las siguientes: largo total "A"; distancia de cada extremo de la planchuela al centro del primer taladro "B"; distancia entre centros de taladros "C"; distancia de centro a centro de los dos taladros centrales "D"; la altura entre la cabeza y la base "F"; por lo que se refiere a las medidas más usuales en los taladros, el diámetro si estos son circulares, la parte más ancha y la más angosta si son ovalados y uno de los lados si son cuadrados, representándose todo esto por la letra "E" (Figura 12).

Solamente debe usarse la sección más robusta para cada calibre para poder reducir el vencimiento de las puntas de los rieles, pudiendo usar dos o tres agujeros para cada extremo del riel, según la importancia del esfuerzo de tensión a que se someta la unión. Las juntas del riel 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 expansión resulta permisible por la forma ovalada de los agujeros de la planchuela en tanto que el diámetro del tornillo determina su esfuerzo cortante deducido de la tensión por temperatura; la expansión puede aumentarse (provisionalmente) de uno punto siete centímetros (1.7 cm o $2/3$ ") hasta dos punto cincuenta y cuatro centímetros (2.54 cm o 1"), usando tornillos de mínimo diámetro para poder tender vía con planchuela provisional, mientras se las reemplaza por soldadura en el campo (aluminotérmica) sin tener que reajustar la separación necesaria entre los rieles.

Tipos de planchuelas. Las planchuelas se clasifican por su forma en:

- > De solera o planas
- > De cordón
- > Angular normal
- > Angular tipo bonzano
- > De compromiso

Este tipo de planchuelas pueden a su vez clasificarse como de "cabeza apoyada" o de "cabeza libre".

Planchuelas de solera o planas. Se distinguen de los otros tipos por no tener una base llamada faldón que tapa totalmente el patín del riel. Además cuando las cabezas quedan en contacto con el hongo del riel, son de cabeza apoyada; lo anterior se muestra en la figura 13 que corresponde a las planchuelas del riel de veinticinco punto cinco kilogramos (25.5 Kg. o 56 lb), tipo Angleur .

Planchuelas de cordón. Estas son una modificación de las planchuelas planas, su cabeza no queda totalmente bajo el hongo del riel y su base tapa gran parte del patín del riel; este tipo de planchuela se ilustra en la figura 14, siendo de cabeza apoyada para el riel de cincuenta kilogramos (50 Kg. o 110 lb) y de cabeza libre para el riel de cuarenta y cinco punto cuatro kilogramos (45.4 Kg. o 100 lb)

Planchuela Angular. Las planchuelas angulares se caracterizan porque el alma y la base forman un ángulo obtuso, es decir, mayor de noventa grados (90°) y la base o faldón tapa totalmente el patín del riel; además también es de cabeza apoyada, como se puede ver en la figura 15 que corresponde al riel de treinta y seis punto tres kilogramos (36.3 Kg. o 86 lb) del tipo ASCE

Planchuela Angular Tipo Bonzano. Este tipo de planchuela, al igual que las angulares, tienen un alma y una base que forman un ángulo obtuso, pero además en su base o faldón tiene un doblez hacia abajo en su parte central, que queda exactamente a la medida de los durmientes, como se muestra en la figura 16.

Planchuelas de compromiso. Independientemente de las planchuelas que sirven para unir dos rieles del mismo calibre, existe otro tipo de planchuelas que se emplea para unir dos rieles de diferente calibre, por ejemplo, un riel de veinticinco punto cinco kilogramos (25.5 Kg. o 56 lb) con otro de treinta y cuatro kilogramos (34 Kg. o 75 lb) estas planchuelas especiales, reciben el nombre de planchuelas de compromiso (Figura 17).

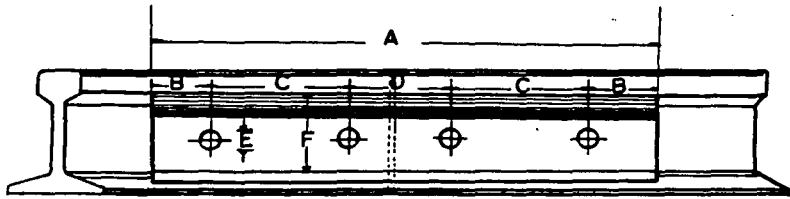


Fig. 12 Dimensiones tipo de las planchuelas

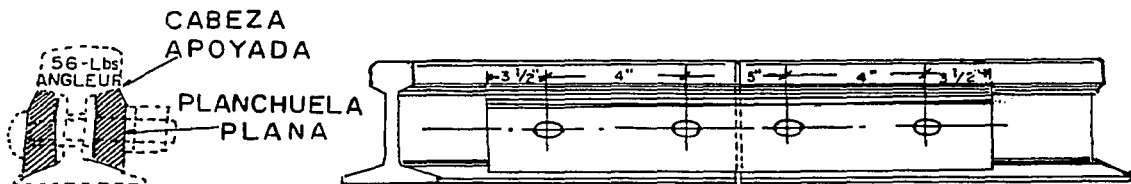

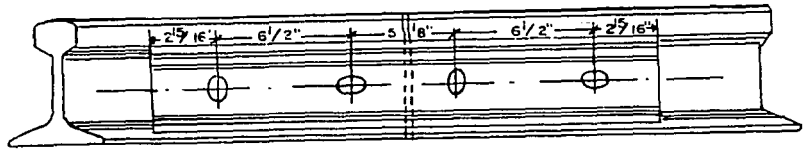
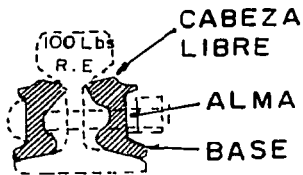


Fig. 13 Planchuelas tipo Angleur

 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 12 Dimensiones tipo de las planchuelas
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	Fig. 13 Planchuelas tipo Angleur
	Octubre del 2001	

Planchuela de cordón con cabeza libre



Planchuela de cordón con cabeza apoyada

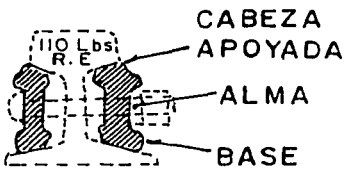
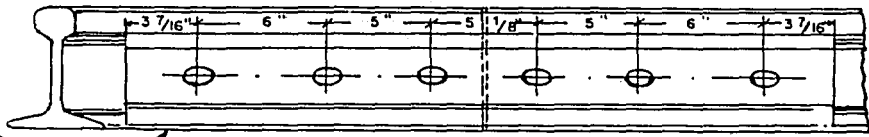
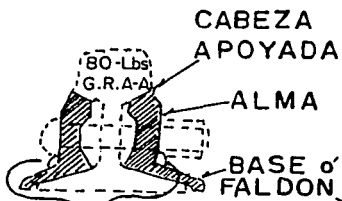



Fig. 14 Planchuelas de cordón



ÁNGULO OBTUSO MAYOR DE 90°

Fig. 15 Planchuela angular

 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 14 Planchuelas de cordón
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	Fig. 15 Planchuela angular
	Octubre del 2001	

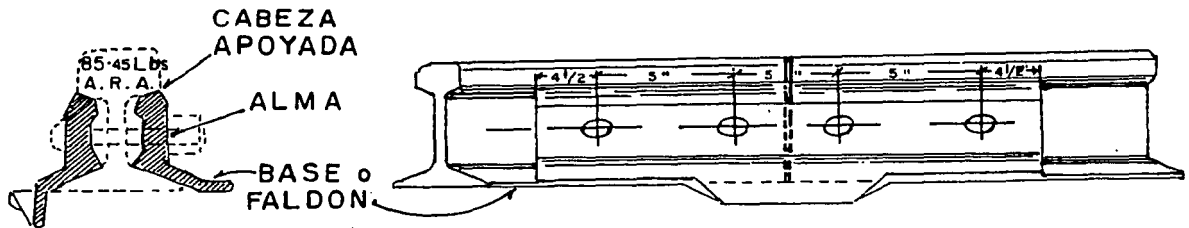


Fig. 16 Planchuela tipo Bonzano

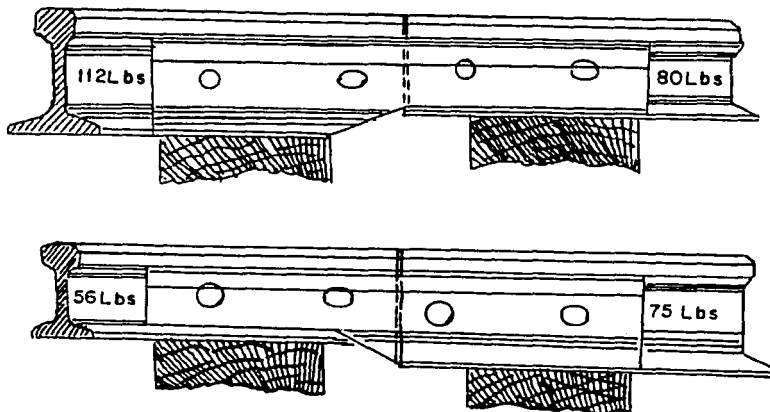



Fig. 17 Planchuelas de compromiso

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 16 Planchuela tipo Bonzano
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	Fig. 17 Planchuelas de compromiso
	Octubre del 2001	

Juntas apoyadas y suspendidas. Como ya se mencionó, las planchuelas sirven para unir dos rieles, cuando la unión, llamada junta o llanta, de los rieles queda sobre los durmientes, más o menos a la mitad de estos, las planchuelas también quedarán encima de los durmientes; en este caso reciben el nombre de planchuelas apoyadas o juntas apoyadas. Si por el contrario la junta o llanta queda en medio de dos durmientes, las planchuelas quedarán con sus extremos sobre dos durmientes, recibiendo entonces el nombre de planchuelas suspendidas, o junta suspendida, como se puede ver en la figura 18.

Normas de calidad para planchuelas. Las planchuelas pueden ser de acero de alto carbono y de acero de alto carbono templadas y deben cumplir con las siguientes normas:

- a) El acero será fabricado por los proceso de Hogar abierto, horno eléctrico o básico al oxígeno.
- b) Las planchuelas deberán calentarse uniformemente a fin de que se les puedan hacer las perforaciones, las ranuras y el perfilado.
- c) El acero deberá satisfacer los siguientes requisitos de composición química:

Planchuelas de acero de alto carbono.

- > Carbono, mínimo por ciento 0.45
- > Fósforo, máximo por ciento 0.04

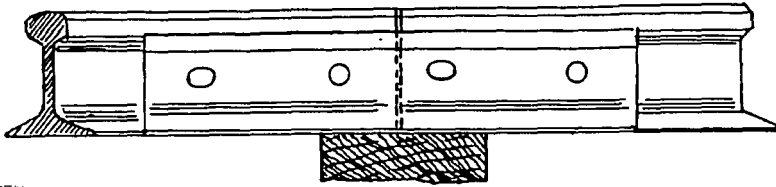
Planchuelas de acero de alto carbono templadas.

- > Carbono, por ciento 0.35 a 0.60
- > Manganeso, máximo por ciento 1.00
- > Fósforo, máximo por ciento 0.04

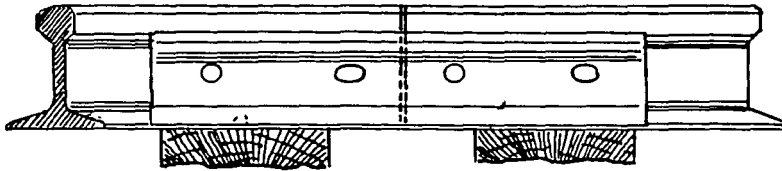
- d) El material de las planchuelas deberá satisfacer los siguientes requisitos:

Planchuelas de acero de alto carbono.


- > Resistencia máxima, mínimo 6,000 kg/cm²
- > Porcentaje de alargamiento en 50 mm de longitud calibrada, mínimo 15



. Planchuela apoyada.



Planchuela suspendida

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	<p>Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS</p>	
	<p>Alumno: César Octavio Flores Jiménez</p>	<p>Fig. 18 Planchuelas apoyadas y suspendidas</p>
	<p>Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel Octubre del 2001</p>	

Planchuelas de acero de alto carbono templadas.

➤ Resistencia máxima, mínimo	7000 kg/cm ²
➤ Límite aparente de fluencia, mínimo	4900 kg/cm ²
➤ Porciento de alargamiento en 50 mm de longitud calibrada, mínimo	12
➤ Estricción, o reducción de área, mínimo por ciento	25

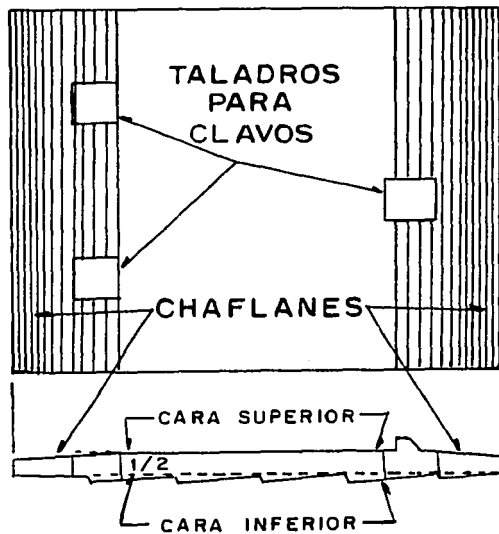
e) Las planchuelas deberán laminarse con superficies tersas de acuerdo con la plantilla, para que ajusten con precisión los rieles para los cuales se destinan. Las planchuelas deberán cortarse con cizalla o con sierra a las longitudes especificadas y las perforaciones deberán cumplir con las dimensiones especificadas. Se permitirá una variación en más o menos de cero punto ocho (0.8) milímetros en el tamaño especificado de las perforaciones; en más o menos de uno punto seis (1.6) milímetros en la longitud especificada de las perforaciones, y en más o menos de tres punto dos (3.2) milímetros, en la longitud especificada de las planchuelas. Cualquier variación a partir de una línea recta en un plano vertical, deberá ser tal, que aperlalte a la planchuela en el centro. La flecha en cualquier plano, no deberá exceder de cero punto ocho (0.8) milímetros en las planchuelas de sesenta y un (61) centímetros, ni de uno punto seis (1.6) milímetros en las de noventa y un (91) centímetros.

f) Las planchuelas laminadas deberán llevar en un lado, con letras y números realzados, el nombre o marca del fabricante y el año de fabricación, y alguna parte de este marcado deberá aparecer en cada planchuela terminada. En la parte exterior de cada planchuela, cerca de un extremo deberá imprimirse en caliente un número de serie que represente la colada.

2.6.2 Accesorios de fijación y anclaje. Los durmientes pueden ser de maderas duras o blandas, de concreto, mixtos y de fierro; cada tipo demanda una fijación especial. Los dispositivos de fijación y de apoyo serán de los materiales, formas y dimensiones fijados en el proyecto y se utilizarán los siguientes materiales:

Placas para durmiente. Al colocar el riel sobre los durmientes, éste los corta en los lugares donde se apoya, lo cual puede ser en forma lenta o rápida, esto se debe a que el patín del riel es angosto y al apoyarse directamente sobre el durmiente se encaja más rápido. Para evitar lo anterior o por lo menos para reducirlo, se utilizan las placas de asiento o placas para durmiente las que siendo más anchas que el patín del riel, reparten las presiones ejercidas por las cargas y ayudan al durmiente a soportar mejor el esfuerzo cortante producido por los trenes.

En una placa de asiento podemos distinguir las siguientes partes: cara superior o sea en la que apoya el patín del riel, cara inferior o asiento que se apoya directamente en el durmiente grueso o espesor de la placa (Figura 19).



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 19 Placa de asiento

Las placas para durmiente pueden ser lisas de un hombro, de dos hombros y el número de taladros para los clavos, puede variar desde tres (3) hasta ocho (8).

Placas de asiento lisas. Son aquellas en las que la cara donde se apoya el riel es plana y en la cara de apoyo sobre el durmiente tienen una serie de estrías que sirven para fijar al durmiente, este tipo de placas ya no se usan puesto que son para rieles de bajo calibre.

Placas de asiento de un hombro. Son aquellas que tienen la cara superior o de apoyo del patín del riel plana o inclinada (inclinación de uno a veinte (1:20)) y de uno de sus lados o lado del chaflán más ancho en el caso de que las placas sean inclinadas llevan un borde u hombro donde se recarga el filete interior del patín del riel; cuando la cara superior tiene inclinación, la placa tiene dos gruesos, uno mayor que corresponde al lugar donde está el hombro y el otro donde empieza el chaflán más angosto, además de tener de tres (3) a cuatro (4) taladros éste siempre se deberá colocar con el hombro por el lado de afuera de la vía, con lo que la inclinación queda hacia adentro. A continuación se muestran dos placas de asiento con hombro (Figura 20).

Placas de dos hombros. Son casi iguales a las anteriores diferenciándose únicamente por el número de bordes u hombros y el número de taladros que pueden ser hasta ocho (8). Su cara superior puede ser o no inclinada y al colocarse en la vía placas de este tipo con inclinación, la altura mayor siempre deberá quedar hacia afuera de la vía.

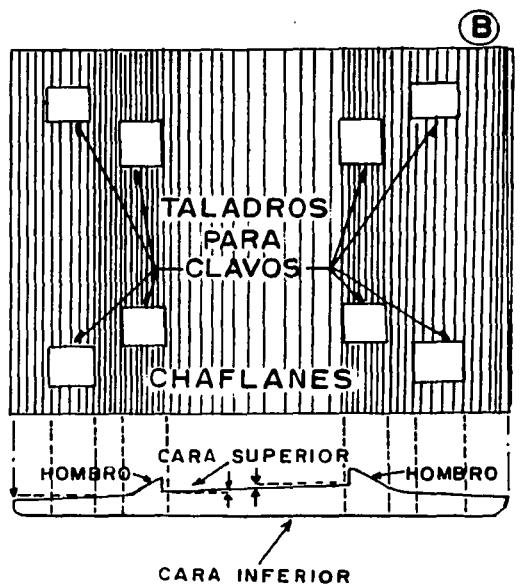
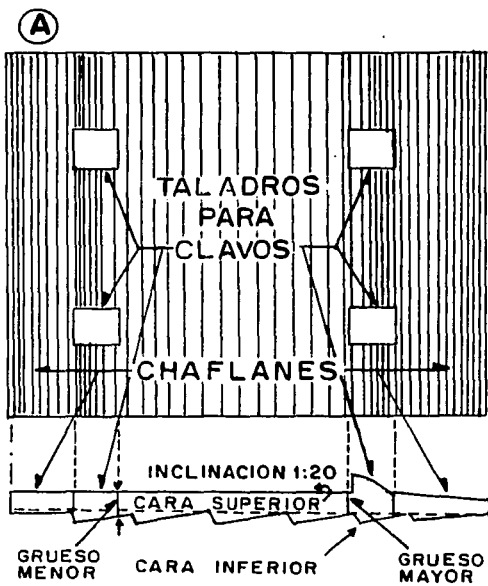
Cualquiera que sea el tipo de placas de asiento que se emplee, viene marcada en su cara superior con un número y una letra o simplemente una letra que nos indica con que riel deben ser utilizadas. Así pues, las tipo A se emplean en el riel de ciento veintitrés kilogramos (123 Kg. o 56 lb), las 5H en riel de ciento ochenta y siete kilogramos (187 Kg. o 85 lb).

Normas de calidad para placas de asiento. Las placas de asiento de acero podrán ser con bajo o alto carbono y se pegarán alas siguientes especificaciones:

- a) El acero se fabricará por los procesos de hogar abierto, horno eléctrico o básico al oxígeno.
- b) El acero deberá satisfacer los siguientes requisitos de composición química:

Placas de asiento, de acero de bajo carbono.

➤ Carbono, mínimo por ciento	0.15
➤ Fósforo, máximo por ciento	0.05
➤ Cobre, cuando se especifique, mínimo por ciento	0.20



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 20 Placas de asiento con hombro

Placas de asiento, de acero de alto carbono.

> Carbono, por ciento	0.35 a 0.82
> Fósforo, máximo por ciento	0.05
> Cobre, cuando se especifique, mínimo por ciento	0.20

c) Las placas de asiento deberán cumplir con las siguientes tolerancias:

- > Para placas con hombros paralelos a la dirección del laminado, de cero punto ocho milímetros (0.8 mm) en el espesor; de tres punto dos milímetros (3.2 mm) en el ancho laminado y de cuatro punto ocho milímetros (4.8 mm) en la longitud cortada.—
- > De cero punto seis (0.6) mm fuera del plano donde asiente el riel.
- > De uno punto seis (1.6) mm como mínimo, en la dimensión mínima especificada de la distancia entre los hombros de las placas con doble hombro.
- > De cero punto ocho (0.8) mm en la localización de las perforaciones para los clavos y en la longitud de sus lados.
- > De cero punto ocho (0.8) mm como máximo, y de cero punto cuatro (0.4) mm como mínimo en la altura de los hombros.

Pernos de vía, con cabeza especial, tuerca y rondana. Un durmiente de fierro troquelado (concha), o la barra de fierro estructural de un durmiente mixto de bloques de concreto emplea pernos con rosca en un extremo y cabeza de anclaje en el otro.

El apriete mediante la tuerca, produce rigidez que se debe reducir gracias a las rondanas de presión o arandelas elásticas y las grapas de acero elástico; la rondana o grapa elástica, absorben la variación de tensión y vibraciones que el tráfico somete a los tirafondos. Una gran placa sólidamente atornillada o clavada al durmiente de madera, puede servir para sujetar la cabeza de un perno donde se aplique la tuerca para presionar al elemento de fijación del patín del riel a la subestructura.

Este tipo de soluciones se han usado con gran éxito tanto en Alemania, Francia, Inglaterra, Holanda, EEUU, etc. En México utilizamos nuestros recursos combinados con los extranjeros buscando un mejor resultado.

Clavos y tirafondos (tornillo). La madera dura, excepcionalmente puede apretar a un clavo durante 15 años o más y existen algunas maderas de clase tan extraordinaria (quebracho, jabin, encinos) en que el clavo llega a oxidarse y quebrar su cabeza antes que poder extraerlo de la madera (Figura 21).

La resistencia a la extracción y el tipo de madera del durmiente determina el método de usar clavos normales clavos del tipo elástico o emplear el tornillos llamado tirafondo. Los clavos podrán ser hincados a golpe, o se requerirá que sea guiado por un barreno de menor diámetro taladrado previamente. Al clavar, empujar o atornillar cualquiera de los elementos mencionados anteriormente, se tendrá especial cuidado de no rajar la madera en posición paralela a sus fibras, no abocardar la entrada, o causar cualquier otra clase de daño al durmiente de madera, incluso permitir la entrada de agua, sin facilitar su drenaje lo cual precisa de barrenar el lugar del clavo o tirafondo, traspasando el taladro hasta la base del durmiente.

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. Se debe preferir el clavo elástico para cualquier tipo de madera especialmente con tráfico pesado y de trenes rápidos.

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.

Un clavo elástico o un tirafondo, pueden usarse con larga duración, si se usan taquetes de encino encajados a presión en orificios grandes practicados en los durmientes de madera blanda. También pueden evitarse la fisuras del concreto, ahogando dichos taquetes para usar tirafondos en los durmientes de concreto y mixtos.

Normas de calidad para los clavos y tirafondos. A continuación se mencionan las especificaciones de calidad con que deben cumplir los materiales empleados para la fabricación de estos elementos y sus tolerancias en sus dimensiones.

a) Los clavos son de acero suave y si el proyecto lo requiere, podrá especificarse cobre al acero ; el acero será fabricado por alguno de los siguientes procesos: hogar abierto, horno eléctrico o básico al oxígeno.

b) El acero deberá satisfacer los siguientes requisitos de composición química:

- | | |
|--|------|
| > Carbono, mínimo por ciento | 0.12 |
| > Cobre , cuando se especifique, mínimo por ciento | 0.20 |

c) El fabricante deberá realizar pruebas de tensión en material de clavo terminado, en donde deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- | | |
|--|-------------------------------|
| > Resistencia a la ruptura mínima | 3,900 kg/cm ² |
| > Límite elástico aparente, mínimo, | 0.5 de la resistencia máxima. |
| > Alargamiento en 50 mm de longitud calibrada, mínimo por ciento | 25 |

- d) La prueba de doblado se ajustará a que el clavo soporte un doblado frío a ciento ochenta (180) grados sobre sí mismo, sin agrietarse en la parte exterior de la porción doblada; la cabeza de un clavo terminado deberá soportar un doblado hacia atrás hasta que quede alineada con el cuerpo del clavo, sin que aparezcan evidencias de traslape de forjado en la porción doblada.
- e) Los clavos terminados deben ser rectos, con la cabeza bien formada y la punta afilada, estar libres de defectos perjudiciales y tener un buen acabado (Fig. 21).
- f) Las tolerancias en las dimensiones de los clavos deberán ajustarse a la Tabla 7.

Tabla 7 Tolerancias para las dimensiones de los clavos

Concepto	Tolerancias a partir de las dimensiones especificadas (mm)	
	En más	En menos
Sección transversal	0.8	0.4
Cabeza	2.4	0.8
Longitud de la base de la cabeza a la punta	3.2	3.2
Angulo de la parte inferior de la cabeza	1 grado	1 grado

Anclas. Cuando los rieles se encuentran colocados en la vía, se mueven o se deslizan en su dirección longitudinal debido principalmente al paso de los trenes y a los cambios de temperatura, es decir: que cuando hace calor crecen entonces las juntas se cierran y a veces se llegan a tronar, y cuando hace frío, se abren dejando una separación, entre los rieles, mayor que la reglamentaria.

Las anclas son elementos metálicos que, sujeto al riel y apoyado lateralmente al durmiente, impide deslizamientos longitudinales del riel sobre el propio durmiente. Son accesorios para aferrarse al patín del riel con fuerza de amarre superior a 500 kilos por pieza, que se colocan al costado de un durmiente para utilizar la resistencia de este a desplazarse debida al esfuerzo cortante de balasto compactado. Deben colocarse con facilidad y extraerse sólo con herramienta especial, siendo ampliamente conocidos los buenos resultados de los modelos Fair, Unit, True Temper y tipo Wooding (Fig. 22).

Este tipo de ancla, 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 madera.

El resultado del anclaje por fricción, depende no sólo del coeficiente con mayor valor, sino de la fuerza de apriete continuo entre el riel y el durmiente. La colocación de las anclas precisa estudiar previamente la dirección del corrimiento del riel cuya tendencia depende del sentido del tráfico pesado, las pendientes, frenajes, etc.

Tuercas, Tornillos Y Rondanas De Presión. Los tornillos, tuercas y rondanas de presión, son accesorios indispensables para sujetar las planchuelas a los rieles, debiéndose procurar siempre que al colocar los tornillos, éstos queden bien apretados con lo que se logra que los hongos de los rieles por unir coincidan perfectamente, sobre todo en la superficie o banda de rodamiento y por el lado interior de la vía o lado de escantillón, con lo que se logra evitar que las cejas de las ruedas del equipo golpeen las juntas (Fig. 23).

Los tornillos, independientemente de sus dimensiones o tamaño, se pueden distinguir por las siguientes partes que le son características como: la "cabeza", "cuello", "caña" y "rosca" como podemos observarlo en la figura que se muestra a continuación. El cuello, la caña y la rosca forman lo que se llama cuerpo del tornillo (Fig. 23).

Normalmente en todos los tornillos de vía, la cabeza, la caña y la rosca son redondas, en cambio, el cuello puede ser ovalado o cuadrado. El cuadrado normalmente se observa en los tornillos que se emplean para sujetar planchuelas de riel del tipo 70 libras Cuernavaca. El objeto de que el cuello del tornillo sea ovalado o cuadrado es que al colocarlo en los taladros de las planchuelas, que también son ovalados o cuadrados, no de vueltas al apretarlo.

Es importante hacer notar que el diámetro de la caña o diámetro comercial del tornillo ($3/4$ ", $7/8$ " y 1 ") puede no ser el mismo diámetro que el de la cuerda, y esto se deriva de que los tornillos sean "rolados" o maquinados y por lo tanto al taladrar los rieles, siempre se deberá tener presente lo antes dicho, pues podría darse el caso de que no pasara el tornillo por el taladro, al tener el primero un diámetro más grande en la cuerda.

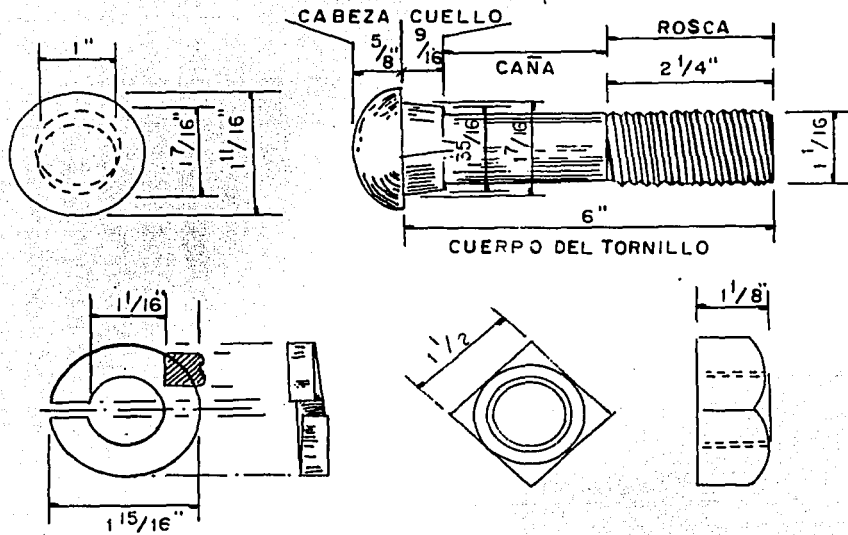
Las tuercas, son normalmente de sección cuadrada, teniendo un cara plana y la otra un poco curvada; sus medidas pueden variar desde $1-1/4$ " por lado y $3/4$ " de grueso hasta $1-1/2$ " por lado y $1-1/8$ " de grueso, correspondiendo las primeras para los rieles de 40 libras y las segundas para los rieles de 112 libras.

Existe otro tipo de tuercas que se colocan sin rondana de presión; son también cuadradas y tienen las 2 caras planas, con la diferencia de que una de ellas es de sección cuadrada y se hace más chica quedando en contacto con la planchuela.

Las rondanas de presión, tienen la forma de arillos cortados quedando sus 2 puntas separadas o abiertas, lo que hace que al colocarlas entre la planchuela y la tuerca y apretar esta última, se "cierra" la rondana haciendo presión sobre la tuerca y evitando que esta última se afloje rápidamente. Las medidas principales de las rondanas de presión son su diámetro exterior, su diámetro interior y su grueso.

Normas de calidad tuercas, tornillo. Los siguientes requisitos se refieren a tornillos y tuercas fabricados con acero de bajo carbono, para uso en vías férreas.

- a) El acero deberá fabricarse por los procesos de hogar abierto, horno eléctrico o básico al oxígeno.



Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 23 Esquema representativo del cuerpo del tornillo, la tuerca y su rondana



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

- b) El acero para los tornillos deberá contener como máximo cero punto cinco por ciento (0.5 %) de fósforo.
- c) Las roscas pueden ser maquinadas o laminadas y las tuercas deberán fabricarse con acero suave.
- d) Los tornillos se someterán a pruebas de tensión, tomando en cuenta lo siguiente:
- La prueba de tensión a opción del fabricante, podrá hacerse ya sea en las barras de las cuales se fabricaran los tornillos, o en los tornillos terminados.
 - Cuando la prueba de tensión se efectúe en la barra, se hará sobre la sección completa y deberá cumplir con una resistencia máxima de tres mil ochocientos setenta a cuatro mil novecientos veinte kilogramos por centímetro cuadrado (3870 a 4920 kg/cm²); el alargamiento en doscientos milímetros (200 mm) de longitud calibrada mínima por ciento de 106000 como resistencia máxima.
 - Cuando la prueba de tensión se haga en el tornillo terminado, se aplicará una carga entre la cabeza y la tuerca, con un dispositivo adecuado en lugar de ésta, suficientemente atornillado para que se desarrolle el esfuerzo total en el tornillo. El tornillo deberá cumplir con los requisitos de resistencia a la tensión del párrafo anterior indicados en el párrafo anterior.
- e) En relación con las pruebas de doblado y de unión de la cabeza con el cuerpo en tornillos de sección completa, la falla deberá ocurrir en cualquier parte del cuerpo del tornillo y no en la unión de la cabeza con el vástago.
- f) Las dimensiones de los tornillos y tuercas deberán cumplir con las siguientes tolerancias:
- Diámetro del vástago para tornillos de rosca maquinada de (+0.4 o -0.8) mm.
 - Dimensiones de cuello, de (+0.8 o -0.8) mm.
 - Longitud bajo la cabeza de (+3.2 o -3.2) mm.
 - Altura y diámetro de la cabeza de (+1.6 o -1.6) mm.
 - Ancho de la tuerca de (-0.05D) mm.
 - Altura de la tuerca de +(0.016D+0.31) o -(0.16D + 0.71) mm.

En donde D es el diámetro exterior de la rosca del tornillo en mm

- El diámetro nominal de los tornillos deberá ser el diámetro exterior de la rosca.
- El diámetro exterior de la rosca laminada no excederá al diámetro del vástago de un tornillo con rosca laminada. El diámetro de las roscas laminadas no excederá,

al diámetro del vástago, en más de uno punto seis milímetros) (1.6 mm) para tornillos de veintidós punto dos milímetros (22.2 mm) de diámetro y menores, ni más de dos punto cuatro milímetros (2.4 mm) para tornillos de veinticinco punto cuatro milímetros (25.4 mm) de diámetro y mayores.

- g) La fuerza para introducir la tuerca al tornillo será no mayor de dos punto veintisiete kilogramos (2.27 Kg.), aplicada en el extremo de una llave de sesenta y un centímetros (61 cm). de longitud.

Grapas o muelles elásticos. Otro elemento de la fijación elástica es la grapa y grapilla "RN", utilizadas, la primera para durmientes de concreto y la segunda para durmientes de madera. En términos generales, podemos decir que la grapilla "RN" es un componente elástico diseñado para sujetar el riel al durmiente, estando fijo a este, por medio de un tirafondo o perno.

Reúne para los durmientes de madera o los durmientes metálicos el mismo principio de sujeción a la grapa "RN" que para los durmientes de concreto.

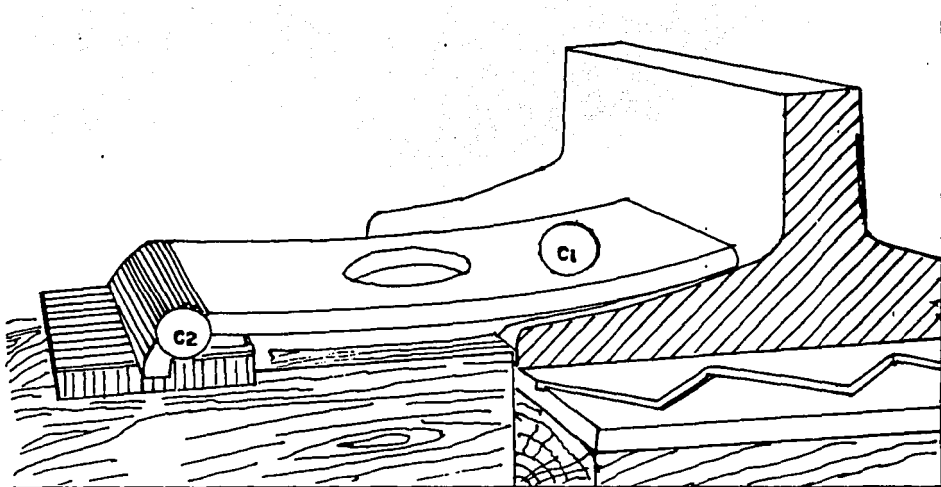
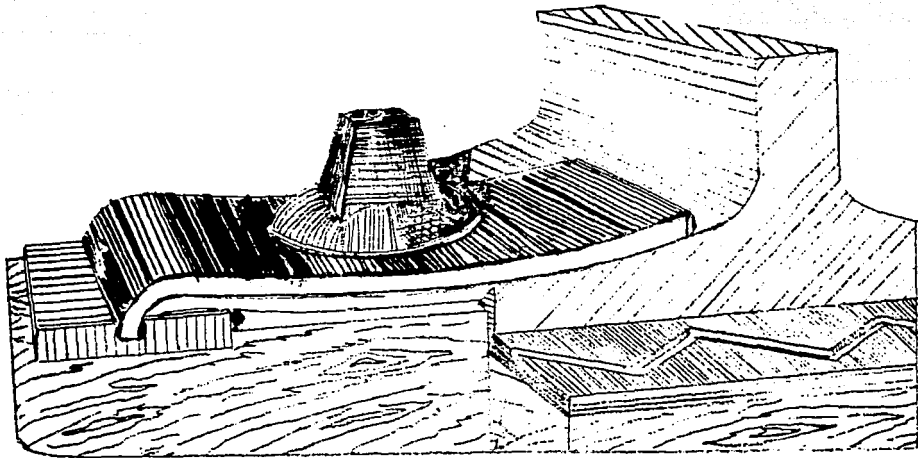
La grapilla "RN" está constituida por una solera de acero para muelles, de alta calidad (cromo-manganeso). Esta solera está perforada para permitir el paso de un tirafondo o un perno que sujeta el riel al durmiente.

La parte interior de esta solera, que se apoya sobre el patín del riel tiene un curvatura tal, que se ajusta a la forma del patín del riel, como se muestra en la figura 24 (c₁). Mientras que la parte exterior (c₂) esta curvada hacia abajo para proporcionar el soporte elástico. Este soporte se apoya en una placa ranurada encajonada en el durmiente sobre una placa de asiento.

La grapilla "RN", es el complemento elástico de la placa de hule acanalada, ya que mantiene el patín del riel en forma constante fuertemente apoyado sobre dicha placa, a la vez que controla todos los movimientos relativos a las vibraciones del riel, sea cual fuere su frecuencia, ya que la frecuencia de vibración de la grapilla en sí, es extremadamente alta.

La elasticidad de la solera, que con su curvatura da un brazo de palanca variable, se pone en todo levantamiento o golpeteo del riel, manteniendo un apoyo constante de este, sobre la palanca de hule, de modo que no tiene deslizamiento del riel sobre el durmiente.

La elasticidad de la grapilla "RN" es tal que el tirafondo o el perno que la sujeta, está sometido sólo a un esfuerzo a la tensión. Cuando existe sólo un tirafondo, o un perno en las mismas condiciones anteriores pero sin la grapilla "RN", la sujeción es afectada por el paso de cada rueda, con esfuerzos que pueden llegar a ser del orden de mil quinientos kilogramos (1,500 Kg.) y que por lo tanto fatiga a ésta, considerablemente.



Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 24 Grapilla tipo RN



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Ahora bien, la grapilla "RN" ejerce constantemente la presión necesaria y precisa del esfuerzo efectivo de amarre del tirafondo y el ajuste correcto de este esfuerzo, de tal manera, que sea compatible con la resistencia de la madera; pero cuando sólo se tiene un simple tornillo sin la grapilla "RN" es prácticamente imposible, aún con la más perfecta sujeción con tirafondo, evitar el someter la madera a esfuerzos tales, que su resistencia eventual no quede dañada.

El uso de la grapilla "RN" es por lo tanto, una garantía de conservación de la fuerza total de sujeción del tirafondo para toda la vida del durmiente y evita la necesidad de reparaciones y renovaciones frecuentes y costosas.

En la figura anterior se muestran las condiciones del funcionamiento correcto de la grapilla en su caso más general; sin placa de asiento y con durmiente de madera. Los detalles que se dan a continuación, es obvio que se aplican a otros métodos similares, de utilización (con placa de asiento), etc.

Antes de apretar la grapilla, la parte interior de ésta descansa en el patín del riel cerca del filete inferior del alma (C1). Se puede ver entonces que existe un juego un poco mayor de tres milímetros (3 mm) entre la grapilla y la orilla del patín del riel (C2).

Al apretar el tirafondo, la parte interior de la grapilla se curva más y este apretado termina en el momento en que la grapilla hace "segundo contacto" con la orilla del patín del riel. De esta manera queda eliminado el juego en el punto (C2).

Es el espacio C2 (juego o segundo contacto) el que determina:

1. El esfuerzo de tensión del tirafondo.
2. La presión ejercida sobre el patín del riel.
3. El trabajo a que es sometido el acero al alto límite elástico de la grapilla. Este pasa de los diez mil kilogramos por centímetro cuadrado (10,000 kg/cm²).

Como ya se dijo, es de gran importancia tener un conjunto elástico tal que en su posición final, (apretado) se tenga:

- > Una presión sobre el riel que corresponda a la determinada en la investigación .
- > Un esfuerzo de tensión permanente que ha de ser ejercido por los tirafondos o pernos y sea compatible con su capacidad.
- > Que el trabajo del acero de alto límite elástico de la grapilla, corresponda a las especificaciones fijadas.

Lo mismo que la grapilla "RN" antes descrita, la grapa elástica "RN" se utiliza en los durmientes de concreto, mantiene una presión elevada y uniforme sobre el patín del riel, mediante una solera (a) que permite un ligero abatimiento del riel sobre la placa de hule

acanalado (s) al paso de los trenes, pero oponiéndose a todo deslizamiento y levantamiento del riel. La elasticidad de la placa de hule amortigua las vibraciones y los golpes hacia abajo. La elasticidad de la solera (a) de la grapa "RN" evita los levantamientos del riel. El conjunto que forman la placa de hule acanalada y la grapa "RN" es una sujeción elástica que sujeta (sin juego) el riel sobre el durmiente. Este conjunto es un verdadero "filtro" que absorbe las vibraciones. La solera (b) sirve de tope lateral al patín del riel interviniendo únicamente cuando los esfuerzos laterales sobrepasan el elevado coeficiente de fricción que se tiene entre el patín del riel y la placa de hule. Estos esfuerzos son transmitidos al durmiente por el bucle (c) sin que el perno intervenga. Dichos esfuerzos están formados por la presión elevada y permanente del bucle en el fondo de la ranura en donde éste está incrustado dando una reacción oblicua admitida sólo por el concreto.

El amortiguamiento de las acciones dinámicas transversales hacia el exterior de la vía y la protección del concreto son obtenidas por el cojín amortiguador.

Cuando la grapa "RN" no ha sido apretada, la solera (a) se apoya sobre el patín del riel cerca del alma en el punto (d), existiendo por lo tanto entre la solera (a) y el borde del patín del riel un juego (f) de tres a cuatro milímetros (3 a 4 mm). Cuando se aprieta la tuerca, la solera (a) se curva elásticamente, mientras que el bucle gira dentro de la ranura, produciendo el desplazamiento de la solera (b) hacia, abajo. El apretado se detiene cuando la solera curvada hace contacto en el borde del patín del riel y el juego (f) queda por lo tanto anulado (Figura 24).

Es el espacio (f) (antes de apretar) el que mide a la vez el esfuerzo de tensión del perno, la presión ejercida sobre el patín del riel y la fatiga sufrida por el acero de alto límite elástico de la grapa "RN" (Figura 24).

Este espacio (f) depende de la disposición geométrica del conjunto y sobre todo de:

1. La forma del riel
2. La forma de la grapa "RN".
3. La cota (H).

Esta última es la diferencia de nivel entre el eje de la ranura y el plano de la superficie de apoyo.

Además, cuando la grapa "RN" es apretada y la solera (a) curvada, la presión ejercida por el perno debe estar correctamente repartida entre el riel y el bucle (c)

Toda aplicación de grapas "RN" a un cierto tipo de riel y a un cierto tipo de durmiente, debe ser objeto de un estudio especial y de experimentos de laboratorio, considerando a la vez las condiciones óptimas de trabajo de la grapa "RN" y de la placa de hule acanalada que son los dos elementos elásticos complementarios.

En resumen, podemos decir que la vía elástica proporciona una fuerte economía no sólo por gastos de conservación y renovación de la vía misma, sino por una gran disminución de los impactos y balanceos a que está sujeto el equipo rodante.

Las investigaciones y estudios de aplicación han sido hechos por la Sociedad de Estudios Ferroviarios Franceses (STEDEF), en colaboración con el fabricante de la grapilla "RN", tomando en cuenta los datos recopilados de los distintos ferrocarriles que la utilizan.

Dichas investigaciones han proporcionado una garantía para este tipo de sujeción.

Estas investigaciones comprenden esencialmente dos puntos:

- 1) Determinación del tipo que debe utilizarse. Es decir, de la forma de la grapilla "RN" adaptada al perfil del riel, tomando también en consideración el apoyo "H", sobre todo si los durmientes de madera son hachazuelados mecánicamente y no se utilizan placas de asiento metálicas.
- 2) Comprobación de la capacidad real de los tirafondos o pernos utilizados por los diferentes ferrocarriles, para mantener la fuerza de amarre requerida, de la grapilla "RN".

Esta comprobación se basa principalmente en:

- 1) La forma y dimensiones de la tuerca, o cabeza del tirafondo, para lograr la mejor disposición o distribución de la presión en la parte interior de la grapilla. Se ha estudiado principalmente el chaflán más apropiado para las partes inferiores de las cabezas de los tirafondos o de las tuercas de los pernos, como se muestra en la figura a continuación.
- 2) Escoger el tipo de tirafondo y la inclinación de la perforación para este, de acuerdo con el tipo de madera utilizada. Esto puede conducir a un ensanchamiento de dicha perforación, cuando el tirafondo esta sujeto a un esfuerzo de tensión prolongado y continuo, una vez que el durmiente ha sido expuesto a la intemperie.

Los múltiples ensayos que se han llevado a cabo con diferentes tipos de sujeción como las antes descritas, dan una idea clara de que en igualdad de circunstancias la vía elástica ahorra varias veces el costo de conservación en comparación con la vía clavada; no sólo por gastos de reclavado y cambios de durmiente, sino también por la posibilidad de emplear calibres menores de riel, además del ahorro en pérdidas por accidentes originados por la mala sujeción que proporciona el clavo de vía.

2.7 Cambios.

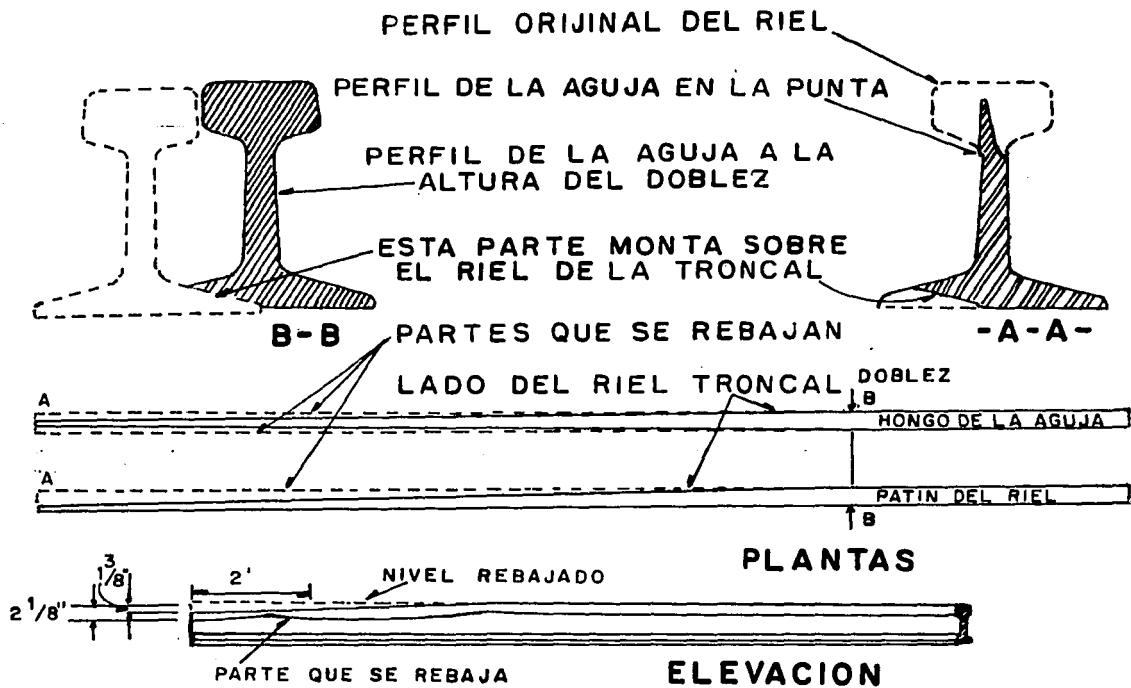
Se conoce como desviación de una vía aquella que se emplea para unir dos líneas férreas, y salvo algunas excepciones, generalmente comienza en una curva. Para que un tren pase de una vía a otra se hace uso de un mecanismo que actúa sobre los elementos de un cambio.


Los elementos más importantes que forman los cambios son las agujas, el sapo, los contrarrieles, placas de escantillón, placas corredera, placas de talón, placas de cambio, silletas de refuerzo, bloques de talón, orejas, varillas de conexión o de cambio, árbol de cambio, protectores de agujas, placas para contrarriel, candado, barra de conexión, rieles de apoyo y rieles guías. Estos son los más comunes por su forma y modelo, pero debe tenerse presente que existen muchos modelos que se usan en la actualidad, cuya forma puede variar, pero en esencia tienen el mismo objeto. A continuación se explica la función de las partes que forman los herrajes de cambio.

2.7.1 Agujas. Las agujas de cambio son dos y se llaman aguja izquierda y aguja derecha y se obtienen al desbastar los rieles afilándolos en uno de sus extremos y conservando la sección completa del riel en el otro extremo (Figura 25), el calibre de la aguja depende del calibre del riel de la vía donde se vayan a utilizar, así tenemos agujas para cada uno de los tipos de rieles. Independientemente de lo anterior la agujas tienen longitudes, de tres punto sesenta y cinco metros (3.65 m o 12 ft) para los cambios de vía angosta y de cuatro punto cincuenta y siete metros (4.57 m o 15 ft) y cinco punto cero tres metros (5.03 m o 16 ft, 6") para cambios de vía ancha, estas medidas son las comunes pero en casos especiales, como en una curva forzada, pueden variar.

Al ser desbastado o rebajado el riel, la punta de la aguja queda débil, por lo cual es necesario reforzar el alma, con dos soleras (una por cada lado) las cuales quedan sujetas por medio de remaches cubriendo casi toda la longitud del alma en la que también se indican la colocación de un tope o separador que tienen por objeto mantener la distancia correcta entre la aguja y el riel de la vía principal (Figura 26).

2.7.2 Accesorios para colocar las agujas. Para colocar las agujas de cambio se utilizan otros accesorios que son una placa de escantillón, doce placas correderas de elevación, cuatro placas de talón, diez placas de cambio, dieciséis silletas de refuerzo, dos bloques o empaques de talón, cuatro orejas (dos izquierdas y dos derechas), dos varillas de cambio, una barra de conexión, un árbol de cambio y uno o dos protectores de aguja además de dos placas correderas lisas (Figura 27).



 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	
		Fig. 25 Agujas para cambios

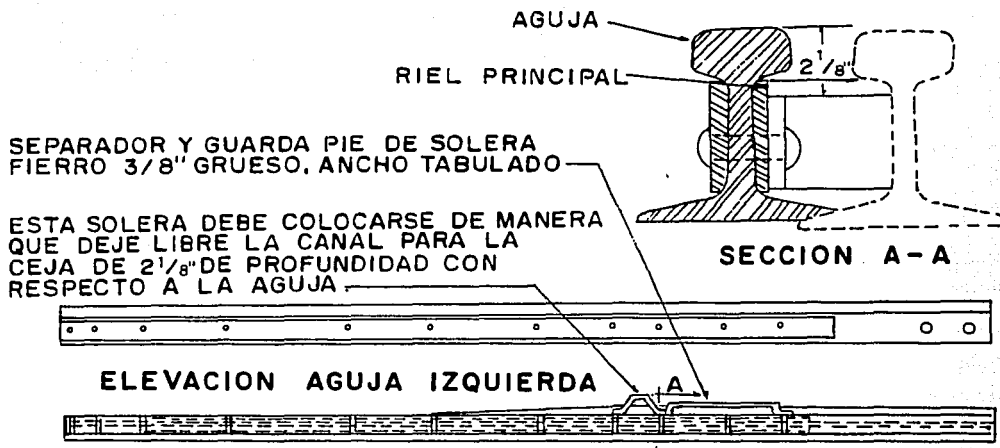


Fig. 26 refuerzo para las agujas

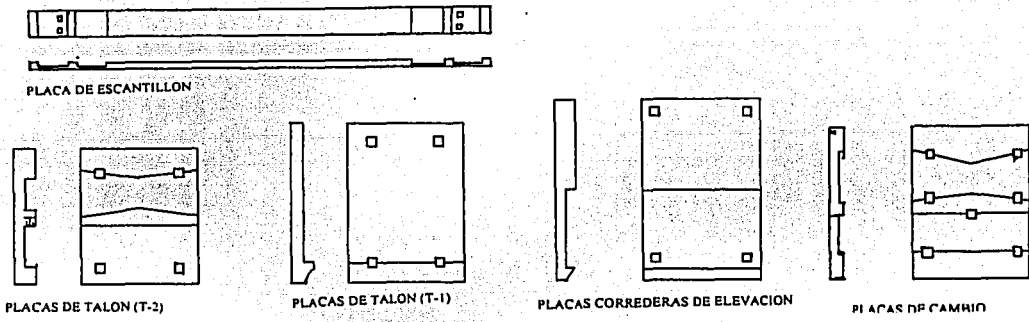



Fig. 27 Accesorios para colocar las agujas

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 26 Refuerzo para las agujas
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel Octubre del 2001	Fig. 27 Accesorios para colocar agujas

Placa de escantillón. Es una solera de fierro que tiene por objeto conservar el correcto escantillón (valga la redundancia) en la punta de agujas; esta placa no se encuentra colocada en todos los cambios pues generalmente es utilizada en vía principal y sus medidas varían de acuerdo con el calibre del riel.

Placas correderas elevadoras. Pueden ser maquinadas o troqueladas y en los dos casos se emplean soleras de fierro cortadas de acuerdo con el tipo de rieles que van a ser utilizadas. Cuando las placas son maquinadas la solera es rebajada en su grueso o espesor para permitir el apoyo del patín del riel y de la silleta de refuerzo.

Cuando las placas son troqueladas a la solera plana se le forma un cojín que permita el movimiento libre de la aguja. El objeto de las placas correderas elevadoras, es el de permitir el movimiento de las agujas y mantenerlas elevadas a la altura reglamentaria.

Placas de talón y de cambio. Se construyen con soleras que son maquinadas, es decir, rebajadas en su grueso. El objeto de estas es proteger los durmientes y conservar parte de los rieles guía a la separación reglamentaria con respecto a los rieles de la vía principal.

Silletas de refuerzo. Tienen por objeto evitar que los rieles de apoyo de las agujas se lleguen a virar o que se abra el escantillón por los empujes laterales de las ruedas al paso de los trenes (Figura 28).

Bloques o empaques de talón. Estos mantienen la separación correcta entre el talón de las agujas y los rieles de la vía de apoyo del cambio, se conocen como empaque izquierdo y empaque derecho, correspondiendo cada uno a la aguja izquierda o derecha (Figura 29).

Orejas para cambio. Las orejas se fabrican con soleras de fierro y pueden ser ajustables o fijas; las primeras llevan tres o más taladros para colocar las varillas de cambio de acuerdo con su longitud y las segundas tienen un solo taladro, por lo que las varillas de cambio deben tener la longitud exacta para que coincidan con los taladros y no se abocarden (Figura 30).

Varillas de conexión o de cambio. Están formadas por soleras o acero redondo y de estas se tienen dos tipos, denominadas como tipo 1 y tipo 2 (Figura 31).

La tipo 1 es la mas larga y tiene una horquilla en uno de sus extremos que entra en la oreja y queda sujeta por un tornillo, el otro extremo pasa por debajo del riel de apoyo de la aguja y se conecta con la barra de conexión por medio de un taladro.

La tipo 2 consta de una solera que en sus extremos tiene dos horquillas que entran en las orejas para sujetar las y queda más alejada de la punta de las agujas.

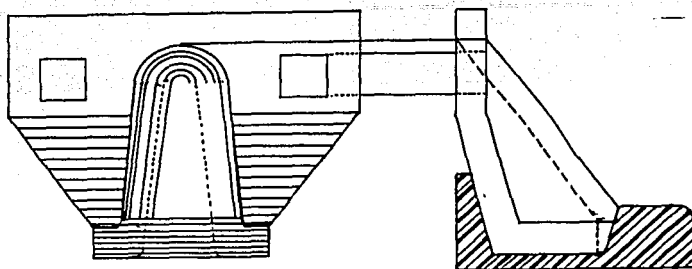


Fig. 28 Esquemas de las silletas

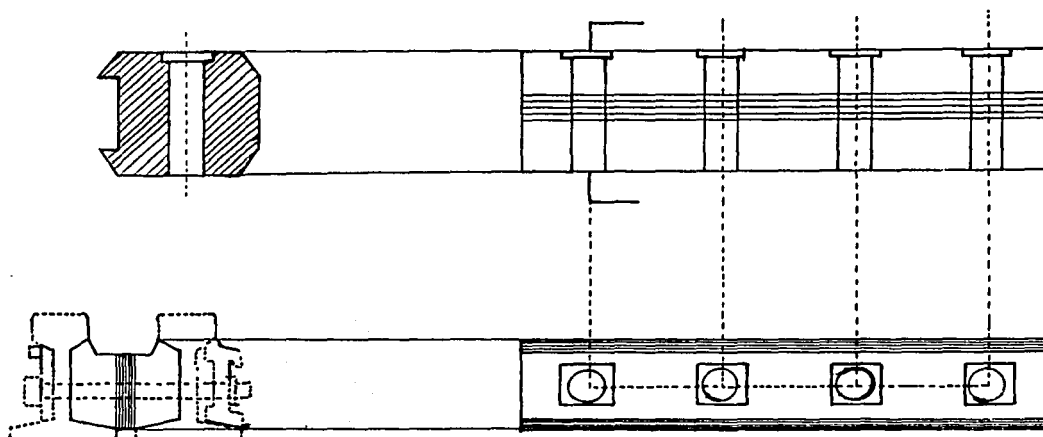


Fig. 29 Empaques de talón



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 28 Esquema de las silletas

Fig. 29 Empaques de talón

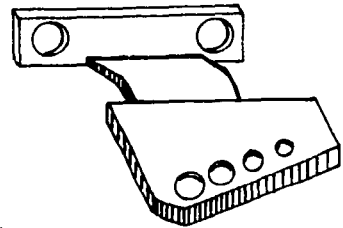
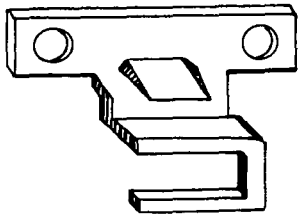
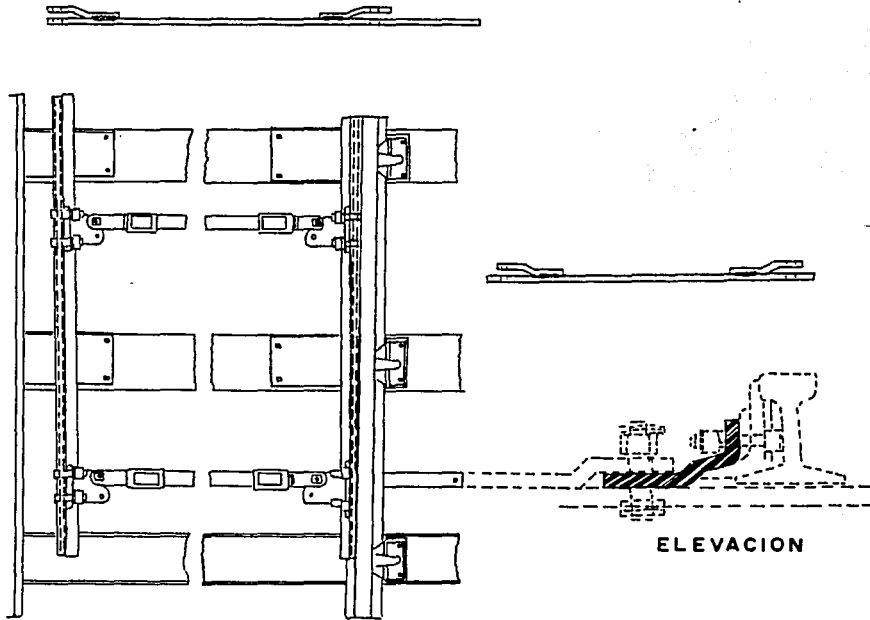



Fig. 30 Orejas de cambio



PLANTA VIENDO VARILLAS

Fig. 31 Varillas de conexión o de cambio

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 30 Orejas de cambio
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	Fig. 31 Varillas de conexión o de cambio
	Octubre del 2001	

Estas varillas mantienen la separación correcta de las agujas permitiendo un movimiento uniforme de un lado a otro ajustándolas a los rieles de apoyo.

Barra de conexión. Esta une la varilla tipo 1 con el árbol de cambio y esta formada por acero redondo, existen dos tipos diferentes, una con horquillas, con los extremos para colocar la varilla 1 y el árbol alto, la otra tiene por objeto usarse con el árbol bajo, además de que tiene una parte plana para poder usarse con ese tipo de árbol (Figura 32).

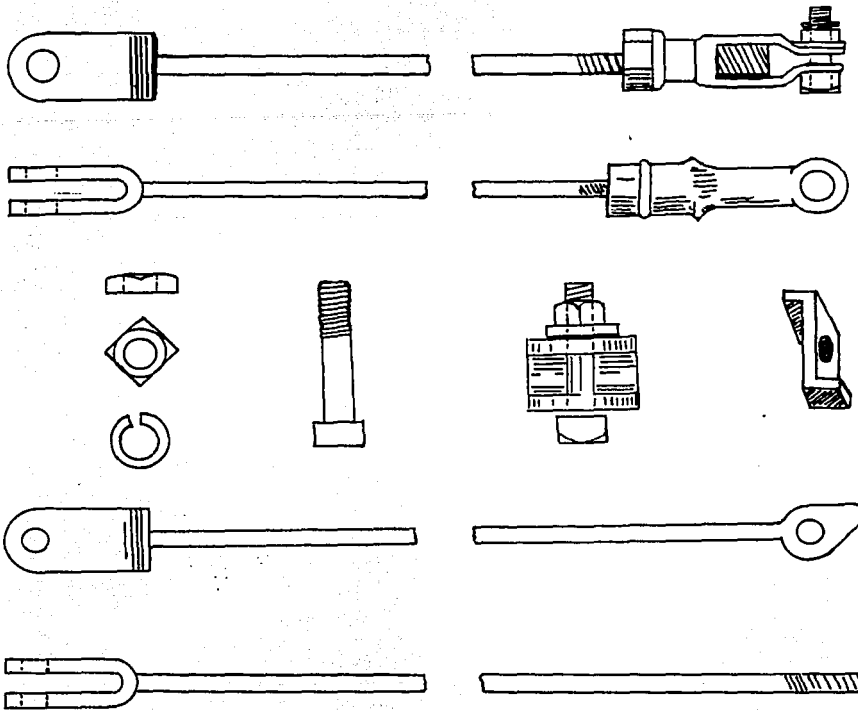
2.7.3 Árboles de cambio. Estos mueven las agujas permitiendo el paso de los trenes de una vía a otra; estos árboles pueden ser altos (Figura 33) o bajos (Figura 34), e independientemente de esto existen de separación manual, semiautomática y automática.

Entre los diferentes tipos de árbol de cambio de operación manual, tenemos el modelo 56-B que es el más conocido y corresponde al tipo alto que se utiliza en vías principales.

Este modelo de árbol alto, consta de una base hueca, en la que se encuentra un vástago, en cuya parte interior se coloca un tornillo con ojo para conectar la barra de ajuste o de conexión, además envolviendo al vástago hay un resorte que permite el movimiento libre de las agujas; en la parte superior de la base va la cubierta con unas muescas en las que entra el manubrio, palanca de cambio o liba que esta conectada al collarín y éste, fijo a la parte superior del vástago por medio de pequeños remaches; en el extremo superior del vástago que es de diámetro menor, se coloca un cople, para unir a este con el poste, en el cual se coloca la bandera de cambio y en su extremo lleva el remate para la linterna.

Por lo que se refiere a los árboles de cambio bajos, podemos mencionar entre los más conocidos el New Century, el cual consta de las siguientes partes: una base, en la que se coloca un vástago con horquilla; en la parte inferior del vástago que es cuadrada lleva un cigüeñal o mariposa a la que se conecta la barra de conexión.

Además, consta de un engrane, un perno, una horquilla y tornillo de ajuste, todas esas piezas quedan resguardadas por una cubierta que lleva una tapa móvil que permite ajustar el árbol, la palanca lleva un engrane o piñón hace girar el vástago; sobre este se coloca el poste que lleva la bandera de cambio y queda rematado por el portalinternas; para asegurar que al paso de los trenes, no se va a levantar la palanca, esta queda asegurada por medio de un trinquete.



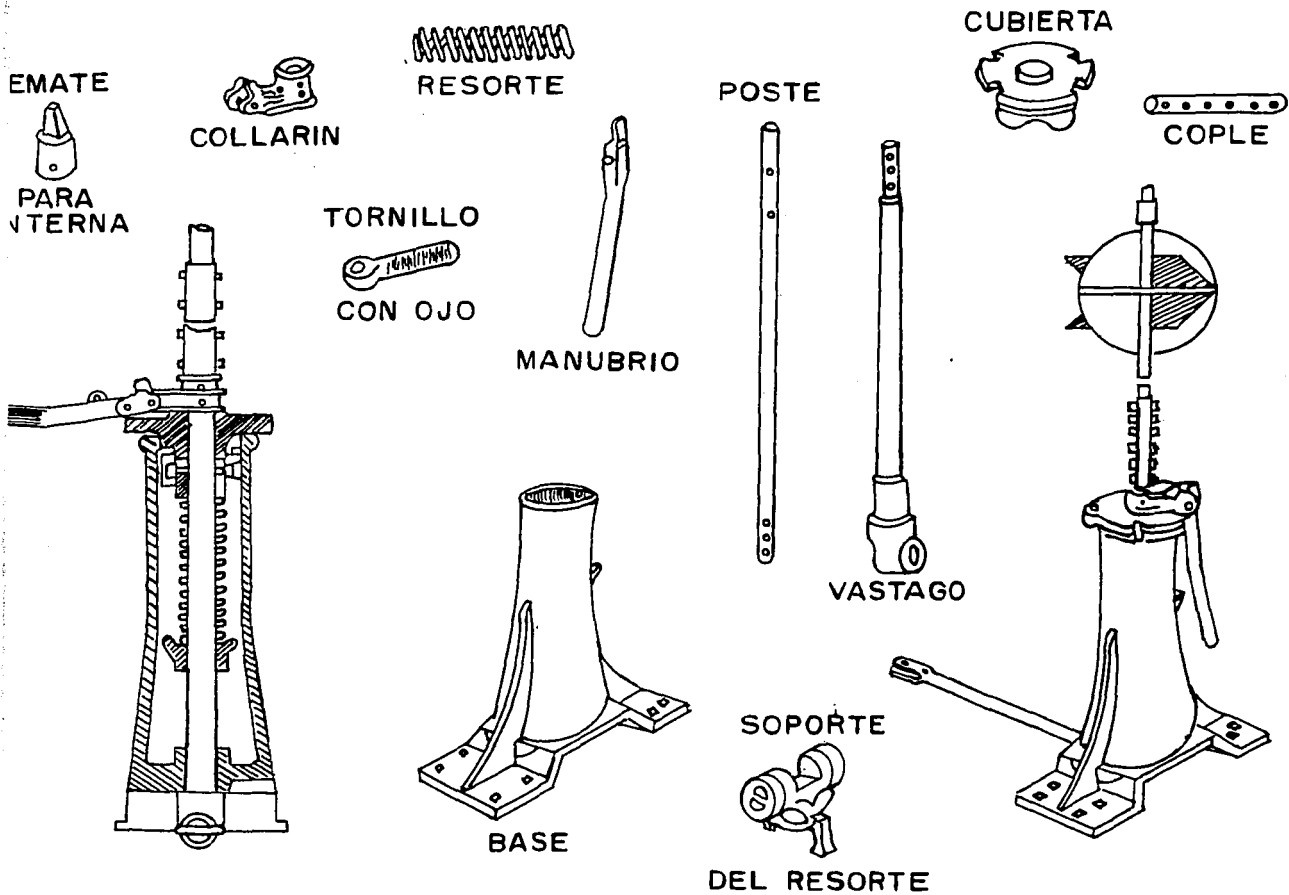
Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS
FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 32 Barra de conexión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

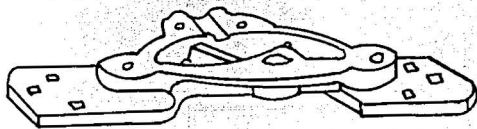


Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

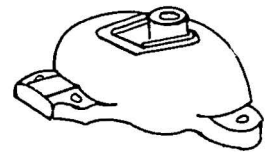
Fig. 33 Diagrama del árbol de cambio Alto



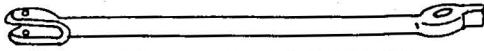
BASE



TAPA



CUBIERTA



BARRA DE CONEXION

HORQUILLA



DE AJUSTE

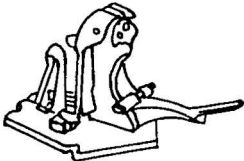


POSTE

TORNILLO



DE AJUSTE



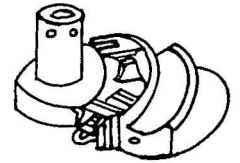
TRINQUETE



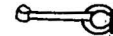
REMATE PARA
LINTERNA



BIELA



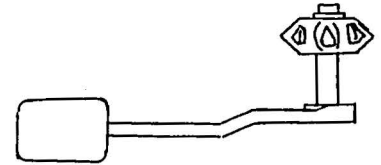
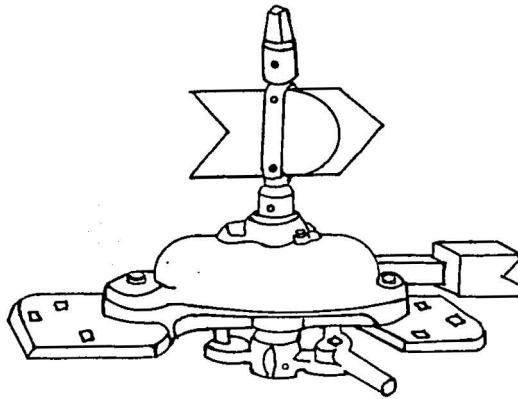
ENGRANE



PERNO



VASTAGO
CON
HORQUILLA



PALANCA Y PIÑON



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 34 Diagrama de árbol de cambio
Bajo

Los árboles de cambio semiautomáticos, altos o bajos son muy parecidos a los de operación manual, la única diferencia consiste en que cuando las agujas están alineadas a la vía principal y un tren viene por el ladero, escape o vía secundaria, puede pasar las agujas, sin necesidad de mover la palanca del cambio, pues las ruedas moverán las agujas y las dejarán alineadas a la vía secundaria, siendo necesario después mover la palanca, para regresarla a su posición original o sea alineadas a la vía principal.

Dentro de los diferentes tipos de árboles semiautomáticos, podemos citar los Racor-22 bajos, que se emplean en patios y que se muestran esquemáticamente.

Por lo que se refiere a los árboles automáticos, estos tienen la característica de que, estando alineados en la vía principal, un tren que salga del ladero o vía secundaria puede pasar las agujas, las que son movidas por las ruedas y alineadas al ladero, pero cuando el tren a pasado completamente sobre ellas, regresan automáticamente a su posición original o sea que quedan nuevamente alineadas a la vía principal; sin que haya habido necesidad de mover la palanca o liba como en el caso de los árboles semiautomáticos.

Como al pasar cada rueda, estas abren las agujas, para evitar que regresen rápidamente a su posición original y se estén golpeando constantemente en cada rueda que pasa, el árbol de cambio automático lleva una caja que contiene una mezcla de aceite de ricino y alcohol de madera que sirve como retardador para que las agujas no regresen instantáneamente, de manera que una vez que las agujas están alineadas al ladero, tardan diez a trece segundos para regresar y quedar alineadas a la vía principal; durante este tiempo pueden pasar varias ruedas, disminuyéndose el golpeteo indicado.

Tanto los árboles de cambio semiautomáticos, como los automáticos, también pueden ser operados en forma manual, es decir, que pueden alinear las agujas a la vía secundaria o principal, levantando la palanca o liba y haciéndola girar como en el caso de los árboles de operación manual.

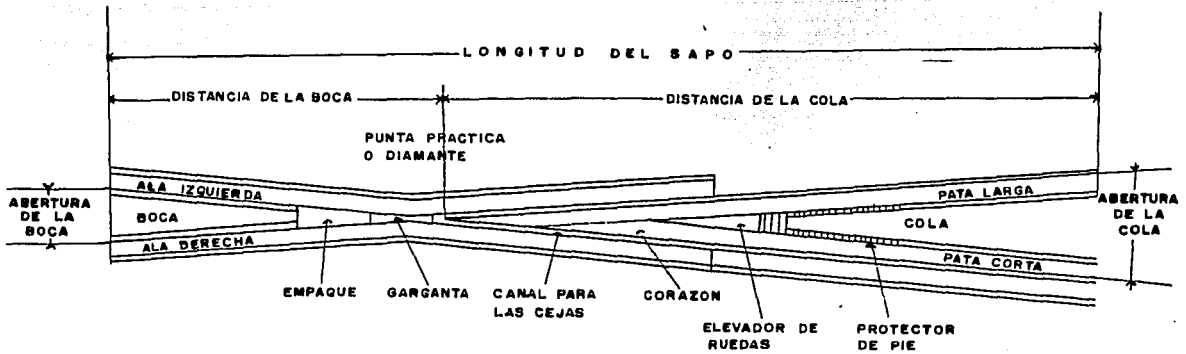
2.7.4 Protectores para las agujas. Tienen por objeto evitar que las ruedas de los carros lleguen a golpear y despuntar las agujas; estos protectores pueden colocarse directamente en la punta de la aguja o bien en el riel de la vía principal.

Los accesorios de los cambios vienen marcados para el calibre del riel en que se van a utilizar, a excepción de las varillas de cambio, la barra de conexión y el árbol de cambio.

Una vez que las ruedas de los carros cambian de dirección al moverse las agujas, siguen corriendo y continúan sobre los rieles hasta un punto en el cual tienen que cruzar uno de los rieles de la vía principal; para lograr esto, se utiliza una pieza provista de canales que permite el paso y se llama sapo.

2.7.5 Sapos. Los sapos pueden clasificarse en dos grandes grupos, estos son: Sapos rígidos y Sapos de resorte; en la figura 36 se indican los nombres de las partes principales que corresponden a los sapos rígidos: abertura de la boca, boca, alas izquierda y derecha,

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL SAPO



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 35 Esquema representativo del sapeador

garganta, punta práctica o diamante, canal para las cejas, corazón, patas, elevador de ruedas, cola, abertura de la cola, protector de pies.

En los sapos de resorte, se conservan los mismos nombres, a excepción de las alas; estas son: ala rígida, que lleva una canal para permitir el paso de las cejas de las ruedas y ala móvil la cual queda pegada al diamante y corazón del sapo, abriéndose al paso de las cejas de las ruedas y regresando a su posición original, por al presión que ejerce un resorte contenido en una caja; la abertura del ala móvil queda limitada por dos soportes guías; en ocasiones el resorte y su caja, se encuentran colocados próximos a la garganta del sapo; por la posición del ala móvil, el sapo puede ser izquierdo o derecho.

Para colocar o sentar los sapos rígidos o de resorte en la madera de cambio, estos llevan unas placas remachadas en el patín de los rieles.

Dentro de los sapos rígidos se pueden distinguir los sapos de una sola pieza fundida y que se conocen con el nombre de sapos de acero-manganeso.

En los sapos de acero-manganeso, podemos distinguir las siguientes partes: la boca y la extensión de la boca, esta última formada por dos alas pequeñas; estas dos partes conectan con los rieles guías; la punta práctica del sapo o diamante, el corazón la pata y la extensión de la pata, donde se conectan los rieles de la vía principal y del ladero o vía secundaria.

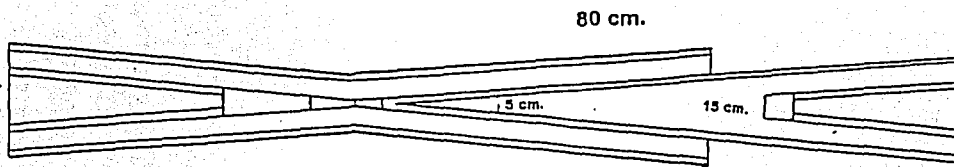
Estos sapos no llevan tornillos para ajustar otras piezas, y además no llevan empaques para formar las canales, pues estas ya se encuentran en el sapo para permitir el paso de las cejas de las ruedas.

Los sapos rígidos y de resorte, son conocidos prácticamente por su número y el calibre del riel de que están formados.

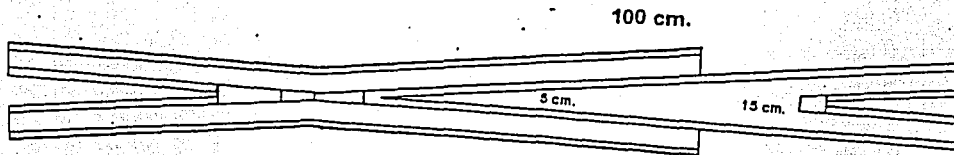
Por lo que se refiere al calibre del riel, tenemos sapos desde 40 lbs y respecto a su número, estos pueden ser # 6, # 7, # 8, # 9, # 10..

Aun cuando todos los sapos vienen marcados con su número correspondiente, es conveniente señalar el método para determinar su número.


Para medir prácticamente el número de un sapo, se buscan los puntos en que el ancho del diamante sea de 5 y 25 centímetros y medir sobre su eje, la distancia entre esos dos puntos; el número de decímetros es el número del sapo; así por ejemplo si la distancia es de 80 cm o sean 8 dm, el número del sapo será 8, si la distancia es de 100 centímetros o sean 10 decímetros, el número del sapo será 10; estos dos casos se muestran en la figura 36.



SAPO No. 8



SAPO No.10

 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 36 Determinación del número del saपो
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

Las dimensiones o medidas de los sapos son:

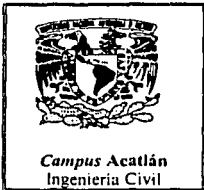
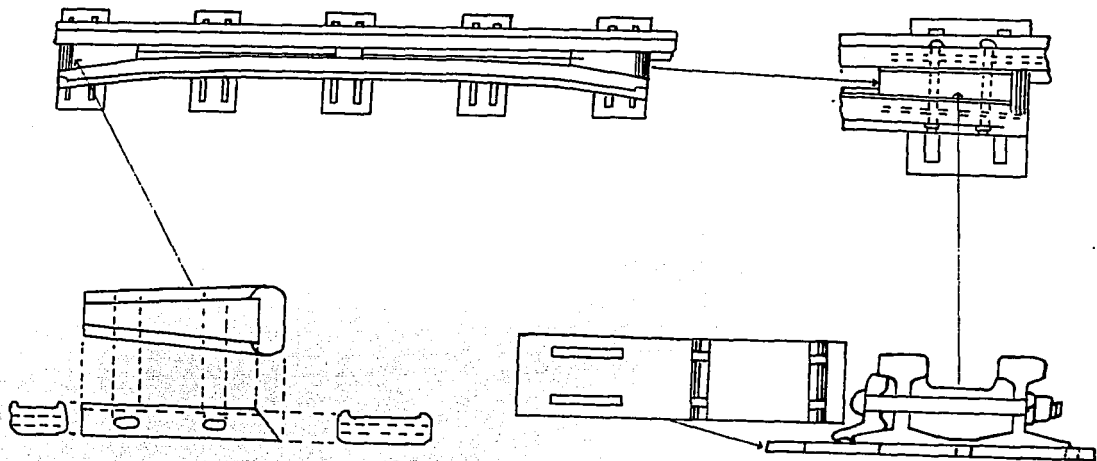
- > Sapo # 6: Abertura de la boca: ciento setenta y ocho milímetros (178 mm, 7"); abertura de la cola trescientos treinta milímetros (330 mm, 13"); largo total: tres punto cero cuarenta y ocho metros (3.048 m, 10').
- > Sapo # 7: Abertura de la boca ciento noventa y dos milímetros (192 mm, 7 9/16"); abertura de la cola: trescientos treinta milímetros (330 mm, 13"); largo total: tres punto seiscientos cincuenta y ocho metros (3.658m, 12').
- > Sapo # 8: Abertura de la boca: ciento ochenta milímetros (180 mm, 7 1/8"); abertura de la cola: trescientos catorce milímetros (314 mm, 12 3/8"), largo total: tres punto novecientos sesenta y dos (3.962 m, 13').
- > Sapo # 9: Abertura de la boca: doscientos tres milímetros (203 mm, 8"); abertura de la cola: trescientos cinco milímetros (305 mm, 12 "); largo total: cuatro punto quinientos setenta y dos metros (4.572 m, 15').
- > Sapo # 10: Abertura de la boca: ciento ochenta y dos milímetros (182 mm, 7 3/16"); abertura de la cola: doscientos setenta y cuatro milímetros (274 mm, 10 13/16"); largo total: cuatro punto quinientos setenta y dos metros (4.572 m, 15').

2.7.6 Contrarrieles. Cuando la cejas de las ruedas pasan sobre los canales de los sapos, necesitan ser guiadas; esto se logra mediante el empleo de los contrarrieles que se colocan frente al sapo y sujetos a los rieles de la vía principal y del ladero o vía secundaria (Figura 37).

Los contrarrieles se manufacturan con rieles del mismo calibre de la vía en que van a ser colocados y pueden ser de dos tipos: el primero corresponde a rieles doblados en sus extremos y el segundo a rieles rectos cuyos extremos están desbastados en su hongo; en ambos casos, entre el contrarriel y el riel de la vía principal o secundaria se colocan unos separadores o bloques atornillados que permiten separación correcta entre riel y contrarriel para el paso de las cejas de las ruedas; estos bloques pueden ser de una sola pieza fundida, o bien de dos piezas fundidas dentadas en forma de cuña; en la figura 38 se indican las formas de los contrarrieles y de los bloques.

Para la colocación de los contrarrieles, se utilizan placas de asiento especiales para contrarriel, aclarando que éste queda recortado en el ala del patín que queda pegada al riel de apoyo para permitir la separación reglamentaria.

Los contrarrieles pueden ser de dos punto quinientos catorce metros (2.514 m, 8' 3") y de tres punto trescientos cincuenta y dos metros (3.352 m, 11') de longitud. Estas medidas corresponden tanto a vía angosta como a vía ancha.



Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 37 Forma del contrarriel y bloques

CAPÍTULO 3

CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS FÉRREAS

En México no se contaba con una clasificación unificada de las líneas de ferrocarril, debido a que éstas presentan una gran variedad en sus características; sin embargo, desde ciertos puntos de vista se clasificaron en:

- a) **Líneas Principales y Líneas Secundarias.** Las líneas principales son aquellas que forman las grandes líneas troncales y las líneas secundarias las que complementan la red formada por las anteriores, dando así un sistema completo de vías férreas.
- b) **Líneas de vía angosta y de vía ancha.** Esta es una clasificación que corresponde al aspecto económico de su construcción, sin tener en cuenta si es una vía principal o secundaria, es decir que una línea principal no necesariamente debe ser de vía ancha o que una secundaria sea de vía angosta, ya que ello dependerá de los aspectos económicos relativos a la construcción.
- c) **Líneas de Servicio Particular.** Corresponde a esta clasificación las líneas dedicadas exclusivamente al servicio de algunas empresas de carácter privado, tales como las líneas mineras, líneas petroleras, industriales, etc.

Se considera que esta clasificación no es del todo buena ya que no está basada en parámetros técnicos bien definidos que permitan evaluar su estado físico y estándares mínimos que garanticen la seguridad en la operación.

Por tal motivo la Gerencia de Vía y Estructuras de Ferrocarriles Nacionales de México realizó una clasificación objetiva, aplicable por igual a todas las vías férreas.

Los objetivos que se buscaron al hacer ésta clasificación fueron:

- a) Garantizar la seguridad del tráfico de trenes en el sistema ferroviario nacional.
- b) Mantener la calidad en la vía en términos proporcionales a su explotación, acorde al rendimiento que reporte y a la situación del mercado que atiende.
- c) Incorporar las mejoras a la vía y dar mantenimiento a la vía, de acuerdo a los avances tecnológicos.

Las vías del sistema ferroviario nacional se han dividido en 6 categorías designándolas del 1 al 6 según su índice de importancia.

Para realizar esta clasificación se ha utilizado la fórmula empírica:

$$I = T \times 1.01^V$$

En donde:

- I es el índice de importancia de la vía.
T es el tonelaje bruto anual del tramo en millones de toneladas métricas, y
V es la velocidad máxima de operación de los trenes más rápidos que circulan en el tramo, expresada en kilómetros por hora (km/hr).

De acuerdo a lo anterior, el índice de importancia de las vías en sus seis categorías, está comprendido entre los siguientes parámetros de acuerdo a la fórmula anterior:

Tabla 8 Índice de importancia de vías

Clase de vía	Índice de importancia
1	49.9 o mayor
2	30.7-49.8
3	15.3-30.6
4	7.7-15.2
5	2.7-7.6
6	0-2.6

La clasificación anterior, esta en base al tonelaje promedio de los 5 años anteriores y a las velocidades de horario de cada una de las divisiones del sistema.

Lo que da sustento a la clasificación anterior y determina la calidad mínima de acuerdo al nivel de las vías esta en función de tres conceptos y de las condiciones actuales de las vías del sistema ferroviario nacional.

Estos tres conceptos son:

3.1 Volumen de carga. Este esta determinado por el volumen de carga transportado anualmente en cada una de las líneas, tomando en cuenta la velocidad máxima de operación de los trenes, en base a la siguiente tabla:

Tabla 9 Clasificación de la vía por el volumen de carga

Clasificación de la vía	Tonelaje (millones de toneladas)	Velocidad máxima de operación de trenes (Km/hora)
1	22.5 o mayor	80 - 110
2	16.5 - 22.3	66 - 80
3	8.8 - 16	56 - 65
4	4.9 - 8.7	46 - 55
5	1.95 - 4.8	35 - 45
6	0 - 1.8	20 - 34

3.2 Condiciones físicas de la vía. En este concepto se tomaron en cuenta las características de la misma, en base al siguiente cuadro:

Tabla 10 Clasificación de la vía por su condición física

Clasificación	Tipo de vía	Calibre de riel	Juntas de rieles	Tipo de durmiente	Grado de curvatura	Pendiente
1	Elástica	115	Soldado	Concreto	0 a 3°	0 a 1 %
2	Elástica	115	Soldado	Concr y Mad	Mayor de 3°	Mayor de 1 %
3	Elástica	112-110- 100	Sold. y Empl.	Concr y Mad	Mayor de 3°	Mayor de 1 %
4	Elástica	112-110- 100	Sold. y Empl.	Concr y Mad	Mayor de 3°	Mayor de 1 %
5	Clásica	Mayor de 90	Emplanchue	Madera	Mayor de 3°	Mayor de 1 %
6	Clásica	Mayor de 90	Emplanchue	Madera	Mayor de 3°	Mayor de 1 %

3.3 Capacidad de carga. En este rubro se consideró la capacidad de carga de las estructuras, de acuerdo a la carga Cooper con la que fueron diseñadas o a la que han sido reforzadas, de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 11 Clasificación de vía por su tonelaje

Clasificación de la vía	Tonelaje (toneladas métricas)
1	120
2	120
3	110
4	100
5	80
6	Menores de 80

3.4 Requisitos mínimos para la conservación de vías.

Con objeto de evitar análisis subjetivos de las condiciones de la vía y tener un mismo criterio a nivel nacional se establecieron una serie de requisitos mínimos que deben cumplir las vías según la clase a la que pertenezcan.

Con ello se busca que las condiciones geométricas y estructurales de las vías estén de acuerdo con la densidad de tráfico y la velocidad desarrollada.

En base a esta clasificación se establecieron tolerancias máximas en sus parámetros constitutivos más significativos con objeto de garantizar una adecuada operación y evitar un deterioro prematuro de los componentes.

Estos requisitos mínimos se establecieron en base a la reglamentación de la Federal Railroad Administration (FRA), de los reglamentos y boletines de algunos ferrocarriles de Estados Unidos y Canadá y recomendaciones de la American Railway Engineering Association (AREA) junto con la experiencia mexicana de la Gerencia de Vía y Estructuras de Ferrocarriles Nacionales de México.

Las condiciones de la vía son el resultado de la combinación del estado físico de los elementos de la vía y de sus deficiencias geométricas. Las supervisiones que se realicen a las vías estarán basadas en estos parámetros, por lo que una vía que se encuentre con deficiencia en alguno de los parámetros, deberá programarse para que sea corregida o se procederá a limitar su velocidad y reclasificarlas a niveles inferiores.

La siguiente Tabla muestra los requisitos mínimos para la conservación de vías.

Tabla 12 Requisitos mínimos para la conservación de minas

Concepto	Unidad	Clase de vía					
		1	2	3	4	5	6
Deficiencia de alineamiento para tramos de 10 metros aislados, de manera no continua	mm	10	14	18	22	26	30
Deficiencia de nivel longitudinal en cuerdas de 10 m aislados, de manera no continua	mm	14	16	18	20	22	24
Alabeo corto en longitud de 3.50 m	mm	10	15	20	25	30	35
Alabeo largo en longitud de 18.90 m	mm	32	44	47	51	55	55
Discrepancia máxima en sobre elevación con respecto a la de diseño	mm	14	18	22	26	30	34
Discrepancia en escantillón abierto en tangente o curva	mm	17	20	23	26	29	32
Discrepancia en escantillón cerrado respecto a tangente	mm	6	6	6	6	6	6
Ancho mínimo de corona del terraplén	mt	6.6	6	6	5.5	5	4
Espesor mínimo de balasto	cm	30	26	22	18	14	10
Ancho mínimo de hombro de balasto	cm	30	25	20	15	10	5
Número máximo de durmientes de madera defectuosos en un kilómetro	pza.	100	160	220	280	340	400
Número máximo de piezas de madera defectuosas que integran un grupo ^{3*}	pza.	1	2	3	3	4	4
Número mínimo de piezas de madera en buen estado entre grupos	pza.	20	12	9	9	6	6
Número máximo de durmientes de concreto defectuosos en un kilómetro	pza.	100	160	220	280	-	-
Número máximo de durmientes de concreto defectuosos que integran un grupo	pza.	1	2	3	3	-	-
Número mínimo de durmientes de concreto en buen estado entre grupos	pza.	20	12	9	9	-	-
Calibre mínimo de riel	lb/yd	115	112	110	100	90	80
Desgaste máximo del hongo del riel (vertical más horizontal)	mm	10	10	12	12	14	14
Aplastamiento máximo en juntas emplanchueladas	mm	0	5	5	6	6	6
Número máximo de defectos internos del riel en diez kilómetros ^{4**}	defecto	5	10	15	20	25	30
Flecha máxima positiva en juntas soldadas	mm	1	1	1	1	1.6	1.6

Flecha máxima negativa en juntas soldadas	mm	0	0	0	1	1	1.5
Desviación horizontal de la cara interna del hongo en juntas soldadas	mm	.5	1	1.5	1.5	1.6	1.6
Numero máximo faltante de tornillos en cada extremo de riel para vía emplanchuelada	pza.	0	0	0	0	1	1
Numero máximo de clavos o tirafondos faltantes o sueltos por cada 24 durmientes en curva	pza.	0	2	4	4	4	6
Numero máximo de clavos o tirafondos faltantes o sueltos por cada 24 durmientes en tangente	pza.	0	4	8	8	8	12
Número máximo de grapas o grapillas faltantes o sueltas por cada 100 durmientes en tangente	pza.	8	8	16	16	-	-
Número máximo de grapas o grapillas faltantes o sueltas por cada 100 durmientes en curva	pza.	0	2	4	6	-	-
Numero máximo de durmientes consecutivos donde falten grapas o grapillas o estén sueltas en tangente	pza.	0	1	1	2	-	-
Numero máximo de durmientes consecutivos donde falten grapas o grapillas o estén sueltas en curva	pza.	0	1	1	1	-	-

* Las juntas emplanchueladas deben contar con madera en buenas condiciones y en caso de tenerse rieles de 39 ft emplanchuelados, además deberá existir al menos un durmiente en buenas condiciones en los cuartos del riel.

** Se refiere a los defectos marcados como amanillos solamente, no se aceptan defectos marcados como rojos.

CAPÍTULO 4

CONSERVACIÓN DE VÍAS FÉRREAS.

La conservación de una vía de ferrocarril es el conjunto de diversas actividades que es necesario efectuar para mantener la vía, el derecho de vía, las instalaciones fijas, etc., en perfectas condiciones con el objeto de que los trenes puedan operarse con absoluta seguridad y rapidez en todo tiempo y a las velocidades autorizadas.

La conservación común tiene por objeto la corrección de defectos menores antes de que lleguen a un desarrollo tal que amenacen la seguridad, ésta tiene como operaciones principales las siguientes:

Mantenimiento de la permeabilidad del balasto, para una correcta y constante evacuación de las aguas pluviales.

El relevo de los materiales defectuosos, gastados o destruidos por causas ajenas a la vida normal de los mismos.

Cuidado de los sistemas de fijación del riel, durmiente y constante mantenimiento a las juntas emplanchueladas, cuidando el apriete de los tornillos y la separación de los rieles.

Mantenimiento del apoyo de los durmientes sobre el balasto para evitar la formación de golpes.

Rectificación del alineamiento y niveles de vía.

La manera de llevar a cabo la conservación de la vía varia considerablemente de acuerdo con las condiciones topográficas, tonelaje y clase de tráfico que transita sobre ella, longitud de las secciones y condiciones reales de la vía.

La rehabilitación de una vía, cuyo fin es el reemplazo sistemático de los elementos que constituyen a la vía, por haber llegado al límite de tolerancia en su desgaste o fatiga, 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 la circulan.

Al rehabilitar una vía ya sea con material nuevo o de recobro se pueden realizar las siguientes operaciones:

Renovación del balasto.

Renovación de la vía con material nuevo.

Renovación de la vía con material de recobro.

Renovación de la vía con material nuevo ejecutado al mismo tiempo que la renovación de balasto.

Renovación de vía con material de recobro ejecutada al mismo tiempo que la renovación de balasto.

Cambio de riel únicamente empleando riel nuevo.

Cambio de riel únicamente empleando riel de recobro.

Una rehabilitación debe seguir las siguientes normas:

El balasto debe ser rehabilitado cuando su permeabilidad se ha perdido.

Los rieles deben ser cambiados por su desgaste, se ha optado por experiencia en los Ferrocarriles Nacionales de México y recomendaciones del A.R.E.A. que se cambien cuando el desgaste del hongo es aproximadamente del 25 %.

Los durmientes raramente necesitan ser rehabilitados, ya que éstos deben ser remplazados conforme a las necesidades dentro de los trabajos de una conservación normal.

Cuando se hace la rehabilitación del balasto, es posible aprovechar ésta para mejorar el trazo y las terracerías.

Las necesidades de una rehabilitación del trazo se clasifican en dos:

- 1) El mejoramiento en sí del mismo, obligado a satisfacer las necesidades que implican los aumentos de velocidad de operación y que se traducen en desgastes prematuros de materiales, fatiga y deterioro de los sistemas de fijación y unión de rieles.
- 2) La corrección de las deformaciones sufridas en el trazo original que no se han podido corregir en la conservación normal.

La rehabilitación de las terracerías se hace necesaria cuando éstas han perdido su estabilidad, la cual depende de la naturaleza del terreno que la constituye y sobre todo de su contenido de agua.

Una vía nueva o totalmente rehabilitada debe ser sistemáticamente inspeccionada y conservada empleando la mano de obra y maquinaria adecuada con el fin de obtener una uniformidad y homogeneidad en los trabajos a ejecutar.

Los trabajos de conservación se pueden dividir de una manera lógica, estableciendo inspecciones periódicas, tomando en cuenta las condiciones climáticas y topográficas que en México varían mucho, el estado de la superestructura, la naturaleza e importancia del tráfico y la naturaleza de los cortes y el subsuelo.

La conservación se debe llevar a cabo de acuerdo con las estaciones del año o con la temporada de lluvias y secas en lugares donde llueve demasiado ya que en la temporada de lluvias es cuando más se deterioran los cambios y los elementos de conexión.

Se deben realizar también inspecciones extraordinarias o especiales, en temporadas de lluvias, de fuertes calores, y para la protección de trenes especiales.

En lugares donde no se distinguen estas dos etapas del año sino únicamente periodos de lluvia aislados y esporádicos y a veces torrenciales, se pueden efectuar todo tipo de trabajos de conservación en todo tiempo.

En algunas regiones de nuestro país donde el calor durante el verano es muy intenso, el rendimiento de los trabajadores baja considerablemente, por lo que no es practico llevar a cabo estos trabajos en esas temporadas, a menos que sean urgentes. De allí la importancia de sistematizar la conservación para obtener el mayor rendimiento de los trabajadores y el mejor funcionamiento del tren.

La conservación depende también del tipo o clase de vía, de su tonelaje y de las velocidades de los trenes, ya que como se vio en el capítulo de clasificación, estos son los aspectos que determinan la clase de vía, sus tolerancias o condiciones mínimas que deben cumplir para que sean operables.

Para llevar a cabo una buena conservación independientemente de la temporada que se halla elegido, se debe seguir el siguiente sistema, el cual se puede aplicar en cualquier tiempo y lugar:

Clasificar las vías según su tonelaje y velocidad.

Revisar cuales son las tolerancias máximas para que la vía se encuentre dentro de la clasificación asignada.

Inspección del estado actual de las vías.

Determinación de las necesidades de acuerdo al estado de los elementos de la vía y a la clase a la que pertenece.

Riel.
Durmiente
Accesorios, cambios y conexiones
Balasto
Terracerías

Aplicación de los métodos de conservación

Al tener una vía rehabilitada en su totalidad, ésta tiene un promedio de vida útil que puede aumentar o disminuir, dependiendo del mantenimiento a que ésta sea sometida.

Según estudios realizados en Ferrocarriles Nacionales, se propone que los patios y laderos deben ser inspeccionados y sometidos a mantenimiento una vez al año. En lo que se refiere a la zona de cambios y conexiones, se propone que se realice la inspección y mantenimiento dos veces por año, con lo que se garantice su vida útil, sin necesidad de una rehabilitación total, sino simplemente parcial.

En la inspección se debe hacer una revisión integral del material y de la nivelación.

En la revisión integral del material se busca la conservación de:

Terracería

Balasto

Materiales como rieles, planchuelas, tornillos, durmientes, etc.

Ensamblajes entre materiales como emplanchuelado, sistemas de fijación, escantillón, etc.

En lo concerniente a la nivelación se revisará:

Nivelación en general.

Nivelación en juntas.

Alineación.

4.1 Terracerías. Debido a la lluvia, el viento, el caminar sobre las banquetas, se deslava o modifica la sección de estas y se pierden las medidas reglamentarias, habiendo necesidad de reconstruir el terraplén, ya sea la corona, las banquetas, los hombros o los taludes.

Por lo que se refiere a la corona esta tiene un bombeo, el cual tiene por objeto permitir el escurrimiento del agua hacia los taludes; este bombeo se pierde por dos causas, la primera es cuando al ir o colocar balasto nuevo, se levanta parte del material del terraplén, dejando agujeros que después se rellenan con balasto; la segunda es cuando las banquetas se hunden debido al paso sobre ellas de personas ajenas al ferrocarril y animales; en los dos casos, cuando llueve, el agua se encharca y corre sobre las banquetas, formando golpes "aguachinados", filtrándose al terraplén, originando las bolsas de agua, con lo cual se pierde el nivel y alineamiento de la vía.

En algunas partes, a pesar de que la corona tenga el bombeo reglamentario, debido a las fuertes lluvias y mala calidad del material que forma el terraplén el agua se filtra y se junta dando lugar a que también se formen las bolsas de agua.

En el caso de los hombros y los taludes del terraplén, estos pierden su forma e inclinación, principalmente a consecuencia de las lluvias, las que llegan a deslavarlos, también se modifican cuando por efecto de fuertes sequías, se agrietan y después son deslavados por las crecientes o por el agua que llegue a correr al pié del talud.

En la Figura 38 se aprecia una bolsa de agua formada en la terracería, la falta de hombros, la banquetta hundida y al talud deslavado.

4.2 Balasto. Se tiene que revisar que el balasto no se encuentre contaminado de tierra o de materia orgánica, como pueden ser plantas o animales muertos, entre otros. Además se debe revisar que el balasto no este molido bajo los durmientes al paso de los trenes, ya que no permite que se filtre el agua dando lugar a golpes aguachinados, o bien ya no tiene la sección reglamentaria, es decir, esta escaso y entonces el durmiente puede quedar mal calzado o descuadrarse.

4.3 Durmientes. A los durmientes se les revisa que no estén podridos, descabezados, cortados, rajados, etc., y que por su estado no permiten sujetar el riel al durmiente mediante el clavo de vía, aún volteando los durmientes (a este tipo de durmientes se les llama durmientes de dos rayas); además, deben considerarse también los que estén quebrados y faltantes.

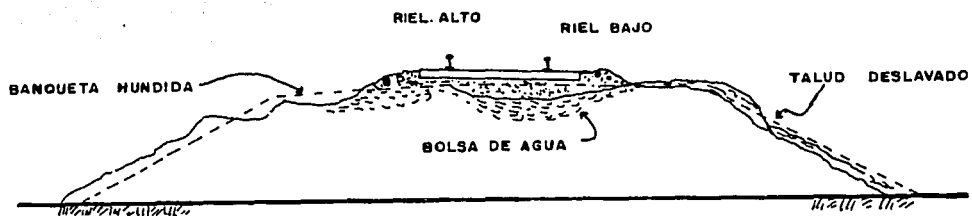
Estos defectos son provocados principalmente por la intemperie y porque cumplieron con su vida útil, además pudieron haber sido afectados por una mala impregnación, o sometidos a una carga o velocidad superior a la que pueden soportar, ocasionando que lleguen a la falla.


4.4 Rieles. El riel experimenta una serie de desgastes, defectos o fallas provocados ya sea por el propio tráfico, por el mal manejo del personal al colocar el riel; por una mala fabricación o también, durante la ejecución de los trabajos de conservación.

El desgaste del riel en servicio se origina principalmente en el hongo; en éste pueden tenerse en primer lugar, los extremos golpeados, o sea, precisamente en las juntas de los rieles en las que el golpeteo de las ruedas de los carros al paso de los trenes, provocan un aplastamiento o hundimiento del hongo, perdiéndose su espesor original.

Cuando una rueda se aproxima a una llanta o junta de dos rieles, esta rueda golpea sobre cada uno de los extremos del riel produciéndose un impacto o martilleo sobre las puntas de ambos rieles. Si esto se repite constantemente, el martilleo en las juntas aumenta, lo que produce un aplastamiento en las puntas del riel reduciendo el espesor del hongo.

Este aplanamiento o aplastamiento de las puntas de los rieles aumenta el golpeteo y puede darse el caso de que sea tal la intensidad del golpeteo producido en la llanta o junta que el balasto no resista y provoque dos fallas: que el balasto se mueva o bien, que al paso de los trenes el balasto de la junta se escupa creándose un golpe sordo.



 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 38 Defectos comunes en banqueta y talud de la vía
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

También se produce el escurrimiento del metal en la parte superior del hongo, precisamente en las juntas o llantas, lo que muchas veces da lugar a que la punta del riel se descascare. Aparte de los desgastes señalados debe tenerse presente la existencia de patines rotos, de grietas a partir de las perforaciones para los tornillos y grietas en el hongo, provocada por defectos internos.

Por otra parte, también pueden ocurrir en el hongo otra clase de defectos o desgastes, como son las quemaduras provocadas por el patinamiento de las ruedas de las locomotoras, o bien, provocarse el desgaste del hongo principalmente en su filete interior en las curvas, esto también originado por el paso de los trenes y el exceso o falta de sobre elevación en las curvas.

En el caso de que el riel se encuentre colocado en curvas, independientemente de su graduación, el riel correspondiente al exterior de la curva, experimentara un desgaste mayor en el filete interior y la zona próxima de la banda de rodamiento. El riel correspondiente a la parte inferior de la curva, o sea al que no tiene sobre elevación, se desgastara uniformemente en toda la superficie correspondiente a la banda de rodamiento.

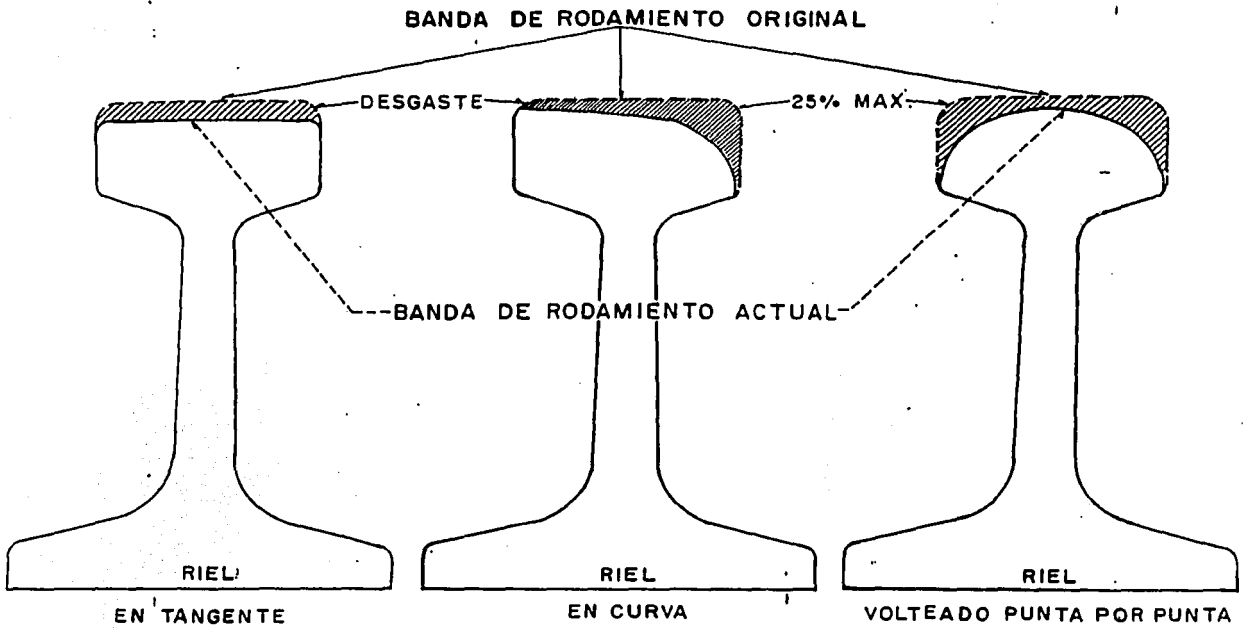
Lo expresado en el párrafo anterior se cumplirá siempre y cuando la curva tenga la sobre elevación correcta y que esta corresponda a la velocidad real de los trenes. Cuando en una curva la sobre elevación es superior a la establecida, entonces el riel interior de la curva cargara más que el exterior y por consiguiente se desgastara con mayor rapidez; por el contrario, si el riel exterior de la curva tiene una sobre elevación menor que la establecida, entonces este riel cargara más que el riel interior de la curva y se gastara más rápidamente. En la Figura 39 se muestra el desgaste máximo al que puede ser sometido el riel ya sea en curva o tangente.


En lo que se refiere al hongo este puede presentar defectos longitudinales como son la fisura o grieta horizontal y la grieta vertical.

4.4.1 Grieta horizontal. Es una fractura a lo largo y a lo ancho del hongo que separa parte de este; esta falla se origina por una grieta en el interior del hongo y crece por el paso de los trenes. Antes de que la grieta llegue al exterior del hongo, la banda de rodamiento mostrara una pequeña zona hundida y un ensanchamiento del hongo, cuando no es detectada a tiempo el riel llega a deshongarse, lo que puede traer como consecuencia un accidente, en la figura 40 se muestra la grieta horizontal y sus efectos.

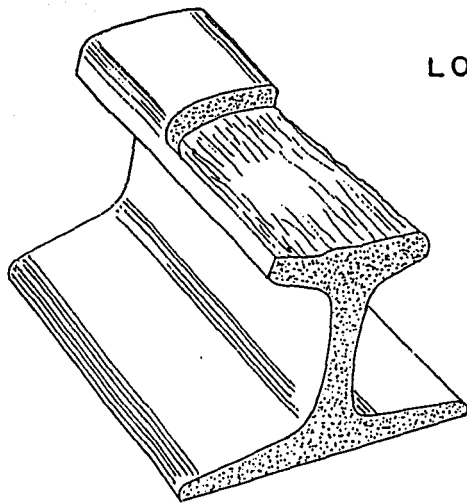
4.4.2 Grieta vertical. Esta es una fractura que va de arriba hacia abajo del hongo cerca del centro del mismo; se origina por una pequeña grieta que tiene el hongo, y que va creciendo y camina hacia un lado u otro ya sea del lado interior o exterior del riel hasta llegar a ser visible.

DESGASTE MAXIMO DEL RIEL

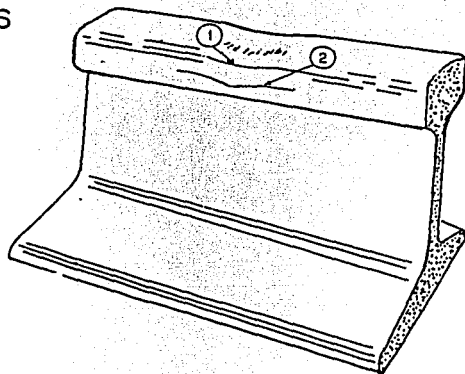


 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 39 Desgaste máximo del riel
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

**DEFECTOS
LONGITUDINALES**



**GRIETAS
HORIZONTALES
DEL HONGO**



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

**Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS
FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 40 Grieta Horizontal

En un riel colocado en la vía, éste defecto se puede conocer por que se presenta una línea oscura en la banda de rodamiento, un ensanchamiento y hundimiento del hongo del hongo a todo lo largo de la grieta o una mancha a lo largo del riel, provocada por la oxidación. En la Figura 41 se muestra la grieta vertical.

Por lo que se refiere al alma puede presentar defectos tales como la separación del alma y el hongo, alma agrietada y riel entubado.

4.4.3 Separación del alma y del hongo. Es un defecto que consiste en una quebradura a lo largo del riel que separa el hongo y el alma, originada por una velocidad excesiva en las curvas, una inclinación inapropiada del riel o bien el exceso de grava en los cruceros, esto da lugar a que el hongo cargue el peso de los trenes en forma dispareja apareciendo pequeñas grietas o arrugamientos en la unión del hongo y el alma, en la Figura 42 se muestra este defecto en el riel.

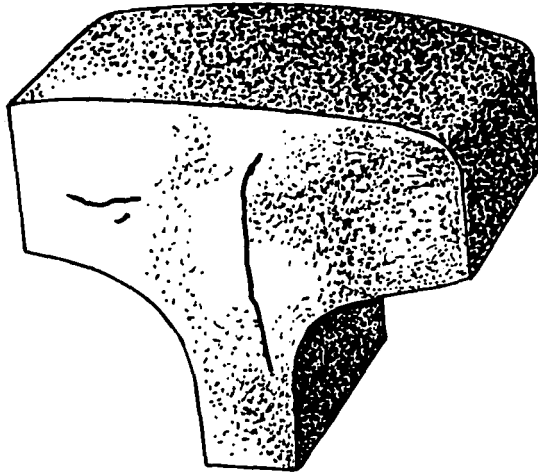
4.4.4 Alma agrietada. Es una fractura que crece a lo largo y ancho del alma y esta originada por una pequeña grieta del alma, por una perforación quemada con soplete, un taladro mal ejecutado o bien porque el alma se encuentra dañada, en la Figura 43 se muestra este defecto de alma agrietada.

4.4.5 Riel entubado. Es una fractura que se presenta en el alma a lo largo del riel, es una separación vertical, en la figura 44 se muestra este defecto; su origen es una grieta longitudinal ancha en el alma, que crece hacia el hongo y el patín del riel, debido a las cargas que transitan, separándose las dos partes de la grieta o cavidad y ensanchándose el alma.

4.4.6 Patín roto. Es una quebradura en la orilla del patín del riel; también se conoce como rotura de media luna y es causada porque los rieles quedan montados sobre las placas de asiento, En la figura 45 se muestra este defecto.

4.5 Accesorios de vía. Los accesorios para vía son elementos que sufren un gran desgaste ya que están sujetos a grandes esfuerzos de tensión y compresión a los que es sometido el acero por la acción del medio ambiente, lo que ocasiona que se oxiden, agrieten e incluso se rompan. Los accesorios más expuestos al desgaste, son las planchuelas, los tornillos, placas de asiento, clavos y tirafondos.

Las planchuelas llegarán a vencerse y en muchos casos se agrietarán y romperán (Figura 46) cuando las puntas de los rieles no tengan la separación reglamentaria, cuando no estén bien apretadas, los durmientes no estén en buenas condiciones y la vía no este bien calzada. También los taladros de las planchuelas y del riel pueden abocardarse debido al deslizamiento del riel provocando que el tornillo juegue y no se pueda apretar quedando floja la planchuela.



GRIETAS VERTICALES DEL HONGO



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

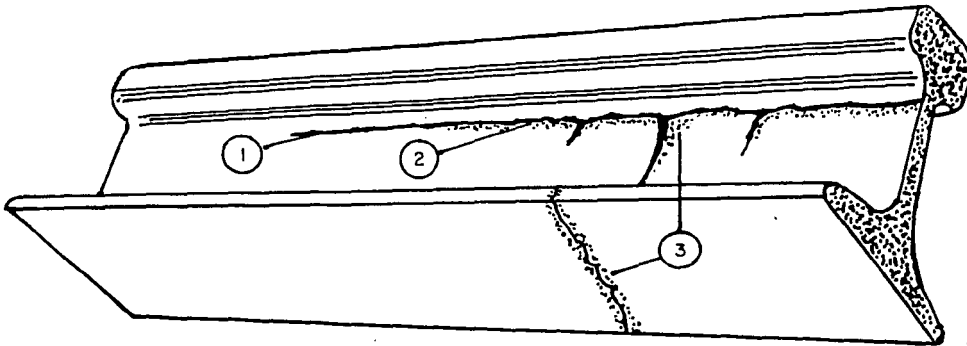
Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS
FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

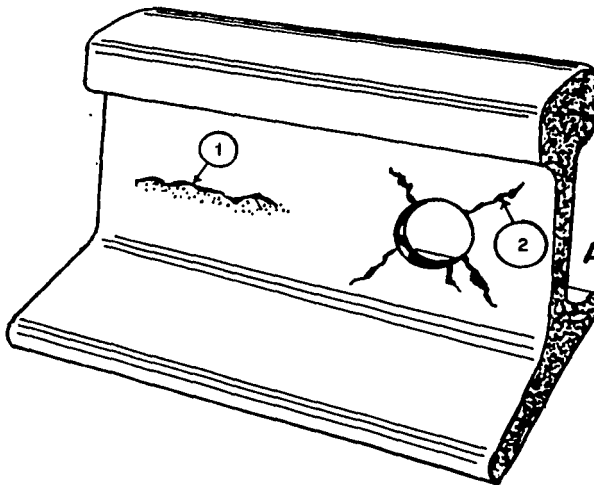
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 41 Grieta Vertical



SEPARACION DEL ALMA Y EL HONGO



**ALMA
AGRIETADA**



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

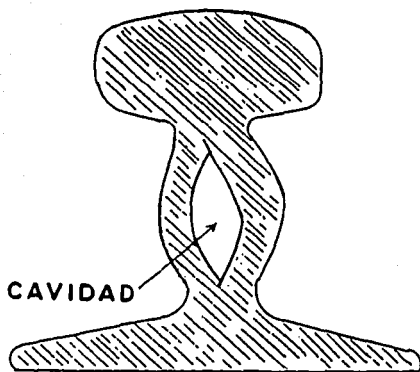
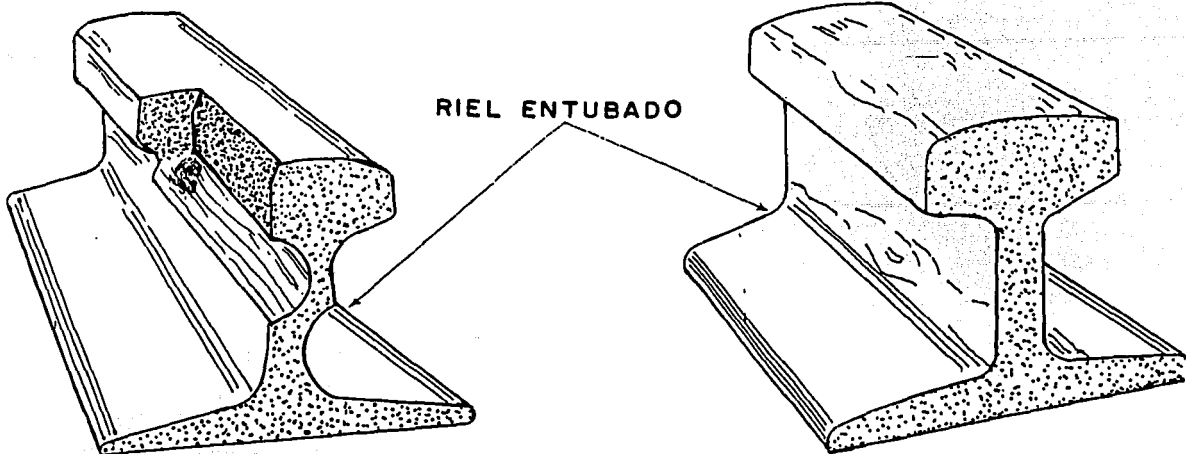
Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 42 Separación del alma y el hongo

Fig. 43 Alma agrietada



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

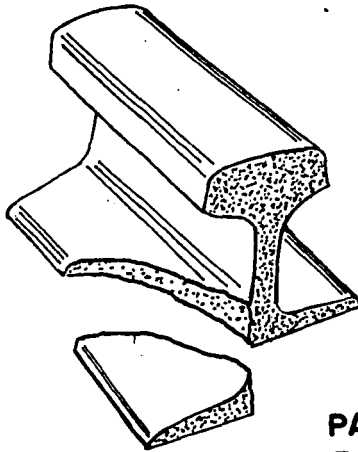
Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

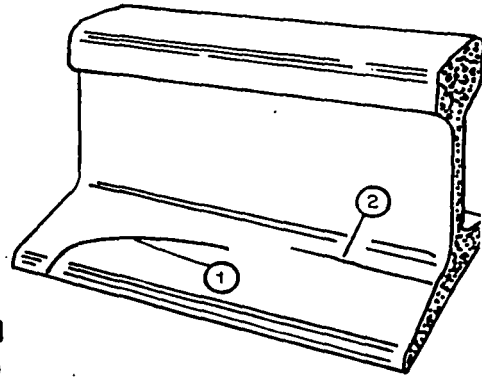
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 44 Defectos por riel entubado



**PATIN
ROTO**



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

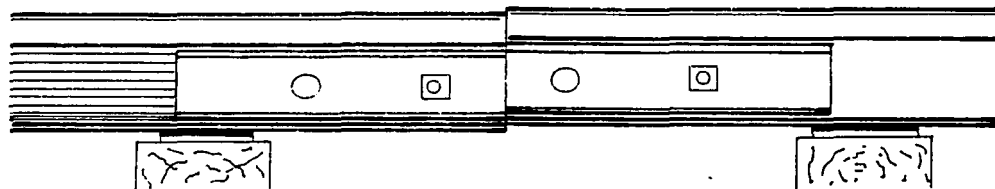
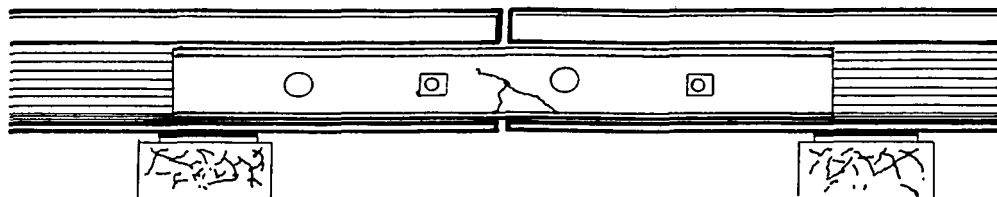
Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS
FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 45 Defecto del riel por patin roto



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 46 Planchuela agrietada

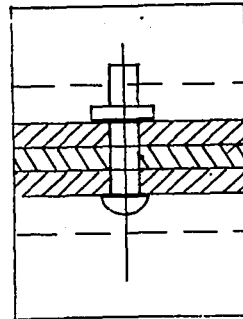
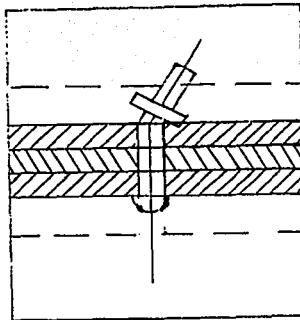
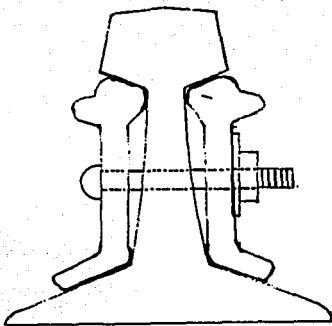
Respecto a los tornillos, pueden llegar a oxidarse, sobre todo donde va la tuerca. Colocados los tornillos y estando apretados correctamente, la caña de los mismos puede reducirse en su espesor formándose un cuello hasta que llega a romperse o degollarse el tornillo. Esto último se debe a que al moverse o desalojarse las juntas de los rieles por efecto de los cambios de temperatura, los filetes de los taladros del riel se encajan sobre la caña del tornillo cortándola o gastándola hasta provocar la ruptura (Figura 47).

Las placas de asiento proporcionan una mayor superficie de apoyo al riel, pero cuando están en malas condiciones el riel se encaja en los durmientes, también ocasionan que el agujero del clavo se abocarde con más facilidad por efecto de los empujes o esfuerzos laterales de las ruedas de los carros sobre el riel y este sobre el clavo. Si los hombros de las placas quedan chuecos, pueden provocar que se rompa el patín del riel y posteriormente una ruptura total que puede provocar un descarrilamiento (Figura 48).

Por lo que se refiere a los clavos de vía, si no se colocan correctamente no se lograra la fijación entre riel y durmiente, lo que puede provocar que se abra o se cierre el escantillón y un volteo de los rieles (Figura 49).

Las anclas son elementos de sujeción que evitan el corrimiento de los rieles, si estas se encuentran en mal estado o mal colocadas pueden llegar a separarse del durmiente y no lograr detener el riel y su corrimiento provocado por el frenaje, arranque de los trenes, pendientes excesivas y por altos grados de curvatura (Figura 50).

Una vez determinados y analizados los defectos de la vía, se tienen que resolver dichos problemas, cabe mencionar que algunas de las partes de la vía no se les da mantenimiento ni conservación esto porque presentan problemas irreparables como es el caso de los rieles, cuando están entubados, presentan patín roto y grietas o defectos tanto en el alma como en el hongo; en los durmientes de madera que estén podridos, quebrados o rajados; en las planchuelas rotas o agrietadas, los tornillos descabezados, con cuerda barrida o doblados; a estos elementos en cuanto se les encuentra algún problema o defecto de los mencionados se les cambia o sustituye.



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

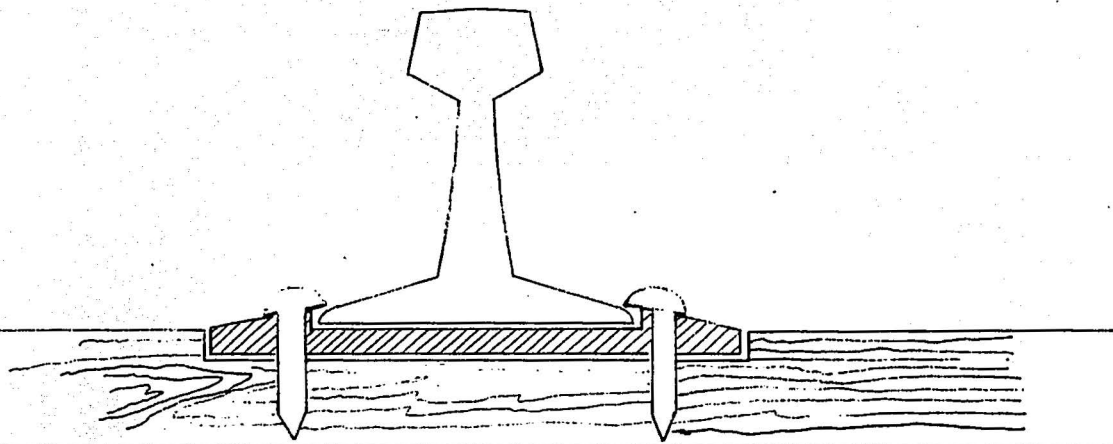
Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez

Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel

Octubre del 2001

Fig. 47 Defectos en tornillos



Campus Acatlán
Ingeniería Civil

Tesis Profesional: **MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS**

Alumno:
César Octavio Flores Jiménez
Asesor:
Ing. Miguel Zurita Esquivel
Octubre del 2001

Fig. 48 Placas de asiento en mal estado

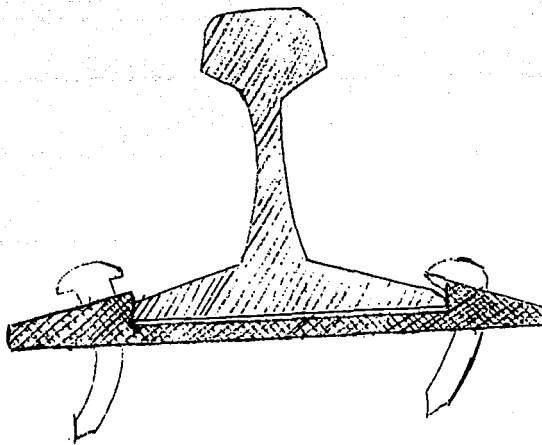


Fig.49 Clavos en mal estado

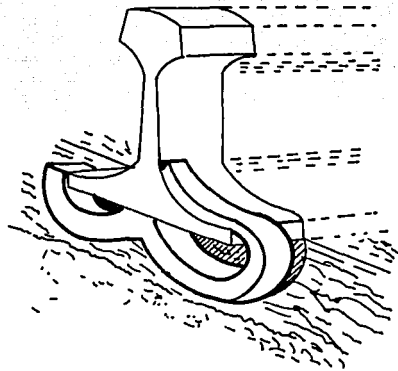



Fig. 50 Anclas mal colocadas o en mal estado

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 49 Clavos en mal estado
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	Fig. 50 Anclas mal colocadas o en mal estado
	Octubre del 2001	

Para resolver los problemas en las partes que se les puede dar un mantenimiento preventivo de la vía se propone lo siguiente:

4.6 Mantenimiento de terracerías. Cuando los terraplenes son nuevos o están totalmente rehabilitados se deberá evitar que al cambiar el balasto se levante con pala o herramienta mecánica el material de la corona, y en caso de que se formen agujeros estos se rellenaran con material impermeable.

Cuando las banquetas están hundidas también se rellenaran con material procurando no ensuciar el balasto, pues de lo contrario este ya no dará fácil salida al agua de lluvia, el relleno de las banquetas podrá hacerse mediante prestamos laterales.

Si se formaran bolsas de agua en el cuerpo del terraplén se harán excavaciones a lo largo y ancho de la vía, hasta llegar a dichas bolsas de agua; estas excavaciones se rellenaran con piedra triturada con un espesor variable, y el resto de esta se volverá a rellenar con material igual al del terraplén. Estos rellenos de piedra se conocen con el nombre de drenes y facilitan la salida del agua por los lados del terraplén, se muestran en la Figura 51.

Para evitar que los hombros y taludes lleguen a destruirse y provocar accidentes, deben comprobarse periódicamente las medidas de la banqueta y la inclinación de los taludes y en el caso de que el terraplén este escaso, se procederá a reforzarlo con tierra obtenida de excavaciones de préstamo, los cuales serán abiertos a no menos de dos metros del pie del talud y paralelas a la vía, tal como se muestra en la Figura 52.

Estas excavaciones se harán tan iguales como sea posible, debiéndoseles construir desagües para evitar que el agua se estanque. Estas excavaciones no deben ser mayores de 50 cm de profundidad y en el caso de requerirse mayor cantidad de material, este se sacara ensanchando la excavación hacia el lado de afuera de la vía.

El agua es el principal enemigo de los terraplenes, por lo que es recomendable que en los taludes del terraplén se permita el crecimiento del pasto o hierba pequeña hasta el hombro del terraplén, con lo que se logra evitar que se deslave, pues las raíces del pasto o hierba amarran la tierra sin permitir que el agua la arrastre, no así en la corona del terraplén donde no debe permitirse el crecimiento de la hierba puesto que obstaculiza el escurrimiento del agua y mantiene húmeda la corona y cuando crece demasiado puede llegar a tapar el hongo del riel provocando que las locomotoras patinen.

Cuando se realice el desyerbe se hará con pala y se tendrá cuidado de no alterar el bombeo.

Cuando los volúmenes de tierra por mover son grandes y se van a reforzar muchos kilómetros de vía, puede utilizarse maquinaria como el bulldozer, palas mecánicas, trenes de trabajo, etc.

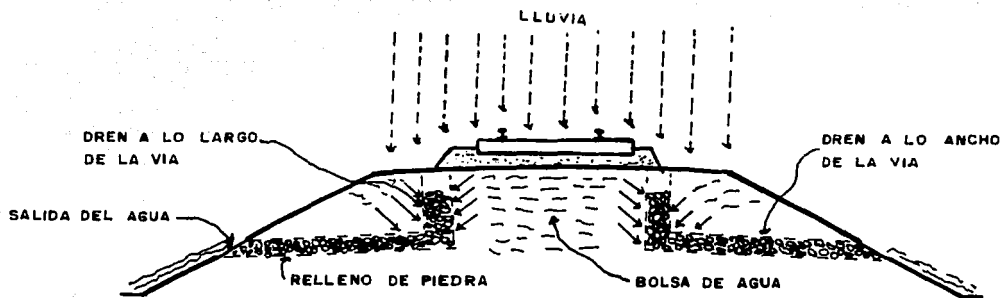


Fig. 51 Drenes para evitar la formación de bolsas de agua

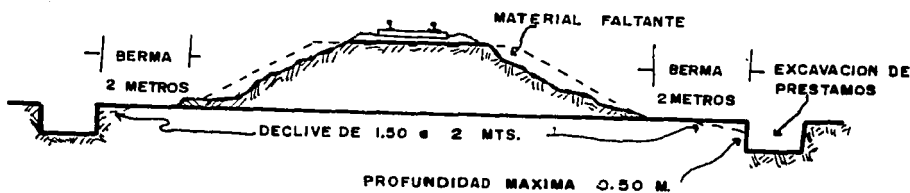



Fig. 52 Préstamos para la rehabilitación de las banquetas

 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 51 Drenes para evitar la formación de bolsas de agua
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	Fig. 52 Préstamos para la rehabilitación de las banquetas
	Octubre del 2001	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

4.7 Mantenimiento para balasto. Generalmente el balasto se rehabilita o cambia por lo que se procede a realizar sondeos, es decir, abrir 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 desagüe; el resultado del sondeo servirá para saber 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.

Al rebalastar o completar la sección reglamentaria, el balasto viejo se aprovechara lo más posible limpiándolo con bieldos e incluso con cribadora y se quitara aquel que este demasiado sucio y mezclado 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 quitaran los golpes de nivel.

Generalmente los trabajos normales de conservación que implican un balastado o rebalastado, no llegan a efectuarse en grandes longitudes sin embargo se deben ejecutar los siguientes trabajos:

- 1.- Verificación del escantillón y reclavado, cerrándolo cuando sea necesario.
- 2.- Vaciado de la vía o elevación sobre el balasto viejo.
- 3.- Renovación de los durmientes viejos y re-espaciamiento de los mismos.

Una vez terminados esos trabajos la vía estará preparada para recibir el balasto nuevo. Cuando el balasto se descargue de las góndolas se procurara que se forme un camellón uniforme e inmediatamente después se colocara en la vía, utilizando bieldos y procurando que no se mezcle con tierra. Si la descarga se efectúa por medio de tolvas el material caerá sobre la vía, en cualquiera de los dos casos se colocara un durmiente o rastra sobre los rieles y pegado a las ruedas del truck posterior de la tolva con respecto al movimiento del tren.

En el caso de que el balasto haya descargado en un tramo de vía vacía, se procederá a efectuarse uno o dos levantamientos, colocando los gatos de vía por pares, calzándose los durmientes utilizando calzadores de mano o mecánicos; en el caso del nivel, este deberá ser comprobado y se observara si la burbuja queda al centro o se mueve a algún lado.

Los elementos sujetos a desgaste y que finalizaron su vida útil, como ya se menciono anteriormente, ya no es posible repararlos, pero si es posible vigilar que su posición sea la correcta para evitar desgastes prematuros. Para el buen funcionamiento de las redes del ferrocarril es necesario realizar actividades como las que se mencionan a continuación:

4.8 Reemplazamiento de durmientes. Un durmiente cuando se encuentra dañado, debe ser forzosamente reemplazado.

La renovación o cambio de durmientes es un trabajo muy importante en la conservación de la vía por lo cual se debe tener cuidado en la selección de las piezas por cambiar.

Se deberá efectuar un recuento de los durmientes de dos rayas y faltantes que deberán ser cambiados y repuestos. Los durmientes en mal estado por cambiar se marcarán con pintura y a falta de esta se podrán marcar con hachazuela.

El recuento se efectuara contando en cada kilómetro los grupos de durmientes de dos rayas y faltantes; esos grupos podrán ser de 1,2,3,4,5,6 o más piezas juntas, tanto en tangentes como en curva, marcándolos con hachazuela en dos esquinas de la cabeza derecha del durmiente tomando en cuenta el sentido de avance del kilometraje.

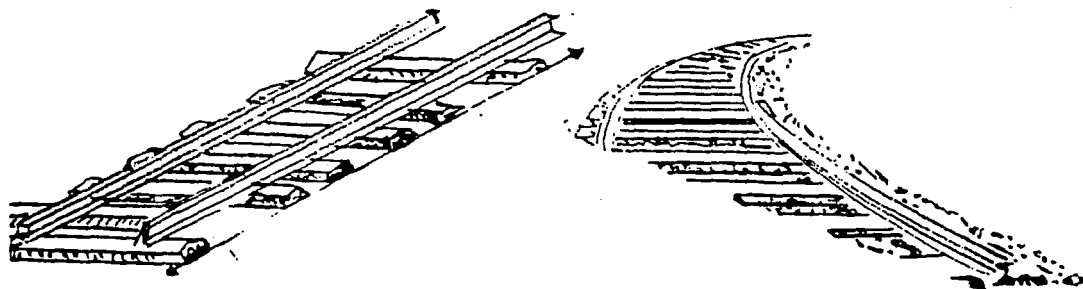
Por otra parte, al efectuarse el recuento, no siempre se marcan correctamente los durmientes y a veces se retiran unos de media vida o que pueden durar un año más; para evitar esto, y con objeto de orientar el criterio que debe seguirse, deben considerarse durmientes de dos rayas a aquellos que estén podridos, descabezados, cortados, rajados, etc. y que por su estado permiten sujetar el riel al durmiente mediante el clavo de vía, aún volteando los durmientes; además, deben considerarse en este caso los quebrados.


Una vez efectuado el recuento de durmientes faltantes o de dos rayas, se puede saber la cantidad de durmientes por cambiar en cada kilómetro, siguiendo el criterio de atacar en primer lugar los grupos más grandes y que estén juntos, procurando que al efectuarse el cambio, éste se haga terciado, dejando aislados durmientes de dos rayas.

En el caso de que existan grupos numerosos de durmientes de dos rayas en las curvas, se procederá a cambiar primero estos, y después los grupos de las tangentes, siguiendo el criterio mencionado en el párrafo anterior.

Al colocar los durmientes nuevos, se utilizarán los de madera suave en tangente y los de madera dura en curva de 3° (grados) o mayores y en las juntas de rieles o llantas, aquella que tengan mejor escuadria, derechos y que permitan el asiento del patín del riel y la placa sin necesidad de hachazuelarlos; se colocaran en ángulo recto, debidamente espaciados a la distancia reglamentaria; a este respecto con rieles de 11.89 metros (39 ft) el espaciamiento será de .49 metros de centro a centro de durmiente; con rieles de 10.05 metros (33 ft) el espaciamiento será de 0.50 metros; y en rieles de 9.14 metros (30 ft) el espaciamiento será de 0.51 metros.

Cuando los durmientes nuevos ya se encuentran colocados en la vía, sus cabezas deberán quedar a la misma distancia del patín del riel por el lado de alineamiento de la vía en las tangentes y en las curvas se tomara como referencia el riel interior (Figura 53).



 Campus Acatlán Ingeniería Civil	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 53 Alineamiento del riel
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

Una vez que el durmiente nuevo ya esta puesto en su lugar, debidamente espaciado y alineado, se colocaran las placas de asiento y se procederá a calzarlo, a fin de que el balasto se apriete en su cara inferior; debe aclararse que nunca debe calzarse primero el durmiente y después colocar la placa de asiento, pues al levantarse ligeramente el riel para introducir la placa de asiento se aflojaran los durmientes próximos y se formara un golpe, o bien el balasto se escurrirá debajo del durmiente aflojado y el riel quedara alto.

El calzado se efectuara a partir de la cabeza de los durmientes hasta cuarenta centímetros adentro de la vía y en el centro únicamente quedara embodegado el balasto, terminado esto se procederá al clavado de los durmientes midiendo el escantillón, corrigiéndolo si es necesario; una vez clavado el durmiente se colocaran las anclas, si es que lleva, debiendo quedar estas completamente pegadas a las caras laterales del durmiente.

4.9 Mantenimiento del riel. Una vez detectados los defectos en los rieles, dependerá de estos, la medida que se tome para corregirlo.

Uno de los defectos que se presentan en los rieles es el aplastamiento que se produce en los extremos de estos. Para reducir al mínimo el aplastamiento o hundimiento de las puntas de los rieles en las juntas o llantas se estableció un sistema conocido como endurecimiento de las puntas de los rieles, con lo cual el riel resiste mas el golpeteo de las ruedas de los carros y locomotoras.

Para llevar a cabo este endurecimiento, se inspecciona el tramo o tramos de vía donde se ha observado el aplastamiento de los extremos del riel y mediante el empleo de reglas de acero se mide la profundidad del hundimiento, procediéndose a revestir el hongo, utilizando soldadura cuya dureza sea igual a la dureza del riel, con lo que se evita un nuevo hundimiento.

Las medidas preventivas para reducir al minimo esta falla pueden ser las siguientes:

Que los extremos de los rieles sean endurecidos previamente en la laminación.

Tender los rieles y nivelar la vía cuidadosamente.

Mejorar el drenaje y evitar que se formen golpes aguachinados bajo las juntas.

Quitar el balasto sucio que este debajo de las juntas, reemplazándolo con material nuevo.

Mantener bien niveladas las juntas o llantas y bien apretados los tornillos de las planchuelas.

En las juntas donde se encuentre escurrido el riel se recomienda biselar los extremos de este mediante el esmerilado o ranurado, para evitar el despostillamiento de los extremos.

Otro de los desgastes que experimenta el riel es el provocado en la banda de rodamiento al paso de los trenes, ya sea en tangente o en curva.

Cuando el riel en tangente experimenta un desgaste del 25 % se debe proceder al relevo de este. Si el riel tiene un desgaste del 12 %, este podrá ser volteado punta por punta para evitar el desperdicio, siempre y cuando no tenga quemaduras o defectos en el alma y patín que eviten su uso. Para los rieles en curva el riel correspondiente al lado exterior experimentara un desgaste mayor en el filete inferior y en la zona próxima de la banda de rodamiento. El riel correspondiente a la parte inferior se desgastara mas o menos uniformemente en toda su superficie de rodamiento; para reducir este desgaste es recomendable colocar lubricadores de riel.

Para obtener un mejor aprovechamiento de los rieles que se gastan en las curvas se puede cambiar el riel exterior, si tiene un desgaste del 12 % en el hongo, al lado interior de la curva y, el riel interior pasa al lado exterior de la misma, con lo que se logra que el desgaste correspondiente al 12 % quede al exterior del riel interior y presente una banda de rodamiento uniforme con un filete interior sin desgaste.

4.10 Mantenimiento para accesorios de vía. Si no se colocan de una manera adecuada estos con el uso sufrirán algunos desgastes que se pueden evitar con las siguientes medidas:

Con respecto a las planchuelas independientemente del tipo y calibre que se debe utilizar, cuando estas se vayan a colocar en la vía, previamente se deberán engrasar los lados o caras que van a quedar en contacto con el riel; esto tiene por objeto, el libre deslizamiento de los rieles por efecto de los cambios de temperatura y evitar las juntas o llantas rígidas, así como la oxidación entre la planchuela y el riel; además, también deberá engrasarse la parte del riel que va a quedar en contacto con la planchuela.

Por lo que se refiere a la conservación se debe verificar si existen o no juntas rígidas y en su caso, aflojar las planchuelas o quitarlas, engrasándolas y volviendo a colocarlas.

Estando formados los cambios de la vía por un gran número de piezas que deben estar perfectamente bien ajustadas y en condiciones que garanticen el paso y seguridad de los trenes, es necesario que estos sean inspeccionados y sometidos a mantenimiento dos veces por año, en la temporada de secas en la inspección general de la vía y otro mas en la temporada de lluvias, para prevenir que por efectos del agua y del intemperismo, los cambios no funcionen de manera adecuada.

Las piezas de los cambios están sujetas a movimiento, por lo que se deberá revisar que éstas se encuentren limpias y engrasadas, sin basura, piedras, etc., de manera que no impidan el movimiento de las agujas y las piernas móviles de resorte. En el caso de las placas correderas, se les revisará que estén limpias y engrasadas en la superficie sobre la que se mueven las agujas.

Al efectuarse la inspección se pondrá especial atención en tres aspectos fundamentales que son: el alineamiento de los cambios, su escantillón y el desgaste; además deberá observarse si las agujas y los sapos no tienen grietas o roturas en la banda que pueden ser causadas por el propio tráfico o bien por defectos del riel. También se observará si los taladros no están abocardados ya sea en las orejas de las agujas, en la barra de conexión, o en las juntas del talón de las agujas y del sapo.

Por lo que se refiere al alineamiento del cambio, se observará si tanto las agujas como el sapo se encuentran perfectamente bien alineados con respecto a la vía principal, si las agujas no están vencidas o existen codos en el talón de las mismas y si las juntas del sapo están o no alineadas.

En cuanto al escantillón, este debe comprobarse en toda la longitud del cambio y además también deberá comprobarse y conservarse el escantillón o separación reglamentaria de las agujas del sapo y de los contrarrieles con respecto a los rieles de la vía principal y de la vía secundaria o ladero; es decir que en el caso de las agujas se deberá verificar y conservar la separación de la punta de las agujas con respecto al riel de la vía principal y la separación del talón con respecto al riel de la principal.

En el sapo y los contrarrieles existen medidas que deberán conservarse, estas son:

La distancia del lado de escantillón del sapo a la cara del contrarriel donde pasa la ceja de la rueda, la cual será de 1.387 m para la vía ancha.

La separación del contrarriel y del riel de la vía principal, la cual será de 0.0476 m, cabe aclarar que cuando el escantillón de la vía se ensancha en las curvas, la separación entre el contrarriel y el riel de apoyo también deberá ensancharse en la misma proporción.

De acuerdo con lo anterior, se deberá observar lo siguiente:

Que las agujas tengan la separación reglamentaria en el talón, sobre todo cuando en este lugar no exista empaque o bloque de talón que conserve la separación correcta; en el caso de que exista empaque se tendrá cuidado de comprobar si este no está flojo o roto y en tal caso, se procederá a su ajuste o cambio.

Las dos puntas de las agujas deberán ajustar perfectamente contra los rieles de la vía principal, es decir, que al moverse la palanca de cambio y tirarla al lado contrario, la aguja deberá pegar completamente al riel sin dejar ningún espacio libre y si este existe se comprobará si los taladros están abocardados tanto en las orejas de las agujas como en las varillas de cambio número 1 y 2, o en la barra de conexión, o bien, si los pernos que atraviesan dichos agujeros son de la medida reglamentaria, en tal caso, se procederá a reponer la pieza o piezas defectuosas y de no ser esta la causa bastará con ajustar las agujas mediante la barra de conexión y los taladros de las orejas cuando estas tienen más de un agujero.

Se inspeccionarán todos los pernos y tornillos para ver si se encuentra en su lugar y para comprobar si no están rotos o vencidos y si las chavetas que los aseguran están correctamente colocadas y abiertas de sus patas.

Se comprobara si los árboles de cambio y sus palancas o livas están perfectamente bien aseguradas.

Se comprobara si los contrarrieles están bien asegurados ya sea por medio de los tornillos o abrazaderas y si tienen sus bloques o empaques en buenas condiciones, verificándose la separación del contrarriel al riel de apoyo.

En los sapos de resorte se comprobara si los resortes tienen la tensión correcta y funcionan sin golpear demasiado sobre el sapo y si las agujas se mueven dentro del tiempo reglamentario cuando son accionadas por árboles automáticos; de notarse alguna falla se comprobara si los resortes están rotos o les falta lubricación, procediendo en este caso a cambiarlos y lubricarlos.

Se comprobara que todos los tornillos, pernos y tuercas se encuentren bien apretados, que no tengan roturas o estén vencidos, en cuyo caso deberá reponerse de inmediato para evitar que el sapo se afloje y llegue a perder su alineamiento.

Por lo que se refiere a las placas de asiento de los sapos y las agujas se comprobara que estén completas, bien alineadas y que no estén vencidas o rotas.

Durante la inspección de los árboles de cambio colocados sobre la vía principal, se deberá mover la palanca para comprobar si su movimiento es correcto.

Al efectuarse la inspección de los cambios en la vía principal, esta se iniciara apartando de la punta de agujas en dirección al sapo; se quitaran y revisaran con todo cuidado las varillas de cambio número 1 y 2, la barra de conexión y los pernos que la unen con la varilla número 1, los cuales se limpiaran perfectamente para observar que no estén rotos, agrietados o vencidos, además se comprobara si quedan ajustados en los agujeros y si estos no están abocardados; se comprobara también si las varillas no están vencidas por efecto de algún descarrilamiento pues en este caso se pone en peligro el movimiento correcto del cambio recomendándose que se proceda de inmediato a relevar la pieza o piezas defectuosas que lo necesiten.

Al inspeccionarse las placas corredera y las silletas de refuerzo se comprobara que por cada lado de la vía exista la cantidad reglamentaria y que tanto las placas como las silletas estén bien ajustadas, que no estén rotas o vencidas y que en el caso particular de las placas de cojin este no este gastado, las placas se deberán mantener limpias de tierra, basura, arena y perfectamente bien engrasadas para el libre movimiento de las agujas.

En el caso de encontrarse las placas y silletas defectuosas deberán ser relevadas ya que cuando las placas correderas están vencidas o rotas, pueden dar lugar a que las agujas

queden bajas con respecto al riel de la vía principal o secundaria, con peligro de originar un accidente, y en el caso de las silletas podrá abrirse la vía con posibilidad de que los rieles se viren a consecuencia del empuje de las ruedas.

Las puntas de las agujas son la parte más expuesta a desgaste o fractura por que recibe directamente el impacto o golpeteo de las ruedas, por lo que se les pondrá especial atención en la inspección, sobre todo cuando no tiene protectores para agujas. A pesar de la protección que se les llega a dar a veces el desgaste puede ser muy rápido y se origina porque la aguja no este bien protegida por el dobles del riel de apoyo, ya sea por que el dobles no esta efectuado correctamente a por que la aguja no se coloco en su posición correcta, por lo que se deberá inspeccionar con mucho cuidado.

Una aguja gastada podrá continuar en servicio siempre que:

El desgaste no sea suficiente como para permitir que las cejas de las ruedas de los carros monten sobre la aguja.

Que el espesor de la punta de la aguja resista o sea suficiente para resistir el golpeteo de los ruedas sin que se rompa la aguja o se agriete.

Que el escantillón de la vía al ensancharse por efecto del desgaste de la aguja no represente peligro para el trafico de los trenes.

En el caso de las agujas rotas o despuntadas no existe ninguna tolerancia ya que una aguja en estas condiciones debe ser retirada del servicio lo mas rápidamente posible.

Las agujas se despuntan ya sea porque a consecuencia del desgaste no resisten el impacto de las ruedas, o bien porque la punta queda alta con respecto al riel de apoyo, recibiendo el golpe directo de las ruedas y produciéndose la ruptura; en este ultimo caso para evitar que la punta de la aguja quede alta se comprobara en primer lugar si la aguja esta o no vencida y en segundo si se encuentra bien nivelada y especialmente si los durmientes del talón de la aguja están bien calzados y no existe golpe pues en caso contrario deberá procederse a quitarlo y nivelar la aguja hasta lograr que asiente perfectamente bien en toda su longitud.

Para proteger la punta de las agujas del golpeteo de las ruedas y darle mayor seguridad al tráfico, se utilizan protectores de agujas.

Durante la inspección de las agujas se comprobará si los remaches, pernos y chavetas se encuentran en buenas condiciones y si las orejas no están vencidas, agrietadas o rotas y sus correspondientes taladros no están abocardados o agrietados en cuyo caso se deberán cambiar asi como los tornillos, pernos o chavetas defectuosos, pues de lo contrario al moverse el cambio, las agujas podrán quedar cuatrapeadas con gran peligro para el paso de los trenes.

Por lo que se refiere a los árboles de cambio, por lo menos dos veces al año se deberá efectuar una inspección minuciosa de ellas, ya sean del tipo alto, bajo, semiautomáticos, automáticos, etc.

Durante la inspección se deberán observar cuidadosamente las condiciones de los engranes, piñones, pernos y todas las piezas sujetas a desgaste o rotura, para lo cual se deberán limpiar todas y cada una de las partes del mecanismo.

En el caso de los árboles de cambio alto se examinará la cubierta y se comprobará si ésta esta o no bien ajustada, si las ranuras o muescas del plato no están gastadas y permiten el ajuste correcto de la palanca o liva y por consiguiente si al estar cerrado el cambio no hay ningún movimiento en las agujas; se inspeccionará el resorte para comprobar si está o no roto y lo mismo se hará con el soporte del resorte; se comprobará el ajuste entre la base del vástago y la barra de conexión para saber si no hay juego que permita el movimiento de las agujas; se comprobará si el collarín está en buenas condiciones, y si cuando está colocado el candado de cambio no se mueve la palanca o liva; también se comprobará si el tornillo con ojo o birlo está en buenas condiciones y su cuerda no está barrida ya que éste sirve para ajustar las agujas del cambio.

En el caso de los árboles de cambio de tipo bajo se observara si el fondo del vástago abajo de la biela no está ajustado a golpe o bien si el espacio entre la parte alta de la barra de conexión y el talón de seguridad de la caja del árbol es mayor de 16 mm. En caso contrario se procederá a cambiar el árbol por no ser seguro.

Al efectuarse la inspección de los árboles de cambio bajos se deberá tener en cuenta lo siguiente:

Se comprobara que el perno del collar este en su lugar y con su tuerca correspondiente, así como la chaveta bien colocada y abierta en sus extremos o el extremo del perno rajado y abierto.

Se comprobara que el perno o tornillo del segmento de engrane este bien apretado y en su lugar, si se tiene un remache en lugar de tornillo se comprobará si esta o no en buenas condiciones y bien ajustado.

Se comprobará que el perno de la biela este en su lugar y la chaveta bien colocada y abierta.

Se comprobara que el fondo del vástago abajo de la biela este bien ajustado a golpe.

Se comprobara que la separación entre la parte alta de la barra de conexión y el talón de seguridad de la caja del árbol no exceda de 16 mm.

Se comprobara que la espiga de la biela sobre salga aproximadamente unos tres mm de la barra de conexión.

Se comprobará que el perno que atraviesa el engrane cónico este en su lugar y bien apretado.

Para llevar a cabo la inspección y conservación de los árboles de cambio automáticos, independientemente de lo mencionado anteriormente, se deberá revisar la operación automática del árbol es decir, comprobar el estado de los engranes, pernos, tornillos y el tiempo en que tardan en cerrar las agujas el cual esta comprendido entre los 10 y 13 segundos como regla general.

Si el cierre de las agujas no se efectúa dentro del tiempo señalado se inspeccionara la caja que contiene la mezcla de aceite de ricino y alcohol de madera en proporción del 50 % para cada uno de los elementos citados y se verificara el nivel de dicha mezcla; si este no es correcto se adicionara la cantidad necesaria hasta alcanzar el nivel que marca la caja.

Por lo que respecta a los contrarrieles, estos sufren desgaste por efecto del paso de las ruedas, por lo tanto la distancia reglamentaria entre riel y contrarriel de 47.6 mm se va perdiendo por efecto del desgaste y se ensancha la separación hasta tener 50.8 mm o más. En estas condiciones también es necesario determinar hasta que limite se puede aceptar el desgaste del contrarriel el cual será aquel que corresponda al momento en que se observe en que las cejas de las ruedas empiezan a rozar o gastar el diamante del sapo con peligro de romperlo y dar lugar a que alguna ceja defectuosa se monte y provoque un accidente.

En todos los sapos ya sean rígidos o de resorte, deberán inspeccionarse con todo cuidado todas y cada una de las piezas que lo forman y ordenar el relevo o cambio de aquellas que se encuentren vencidas o rotas y además las partes móviles se mantendrán libres de tierra y basura que impidan su libre movimiento. También se comprobara la nivelación de los sapos pues en el caso de los de resorte, una nivelación defectuosa o la presencia de golpes frente a la boca o cola del sapo puede dar lugar a que se levante la pata móvil con peligro para la seguridad de los trenes.

4.11 Nivelación y alineación de vía en tangente. Hasta el momento se ha referido a la conservación de los aspectos mecánicos de la vía 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 topográficos para controlar el alineamiento y nivelación.

La circulación de los trenes sobre la vía será suave y cómoda cuando ésta se encuentre perfectamente alineada y nivelada y por consiguiente que evite el movimiento de los carros en una forma exagerada.

Si una vía se encuentra alineada, pero desnivelada, al pasar los trenes sobre ésta, los carros tendrán un movimiento en sus cabeceras de arriba hacia abajo; si el desnivel o golpe está localizado en ambos rieles y corresponde al mismo durmiente o durmientes, se

provocará también un movimiento en los carros. 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 o desniveles se conocen con el nombre de "golpes de nivel".

Por otra parte, si la vía esta 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 que los clavos de vías se aflojen y después se ensanche el escantillón, abriéndose la vía. Esta clase de golpes por falta de alineamiento se conocen con el nombre de "golpes de línea".

Antes de que una vía sea alineada o nivelada, se debe 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.

En el caso de vía ancha el escantillón deberá medir 1.435 m (4' 8 1/2") y en el caso de vía angosta deberá ser de 0.914 m (3' 0"); en el caso particular de las curvas, cuando éstas sean menores de 4° o menores, se conservará el escantillón citado; ahora bien, para curvas mayores de 4°, el escantillón se deberá ensanchar en 2.5 mm por cada grado o parte de grado hasta llegar a tener una vía cuya separación entre rieles mida 1.454 metros (4' 9 1/4") como máximo para vía ancha; en el caso de vía angosta el máximo permitido será de 0.933 m (3' 3/4").

Para medir y comprobar el escantillón de una vía, se deberá colocar el escantillón a escuadra con los rieles, teniendo cuidado de que los espolones de la horquilla se apoyen perfectamente en el riel de línea y el espolón 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, este no se apoye en las planchuelas; deberá comprarse el escantillón de la vía en los cuartos y centros de cada riel.

4.11.1 Reparaciones parciales o en tramos. Como ya se había mencionado anteriormente existen golpes de nivel y golpes de línea en tramos de las vías, por lo que se requiere realizar reparaciones o mantenimiento parcial en dichos tramos.

Golpes de nivel

Los golpes de nivel son originados por tenerse en la sección o tramo, durmientes podridos, por existir bolsas de agua que provocan golpes aguachinados, por falta de balasto o porque éste se encuentre contaminado con tierra que impide el libre escurrimiento del agua de lluvia, por estar los rieles vencidos o bien por juntas vencidas.

Conocido esto se procederá a corregir la causa que originó el golpe de nivel. Al quitar dicho golpe y levantar la vía a su posición correcta, siempre se deberá usar el nivel de vía y los gatos de vía, que se colocarán por pares en el lado exterior de los rieles, conservando siempre su posición vertical.

En el caso particular de las juntas, al elevar las mismas, el gato se colocará a una distancia no menor de 30 cm del extremo de la junta para evitar que se llegue a vencer la planchuela.

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 esto nos permitirá elevar la vía en todos los puntos bajos y dejarlos a la misma altura.

Golpes de línea

Respecto a los golpes de línea o codos, esto 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 estos 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 aumentan 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 trueque y se forme el codo.

También se pueden originar estos golpes de línea cuando existiendo varias juntas o llantas bajas, estas se encuentran cuatrapeadas, ya que al pasar los trenes sobre ellas aumenta el movimiento lateral de los carros, con lo que las cejas de las ruedas golpearán con más fuerza el hongo del riel provocando la pérdida de alineamiento. La falta de balasto también puede dar lugar a que se altere o modifique el alineamiento de una vía al formarse codos o golpes de línea, pues los durmientes se podrán mover en sentido transversal al eje de la vía, ya que sus cabezas quedarán libres por falta de balasto o bien, porque sección reglamentaria del mismo está escasa y por lo tanto el durmiente o durmientes no podrán quedar sujetos o apretados y en su posición original.

Otra causa de este defecto es por que 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 formándose inmediatamente uno o varios codos en un determinado tramo de vía: en este caso, será necesario retopar el riel o rieles cuyas juntas estén tronadas y colocar o aumentar el número de anclas por riel hasta evitar que se muevan.

Es importante tener presente que solo se puede tener una buena nivelación si se atiende oportunamente los golpes de nivel y si se conocen las causas que lo originan y los lugares donde se presentan con mayor frecuencia.

4.11.2 Reparaciones continuas. Este tipo de mantenimiento se efectúa en grandes longitudes o tramos continuos de vía, donde se ejecutan 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 sea necesario.

Los diversos trabajos de conservación que se pueden realizar sin elevar la vía son:

- › Cambio de durmientes
- › Espaciamiento de durmientes
- › Nivelación, alineamiento y calzado de juntas
- › Corrección del escantillón
- › Escuadrado de los durmientes
- › Apretado y reposición de los tornillos y tuercas rotas o faltantes
- › Reclavado de clavos incluyendo la reposición de los rotos o faltantes
- › Ajuste y reposición de las anclas
- › Reposición de planchuelas agrietadas o rotas
- › Inspección minuciosa de la vía, rieles y accesorios

Una vez que la vía en reparación se encuentra perfectamente clavada y a escantillón, cambiados los durmientes, corregida su separación y debidamente escuadrados, completo de accesorios de vía, se procede a su nivelación y alineamiento.

4.11.3 Nivelación. Por lo que se refiere a los trabajos de nivelación, se deberán localizar los puntos altos y bajos de la vía, se tendrá cuidado de conservar durante la nivelación los lugares de altura fija como lo son los extremos de los puentes, cruceros pavimentados, entradas de los túneles y pasos inferiores.

Previamente con el nivel de vía se determinarán los puntos altos y al mismo tiempo se deberá mantener correcto el nivel transversal o sea el correspondiente a los dos rieles y sobre un mismo durmiente; una vez localizados los puntos altos, la nivelación se efectuará sobre un hilo de la vía, levantando los puntos bajos y nivelando al mismo tiempo el otro riel mediante el empleo del nivel de vía. Este trabajo se ejecutará entre dos puntos altos.

El procedimiento más exacto para nivelar es aquél en que se utiliza el nivel de vía, la niveleta o teodolito.

La nivelación comenzará a partir del lugar en que la vía se encuentre con su nivel correcto; se visará el bloque de mira y la niveleta y entre ambos se colocará el bloque de levante precisamente en el punto bajo, de tal manera que cuando los gatos de vía eleven el riel a su nivel, deberá coincidir la visual entre los dos bloques y la varilla o franja de la niveleta; en este momento el riel estará a la altura correcta. Para poner el otro riel al mismo nivel se colocará el nivel de vía y se levantará el riel opuesto a la altura necesaria, de manera que cuando los dos rieles estén nivelados, se calzará el durmiente.

Es importante que en cualquier tipo de trabajo o reparación, deberá utilizarse el nivel de vía a fin de conservar los rieles en su nivel correcto y que en el caso de las tangentes los hongos de ambos rieles deberán estar al mismo nivel, excepto a la entrada de las curvas que no tengan espirales.

En todo trabajo de nivelación los gatos de vía deben usar por pares y su separación y cantidad dependerán del calibre del riel o levante por efectuarse.

En el caso particular de la elevación o nivelación de las juntas, los gatos se deberán colocar a no menos de 30 centímetros de la planchuela, o sea en el cajón inmediato al durmiente donde se apoya la planchuela.

4.11.4 Alineación. En lo referente al alineamiento de la vía, deberá tenerse presente que en las tangentes uno de los rieles es conocido como "riel de línea" y los trabajos de alineamiento siempre se deberán efectuar con referencia a este riel y en el caso particular de las curvas, el riel exterior se tomará como "riel de línea".

Una vez que la vía ha sido nivelada, se podrá lograr un buen alineamiento en el riel de línea; sin embargo, se puede dar el caso de que el otro riel no tenga una buena línea debido a que el escantillón no es correcto, de aquí la necesidad de comprobar y corregir el escantillón así como clavar y reclavar perfectamente la vía, como ya se había mencionado anteriormente.

Para realizar de una manera más adecuada el alineamiento de una vía, los trabajos se ejecutarán de preferencia en la mañana para evitar la reverberación que impide la observación correcta de la vía y puede dar lugar a un mal alineamiento; el encargado del alineamiento se deberá colocar de espaldas al sol, lo que le permitirá ver mejor la línea que está rectificando.

El alineamiento podrá ser ejecutado ya sea estando el alineador sentado o parado sobre el riel, en ambos casos el alineador deberá tener su vista dirigida al centro del hongo del riel, colocándose aproximadamente a 40 m de su personal, de esta forma podrá alinear el cuarto riel, tomando como base el tercero; no deberá alinearse más de un riel a la vez.

Todos los trabajos mencionados de alineamiento y nivelación son aplicables en las vías en tangente, para la vía curva existen otras reglas que se citan más adelante.

4.12 Alineamiento y sobre elevación de las curvas. Dentro de un criterio general se considera recomendable que la vía férrea para cualquier proyecto, use el mayor porcentaje posible de líneas rectas ligadas con curvas del mayor radio; que las pendientes sean lo menor posible y aplicables en tramos de gran longitud, que el cambio de pendientes se limite a lo indispensable entre dos puntos obligados, que la suma de deflexiones del trazo se reduzca al mínimo, que las curvas espirales sirvan para la transición del riel sobre elevado

exterior de la curva sin producir desconfort y que las parábolas de enlace de las pendientes permitan esfuerzos tolerables a los trenes, además de una buena visibilidad.

Estos detalles inciden directamente en el mantenimiento de una vía férrea, de acuerdo con datos del AREA, la curvatura limita la velocidad y afecta la vida útil del riel y de las ruedas. En curvas menores de 1 grado, la vida útil del riel se considera del 100 % según su calibre, curvas de 3° la vida útil se reduce al 73 %, para 6° el 48 %, para 9° el 30 % y 12° lo máximo permisible, solo alcanza el 16 % de su vida útil.

Sin embargo en la realidad pocas son las rutas de ferrocarril que se construyeron con estas especificaciones de calidad, ya que para unir las poblaciones o ciudades había montañas y ríos que en la mayor de las veces tuvieron que rodearse por los lugares más convenientes por la falta de tecnología o capital para la construcción de túneles o puentes, lo que tiene como resultado que el trazo de la vía se convierta en una línea quebrada y unida por curvas con altos grados de curvatura o con gran cantidad de curvas circulares sin espirales.

De cualquier forma ya sea que las curvas tengan un grado de curvatura suave entre 1° y 4° o sean curvas cerradas hasta con 12°, es necesario mantenerlas perfectamente alineadas y con su sobre elevación con el fin de evitar accidentes y un deterioro prematuro de los elementos que la forman.

Las curvas se conservan perfectamente alineadas durante algún tiempo, pero al igual que las tangentes llegan a perder su alineamiento debido principalmente al empuje lateral de las ruedas de los carros sobre el riel exterior o bien a la falta de balasto, a durmientes podridos o llantas bajas; si estos defectos aumentan, forman "codos" que no siempre se pueden observar a simple vista, pero ocasionan que se pierda el confort a causa de la curva desalineada.

En una vía ya construida el alineamiento de las curvas se hace tomando como riel de línea, al riel exterior de la curva, es decir que esto servirá para corregir el desalineamiento o codos que se hayan formado.

Para saber si una curva se encuentra o no alineada, debe procederse a efectuar una serie de medidas sobre la curva, esta serie de medidas se pueden realizar con un teodolito o con una cuerda y una regla que nos determinara los puntos en los que la curva tiene codos, este método es conocido como el alineamiento de curvas por el método de cuerdas que es muy antiguo, pero funciona para el mantenimiento preventivo y programado en patios y laderos.

Este método considera que para determinar el grado de una curva deberá utilizarse una cuerda de 9.58 m con una marca en su parte central, y que la distancia entre esta marca y el lado interior del riel exterior de la curva medido en centímetros será el grado de la curva.

Con dicha cuerda se podrá determinar si una curva está o no alineada y conocer los lugares donde existan codos o puntos fuera de alineamiento en todas las curvas simples o circulares, para curvas compuestas no es posible la utilización de este método.

Si la curva no esta alineada se procederá a corregir el error con todo cuidado hasta que todas las lecturas de las flechas sean iguales.

Para permitir el paso más suave de una vía recta o en tangente a una vía curva, es necesario que exista una curva espiral entre la tangente y la simple y otra para permitir la salida de una curva simple a una tangente.

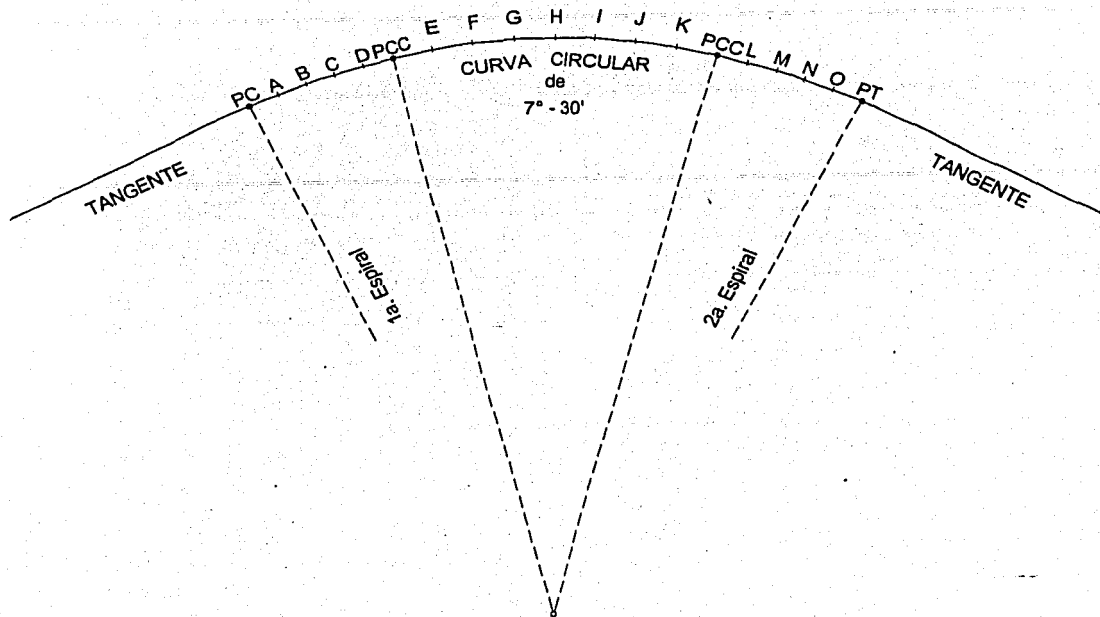
En la figura No 54 tenemos una curva circular unida a las tangentes por medio de dos espirales de tal manera, que la primera tangente termina en el PC, a partir de este punto se tiene la espiral PC-A-B-C-D-PCC, de este primer PCC al segundo PCC se tiene la curva circular PCC-E-F-G-H-I-J-K-PCC y de este último punto principia la espiral PCC-L-M-N-O-PT, de este último punto se inicia la segunda tangente o vía recta. Es decir, entre el PC y el primer PCC, y el segundo PCC y el PT, existen dos curvas espirales que son necesarias para el confort de los trenes.


Para llevar a cabo la corrección del alineamiento en toda la curva, o sea del PC al PT, es necesario que estén marcados en el alma del riel exterior de la curva los puntos PC, primer PCC, segundo PCC y el PT, de lo contrario será necesario el uso de un teodolito para determinar la posición de estos puntos y efectuar el alineamiento.

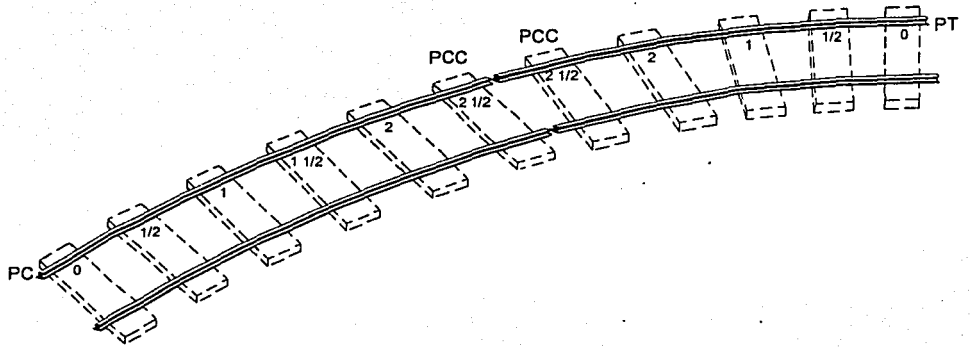
Para comprobar si las espirales están o no correctamente alineadas, o lo que es lo mismo si tiene codos, se usará también la cuerda de 9.58 m y la regla. Si una curva espiral está bien alineada, las medidas de las flechas no serán iguales como en el caso de las curvas circulares o simples, puesto que la espiral está formada por varias curvas de diferente grado que van desde 1° hasta el grado de curva circular, de manera que al hacerse las lecturas en centímetros, estas empezarán a partir de 1 cm, hasta un número de centímetros equivalente al grado de la curva circular. De tal forma que si la curva se encuentra desalineada, simplemente se moverá la vía hasta que todos los puntos en donde se realiza la medida tengan la medida correcta.


Cuando se construye una vía o se le da mantenimiento, en el riel exterior de las curvas se marca la sobre elevación que deberá darse a este riel a partir del PC al PCC o sea en la espiral de entrada y entre el primer PCC y el segundo PCC o sea la curva circular y entre el segundo PCC y el PT o sea el la espiral de salida.

En la Figura No 55 se muestra una curva en la cual están marcados en el alma el PC, los PCC y el PT, así como la sobre elevación correspondiente, la cual va aumentando hasta el PCC y este aumento es de media pulgada en media pulgada hasta llegar al PCC en donde se tiene 2 ½" de sobre elevación, la cual se conserva en toda la longitud de la curva circular, o sea entre los 2 PCC y después a partir del segundo PCC hasta el PT disminuirá la sobre elevación de media pulgada en media pulgada hasta el PT en donde quedará a nivel como la



 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno:	Fig. 54 Curva compuesta (circular y espiral)
	César Octavio Flores Jiménez	
	Asesor:	
Ing. Miguel Zurita Esquivel		
	Octubre del 2001	



 <p>Campus Acallán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 55 Marcas en los rieles en curva
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

tangente; el riel interior de la curva no tendrá sobre elevación y permanecerá a nivel o con la pendiente del tramo si es que éste se encuentra en terreno montañoso o de lomerío.

Cuando una curva no tiene la sobre elevación correcta se originan golpes de nivel cuya causa es la misma que se explicó para tramos de vía en tangente, pero en el caso de las curvas estos defectos deben corregirse de inmediato puesto que pueden originar accidentes de consideración.

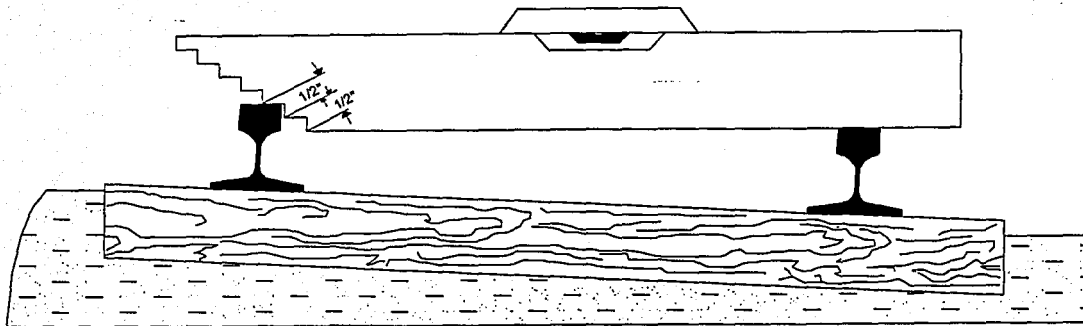
Para corregir estos golpes de nivel invariablemente deberá utilizarse el nivel de vía en uno de cuyos extremos deberá tener una parte escalonada y graduada de ½" para medir la sobre elevación; con este nivel se verificarán los puntos altos, bajos o a nivel correcto en el riel exterior de la curva así como en las tangentes de entrada y salida, de tal manera que a partir de los puntos que estén con el nivel correcto se iniciará la nivelación de la curva ya sea del riel exterior o interior levantándolo con gatos hasta su posición correcta o sea la que indica la marca de sobre elevación.


En la Figura No 56 se muestra el nivel que deberá utilizarse para verificar la sobre elevación de las curvas; este nivel tiene en uno de sus extremos la parte escalonada que deberá descansar en el hongo del riel exterior de la curva, de tal manera que corriendo la parte escalonada hacia arriba o hacia abajo llegará un momento en que la burbuja del nivel quedará al centro a pesar de la sobre elevación del riel exterior. En este momento, la sobre elevación del riel exterior será igual a la suma de medias pulgadas correspondientes a los escalones que se hayan recorrido para tener el nivel completamente horizontal y la burbuja al centro.

Independientemente de que las curvas se encuentren o no marcadas en el terreno o el alma de los rieles, es recomendable que se tenga la información de cada curva, como se muestra en la siguiente tabla con datos ficticios.

Tabla No 13 Registro de curvas

Localización del		Longitud de		Grado de curvatura	Curva		sobre elevación curva circular
PC	PT	Espirales	Circulares		I	D	
303 + 410.8	303 + 600.8	45.0	100	10° 00'		D	6"
304 + 541.6		40.0	180	10° 30'	I		6"
431 + 115.85		30.0	60	6° 36'	I		6"



 <p>Campus Acatlán Ingeniería Civil</p>	Tesis Profesional: MANUAL PARA MANTENIMIENTO DE VIAS FERREAS	
	Alumno: César Octavio Flores Jiménez	Fig. 56 Nivel para verificar sobre elevación en curvas
	Asesor: Ing. Miguel Zurita Esquivel	
	Octubre del 2001	

CONCLUSIONES

Los ferrocarriles considerados como un sistema de transporte, son de vital importancia para una país que pretenda desarrollar su economía, ya que es la forma más económica para trasladar los productos del campo a los centros de consumo; para las industrias representa, además de economía, seguridad en el traslado de sus mercancías y equipos, para las ciudades también son un beneficio ya que por su capacidad de carga sería posible disminuir el tráfico pesado ya sea de transporte de equipo o de sustancias peligrosas, que ocasionan altos costos de mantenimiento a las carreteras, contaminación y tráfico.

Desgraciadamente por falta de visión de los gobiernos mexicanos posteriores al del General Lázaro Cárdenas y por políticas que impulsaron el desarrollo de las carreteras, los ferrocarriles fueron perdiendo fuerza y quedaron semiabandonados hasta llegar a su casi desaparición en la década de los 80as, lo que obligó, desde mediados de ésta década a pensar en la modernización del sistema ferroviario por medio de su privatización. Sin embargo esta no cristalizó hasta 1995 cuando se permitió la inversión extranjera en el sector y se promulgó la Ley del Servicio Ferroviario, a partir de lo cual la Secretaría de Comunicaciones y Transportes definió los lineamientos generales de privatización.

Desde que obtuvieron la concesión de las líneas, las empresas ferroviarias reportan un aumento en el transporte de carga, sobre todo en lo referente al cemento, automóviles, granos, productos petroquímicos y siderúrgicos entre otros, que oscila entre un 15 y 24 %.

Es por ello que los ferrocarriles de carga y sus líneas necesitan inversiones importantes para mejorar y dar mantenimiento a las terracerías y superestructura de vías, trenes e instalaciones.

Este manual surge de la necesidad de evitar análisis subjetivos de las condiciones de la vía y tener un mismo criterio basado en datos técnicos bien definidos para un correcto mantenimiento.

Es de utilidad contar con el manual, ya que en él se encuentran las normas de calidad de los materiales y elementos que conforman la vía; lo que ayuda al usuario del mismo a no desperdiciar el tiempo en busca de información en diversos lugares y documentos; en el se encuentran además esquemas representativos de la vía, los elementos que la conforman y los defectos que pueden surgir en ella. En caso de requerir mayor información cuenta con una bibliografía de los textos consultados.

A partir de él se busca que las condiciones geométricas y estructurales de las vías estén de acuerdo con la densidad de tráfico y la velocidad desarrollada.

Se describen algunos de los problemas mas comunes que se presentan en las vías y plantea procedimientos para su corrección, sin que esto signifique que no existan más problemas o que no haya mejores procedimientos para corregir dichos defectos.

Es aplicable solo para vías, patios y laderos que aún es posible rehabilitar sin cambios considerables en su trazo original, inclusive en aquellas vías que estén muy dañadas estructuralmente. Presenta limitaciones en su aplicación en vías de origen y destino en las que se pretenda cambiar su trazo y pendiente para disminuir el numero de curvas o porque se pretenda eliminar el paso de la vía por algunos poblados que ya no representen beneficios económicos para las empresas que administran los ferrocarriles, lo que requeriría un estudio socio-económico y topográfico muy detallado de dichas vías.

La manera de llevar a cabo la conservación y mantenimiento de la vía, varía considerablemente de acuerdo con las condiciones topográficas, climatológicas, tonelaje y clase de tráfico que transita sobre ella, longitud de las secciones y condiciones reales de la vía.

Actualmente la rehabilitación de las vías para el transporte de carga donde se pretende aumentar la cantidad de toneladas métricas y velocidades y donde circulan y se transportan elementos de alta importancia como los productos petroquímicos, debe tener como finalidad el reemplazo sistemático de los elementos que constituyen a la vía, ya sea por haber llegado al límite de tolerancia en su desgaste o fatiga, y porque es obligado para obtener un mejoramiento de la misma que sea capaz de soportar un mayor volumen de tráfico a una mayor velocidad y garantice la seguridad de los trenes que la circulan, con lo cual se tendrá un sistema de transporte eficiente que ayude al desarrollo del país.

En México no existe literatura que marque los pasos a seguir y los estándares para dar un mantenimiento adecuado a las vías ferroviarias, por lo que surge la inquietud de investigar y abordar más del tema, ya que es muy importante este medio de transporte, así como este medio podría tener mayor utilidad, siempre y cuando se mantuviera en óptimas condiciones.

ANEXO 1 PRUEBA DE LOS ANGELES

A continuación se describe con detalle el procedimiento a seguir en la prueba de Los Ángeles de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-C-219-1978.

Objetivo. Establecer una prueba para determinar la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos de tamaños menores a 40 mm, usando la máquina de los Ángeles.

Equipo. La máquina de los Ángeles consiste en un cilindro de acero hueco y cerrado en sus dos extremos con un diámetro interior de 710 mm \pm 5 mm y largo interno de 510 mm \pm 5 mm.

Este cilindro se debe montar en espigas pegadas en los extremos del mismo que no penetren en él para que el cilindro gire en posición horizontal con una tolerancia de inclinación de 1/100.

Dentro del cilindro se encuentra un aspa de acero resistente al desgaste, de sección rectangular, montada preferentemente independientemente de la tapa que se monta, se proyecta hacia el interior del cilindro o sobre la superficie interna de la tapa, de tal modo que un plano centrado entre sus caras mayores coincida con el plano axial. Esta aspa debe montarse en remaches u otros materiales que la mantengan firme y rígida.

Se necesita un juego de cribas con aberturas cuadradas con tapa y charola. Estas cribas deben cumplir con la NOM vigente.

El tipo de criba usado de acuerdo con la NOM B-231 es la US Bureau of Standards, su número y abertura en mm se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Número y abertura de las cribas.

Número	Abertura (mm)
1.5"	38.1
1"	25.4
¾"	19.1
½"	12.7
3/8"	9.52
¼"	6.35
4	4.76
8	2.38
12	1.68

Se requiere de una balanza con una aproximación del 0.1 % de la carga de prueba sobre el rango de esta misma.

Dentro del cilindro se coloca una carga abrasiva que consiste en esferas de acero con un diámetro promedio de 45 mm cada una, con una masa entre los 390 a 445 gr.

La carga abrasiva depende de la granulometría tipo que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Granulometría tipo

Designación de las cribas		Masa de la granulometría tipo (gr)			
Que pasa	Que retiene	A	B	C	D
1.5" (38.1)	1" (25.4)	1250 ± 25			
1" (25.4)	¾" (19.1)	1250 ± 25			
¾"	½"	1250 ± 25	2500 ± 10		
½"	3/8"	1250 ± 25	2500 ± 10		
3/8"	¼"			2500 ± 10	
¼"	4			2500 ± 10	
4	8				5000 ± 10
Masa	Total	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

En la siguiente tabla se muestra la carga abrasiva, la masa de la carga en gramos y la granulometría tipo.

Tabla 3. Carga abrasiva y granulometría tipo.

Granulometría tipo	No Esferas	Masa de la carga (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	458 ± 25
C	8	330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Materiales. La muestra debe prepararse de modo que sea representativa del lote de entrega.

El agregado se debe lavar y secar en el horno entre 105° a 110° Centígrados a peso constante de manera que quede libre de materiales adheridos y polvo.

La muestra se separa en fracciones de tamaño individual y se recombinan usando la granulometría de la tabla No 2 más próxima al rango de tamaños en que los agregados se suministran en campo para trabajo y se le determina su peso, el cual es el **peso original**.

Procedimiento de la prueba. Se introduce la muestra acondicionada y la carga abrasiva en la máquina de prueba a la abrasión de los Ángeles y se gira a una velocidad de 33 a 30 revoluciones por minuto durante 500 revoluciones, vigilando que se mantenga una velocidad periférica uniforme.

Al terminar el ciclo de revoluciones especificado, se descarga el material y se hace una separación preliminar del mismo empleando la malla No 8, el material que halla pasado se criba posteriormente con la malla No 12.

Todo el material más grueso que la malla No 12 se lava para que este libre de polvo y placas adherentes y se seca en el horno a 105 – 110 ° C, después de esto se determina su peso, al cual se le llama **peso final**.

Cálculo del informe. La diferencia entre el peso original y final de la muestra de prueba se expresa como porcentaje del peso de la muestra original. Este valor se expresa como porcentaje de desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles.

Nota. El porcentaje de desgaste por abrasión determinado por este método no tiene correlación consistente con el porcentaje de pérdida por desgaste de del mismo material empleando tamaños mayores del mismo agregado.

ANEXO 2 UNION DE RIELES MEDIANTE SOLDADURA

Los trabajos de unión de rieles mediante soldadura son de sumo cuidado, ya que son ejecutados tanto en campo como en taller y deben ser revisados adecuadamente durante su proceso como después de terminados.

Objetivo. El presente anexo esta dirigido a verificar adecuadamente los trabajos de soldadura en campo o taller, para la fabricación de rieles continuos.

Para poder verificar hay algunos conceptos que hay que entender perfectamente, a continuación se citan los conceptos y definiciones.

Soldadura de rieles. Es la unión integral entre dos de sus extremos contiguos debidamente preparados a una temperatura cercana a la de fusión, con material de aporte o sin el, aplicando procedimientos diseñados para los materiales que intervienen, de tal forma que tengan la suficiente resistencia, continuidad y capacidad para soportar el trafico ferroviario como cualquiera otra sección de los rieles que integran la nueva estructura.

Riel. Es uno de los elementos que forman la superestructura de un sistema de vía férrea, fabricado con una aleación de acero con otros metales, bajo requisitos de composición metalúrgica, geométricos, de resistencia y durabilidad especificados, que permitan el rodamiento cómodo y seguro del equipo, transmitiendo los esfuerzos a través de los durmientes a la infraestructura de la vía.

Riel soldado continuo. Es el que está formado por rieles elementales generalmente del mismo calibre, características geométricas y metalúrgicas; unidos sucesivamente por sus extremos mediante soldadura, que constituyen una nueva estructura que permiten mejorar las condiciones de rodamiento del equipo.

Preparación de los extremos de los rieles. Es el conjunto de operaciones tales como corrección de alineamiento, corte, adaptación de secciones y limpieza mediante las cuáles se ponen en condiciones de aplicarles el procedimiento de soldadura ya sea en el campo o en la planta de soldado.

Crisol. Recipiente de forma troncocónico de material refractario que se apoya en un forro o soporte metálico y en el que se efectúa la reacción de la porción aluminotérmica de soldadura.

Mazarota. Metal de aportación que al terminar la colada en la soldadura aluminotérmica sobresale del hongo de los rieles soldados y que se elimina inmediatamente después de retirar los moldes.

Injerto. Tramo de riel con longitud no menor de cuatro (4) metros que se suelda intercalado en otro riel en servicio y sustituye una parte dañada o alguna soldadura defectuosa.

Tipos de rieles en los que se aplica. La soldadura se debe utilizar tanto para formar con los rieles de fábrica las barras largas soldadas, coma para integrar con éstas los rieles utilizados en el sistema de vía continua.

La soldadura se puede aplicar a todos los rieles nuevos que se marcan en la Tabla 6 del presente trabajo y a todos los rieles de recobro que son los recuperados de las vías que han estado en servicio, sin incluir los que presentan un desgaste excesivo, severas huellas de quemadura por fricción, melladuras, roturas, corrosión, agrietamiento y otros defectos visibles, además la altura y el ancho del hongo no tendrán discrepancias mayores de uno punto seis (1.6) milímetros en los rieles que forman el lote recuperado, permitiéndose hacer algunos cortes para eliminar tramos dañados severamente.

Las restricciones para los rieles de recobro se citan a continuación.

- La longitud mínima del riel será de ocho (8) metros para vía cuatro (4) para injertos.
- No deben tener exceso de grasa, aceite, asfalto u óxido.
- No se deben soldar rieles de diferente grado de dureza, ni los de enfriamiento controlado con los de sistema de enfriamiento no controlado, ni tampoco los que sean de diferente tipo de aleación.
- Cuando se requiera esmerilar la deformación del hongo en la superficie de rodamiento del riel no se permite que el ancho de ésta sea mayor de ocho (8) milímetros.
- Cuando sea necesario eliminar agujeros para tornillos o uniones de riel, esta operación se hará por corte de la sección en que se encuentra, después de lo cual no deben presentar en los extremos oquedades ni cavidades de tubo.

Tipos de soldadura. La soldadura que se debe utilizar en las uniones para vías férreas son el aluminotérmico en que se emplea el material de aportación y el eléctrico que no lleva material de aportación. Este anexo esta enfocado a la soldadura del tipo aluminotérmica por ser la más común en el mantenimiento de vías, no así la de presión eléctrica que es la más común y de menor precio realizando una producción en serie, pero necesita grandes talleres o cuando menos fábricas portátiles, en este tipo de soldaduras se unen las caras extremas de los rieles a presión mediante electroresistencia a tope con una presión de 50 ton.

Soldadura aluminotermica. En las uniones de rieles por este procedimiento se debe aplicar básicamente la reacción fuertemente exotérmica provocada por encendido de una mezcla de aluminio (Al) finamente dividido y oxido de fierro(Fe_2O_3), la que aporta gran cantidad de calor a una temperatura cercana a $2600^{\circ} C$. el producto de fusión debe ser una aleación con características metalúrgicas y de resistencia que igualen o superen en calidad la de los rieles en que se utiliza.

El procedimiento metalúrgico de soldadura aluminotermica que se seleccione para un trabajo determinado debe ser un sistema completo con las variantes en materiales, equipo especializado y accesorios que permitan adaptarse a los calibres y tipo de rieles y cubrir las necesidades para soldar rieles normales de bajo contenido de carbono, rieles duros con alto contenido de carbono y rieles con aleaciones, como los que contienen cromo vanadio y cromo molibdeno.

Materiales.

- a) La carga de aportación para soldadura aluminotermica debe ser elaborada con materiales especialmente seleccionados y preparados de acuerdo con las características metalúrgicas y dimensiones del riel por soldar y en términos generales debe estar constituida por aluminio en polvo, oxido de fierro y los adicionales necesarios para lograr la mayor similitud al acero del riel. Debe tener la cantidad suficiente para asegurar el llenado de la junta sin escoria, ni huecos y con le reborde adecuado que permita un corte funcional y el perfil que requiera el proyecto.
- b) Las porciones de materiales que forman una carga de soldadura aluminotermica deben proporcionarse en bolsos resistentes y a prueba de humedad, preferentemente de material plástico y totalmente herméticas. El envase del grupo de materiales debe contener instrucciones para el uso y presentar una etiqueta con los siguientes datos:
 - Marca de la fabrica
 - Fechas de fabricación y caducidad
 - Numero de lote
 - Aleación y peso neto de la carga contenida, en gramos
 - Tipos de riel en que se aplica y precalentamiento requerido
 - Separación entre las secciones extremas de rieles a soldar y tolerancia
- c) Al material a utilizar se le efectuara un muestreo para realizar soldaduras de prueba y ensaye de verificación. Se le tomaran 2 muestras de cada mil cargas o menos. A las muestras se les determinara su peso neto con aproximación de un (1) gramo y con ellas se realizaran dos juntas soldadas a las cuales se les efectúa la prueba de dureza Brinell y ensaye de flexión hasta la ruptura.
- d) Las cargas aluminotermicas con envases rotos no deben ser utilizados, ni tampoco las que presentan indicios de estar húmedas, ni las de fecha de caducidad vencida o incompleta.
- e) El transporte de estos materiales se hará con mucho cuidado por tratarse de productos inflamables; su almacenamiento será en lugares secos.

Implementos, equipos y utensilios.

- a) Los moldes deben ser prefabricados a base de arena sílica de alta refractabilidad; las piezas moldeadas se endurecen por insuflación de bióxido de carbono (CO_2) y se somete a un tratamiento de secado. Los moldes deben ser estancos, libres de fisuras y tener un diseño con amplio sistema de alimentación que no propicie obstrucciones, formación de burbujas, ni depósitos de escoria; además su forma y dimensiones deben ser adecuadas para lograr la conformación correcta de la junta soldada, con una mazarota de forma piramidal, invertida, con una altura aproximada de 4 cm y una acanaladura en su parte inferior que facilite el corte para eliminarla; se empacarán en cajas de cartón protegidas con polietileno para evitar el contacto con la humedad.
- b) La pasta de sellado será una mezcla de arena sílica con arcilla refractaria y agua, la cual no debe permitir fugas entre el molde y el riel, permaneciendo sin descomponerse cualquiera que sea el tiempo de precalentamiento o de duración del contacto con el metal fundido; se debe envasar protegiéndola contra la evaporación para garantizar que durante un tiempo mínimo de seis (6) meses conserve sus condiciones de buena calidad.
- c) El crisol debe ser elaborado con una magnesita de alta refractabilidad y para su utilización deberá mantenerse sobre una funda metálica de forma troncocónica especialmente adaptada, colocando entre ambas, crisol y funda, una capa de pasta refractaria. Este crisol debe resistir la reacción y fusión de la carga aluminotérmica y debe renovarse oportunamente cuando manifieste deterioros o exceso de incrustaciones.
- d) La boquilla debe ser una pieza de material refractario, de forma cilíndrica y adaptada a la salida del crisol, parte aguda; con ella se integrará el sistema obturador que controla la salida del metal fundido producto de la reacción aluminotérmica. Este elemento debe revisarse cuidadosamente después de cada colada para renovarse al presentar deterioros que afecten su funcionamiento.
- e) Los implementos especiales con que se debe contar son equipos mecánicos para: corte de rieles, alineamiento y fijación, precalentamiento, esmerilado, desbaste y acabado, además serán necesarias herramientas como marros, limatones, tajaderas, cuñas y otras similares.

Preparación de la junta. Una vez que han sido acondicionados los extremos de los rieles a soldar en lo que se refiere a la limpieza, eliminación de agujeros, fisuras y ajuste de alineamiento, se procede a colocarlos para iniciar el procedimiento de soldadura.

- a) Las secciones extremas de los rieles para formar la junta deben tener una separación de dieciséis a veinticinco (16 a 25) milímetros, determinada mediante una cuña metálica graduada.
- b) Para la alineación de los rieles que forman la junta, bien sea que estén colocados sobre bloques de madera o en los durmientes, se deben utilizar dispositivos mecánicos para alineamiento rápido y preciso.
- c) Cuando se trate de rieles sujetos a durmientes, se deben aflojar las fijaciones en cuando menos seis durmientes a cada lado de la junta y se volverán a apretar no antes de cuarenta minutos después de efectuada la soldadura.
- d) En cuanto al alineamiento vertical, ambos extremos de los rieles en la junta deben ajustarse simétricamente apuntando ligeramente hacia arriba para formar una contra flecha máxima de uno punto cinco milímetros (1.5), medida con calibrador y una regla metálica de un metro de longitud, apoyada sobre la superficie de rodamiento en el hongo con su centro en el plano medio de la junta. Esta elevación es necesaria para compensar la deformación al enfriarse la soldadura y deberá evaluarse frecuentemente este efecto para hacer los ajustes necesarios.
- e) Cuando se autorice efectuar cortes con soplete, al terminar éstos, se limpiará limando la cara del corte y se efectuará inmediatamente la soldadura.
- f) En las operaciones de alineación se deben evitar golpes o choques que puedan dañar principalmente los patines de los rieles.
- g) Los trabajos de muestreo en vía activa se efectuaran tratando de evitar hasta donde sea posible la dilatación o contracción rápida de los rieles, a menos que pueda controlarse con mecanismos adecuados que los mantengan en posición con el espaciamiento de la junta.

Ejecución. La ejecución se lleva a cabo hasta que este lista la junta y se realizara de acuerdo a lo siguiente:

- a) La colocación del molde sobre ambos extremos de los rieles a soldar se debe hacer centrándolo perfectamente, dejando entre ellos espacio para la soldadura, después de lo cual se procederá al sellado de la zona de contacto entre el molde y el riel, con la pasta refractaria correspondiente.
- b) Durante la preparación del crisol, debe ponerse especial atención de limpiarlo, fijarlo perfectamente en el forro metálico y en su caso colocarle la boquilla de magnetita, que sirve de soporte al clavo de obturación.
- c) El precalentamiento de los extremos de los rieles por soldar se lleva a cabo para completar la preparación de la junta y debe ser el suficiente para lograr mayor uniformidad en la temperatura, mediante esta operación se mantendrán secas, la

cámara de reacción y la pasta de sellado; al respecto la temperatura de los extremos se elevara hasta novecientos grados centígrados (900° C).

- d) Durante la operación del precalentamiento, el crisol deberá estar limpio y seco para después verter la porción aluminotermica. El crisol cargado se colocará en el soporte y al haberse alcanzado la temperatura de precalentamiento en la junta, inmediatamente después se colocará en posición de vaciado.
- e) Para iniciar la reacción exotérmica se introduce una luz de bengala encendida, con lo que se iniciará la reacción química con gran desprendimiento de calor que produce acero fundido y escoria.

Para lograr soldaduras de buena calidad se deberá atender lo siguiente:

- Durante los primeros tres minutos después de efectuado el vaciado de soldadura, los rieles no deben tener ninguna vibración ni movimiento, transcurrido este tiempo se retira el recipiente de escoria y el molde, empezando por la parte que cubrir la banda de rodamiento y las caras del hongo, lo cual se efectuará después de dejar enfriar la soldadura durante cuatro minutos (4 min.).
- Enseguida se debe quitar el exceso de soldadura, controlando los golpes en sentido longitudinal del riel, para evitar daños en la soldadura; preferentemente este exceso de metal se quitara con equipo mecánico.

Con esto se da por terminado el proceso de soldadura y posteriormente se efectúan las operaciones para adaptar y restituir el perfil del hongo.

Esmerilado. Para adaptar y restituir el perfil del hongo de acuerdo con su sección original, se llevaran a cabo las siguientes etapas de esmerilado:

- Se realizará un esmerilado de desbaste, con el cual se rebajaran los rebordes de soldadura que permanezcan después del corte de la mazarota, el cual se debe iniciar cuarenta y cinco minutos después de dicho corte.
- El esmerilado de terminación debe lograr la uniformidad y continuidad de la superficie de rodamiento y cara activa en el hongo del riel, esta etapa se realiza a temperatura ambiente.
- Se debe evitar el sobrecalentamiento de los rieles, para evitar el pavonado del material.

Control de ejecución y recomendaciones. Se debe de controlar la ejecución de la soldadura con las siguientes recomendaciones.

- a) En los quince centímetros extremos a cada lado de la junta, los rieles deben estar libres de humedad, oxidación, grasa, rebabas, agrietamientos, deformaciones y otras irregularidades que perjudique a la soldadura.

- b) Si en una longitud de quince centímetros a uno y otro lado de la junta los rieles presentan defectos como fisuras o agujeros, se deben eliminar mediante el corte de la longitud afectada. Estos cortes deben ser perpendiculares al eje longitudinal y paralelos entre si, perfectamente planos y realizados con cortadora mecánica. El corte con soplete solo se acepta en casos especiales siempre y cuando se suelde de inmediato.
- c) Antes de la ejecución de la soldadura se deben alinear los extremos de los rieles en proyección horizontal, su cara activa, la banda de rodamiento y su proyección vertical y se sujetan para que se mantengan firmes.
- d) Se limpiaran mediante cepillado las caras frontales, laterales, la superficie de rodamiento y la cara interior del patín en una longitud de quince centímetros de cada extremo del riel.
- e) Durante la ejecución de la soldadura se llevara un autocontrol de calidad y se tendrá un supervisor que debe conocer los detalles de los proyectos, sus normas y llevara el registro al día de las soldaduras de cada soldadura a su cargo.
- f) Las soldaduras terminadas y aceptadas deben marcarse con troquel en la cara exterior del hongo o del riel a una distancia no mayor de treinta centímetros, se colocara el numero de registro del soldador y el logotipo del constructor.
- g) La soldadura terminada que manifieste errores visibles o deficiencias se debe marcar para ser substituida.
- h) El paso de trenes sobre vía con soldadura recién ejecutada queda prohibido y no se debe permitir hasta que hayan transcurrido cuarenta minutos después de terminada la colada mas reciente.

BIBLIOGRAFÍA.

Caminos de Hierro.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Ferrocarriles Nacionales de México.
México, D.F., 1996.

Vía Férrea México-Querétaro. La ruta del progreso.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, D.F., 1987.

Generalidades sobre conservación de la vía.

Instituto de Capacitación Ferrocarrilera.
Ferrocarriles Nacionales de México.
México, D.F., 1964.

Normas para construcción e instalaciones. Vías Férreas.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, D.F., 1984.

Generalidades y terminología. Obra Pública.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, D.F., 1995.

Normas para terracerías.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, D.F., 1984.

Norma para vía continua y unión de rieles mediante soldadura.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, D.F., 1984.

Ferrocarriles.

Francisco M. Togno.
Edit. representaciones y servicios de ingeniería.
México, D.F., 1982.

Parámetros técnicos para la clasificación y evaluación de las vías.

Subdirección general de operación.
Ferrocarriles Nacionales de México.
México, D.F., 1996.

**Curso por correspondencia sobre conservación de
vía.**

Instituto de Capacitación Ferrocarrilera.
Ferrocarriles Nacionales de México.
México, D.F., 1970.

**La ingeniería de suelos en las vías terrestres,
volumen II.**

Rico Rodríguez y Hermilo del Castillo.
Edit. Limusa.
México, D.F., 1990.

Mecánica de suelos.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez.
Edit. Limusa.
México, D.F., 1995.

Estructuración de vías terrestres.

Fernando Olivera Bustamante.
Edit. CECSA
México, D.F., 1997.