

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLÁN

SUSTITUCIÓN DE VÍA CLÁSICA POR VIA ELÁSTICA
EN EL PROCESO DE REHABILITACIÓN
DE VÍAS FÉRRERAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO
EN INGENIERÍA CIVIL

P R E S E N T A

ALEJANDRO GONZÁLEZ SERVÍN

ASESOR: ING. RUBÉN ALFONSO OCHOA TORRES

MARZO 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

"A Dios, por haber iluminado el camino y dirigir el rumbo para alcanzar esta meta".

"A mis padres Alfonso González Becerril y Yolanda Servín García, por su maravilloso ejemplo de rectitud y empeñado sacrificio por cultivar con sabiduría, cariño, paciencia, bondad y virtud, desde mis primeros pasos y tropiezos y en todo momento la herencia más noble y valiosa que pude haber recibido".

" A mis hermanas Edith y Monica, cariñosamente mis mejores deseos por su ayuda y apoyo desinteresado".

" A mis hermanos Lucio, Alfonso, Gustavo, Demetrio, Victor Manuel, Julio Cesar, Gildardo, Roberto Carlos, Ernesto, por ser siempre mis mejores amigos y los mejores compañeros que pude haber conocido".

" A mi primo Rene, por sus palabras de animo a seguir adelante con esta tesis".

" A la memoria de mis abuelos Lucio González Zuñiga, Susana Becerril Cruz, Emilio Servín Luna y Angela García Ruiz".

" A el Ingeniero Rubén Alfonso Ochoa Torres, por haber sido partícipe como asesor para realizar esta tesis que bien vale no únicamente como contenido textual si no como recopilación de experiencias transmitidas y de valiosos comentarios, por su apoyo y atenciones".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

" A todos mis maestros, por haber sido dentro del aula de clases verdaderos amigos y guías con quienes compartí la experiencia de viajar a través de la aventura de la imaginación, de la razón y de la creatividad y por haber despertado el interés por el valor de todo aquello que nos rodea y que nos mueve dentro de nuestro hábitat, de nuestra sociedad y de nuestro tiempo y espacio".

" A mis compañeros y amigos, que con sus comentarios y consejos participaron dando forma a la realización de este trabajo".

" A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, por ser la institución académica donde se materializó la ilusión de estudiar una carrera profesional, con orgullo y respeto".

" A la ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLÁN, por haber recibido de sus Maestros la extraordinaria instrucción académica y la formación integral que se imparte dentro de sus aulas y laboratorios".

" A la Jefatura del Programa de Ingeniería Civil, por sus atenciones y orientación para la realización de esta tesis".

" Al Honorable Jurado, por la atención brindada a la presente tesis".

" En el porvenir del tren, pierda o conserve sus ruedas, o esté movido por una pila atómica que alimente un motor lineal, es posible que acabe dejando al avión solo el transporte intercontinental. En cuanto a nuestras autopistas, quizás acaben transformándose en una especie de vías, por las que circularán vehículos guiados por invisibles rieles cibernéticos, pero abandonando tanto la ciencia ficción como la futurología, lo cierto es que el tren, el avión o el automóvil del mañana, no se parecerán en gran medida a los de nuestra juventud, salvo en que seguirán estando al servicio de la comunidad, es decir de todos los hombres".

Paul Delacroix.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1. Generalidades

1.1. Aspectos históricos del uso del ferrocarril en México

1.2. Descripción General de una vía férrea

1.2.1. Terracerías

1.2.2. La vía

CAPITULO II

2. Vía clásica

2.1. Uso e importancia de la vía clásica en México

2.2. Características generales

2.2.1. Superestructura de la vía

2.2.2. Sub-balasto

2.2.3. Balasto

2.2.4. Durmientes

2.2.5. Rieles

2.2.6. Accesorios de vía

2.2.6.1. Placas de asiento para durmiente

2.2.6.2. Ancla para riel

2.2.6.3. Clavo de vía

2.2.6.4. Recomendaciones al efectuar las inspecciones de los accesorios

2.2.6.5. Partes que constituyen los cambios

2.3. Proceso constructivo

CAPITULO III

3. Vía elástica

3.1. Uso e importancia de la vía elástica en México

3.2. Características generales

3.2.1. Rieles tipo L.R.S.

3.2.1.1. Soldadura a presión eléctrica

3.2.1.2. Soldadura aluminotérmica

3.2.1.3. Ejecución de soldaduras

3.2.2. Tipo de durmiente

3.2.2.1. Función

3.2.2.2. Clasificación

3.2.3. Accesorios de fijación

3.3. Proceso constructivo

CAPITULO IV

4. Rehabilitación de vía clásica a vía elástica

4.1. Rehabilitación de vía por medios manuales, importancia y trascendencia

4.1.1. Herramientas, equipos de vía y medios de transporte

4.2. Rehabilitación de la vía por medio de maquinaria, importancia y trascendencia

4.2.1. Maquinaria y equipos de vía

4.3. Evaluación de las ventajas y desventajas en la sustitución de la vía clásica por la vía elástica, utilizando los medios mecanizados

4.3.1. Vía clásica

4.3.2. Vía elástica

Conclusiones

Glosario

Bibliografía

INTRODUCCIÓN.

La observación panorámica de la transportación en general nos permite valorar con realismo, los problemas del tráfico con pasajeros y los movimientos de carga realizados por los ferrocarriles. El progreso tecnológico de los últimos años ha venido modificando a los transportes, con mayor trascendencia que hace dos siglos por lo que la distribución del tráfico entre los diversos medios, resulta variable a causa de la palpable y necesaria competencia entre los porteadores, los cuales luchan ofreciendo un servicio público de transporte, cada vez mejor, aún dentro de los controles estatales para vigilar y regular la legal coexistencia del conjunto, sin embargo, en la actualidad se ha descentralizado este proceso asignándose concesiones a empresas privadas para la adquisición de los sistemas ferroviarios de transporte.

La creciente demanda del servicio de transporte ferroviario marca la pauta para definir el futuro de la creación de nuevas líneas, así como el mejoramiento y modernización de las ya existentes, de ahí que la elaboración de programas de mejoramiento de la red ferroviaria sea de gran importancia en nuestros días, ya que en este esquema de trabajo se provee al usuario de beneficios que tienen que ver con el transporte de pasajeros, materias primas, mercancías etc., con la funcionalidad y confort que ha caracterizado este sistema de transporte a través de décadas de servicio, gracias a la implementación de técnicas constructivas y nuevos materiales, sin los cuales no se lograría obtener vías férreas de alta calidad en su funcionamiento, que permitan la utilización del sistema con gran eficiencia y seguridad.

Con el presente trabajo se pretende enmarcar la importancia que ha tenido el mantenimiento de las vías férreas, principalmente desde el punto de vista de la rehabilitación de estas. Es importante hacer mención de la trayectoria que ha tenido el ferrocarril en México en las diferentes etapas históricas desde su aparición como medio de transporte, llegando a ser una parte medular de la economía y por consiguiente motor del desarrollo social y tecnológico en diferentes épocas sobre todo como participante en la contienda revolucionaria y post-revolucionaria hasta nuestros días, actuando como uno de los principales protagonistas en los cambios sociales que han ocurrido en nuestro país, como se menciona en el capítulo I, no sólo el ferrocarril como gran invento de la humanidad para el beneficio del ser humano, cabe mencionar también la evolución de las técnicas para llevar a cabo su construcción y de la gran aportación de la ingeniería civil para sustentar un invento grandioso y noble con más y mejores vías que permitieron y permitirán la convivencia del ser humano y los grandes logros tecnológicos

para su bienestar, en el mismo capítulo se menciona de manera general la composición de una vía para ferrocarril. Se describe de manera conceptual el funcionamiento de una vía clásica en el capítulo II, donde se enuncia el uso de este tipo de vía que fue utilizado desde la aparición del ferrocarril en México y aún en nuestros días sin embargo, de manera decreciente.

El hombre en la búsqueda de técnicas y materiales que beneficien el sistema ferroviario crea el sistema de vía tipo elástica y que en México se comenzó a implementar en la década de los sesenta. Por lo que con estas acciones se contribuyó a los avances en la modernización del sistema al contar con vías modernas y rehabilitadas con el sistema de vía elástica. Se menciona en el capítulo III las características del tipo de vía elástica.

Es importante para nosotros el establecer la evaluación de las ventajas que representa la modernización de la vía férrea empleando métodos mecanizados para realizar la sustitución de la vía clásica por vía elástica, ya que siempre se buscarán herramientas que permitan la facilidad y comodidad para realizar trabajos que en el pasado se realizaban de manera rudimentaria, sin embargo no se puede decir que los métodos constructivos mencionados en este trabajo sean totalmente mecanizados y que la mano de obra ferroviaria no tenga participación alguna en las diferentes actividades, ya que el trabajador ferrocarrilero posee gran conocimiento en la realización de los trabajos de vía férrea desde el reparador de vía hasta el Ingeniero residente que manejan los tramos en construcción de las diferentes divisiones y que debido a ese conocimiento de las características de su tramo son sumamente valiosas sus aportaciones para el mejoramiento y funcionalidad de la vía férrea.

Es de gran trascendencia el hecho de que el hombre se beneficia de la tecnología como herramienta para llevar a cabo sus objetivos y la satisfacción de la necesidad de transporte a través de las ciudades y de todo el territorio en general.

El hombre en su lucha por mejorar los sistemas de transporte ha transformado su hábitat, sólo que a veces esta transformación exige altas cargas de combustible de origen fósil para la generación de energía empleada en su medio de transporte de ahí que resulta caro el precio que se debe pagar para conservar el medio ambiente limpio. Medios de transporte tan eficientes como lo es el sistema ferroviario pueden llegar a ser una alternativa para ir en busca de mejores sistemas que permitan al hombre no degradar el hábitat en donde vive, se desenvuelve y desarrolla.

Se debe buscar conducir la tecnología hacia la protección de los recursos no renovables que son tan importantes para el hombre.

1. GENERALIDADES.

1.1. ASPECTOS HISTÓRICOS DEL USO DEL FERROCARRIL EN MÉXICO.

Al final del virreinato había en México 7,000 kms. de caminos reales por los que se podía transitar en carretas y 19,000 kms. de caminos de herradura.

Poco después de la llegada de los españoles el "Tameme", el hombre que transportaba fue sustituido por el arriero, cuando se autorizó a los indígenas a valerse de animales en el acarreo de bultos. Así surgió la arriería que a fines del siglo XVIII comprendía el diez por ciento del valor total de la industria Nacional. Entre Veracruz y México se empleaban 70 mil mulas y en 1807 a la Ciudad de México llegaron 200 mil.

En los inicios del siglo XIX, durante su permanencia en México, Humboldt hizo esta observación "Sobre la mesa central se viaja en coches de cuatro ruedas, en todas direcciones, pero a causa del mal estado de los caminos no se ha establecido carreteo, por lo que se prefiere el uso de acémilas de modo que millares de caballos y mulas, en largas recuas cubren los caminos de México." Así la calidad de los caminos se medía no por la comodidad para transitar en carreta, sino por el tamaño de las recuas que podían recorrerlo. Un buen camino era el que soportaba recuas de hasta 100 mulas.

A partir de 1821, en que México se hace independiente, Hasta 1867, en que el Presidente Juárez destina por primera vez una parte del presupuesto a la apertura y conservación de caminos, no se hacen obras importantes.

Durante el periodo Presidencial del General Anastasio Bustamante, bajo el decreto del 22 de Agosto de 1837 se otorga al C. Francisco de Arriaga, la primera concesión de establecer un camino de hierro, desde la Ciudad de Veracruz hasta la capital de la República, mismo que debería de contar en toda su longitud con dos carriles y un ramal con cuatro hacia la Ciudad de Puebla, en un plazo de doce años para su construcción, quedando posteriormente sin validez alguna, debido a que transcurrido ese lapso, no se

habían iniciado los trabajos, sin embargo, sirvió como antecedente del primer intento de establecer una vía férrea.

Posteriormente, el Presidente Antonio López de Santana lanza un decreto para la construcción de una vía, con origen en la Ciudad de Veracruz y destino el Río de San Juan, pero la lentitud de los trabajos permitieron un avance de sólo 7kms. en siete años, aunado a esto, la etapa de turbulencia de la invasión norteamericana propicio que hasta 1848 se reanudarán los trabajos y dos años más tarde se contara con 13 kms. construidos con lo cual se inicia el transporte ferroviario en territorio Nacional.

En 1850 se inaugura el primer FERROCARRIL con un tramo de 13 kms. entre Veracruz y el Molino. En el año de 1855, se otorgan una concesión a los hermanos Masso, para la construcción del ferrocarril Interoceánico Veracruz-México-Acapulco, misma que no llegó a realizarse, aunque se construirón 6 kms. de vía, de tlaltelolco a la Villa de Guadalupe, los cuales se inauguraron el 4 de julio de 1857, llevándose a cabo el primer recorrido de un tren sobre rieles en la Ciudad de México, habiendo sido empleada la locomotora bautizada con el nombre de "Guadalupe".

En el año de 1868, se lleva a cabo la apertura de 139 kms., desde la Ciudad de México a Apizaco, Tlax., por lo que para 1872 se completa la línea México-Veracruz, con una longitud de 470.75 kms. y se inicia la construcción de la terminal de Buenavista a fines del mismo año. Aunque la explotación comercial en forma principia el 23 de Enero de 1873, debido a que algunas obras complementarias, principalmente en las cumbres de maltrata, aún no se encontraban culminadas.

El sistema ferroviario alcanzó una notable importancia al tener concluida la vía México-Veracruz por Orizaba, misma que debido a las dificultades del terreno, sobre todo en las cumbres de maltrata, se hizo necesario del uso de los mejores diseños de ingeniería, a fin de salvar una altura de 1,178 mts., a lo largo de la línea y su ramal de Apizaco a Puebla, mediante la construcción de 10 viaductos, 148 puentes y 348 alcantarillas, así como la perforación de 15 túneles con una longitud total de 896.73 mts., se edificaron 30 estaciones, mismas que fueron incrementándose en número, en función del tráfico de carga y pasajeros.

Las técnicas de construcción de la vías, fueron acordes con la época con riel de bajo calibre (50 a 65 lb/yda.), unida por el sistema clásico de planchuela y clavada en durmiente de madera sin tratar.

Pero de hecho es en 1873 cuando se inicia la vida ferrocarrilera en México, al inaugurarse el FERROCARRIL MÉXICO-VERACRUZ, con 470 kms.

A partir de 1877, se inicia una verdadera época de construcción para ferrocarriles, encontrándose en la Presidencia de la República el General Porfirio Díaz, lo que significó una gigantesca transformación, que puede ser advertida en algunos de sus más relucientes logros, tal es el caso de la línea del ferrocarril central Mexicano, inaugurado el 18 de Marzo de 1884, con una longitud 1,917 kms., partiendo desde la Ciudad de México hasta la de Juárez, en la frontera con los Estados Unidos, misma que permitiría enlazar la Capital de la República con los ferrocarriles Estadounidenses.

En 1906, se esperaba que en cualquier momento se fusionará el Ferrocarril Central y Nacional, los cuales significaban la columna vertebral de nuestro País, culminó al Gobierno de Porfirio Díaz a promover la unión de estas dos corporaciones, bajo iniciativa Presidencial a fines de 1906 y aprobada por el Congreso de la unión, mediante ley expedida el 26 de Diciembre del mismo año, estableciendo que se otorgan todas las facultades al Gobierno, para la administración y operación de la Empresa Ferrocarriles Nacionales, con la condición de tener un número aceptable de accionistas y que la operación, y la emisión de títulos de deuda pública, no significaran desembolso alguno a cargo del erario Nacional.

La contribución del consorcio Ferrocarril Central Mexicano, fue de 4,478 kms. y por parte del Ferrocarril Nacional de 2,203, sumando un total para Ferrocarriles Nacionales de México de 6,681 kms., con las siguientes rutas: Ferrocarril Central Mexicano: México-Ciudad Juárez, Monterrey-Tampico, México-Balsas, Irapuato-Guadalajara, Chicalote-Tampico por San Luis Potosí, de Yurécuaro a Los Reyes y de Tula a Pachuca.

Por su parte, el Ferrocarril Nacional: México-Nuevo Laredo, Monterrey-Matamoros, Acambaro-Uruapan, F.C., de Circunvalación y México-Acambaro por Toluca.

En 1908, una vez realizada la fusión, Ferrocarriles Nacionales de México se constituyó como una empresa pública descentralizada, con patrimonio y personalidad jurídica, creada para administrar y operar el servicio de transporte ferroviario. Cabe hacer notar, que durante el periodo de 1880 y hasta 1910, ciertamente se construyeron 18,450 kms. de vías férreas, entre los distintos sistemas tanto de concesión federal como local, sin embargo, seis años después en 1917, más de la mitad del equipo rodante había quedado destruido; una enorme cantidad de estaciones habían desaparecido; fue necesario reponer alrededor del 60% de los durmientes, 20% del riel y el 40% de los puentes se encontraban prácticamente inservibles, no obstante lo anterior y a pesar de las convulsiones políticas que agitaban el país (revolución), la empresa Ferrocarriles Nacionales absorbe al Ferrocarril

Nacional Mexicano, Mexicano del Sur, Interoceánico, Panamericano Veracruz-Itzmo y Nacional de Tehuantepec.

Para 1911 había en México 19,000 kms. de ferrocarriles en explotación, cifra muy cercana a los 24,000 kms. que hay en la actualidad.

Los ferrocarriles fueron invariablemente concesionados a los extranjeros. Eran principalmente vehículos para la succión de nuestros productos mineros y agrícolas hacia el norte. Estaban principalmente concebidos para acarrear las materias primas a los centros fabriles de capital extraño.

Durante los años finales de la antepasada canturía y principios del siglo XX, el énfasis estuvo puesto en la construcción de la red ferroviaria. Poco se hizo en materia de caminos. Sólo se construyeron del orden de 1000 kms. principalmente para alimentar las estaciones de los ferrocarriles y en menor grado para comunicar zonas que carecían de el.

En 1910 se inicia la revolución Mexicana las batallas se libran principalmente en torno a los centros ferroviarios de mayor importancia puesto que el dominio del único sistema de comunicación, decide por si mismo el destino de las contiendas eran las estaciones, más que Ciudades lo que había que controlar.

Entre 1873 y 1911 se construyen 19000 kms., de vías de ferrocarril, que hasta la fecha constituyen la mayor parte de nuestra red ferroviaria. El primero fue el ferrocarril a Veracruz.

A partir de 1930, la Red Nacional Férrea se estableció en aproximadamente 23,000 kms., cifra que se ha incrementado y disminuido a través de los últimos 64 años, según se han incrementado y disminuido líneas, y ramales inoperantes. El 13 de Junio de 1937, por causa de utilidad pública, el C. Presidente Lázaro Cárdenas Del Rio, decretó la Nacionalización total del Gran Sistema Ferroviario Nacional, del que hasta entonces el Gobierno poseía el 51% de las acciones, iniciándose prácticamente en ese periodo, la construcción de dos grandes obras: El Ferrocarril de Sonora a Baja California y El Ferrocarril del Sureste.

Así para Mayo de 1938, los trabajadores ferrocarrileros se hicieron cargo del manejo de la Empresa. La gestión obrera fue una etapa accidentada y difícil, a los tradicionales problemas de las líneas férreas, deterioro de los equipos e instalaciones, dificultades financieras y administrativas, y a la falta de integración cabal del sistema, se agregaron la inexperiencia de los trabajadores en el manejo de una empresa de tal magnitud y los factores adversos causados por la devaluación del peso.

Propiciando, que para 1940 ante esta situación, se creara el organismo descentralizado Ferrocarriles Nacionales de México, volviendo a ser administrada por el gobierno, el 11 de Diciembre de 1948, se dictó la ley orgánica de los Ferrocarriles Nacionales de México declarándolo como un organismo público descentralizado con patrimonio y personalidad jurídica propia.

Al construirse originalmente las líneas férreas, se adoptó esencialmente el escantillón de vía angosta de 0.915 mts., sustituido posteriormente por el actual de vía ancha de 1.435 mts., así mismo, se tenía un criterio definido para su diseño, lo que dio como resultado que la capacidad de los puentes fuera muy heterogénea, con cargas cooper desde E-30 hasta E-60, siendo hasta la década de los setenta, cuando se estableció como norma de construcción la carga de diseño cooper E-72, suficiente para locomotoras de 72,000 lbs. de peso en cada uno de los ejes motrices, y a fines de la década de los ochenta, la carga de diseño fue la cooper E-80.

Una de las modificaciones tecnológicas más notables en la operación de los ferrocarriles y que más incidió en los aumentos de la productividad, fué la sustitución de las locomotoras de vapor por las diesel eléctricas. Los Ferrocarriles Nacionales iniciaron este proceso en 1945 y lograron su total renovación en 1967. Así mismo a finales de los años sesenta se inició la modificación y sustitución de vía clásica (emplanchuelada, durmiente de madera y clavada), por la vía con riel soldado, a fin de reducir el traqueteo en las planchuelas, dañino para el equipo rodante y la vida del riel. Más recientemente, se empezó a utilizar el sistema de vía elástica apoyado en durmientes de concreto, incorporando una placa de neopreno bajo el riel, procediendo así mismo a mecanizar los trabajos de rehabilitación mediante el uso de equipo especializado.

La década de los ochenta, ha significado un periodo preponderante en la modernización del sistema ferroviario Nacional, gracias al incremento del presupuesto federal, se inician las grandes obras con el uso de las técnicas más recientes, a fin de implementar una tecnología de punta acorde con las necesidades actuales. Como ejemplo, podemos citar la construcción de la doble vía electrificada México-Querétaro, bajo un proyecto con las características de las vías más modernas del mundo, grados de curvatura muy suaves, pendientes mínimas, velocidades de aproximadamente 100 kms/hr, con la aplicación de máquinas eléctricas y con suministro de energía mediante catenaria de 25,000 volts., sistemas de comunicación y señalamiento vía fibra óptica, y con el uso de sistemas de computo, aunado a esto la aplicación de la ingeniería más avanzada en la construcción de viaductos, puentes, alcantarillas, túneles, estabilización de cortes, etc. Otra obra

importante, es la ampliación a la terminal Valle de México, siendo esta la más importante del sistema ferroviario Nacional, tanto por su ubicación estratégica como por su operación, además de la conservación y rehabilitación constante que tienen las líneas, la construcción de grandes desvíos y acortamientos.

Desde 1986, el transporte de carga por ferrocarril venía declinando notablemente. A partir de 1992 se logró frenar y revertir esa tendencia, gracias a la activa política de comercialización, a la flexibilización tarifaria al incremento en la calidad de los servicios y a la modernización de la tecnología operativa, logrando una participación creciente en los tráficos de alta densidad económica, como es el caso de la industria automotriz y el movimiento de contenedores en trenes de doble estiba.

La nueva infraestructura comercial permitió que, con inversiones públicas, se construyeran y pusieran en servicio las terminales de contenedores de Pantaco, Guadalajara, Monterrey y Saltillo para que estas fueran operadas por particulares.

Durante este periodo se dio especial atención al movimiento de la vía principal, a la conclusión de los proyectos en proceso más avanzados y a la modernización de algunos patios para conformar terminales multimodales de carga.

Se rehabilitaron con riel nuevo y de recobro un total de 2739 kms., equivalente al 13.4% de la vía principal. Se reforzaron también 856 puentes y alcantarillas. Se pusieron en servicio 113 kms., de rectificación con vía sencilla en los tramos Potrero- Paso del Macho, Angostura-Juanita y Ajuno-Caltzontzin, así como Los desvíos de Monterrey y Tehuacán, se hizo reforzamiento de terracerías y túneles de la ruta Guadalajara-Manzanillo.

En 1993 se celebraron los principales contratos con la iniciativa privada para realizar los trabajos de mantenimiento mecanizado de vías y se firmaron los correspondientes a los años 1994 y 1995 mediante este procedimiento, para finales de 1994 se conservarán 2609 kms. de longitud de vías de altas especificaciones, teniéndose como meta llegar a cubrir en un futuro 4000 kms./año.

En 1994 se concluyó y se puso en operación. La doble vía electrificada México-Querétaro, de 245 kms. de longitud faltando únicamente la última etapa de la señalización concluida para Abril de 1995.

En la modernización de los ferrocarriles se lograron avances importantes con la participación del capital privado en actividades conexas y

complementarias al transporte ferroviario permitidas por la ley. Así , se dio participación en la aportación de equipo de arrastre además, se abrió la participación al mantenimiento mecanizado de la vía principal, así como a la catenaria de la doble vía México-Querétaro.

Con inversiones netamente privadas, se pusieron en servicio las terminales interiores de carga en Matamoros, Tamaulipas; Ecatepec, Edo. De México; La Laguna, Coahuila y se construye la de Celaya, Guanajuato.

Prácticamente todas las empresas Automotrices Importantes que tienen sus plantas en México, invirtieron en la construcción de terminales de uso exclusivo en sus instalaciones para tráfico por ferrocarril.

También con capital privado se construyeron y están en operación terminales de granos en Morales, Nuevo León; Atotonilco y Lagos de Moreno Jalisco y Cuauhtitlan Edo. de México, así como las instalaciones para ferrocarriles en Coatzacoalcos Veracruz.

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA VÍA FÉRREA.

La vía de un ferrocarril se compone de dos partes principales:

1.2.1. Terracerías.

Las terracerías son consideradas como el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar la subestructura de la vía, esto en función de las diferencias de cotas que existan entre el terreno natural y la subrasante, mismas que definen los espesores en cada una de las estaciones, por último los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan al terreno natural se les denomina ceros y a las líneas que los unen a lo largo de las terracerías línea de ceros.

Los materiales empleados en la construcción de las terracerías se clasifican como:

A, B y C en función del tratamiento que requiere durante el proceso, en tal virtud, el tipo A: es aquel que puede ser atacado con facilidad mediante pico o pala de mano, escropa o pala mecánica de cualquier capacidad, es un suelo poco o nada cementado, con partículas de 7.5 cm., el tipo B, es aquel material cementado que requiere ser atacado mediante arado o explosivos ligeros, también las piedras sueltas de 7.5 cm. Hasta 75 cm. Se encuentran dentro de esta clasificación, por último el tipo C, al cual corresponde aquel material que únicamente puede ser atacado mediante explosivos, requiriéndose para su remoción el uso de pala mecánica de gran capacidad.

El término terracerías es aplicado en ferrocarriles a la parte de la infraestructura que se encuentra entre el terreno natural y el lecho bajo de la cama de balasto, esta se encuentra subdividida en tres partes:

- a).- Cuerpo del terraplén.
- b).- Capa sub-rasante.
- c).- Capa sub-balasto.

a).- Respecto a la primera, su construcción esta basada en la aplicación de maquinaria pesada, Material tipo B, producto del préstamo lateral y/o préstamo de banco y mano de obra.

Existen diferentes métodos o sistemas aplicados durante el proceso de su construcción y que en muchos de los casos se orientan a equipos especializados con capacidad de transitar sobre vía y su aplicación depende directamente de las características de la obra por construir, es decir, en algunas ocasiones se requiere únicamente ampliar o completar alguna sección del terraplén con vía ya en operación, en estos casos se requiere indudablemente de la aplicación de góndolas de volteo

automático para el transporte del material del banco de préstamo al lugar de la obra, este equipo consiste en una unidad de ferrocarril descubierta en su parte superior y con una capacidad de 20 o 40 m³., con descarga lateral en cualquiera de sus dos lados, mediante gatos neumáticos con abasto de aire a través de la locomotora, sobre vía este es el sustituto de los camiones de volteo.

Conformadora Jordán (CJ), este equipo hace las veces de un bulldozer, sólo que en vez de orugas este cuenta ruedas de acero para tránsito sobre vía, sistemas hidráulicos para el abatimiento y ubicación de cuchilla, su potencia la obtiene de una locomotora diesel eléctrica y su función es cortar, empujar y conforma el material a uno o ambos lados de la vía.

Tanto las CJ como las góndolas de volteo automático, forman grupos integrados a un tren denominado tren de trabajo, orientados en la mayoría de estos casos a la conservación y rehabilitación de la infraestructura férrea y apoyados con equipo tradicional, esto cuando la obra se encuentra a una distancia fuera de su cobertura o si se trata de una línea totalmente nueva en donde es imposible el acceso de equipo sobre vía, en estos casos, se emplean los sistemas convencionales que permiten el movimiento de tierras con la aplicación de Bulldozer, Cargadores frontales, dragas, retroexcavadoras, Camiones para el transporte de materiales, Vibrocompactadores, Motoconformadoras, etc.,

- b).- Subrasante es la capa previa a la de sub-balasto, con un espesor de 30 cm. Y constituida por material tipo B (Tepetate) compactada al 100% de la prueba Proctor standard, su finalidad es la de coadyuvar con las funciones de la capa sub-balasto mediante una distribución homogénea de esfuerzos producidos por las cargas que ejerce el equipo que transita sobre las vías.

La capa sub-rasante será la encargada de transmitir los esfuerzos provocados por el tránsito de convoyes férreos al cuerpo del terraplén, así como, complementar la función de la capa sub-balasto, brindándole una superficie estable y resistente, su procedimiento constructivo es totalmente similar al de una capa del cuerpo del terraplén, se deberá brindar la humedad necesaria al material y un alto grado de homogeneidad en su tendido y compactación, así como su pendiente necesaria para su correspondiente drenaje superficial.

- c).- Sub-balasto consiste en la última capa de las terracerías, con un espesor de 30 cm., y constituida en un 90% de material pétreo, 5% de material inerte y 5% de arcilla mezclada, extendida, escarificada y compactada al 100% de la prueba Proctor standard, su construcción es con la finalidad

de resistir la penetración del balasto, soportar las cargas rodantes y transmitir las al resto de las terracerías, mediante una distribución adecuada y uniforme a fin de evitar deformaciones perjudiciales a éstas.

La capa sub-balasto cuenta con características superiores a su antecesora, debido a que su función primordial es evitar la incrustación del balasto y deformaciones en el resto de la infraestructura, proporcionar una superficie de máxima resistencia ante los esfuerzos transmitidos de forma directa por la estructura de la vía (cama de balasto, durmiente y riel), al paso de trenes.

Su procedimiento constructivo requiere a diferencia de la capa anterior, del empleo de una Motoconformadora, con la función de acamellonar al centro el material que será colocado, al que se verificará su granulometría, para su posterior mezclado con el aglutinante que regularmente tiende a ser arcilla, adicionándole la cantidad de agua necesaria.

Una vez realizado lo anterior, el material será extendido en capas de manera que se obtenga la compactación requerida del 100% de la prueba proctor estándar, hasta llegar al espesor establecido de 0.30 mts.

1.2.2. La Vía.

Esta formada por dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que a su vez descansan sobre un lecho de material pétreo denominado balasto, a lo que hay que agregar los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos etc.

Al conjugar balasto, durmientes, rieles, dispositivos de sujeción y apoyo, juegos de cambio, cruceros, juntas de unión, de dilatación y lubricadores, se obtiene como resultado una superestructura férrea denominada vía, de la cual se tienen dos tipos, es decir:

- a).- Vía clásica: constituida por rieles con longitudes entre 11.88 mts. (39'), y 23.77 mts. (78'), colocados sobre una placa de asiento metálica y durmientes de madera sujetos con clavos de vía y anclas de presión. La continuidad de esta vía se obtiene mediante un par de planchuelas, que son colocadas abrazando el alma del riel y uniéndolo entre sí con el siguiente tramo, con el auxilio de cuatro barrenos que la integran, correspondiendo dos a cada riel por unir, mediante tornillos de alta resistencia y sus correspondientes roldanas de presión, planas y tuercas.
- b).- Vía elástica: Largos tramos de riel soldado continuo, fijado convenientemente a durmientes de concreto o madera entallada, mediante un sistema adecuado de fijación doblemente elástica, que evita el deslizamiento y flexión de los rieles, amortiguando sus vibraciones e impactos al paso de trenes.

Elementos que la componen:

- 1).- Riel con longitudes promedio de 35.66 mts. (117') a 250 mts. o más.
- 2).- Soldadura de riel, que puede ser: a tope realizada en planta ó en campo, mediante la aplicación de aluminotermica o plantas móviles instaladas en el interior de un trailer denominado en Ferrocarriles Soldadura Holland.
- 3).- Fijación elástica riel-durmiente.
- 4).- Durmiente: Que puede ser de madera entallada o concreto prefabricado.
- 5).- Balasto.

Como característica especial, este tipo de vía se encuentra integrada por dos elementos elásticos de fijación, es decir, cuenta con placas de hule acanalado colocadas entre el patín del riel y el durmiente, esto con la finalidad de

absorber las vibraciones, mientras que por medio de grapillas o grapas elásticas construidas de acero al Cromo-Manganeso y los pernos de anclaje o "Tornillos Tirafondo", se fija riel y durmiente firmemente, pero permitiendo los movimientos elásticos del mismo, al tiempo de que se amortiguan los efectos vibratorios, es por ello que se denomina Fijación o Sujeción doblemente elástica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. VÍA CLÁSICA.

2.1. USO E IMPORTANCIA DE LA VÍA CLÁSICA EN MÉXICO.

Al construirse las primeras líneas férreas en nuestro país, su trazo y localización tuvo como razón principal la de facilitar el transporte de los productos básicos y mineros, contando además con salida a las fronteras del país.

Para la construcción de estas líneas, hubo necesidad de efectuar algunos reconocimientos previos en el terreno que permitieran posteriormente la comunicación entre las poblaciones, favoreciendo el intercambio económico y cultural entre ellas.

Se analizaron diferentes planteamientos en el trazo de la vía, considerando el paso obligado a través de ríos, montañas, desiertos, zonas pantanosas, etc., y se organizaron brigadas de ingenieros quienes mediante la inspección del terreno, determinaban una o más rutas a seguir de las cuales resultaban unas muy largas, porque rodeaban montañas, tenían poca pendiente y se buscaban siempre pasos fáciles, en cambio otras eran más cortas, pero su localización estaba apoyada en grandes movimientos de tierra, había que construir elevados terraplenes, cortes y en algunos casos construir túneles y tener grandes pendientes.

Durante la localización, examinando las condiciones de trazo y curvatura se hizo un cálculo aproximado de la cantidad de materiales que tenía que mover por cada kilómetro al construir las terracerías o cortes, determinando que porcentajes se obtendrían de piedra, grava y tierra, además, habían de ser considerados los siguientes conceptos: Número de alcantarillas, puentes, terminales, número de estaciones, talleres, plantas de abastecimiento de agua y combustibles, etc. Así como también contar con bancos de piedra para obtener balasto en forma económica.

Actualmente los reconocimientos preliminares de una línea férrea, se efectúan con procedimientos más modernos, como es la fotogrametría, que consiste básicamente en obtener fotografías aéreas de las zonas o regiones por

las que se pretende construir la vía, a continuación se unen entre sí para su análisis con ayuda de aparatos especiales que la muestran en tercera dimensión. Lo cual nos permite dibujar sobre ella una o varias rutas probables de la vía férrea.

Estos trazos efectuados en la fotografía nos permitirán conocer en principio que solución o soluciones son las más factibles la localización del trazo definitivo.

En la localización y construcción de una línea férrea pueden considerarse algunos aspectos importantes, los cuales a grandes rasgos intervienen en el proyecto de su realización.

- 1.- Establecer una comunicación entre dos regiones y permitir el desarrollo de las actividades económicas o sea dar facilidades para que se lleven a cabo la venta y compra de los productos de cualquier tipo.
- 2.- Facilitar el desarrollo de los negocios ganadero y agrícola.
- 3.- Favorecer la creación o aumento de las industrias que pueden utilizar los productos de otras regiones con las que se logre comunicación.
- 4.- Permitir el abaratamiento del transporte de los productos de la región o los centros de consumo.
- 5.- Explotación en zonas forestales y mineras que no han sido aprovechadas por la falta de comunicación.

En 1850 se inaugura el primer ferrocarril con un tramo de 13 km., entre Veracruz y El Molino, pero de hecho es en 1873 cuando se inicia la vida ferrocarrilera de México, al inaugurarse el ferrocarril México-Veracruz, con 470 km.

Para 1911 había en México 19,000 km., de ferrocarriles en explotación, cifra muy cercana a los 24,000 km., que hay en la actualidad.

Los ferrocarriles fueron invariablemente concecionados a los extranjeros, eran principalmente vehículos para la succión de nuestros productos mineros y agrícolas hacia el norte. estaban principalmente para acarrear las materias primas a los centros fabriles de capital extraño.

Durante los años finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el énfasis estuvo puesto en la construcción de la red ferroviaria. Poco se hizo en materia de caminos sólo se construyeron del orden de 1000 km., principalmente para

alimentar las estaciones de los ferrocarriles y en menor grado para comunicar zonas que carecían de él.

En 1910 se inicia la Revolución Mexicana las batallas se libran principalmente en torno a los centros ferroviarios de mayor importancia, puesto que el dominio del único sistema de comunicación que decide por sí mismo el destino de las contiendas eran estaciones, más que Ciudades lo que había que controlar.

Entre 1873 y 1911 se construyeron 19,000 km., de vías de ferrocarril que hasta la fecha constituyen la mayor parte de nuestra red ferroviaria. El primero fue el ferrocarril a Veracruz.

En 1925 todas las vías y todo el sistema ferroviario habían sufrido las consecuencias de la lucha revolucionaria.

En Europa y Norteamérica creció vertiginosamente la industria automotriz y la red caminera.

En 1925 los automovilistas de México estaban limitados, por entonces, a transitar únicamente en calles y calzadas urbanas.

El transporte de personas y mercancías de una ciudad a otra tenía que hacerse a través de los ferrocarriles, cuyo deterioro en aquellas fechas los aproximaba al colapso.

Desde 1986, el transporte de carga por ferrocarril venía declinando notablemente, a partir de 1992 se logró frenar y revertir esa tendencia, gracias a la activa política de comercialización, a la flexibilización tarifaria al incremento en la calidad de los servicios y a la modernización de la tecnología operativa, logrando una participación creciente en los tráficos de alta densidad económica, como es el caso de la industria automotriz y el movimiento de contenedores en trenes de doble estiba.

La nueva infraestructura comercial permitió que, con inversiones públicas, se construyeran y pusieran en servicio las terminales de contenedores de Pantaco, Guadalajara, Monterrey y Saltillo para que estas fueran operadas por particulares.

El tipo de vía clásica predominó en el sistema férreo Nacional hasta la década de los sesenta, iniciándose su sustitución, especialmente en las líneas troncales o de primer orden por la vía elástica.

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

2.2.1. Superestructura de la vía.

Al conjugar balasto, durmientes, rieles, dispositivos de sujeción y apoyo, juegos de cambio, cruceros, juntas de unión, de dilatación y lubricadores, se obtiene como resultado una superestructura férrea regularmente denominada vía, observe la fig., 2.1., mostrando las dimensiones típicas de vía ancha con escantillón de 1.435 m.

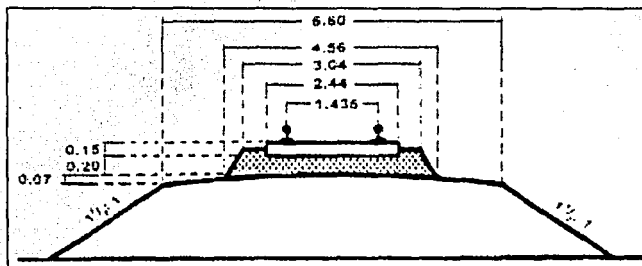


Fig. 2.1. Dimensiones de vía con escantillón de vía ancha de 1.435m.

La vía clásica constituida por rieles con longitudes entre 11.88 mts. (39ft), y 23.77 mts. (78ft), colocados sobre una placa de asiento metálica y durmientes de madera sujetos con clavos de vía y anclas de presión.

La continuidad de la vía se obtiene mediante un par de planchuelas, que son colocadas abrazando el alma del riel y uniéndolo entre sí con el siguiente tramo, con el auxilio de cuatro perforaciones o barrenos que la integran, correspondiendo dos a cada riel por unir, mediante tornillos de alta resistencia y sus correspondientes roldanas de presión, planas y tuercas.

El gálibo. Es la envolvente mayor de la sección de un tren, usado como norma para comprobar si la locomotora con su equipo y carga, puede circular a través de los puentes y túneles.

2.2.2. Sub-balasto.

Es una capa de material seleccionado que se coloca encima de las terracerías.
Propiedades:

- 1.- Sirve para evitar que el balasto se hunda en las terracerías.
- 2.- Es más resistente que las terracerías.
- 3.- Proviene de bancos de materiales seleccionados.
- 4.- Sirve para evitar que el polvo de las terracerías llegue al balasto.
- 5.- Se economiza balasto al poner un menor espesor del mismo.
- 6.- Se trata de atenuar el ascenso del agua por capilaridad de las terracerías.

2.2.3. Balasto.

El material pétreo seleccionado que se coloca sobre la corona del terraplén y entre los durmientes se llama balasto, pudiendo ser piedra triturada y escoria de fundición o grasa de fundición.

Los materiales que se seleccionan para la obtención de balasto, provendrán de mantos rocosos, depósitos o piedra de pepena. Cualquiera que sea su procedencia, deberá de someterse a trituración total o cribado de modo que el producto resultante este compuesto por partículas perjudiciales con el fin de evitar que se convierta en polvo o se quiebre bajo los durmientes al paso de los trenes.

Balasto de piedra triturada: Surge de piedra que ha sido quebrada en fragmentos pequeños que proceden de rocas pesadas y duras sin huecos ni grietas, como lo son el basalto y la piedra caliza, estos se fraccionan a los tamaños especificados por medio de quebradoras de quijada o rotatorias que reciben el material al nivel del terreno y por medio de bandas elevan el material triturado a las cribas de clasificación que se encuentran localizadas en el piso superior. Los diversos tamaños de piedra triturada caerán por gravedad a los depósitos de almacenamiento o directamente a las góndolas del ferrocarril.

Una particularidad a favor del balasto de piedra triturada es que sus aristas filosas, obtenidas por la fragmentación sujetan al durmiente y a la vez ayudan a que las piedras se acúñen entre sí, manteniendo alineada y nivelada la vía, además evita que la hierba crezca entre los durmientes.

Escoria o grasa de fundición: Es el nombre que se le da a los desperdicios o residuos obtenidos durante el proceso de fundición de minerales. El producto obtenido se saca de los hornos formando grandes volúmenes, mismos que se enfrían hasta que se endurecen y adquieren la dureza de una piedra, obteniéndose así la escoria gruesa. De esta se obtiene el balasto tras un proceso de trituración y cribado semejante a el usado en piedras, alcanzándose los tamaños especificados.

Existe otro tipo de escoria que al enfriarse produce partículas más pequeñas que se denominan escoria granulada.

El tamaño del balasto obtenido ya sea piedra triturada o grasa de fundición deberá de estar comprendida entre los límites $\frac{3}{4}$ " (1.90cm.) mínimo y $2\frac{1}{2}$ " (6.35 cm.) máxima.

Las funciones principales del balasto son:

- Proporcionar un buen drenaje para que permita que el agua de las lluvias se filtre hasta la corona del terraplén y esta escurra por el bombeo y los taludes.
- Mantener los durmientes en posición correcta conservando así el alineamiento y nivelación de la vía.
- Transmitir y distribuir las cargas vivas sobre y a lo largo de las terracerías.
- Renovación de los durmientes sin tocar el lecho.

Durante la trituración de piedra se obtienen piedras menores cuyos tamaños varían entre los límites mínimo $\frac{1}{4}$ " (0.63cm.) y máximo $\frac{3}{4}$ " (1.90 cm.) los cuales no pueden ser usados como balasto por no permitir un buen drenaje al contrario, guarda el agua formando una masa lodosa. Este material se selecciona haciéndolo pasar por unas cribas de clasificación que eliminan el polvo y partículas finas, a este material se le conoce como residuos o screening que se utiliza exclusivamente en vías de andenes y entre vías de patios.

Es recomendable tener siempre limpio el balasto de tierra y polvo, pues al correr un tren a gran velocidad, el polvo que se levanta del balasto puede ocasionar el calentamiento de las chumaceras (cajas calientes) de las locomotoras o carros, de igual forma el polvo causa muchas molestias en los trenes de pasajeros por introducirse dentro de ellos.

Para llevar a cabo la renovación del balasto se realizará cuando se encuentre mezclado con polvo y tierra que se haya molido por el paso de los trenes, para esto se realizan primeramente sondeos en el balasto para determinar si el espesor o altura es el reglamentario.

2.2.4. Durmientes.

Son piezas de madera que se colocan en ángulo recto al eje de la vía, los cuales van directamente apoyados al balasto y que soportan a los rieles por medio de las placas de asiento. Además de lo anterior, mediante los clavos de vía mantienen a los rieles separados y paralelos a una distancia reglamentaria de 1.435m. (4'8 1/2"), medida que debe tomarse entre las dos caras laterales internas de los rieles y 5/8" abajo de la banda de rodamiento, por otra parte con el uso correcto, del balasto, los durmientes mantienen la vía alineada y nivelada.

En lo que respecta a la dureza del durmiente este se clasifica en dos grupos: Maderas suaves cuya característica fundamental es distinguir una separación mayor entre los anillos y maderas duras en los cuales los anillos prácticamente se pierden por estar demasiado unidos. La parte central del árbol se le conoce como corazón y es la mejor madera ya que el contenido de savia es muy escaso.

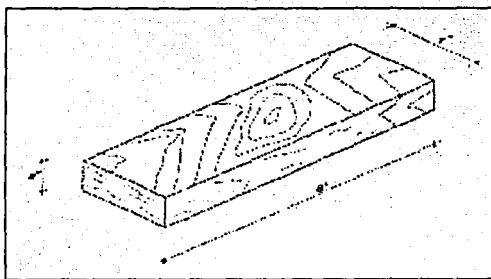


Fig. 2.2. Dimensiones del durmiente de madera.

Una vez que la madera ha sido cortada en pedazos o trozos, estos pueden ser labrados con hacha (Fig. 2.3) o bien aserrados. En los dos casos las dimensiones comprende un durmiente para vía son: Mínima 7" de peralte X 8" de ancho y 8' de largo, máximas 7 1/2" de peralte X 8 1/4" de ancho y 8 ft. 2 1/2" de largo (fig.2.2). La relación que existe entre el peralte y el ancho de un durmiente o cualquier pieza de madera se le conoce como escuadría.

Ahora bien, los durmientes recién cortados reciben el nombre de crudos y estos serán entongados dentro del derecho de vía, para su recepción por parte del inspector de maderas del ferrocarril, posteriormente estos son trasladados a las plantas de impregnación para su tratamiento.

El tratamiento consiste en inyectar una mezcla de creosota impregmol, o cloruro de zinc misma que penetra una distancia comprendida entre $\frac{1}{4}$ " (6 mm.) a 2" (5 cm.), esto será en función del tipo de madera por impregnar.

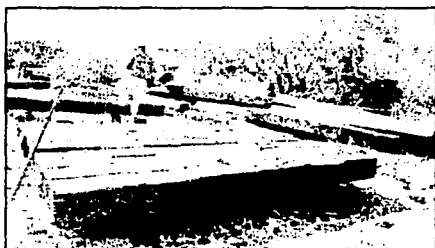


Fig. 2.3. Durmientes de madera labrada.

Estos líquidos evitan que la madera sea atacada por los insectos o por los hongos. En los últimos 35 años se han hecho estudios muy cuidadosos acerca de todos los factores que afectan la vida de los durmientes. Los tres principales resultados de estos estudios han sido: El desarrollo del conocimiento científico acerca de la pudrición de la madera, el desarrollo de procesos definidos para tratar químicamente los durmientes con la finalidad de evitar la pudrición y alargar la vida, y el desarrollo de placas para durmientes y otros medios de sujeción diseñados para usarse correctamente entre la base del riel y el durmiente con miras a retardar el desgaste mecánico del durmiente debido al riel.

Las diferentes variedades de madera pueden agruparse en dos clases generales, a saber, maderas suaves y maderas duras. Con pocas excepciones, las maderas blandas se obtienen de árboles que tienen hojas en forma de agujas como el pino y el abeto; en cambio las maderas duras provienen de árboles que tienen hojas ordinarias como el encino y el castaño. Las maderas suaves son de poco peso y de fibras rectas, se rajan fácilmente y a menudo contienen bastante resina. Las maderas duras son más pesadas, más fuertes y resistentes, pero tienen la tendencia a torcerse y a formar grietas al sazonarse. En México, usamos dura tropical chicozapote, mora quebracha, tepehuaje, Jabin. Blandas de pino resinoso ponderosa, pino ocote y ciprés y maderas semiduras de encino, laurel, etc.

La madera puede emplearse en dos formas: tal como viene en los árboles, o sometiéndola a un tratamiento preservativo con objeto de que dure más. Los métodos científicos para el tratamiento preservativo de las maderas han sido desarrollados con tal éxito que muchas maderas que anteriormente se consideraban inútiles para usarse como durmientes, se han hecho aceptables para este fin mediante un tratamiento adecuado.

Antiguamente la vida de un durmiente de encino blanco se estimaba en 8 años. Hoy casi cualquier clase de durmiente tratado se supone dura de 15 a 25 años. Los durmientes tratados se desgastan antes de pudrirse.

El único método práctico descubierto para evitar la putrefacción de un durmiente consiste en introducir en la madera alguna sustancia que destruya la vida de los organismos que ocasionan dicha pudrición. Después de muchos años de experimentos, las dos sustancias químicas que ha dado los mejores resultados, desde un punto de vista práctico para uso de los tratamientos preservativos de los durmientes, son la creosota y el cloruro de zinc.

La forma común de tratar la madera es la siguiente:

Los durmientes que han estado durante varios meses entongados se acomodan en una vagoneta que entra en un tubo de acero llamado retorta. Se cierran los dos extremos de la retorta y se hace que las bombas que posee la retorta trabajen haciendo el vacío, con el objeto de extraer la mayor parte de la humedad que haya quedado. Una vez que se haya hecho el vacío, las bombas trabajan en sentido contrario e inyectan a presión una mezcla de creosota y un aceite especial que se llama impregnol (derivado del petróleo). La mezcla se hace por partes iguales. Las bombas inyectan esta mezcla en las celdillas de la madera durante varias horas. Después las bombas vuelven a hacer el vacío tratando de recuperar parte de la mezcla quedando las celdillas de la madera embarradas. Generalmente se consigue que la mezcla penetre unos cinco centímetros.

Una vez que ha sido recuperada la mezcla se ponen de nuevo los durmientes en tongas listos para su transporte y uso.

Cuando los durmientes ya han sido tratados reciben el nombre de impregnados los que serán cargados en góndolas o jaulas, enviándolos a las divisiones para su distribución y colocación.

La mayor parte de la madera empleada como durmiente en México es aserrada y solo excepcionalmente se recurre al método de labrar la madera por medio de hacha que por supuesto da un asiento mucho más defectuoso.

Las plantas de impregnación en México se encuentran en Durango, Acámbaro y Perote.

Al efectuar la descarga de los durmientes, habrá que vigilar que estos sean tirados de punta, ya que si se dejan caer horizontalmente pueden quebrarse o rajarse, además se evitara que estos resbalen por los taludes del terraplén, pues habrá necesidad de subirlos para su colocación, en otras ocasiones llegan a perderse entre los matorrales.

Cuando los durmientes son descargados en los patios de las secciones, aparte de tomar las precauciones que se han señalado, al no utilizarse de inmediato, se juntaran en tongas de 50 pzas. Cada una, para esto el terreno deberá de estar limpio y plano. Además de que a la parte superior de las tongas formadas con durmientes, se les deberá colocar tierra para evitar que la creosota se evapore por el calor y se resequen los durmientes.

Cuando se manejen los durmientes para ser colocados en la vía, deberá de utilizarse la herramienta correspondiente (tenazas para durmientes) para evitar que sufran raspaduras en sus caras o esquinas, pues en este caso las capas interiores de la madera que no fue impregnada queda expuesta a la acción del sol, de las lluvias y ser fácilmente atacada por los insectos, llegando a podrirse rápidamente el durmiente y en muchos casos quedando hueco en su parte interior.

Cuando existan durmientes de sección ligeramente trapecial se tendrá cuidado que la cara más ancha descansa en el balasto, lo que proporcionara una mejor base y apoyo.

Los durmientes de maderas suaves o blandas, deben de colocarse en tangentes y en curvas menores de 3° y los de madera dura se colocarán en curvas mayores de 3° .

En ocasiones los durmientes requieren ser desbastados o hachazueados en la zona donde se apoya la placa de asiento, para que recuperen su posición horizontal que perdieran al encajarse en la madera, cuando se realice esta actividad se quitaran todas las astillas para que no ensucien el balasto y se colocara creosota en la zona desbastada ver fig. 2.3.

Al ejecutar los trabajos de reclavado de vía o extracción de clavos, deberá de colocarse un taquee impregnado para evitar que el agua o la tierra llegue a dañar el durmiente.

Al manejar la madera impregnada, debe tenerse presente que algunas mezclas pueden contener alguna cantidad de ácido y esta puede quemar la

piel de las manos, cara o cuello, por lo que se usarán guantes o bien un pedazo de lona para proteger el cuello, sin embargo, cuando a pesar de las recomendaciones señaladas la creosota llega a afectar la piel, se podrán evitar las quemaduras lavándose con alcohol o con agua y jabón, después cubrirse con vaselina, aceite de oliva o grasa. La vida útil de un durmiente de madera que ha sido colocado y conservado de acuerdo a las indicaciones anteriormente citadas comprenden entre 15 y 25 años respectivamente.

De acuerdo con la regla 650 del reglamento de conservación de vía y estructuras anualmente los Jefes, Supervisores y Mayordomos de vía efectuarán un recuento de durmientes de dos rayas o faltantes que deberán de ser cambiados al siguiente año.

Se efectuara contando en cada kilometro los grupos de durmientes de dos rayas o faltantes, los cuales pueden ser de 1,2,3,4,5,6 o más piezas juntas, tanto en tangentes como en curvas, marcándose con pintura blanca o amarilla con dos rayas en el alma del riel por el lado derecho de vía según sea el sentido del kilometraje.

Deben considerarse como durmientes de dos rayas, aquellos que estén podridos, descabezados, cortados o rajados, que por mal estado dificultan la sujeción del riel mediante los clavos de vía, además deben considerarse los quebrados o faltantes y que a juicio del ingeniero residente requieran cambiarse de inmediato.

El Jefe de vía, Supervisor y Mayordomo de sección, estarán en condiciones de saber en cada kilometro la cantidad de durmientes por cambiarse. Siguiendo el criterio de atacar en primer lugar los grupos más grandes por ejemplo, los de 9,8,7 y 6 procurando que al efectuarse el cambio de este se haga terciado es decir dejando aislados los durmientes, en el grupo de 3 se cambiara el centro, en el grupo de 5 se cambiaran 2 y así sucesivamente.

Al colocar los durmientes en la vía los extremos de los mismos deben de quedar a la misma distancia del alma del riel por el lado derecho o alineamiento de la vía en tangentes y en curvas por el lado interior de las mismas. Esto tiene por objeto dar una buena presentación al trabajo. Cuando se este llevando acabo el cambio de durmientes se debe tener presente que en primer lugar se corregirán los de las juntas, en segundo lugar, los grupos de las curvas y por último los grupos en tangentes.

Para dar cumplimiento a la regla 654 de reglamento de conservación de vía y estructuras, el espaciamiento que debe darse a los durmientes en rieles de 39ft. y 33ft., 11.87 mt. y 10.58 mt., en el primero 49.5 cm., con 24 durmientes y el segundo con 20 durmientes de 50 cm. Al terminar la jornada no se dejaran

cajones vacíos y durmientes nuevos sin calzar o clavar y los materiales de recobro se concentrarán diariamente a las secciones.

Todos los materiales usados o recobrados se deberán anotar en el libro de materiales.

2.2.5. Rieles.

Son barras de acero laminado que se utilizan en vías de ferrocarril para soportar y guiar los trenes. Actualmente en nuestros ferrocarriles las longitudes que existen son de 33 ft. y 78 ft. (10.058 mt., 11.887mt., y 23.774 mt.). Los elementos que constituyen a un riel en su sección transversal constan de hongo, alma, y patín.

- Hongo; Esta formado por la banda de rodamiento, filetes superiores e inferiores, lados o caras y sus dimensiones son : Ancho y altura.
- Alma: Es la unión que existe entre el hongo y el patín y su dimensión es el ancho.
- Patín: Es la parte que se compone de dos alas, además de contar con las dimensiones, ancho y altura.

La fabricación de los rieles resulta de una combinación de los siguientes elementos básicos: Hierro, carbón, manganeso y silicio, como elemento característico puede ser considerado el carbono, pues de la graduación de este depende la mayor o menor dureza del riel.

También existen elementos en el riel que generan defectos en los rieles como son: Fósforo, que reduce la resistencia a el impacto: Azufre, este hace quebradizo al riel y gases o escorias que producen fallas internas. El marcado de los rieles se hará con caracteres realizados en uno de los lados del alma de acuerdo con los siguientes requisitos:

La nomenclatura y disposición de marcado debe ser como se muestra en el siguiente marcado típico, siendo el diseño de las letras y números opcional para cada fabricante (Fig.2.4).

115 (Peso) (Mes)	RE (Sección)	CC (Enfriamiento controlado)	FABRICANTE (Nombre de la fábrica)	1982 (Año de fabricación)	****
------------------------	-----------------	------------------------------------	---	---------------------------------	------

Fig. 2.4. Estampado del riel.

Las letras CC se borran de todos los rieles que no cumplan con las especificaciones establecidas. El número de la hornada, La letra del riel y número de lingote se estampa en caliente, en el alma de cada riel, al lado opuesto del marcado.

La nomenclatura usada en el estampado y disposición, será como se muestra en el siguiente estampado típico, la altura de las letras y número deben ser de 5/8" (Fig. 2.5).

CH (Puntas endurecidas)	287165 (Número de hornada)	CT (Tratamiento térmico)	ABCD EFGH (Punteado)	12 (No. de lingote)
-------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-------------------------	------------------------

Fig. 2.5. Nomenclatura en el estampado del riel.

Los rieles superiores de cada lingote deben estamparse con la letra "A" y los siguientes con "B", "C", "D", "E", etc. Pero en caso de que el descabezado de la parte superior sea mayor de lo normal, las letras estampadas del riel deben estar de acuerdo con la longitud desecha denominándose el riel superior "B" o con la siguiente letra para cumplir con esta condición. Cuando la combinación de pesos y/o longitudes especificadas producen más de 8 rieles. (A=H) se permite estampar los rieles adicionales con la letra (H). Los lingotes se enumeran en el orden en que se cuelan.

La fundidora antes de hacer entrega y enviar los rieles nuevos, les coloca pintura en sus extremos para indicar su calidad en la colocación como lo establece la regla 623 del reglamento de conservación de vía y estructuras.

- Extremos pintados de azul.- Primera clase, alto carbón, son colocados en curvas mayores de 3º y manufacturación de sapos, agujas y contrarieles.
- Extremos pintados de amarillo.- Primera clase rieles "A", su colocación será entre límites de patio ya sea en tangentes o vía principal.

- Extremos pintados de verde.- Primera clase, longitudes cortas 24ft. a 38 ft., su colocación en curvas por el lado interior para conservar el cuatrapeo de las juntas y llantas.

En lo que respecta a la longitud, se debe considerar que a una temperatura de 60° F(28°C), El riel estándar de 39ft. tiene una tolerancia en longitud de $\pm 7/16''$.

Una manera práctica de conocer el acabado del riel es colocando este sobre una superficie horizontal con el hongo hacia arriba, se aceptarán los rieles que tengan sus extremos ligeramente más altos que su parte central, siempre y cuando la curvatura sea constante y la flecha no exceda $3/4''$ en 39ft.

Cuando los rieles están colocados en la vía es muy importante que por el uso y otros motivos presente defectos que pueden clasificarse en dos tipos:

Externos e internos, correspondiendo a estos últimos (mayor peligro) pues su falla no es visible, y el riel puede fallar en forma súbita, sin embargo, las principales fallas que generalmente se presentan son las siguientes:

- **Fisura transversal:** Fractura progresiva que se inicia en un centro o núcleo del interior del hongo del riel para luego extenderse hacia afuera en ángulo recto, hacia la banda de rodamiento, se origina por una imperfección del acero, partícula extraña o burbuja que se encuentra a más de $3/8''$ bajo la banda de rodamiento.
- **Fisura compuesta:** Es una fractura progresiva del hongo del riel que inicia con una separación horizontal la cual se extiende hacia arriba, hacia abajo o en ambas direcciones, formando una separación en ángulo recto hacia la banda de rodamiento. Se origina por una grieta interna, segregación o inclusión, causando un aplastamiento en la banda de rodamiento.
- **Fractura por desconchamiento:** Es una fractura progresiva en una separación longitudinal cerca de la banda de rodamiento y posteriormente se extiende hacia abajo para formar una separación transversal en ángulo recto hacia la banda de rodamiento. De lado del escantillón y es un defecto peligroso porque el crecimiento puede ser repentino y la fractura frecuentemente ocurre antes de que el defecto sea visible.
- **Fractura del hongo por escurrimiento:** Es una fractura progresiva que principia en el filete superior del hongo del riel, del lado del escantillón y avanza transversalmente, el origen es el escurrimiento del metal del

filete superior del lado del escantillón, debida a la concentración de cargas, las cuales causan deformación plástica del acero laminándolo.

- **Fractura por grieta al calor:** Es una fractura progresiva en el hongo del riel causada por una patinadura de las ruedas motrices de las locomotoras que calientan una porción de la superficie del riel y al enfriamiento rápido forman grietas térmicas. Si a esto se le aumenta el golpeteo de las ruedas sobre la quemada, origina una separación horizontal y un aplastamiento del riel.
- **Grieta horizontal del hongo:** Es una fractura longitudinal del hongo del riel, causada por una patinadura, formando una separación horizontal y un aplastamiento del riel.
- **Grieta horizontal del hongo:** Es una fractura longitudinal del hongo del riel, causada por una patinadura, formando una separación transversal a la banda de rodamiento, se origina a partir de una grieta interna o partícula extraña en el hongo. La grieta causara una aplanadura en la banda de rodamiento, la cual se manifiesta como una mancha oscura longitudinal.
- **Grieta vertical del hongo:** Es una fractura longitudinal progresiva del hongo del riel, en la que la separación a lo largo de una veta se extiende verticalmente a través de la mitad del hongo o cerca de este. Se origina una grieta interna, segregación o inclusión y la separación progresiva longitudinal paralela al cachete del hongo, se puede identificar por una línea oscura en la banda de rodamiento y por un ensanchamiento del hongo a lo largo de la grieta.
- **Grieta en el alma:** Es una fractura progresiva en el alma que crece en dirección transversal, longitudinal o en ambas. Es originada en los taladros para los tornillos y algunas veces en donde se localizan los números estampados en caliente, se identifica por la aparición de grietas sangrantes.
- **Riel entubado:** Es una fractura longitudinal progresiva en el alma del riel con una separación vertical o una grieta que se abre en forma de cavidad. Se puede identificar por un abultamiento del alma y el hundimiento del hongo.
- **Patín roto:** Es una fractura progresiva del patín del riel acompañada por una separación vertical y puede ser causada por una mala colocación del riel sobre la placa de asiento.

- Separación del hongo y alma: Es una fractura progresiva longitudinal que separa el hongo del alma del riel en el filete abajo del hombro, ocurre frecuentemente en los cruceros, debida a la acción ácida de algunos rellenos, velocidad excesiva en curvas y una inclinación impropia del riel.

Para detectar los defectos internos de los rieles se emplea un carro detector llamado "sperry", el cual marca los rieles defectuosos con pintura color rojo en el lugar del defecto. Estos rieles deben ser cambiados de inmediato pues presentan un peligro para el paso de los trenes. Los pintados con color amarillo podrán ser colocados en vías secundarias ya sea laderos o patios.

Los rieles de color rojo retirados de la vía deben cortarse en trozos no mayores de 2.40 mt., y considerarlos como chatarra para que no sean utilizados nuevamente. En lo referente a los defectos que se pueden ver en la unión del hongo con el alma pueden presentarse fisuras o grietas causadas principalmente por oxidación. Para detectar algún defecto en esa zona, se inspecciona a simple vista con la ayuda de espejos, los cuales nos permiten evaluar si existe algún daño en esa parte. Independientemente de los defectos señalados, cuando los rieles se encuentran colocados en la vía, sufren desgastes tanto en tangentes como en curvas: En tangente el desgaste es aproximadamente uniforme y en lo que respecta a curvas se presentan los siguientes casos:

- Escasa sobre elevación: El desgaste se presenta en el filete inferior del hongo del riel exterior originado por las cejas de las ruedas al paso de los trenes.
- Exceso de sobre elevación: Presenta un escurrimiento de metal en la parte superior de la banda de rodamiento originado por el sobre peso que generan los trenes a su paso.

El límite de desgaste que el hongo debe tener como máximo será del 25% de su superficie total y para determinarlo es necesario sacar una plantilla.

En los trabajos de cambio de riel se lleva a cabo una clasificación del riel de recobro, marcándolo con pintura de aceite amarilla, de tal manera que persista con el tiempo y se vea con claridad. Se marca utilizando pinceles de 1/2" y se pintan rayas verticales sobre el alma del riel en todo el peralte y si son dos o tres rayas, serán paralelas y separadas, finalmente, se aplica en el lado interior de la vía en cada riel y en cada extremo de este, cerca de las

planchuelas, usando la denominación convencional de marcar los rieles siendo las que a continuación se indican:

- Una raya: Señala los rieles que no se presentan ninguna grieta o defecto de laminación, su longitud no debe ser inferior a 20ft., ni presentar un desgaste lateral del hongo que llegue a 1/6 de su ancho, medido 5/8" abajo de la parte superior de la banda de rodamiento original del hongo. Este es riel clasificado podrá utilizarse en vías principales aún de tráfico pesado.
- Dos rayas: Indican los rieles de longitud de 20ft. en adelante, pero que presenten pequeños defectos como pasmaduras, grietas, ligeras hojeaduras en el hongo, patinaduras poco profundas, metal del hongo corrido hacia un lado, presencia de rebaba en el hongo del riel, rieles despatinados, rieles corrugados y finalmente rieles más desgastados del hongo que los marcados con una raya. Estos rieles se usarán en vías secundarias, patios, laderos, ramales, etc.
- Tres rayas: Señalan rieles de 16ft., de longitud en adelante, pero con defectos importantes, tales como grietas horizontales en el hongo, grietas verticales o quemaduras profundas por patinaduras de locomotora, desgaste del hongo en más del 25% y en general cualquier otro defecto que haga dicho riel inapropiado para usarse con seguridad en vías secundarias o patios.

Clasificación "x": En esta clasificación se agruparán los rieles inferiores a 10 ft., de longitud, cualquiera que sea su estado y aún los de mayor dimensión, que no reúnan las condiciones necesarias para marcarse con una, dos o tres rayas.

El encargado de clasificar el riel tendrá en cuenta que algunos rieles al cortárseles la parte dañada, pueden mejorar de clasificación, quedando un tramo útil y uno o dos inútiles. En estos casos se procederá como sigue: Se marcarán con pintura roja brillante el corte o cortes que deban hacerse al riel y a cada tramo, se le marcará la clasificación que le corresponda de acuerdo a los lineamientos ya mencionados.

Si a un riel de 33 ft., de longitud con grietas horizontales en los extremos. Se le recorta en cada extremo 3 y 2 ft., da como resultado 2 tramos marcados con "X" y un tramo marcado con una o dos rayas.

Si tenemos un riel de 39 ft., de longitud con una grieta horizontal a 8 ft., de uno de los extremos, uno de 10 ft., marcado con "X" y otro de 29 ft., marcado con una o dos rayas.

Para prolongar la vida de los rieles se deberán tener presentes las siguientes recomendaciones para su conservación.

Los rieles deberán ser colocados en la vía de acuerdo al color especificado por ejemplo: Un riel pintado con amarillo no deberá de colocarse en curvas pues su duración se reduciría enormemente. Un riel pintado con azul no deberá colocarse en tangente puesto que se tendrá como resultado un desperdicio innecesario de material. Es importante cumplir estrictamente con las normas y especificaciones, las cuales deberán observarse siempre que se reciba un riel con el objeto que este sea colocado en lugares precisos.

El golpeteo o martilleo que realiza una rueda al pasar por las juntas, produce un aplanamiento en las puntas de los rieles, misma que aumenta con el constante golpeteo y puede darse el caso en que sea tal la intensidad que estos generen las siguientes fallas:

Que el balasto se mueva o bien que al paso de los trenes el balasto se escupa, generando así los golpes sordos. Las planchuelas, por efecto del mismo golpeteo, pueden llegar a vencerse y por consecuencia a romperse o fracturarse dentro de un plazo más o menos razonable.

Para reducir al mínimo el aplastamiento de las puntas de los rieles en las juntas, se estableció que en las fundidoras al laminar el riel sean endurecidas. Cuando el riel exterior estando en curva tenga un desgaste de 12% de la superficie del hongo, se cambiará hacia el lado interior y el riel interior pasará al lado exterior. Otra solución consiste en voltear el riel exterior punta por punta, cuando el desgaste sea del 12% volviéndolo a curvar y controlando hasta que tenga un 13% completando con esto el 25%, límite para su condenación.

2.2.6. Accesorios de vía.

Se utilizan para unir los rieles en sus extremos, fijar a los durmientes, evitar que se apoyen directamente sobre los mismos y que no se recorran o deslicen en dirección norte o sur y son los siguientes planchuelas, tornillos, roldanas, clavos, placas de asiento, anclas y clavos de vía.

- **Planchuelas:** Accesorio que tiene por objeto unir los rieles, formando cordones o hilos, derecho e izquierdo según el kilometraje. Estas pueden ser de dos tipos, angulares o de cordón y se consideran 3 partes principales, cabeza, alma y base (fig. 2.6).
- **Angulares:** Se caracterizan porque el alma y la base forman un ángulo obtuso y la base cubre totalmente el patín y es de cabeza apoyada.
- **Cordón:** En este tipo su cabeza no queda totalmente bajo el hongo del riel y su base tapa gran parte del patín.

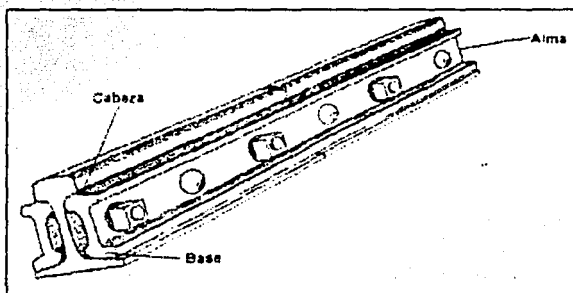


Fig. 2.6. Planchuela.

Existen de cabeza apoyada (110 lbs/yd) y cabeza libre (100lb/yd.). Las medidas o dimensiones de las planchuelas varían de acuerdo con el calibre del riel por utilizarse y las principales son: Largo total "A"; distancia de cada extremo de la planchuela al centro del primer taladro "B"; Distancia entre centro a centro de los dos taladros centrales "D" y altura entre la cabeza y la base "F". Por lo que se refiere a los taladros: El diámetro si es circular, la parte más ancha y la más angosta si son ovaladas. Existe otro tipo de planchuelas que sirve para unir rieles de diferentes calibres y se denominan "Planchuelas de compromiso" (fig. 2.7).

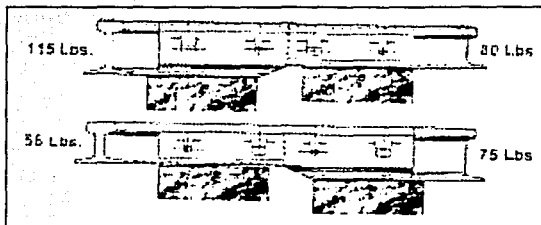


Fig. 2.7. Planchuelas de compromiso.

De acuerdo a la colocación en la vía podemos encontrar en dos formas, apoyadas y suspendidas.

Apoyadas: Cuando la unión entre rieles queda exactamente en el claro que se forma entre dos durmientes.

Suspendidas: Cuando la unión entre rieles queda apoyada en un durmiente.

- **Tornillos, tuercas y roldanas de presión:** Se emplean para sujetar las planchuelas a los rieles, procurando que estos queden bien apretados para que los hongos de los rieles coincidan perfectamente con la superficie de rodamiento y alineados por el lado interior de la vía para evitar que las cejas de las ruedas golpeen los extremos de los rieles (fig. 2.8).

Tornillos: Se componen de cabeza, cuello, caña y rosca y a excepción del cuello, que puede ser ovalado o cuadrado, tiene por objeto que al colocarlo en los taladros de las planchuelas, que también son ovalados o cuadrados el tornillo no de vueltas al apretarlo. Por lo que se refiere a las tuercas, éstas son de sección cuadrada, teniendo una cara plana y la otra un poco cuadrada, sus medidas hasta 38mm., (1 1/2") por lado y 28.5 mm., (1 1/8") de grueso para las tuercas de los tornillos que se emplean en el riel de 112 lbs., es muy importante tener presente que al colocar las tuercas y apretarlas, siempre se utilice la llave correcta pues de lo contrario se puede mellar los filos de la tuerca o provocar un accidente al trabajador al zafarse la llave.

Las roldanas de presión, o arandelas, son en forma de arillos cortados y sus dos puntas quedan separadas, o abiertas lo que hace que al colocarlas entre la planchuela y la tuerca y apretar ésta, se cierre la roldana, haciendo presión sobre la tuerca y apretar esta, se cierre la roldana, haciendo presión sobre la tuerca evitando que se afloje rápidamente.

Las medidas de las roldanas o arandelas de presión son: Su diámetro exterior, su diámetro interior y su grueso, así por ejemplo, para el tornillo de 19 milímetros ($3/4''$) se utilizan roldanas que tienen como medidas: Diámetro exterior 41.2 mm. ($15/8''$), diámetro interior 22.2mm. ($7/8''$) y 8.7 mm. ($11/32''$).

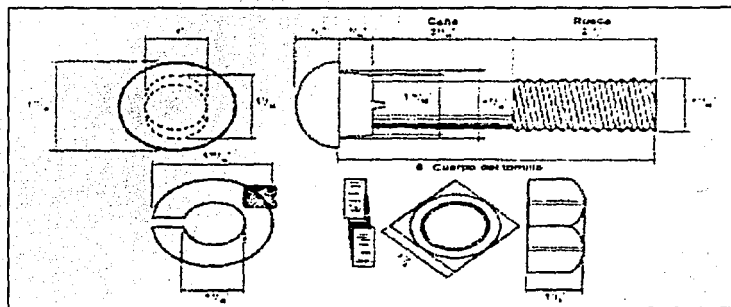


Fig. 2.8. Tornillo para planchuela.

2.2.6.1. Placas de asiento para durmientes.

Las placas de asiento pueden utilizarse para uno o varios calibres del riel, en las cuales podemos distinguir su forma que es aproximadamente cuadrada o rectangular, la cara superior donde se apoya el patín del riel, cara inferior o asiento que sirve para que se apoye directamente al durmiente y el grueso o espesor. Actualmente se conocen de uno o de dos hombros.

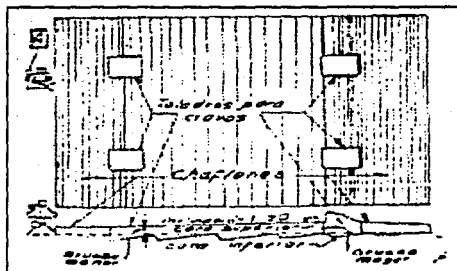


Fig. 2.9. Placa de asiento de dos hombros.

- Un hombro: Son aquellas que tienen la cara superior o de apoyo del patín del riel plana o inclinada (1:20) y de uno de sus lados o lado del chaflán más ancho.

En el caso que las placas sean inclinadas, llevan un borde u hombro donde se recarga el filete inferior 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. Es importante recordar que siempre se deberá de colocar este tipo de placa con el hombro por el lado de afuera por el lado de afuera y la inclinación queda hacia adentro.

- Dos hombros: Son muy semejantes a las anteriores y su diferencia es que tiene dos hombros, su cara superior puede ser o no inclinada (fig. 2.9).

2.2.6.2. Ancla para riel.

Cuando se incrementa la temperatura de los rieles se cierran legando en ocasiones a tronarse y cuando hace frío se abren dejando una separación en las juntas, mayor que las reglamentarias. Para evitar esto se utilizan las anclas de vía, las cuales se colocan apoyadas a las caras laterales de los durmientes y en las alas de los patines de los rieles, con esto se reduce o evita el corrimiento longitudinal de los rieles.

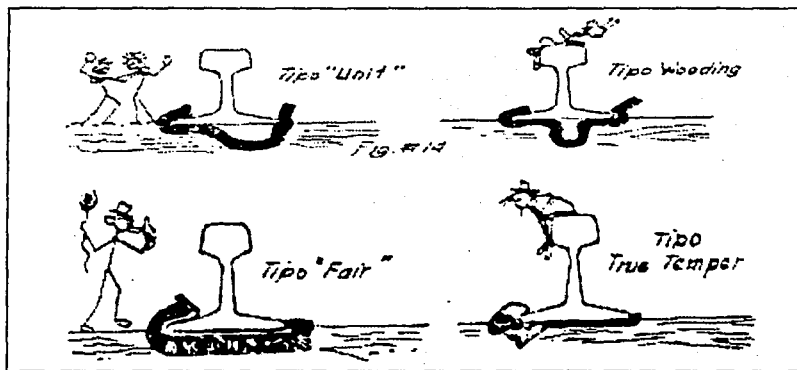


Fig. 2.10. Tipos de anclas para riel.

Existen actualmente los tipos FAIR, UNIT, TRUE TAMPER Y WOODING y todas traen marcado el calibre del riel para el que deberá de utilizarse (fig. 2.10).

La cantidad de anclas que deberán de colocarse por riel deberá ser fijada por el ingeniero residente.

2.2.6.3. Clavo de vía.

Consiste simplemente en una barra afilada en uno de sus extremos y en el otro lado una cabeza alargada hacia un lado que se apoya sobre el patín del riel, su dimensión es de $5/8'' \times 6''$ y sirven para evitar que los rieles se volteen o viren (fig. 2.11).

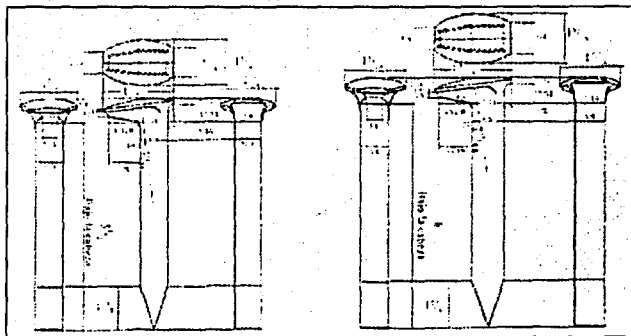


Fig. 2.11. Clavo de vía.

2.2.6.4. Recomendaciones al efectuar las inspecciones de los accesorios.

Planchuelas: Se verificara que estas no se encuentren vencidas o agrietadas, agujeros agrietados ni abocardados y para lo cual y de ser necesario, se procederá a limpiar las planchuelas sobre todo en el caso de que se tengan grietas.

Para verificar si están vencidas se utilizará una regla que será colocada en el cordón superior, para el caso de los taladros se utilizará un tornillo nuevo, un compás de puntas o un calibrador para determinar si los taladros tienen las medidas reglamentarias.

Tornillos de vía: La inspección debe ser para verificar la forma del cuello del tornillo, pues si este se ha perdido, puede romperse o bien girar en el taladro de la planchuela y por consecuencia aflojarse.

Tuercas: Se deberá comprobar que los filetes o esquinas no estén mellados, pues de estarlo será muy difícil que la tuerca pueda ser apretada. Además las rondanas de presión, deberá verificarse que estas no hayan perdido su brio y por consiguiente pueda mantener la tuerca en su lugar.

Placas de asiento: Se deberá comprobar que estas no se encuentren vencidas. Que sus taladros no estén abocardados y que no tengan fisuras o grietas que puedan provocar su ruptura.

Anclas de riel: Deberá de verificarse su poder de agarre al patín del riel y que estas no estén vencidas.

Clavos de vía: Se deberá observar que estos no presenten ahorcamientos y adelgazamientos y que estos conserven su verticalidad.

2.2.6.5. Partes que constituyen los cambios.

Se le llama cambio al conjunto de juegos de madera y herraje que permiten a los trenes pasar de una vía a otra.

Juegos de madera.- Son piezas cuya función es la de servir como base de apoyo al herraje correspondiente.

Por lo que respecta a la escuadría, existen dos tipos: 7" X 9" Y 7" X 10". Estas últimas son las que se colocan en la zona del sapo, y es la que a continuación se indica:

Sapo No. 8, con agujas de 15ft., - 53 piezas.

Sapo No. 8, con agujas de 16ft. 06in., - 57 piezas.

Sapo No. 10, con agujas de 15 ft., y 16ft. 06in. - 62 piezas.

Herraje de cambio.

Es el compuesto por un par de agujas: Derecha e izquierda, un sapo, contrarrieles, placas correderas, elevadoras, placas de talón, placas gemelas, silletas de refuerzo, blocks de talón, orejas, barra de conexión, árbol de cambio, placas para contrarrieles, rieles de apoyo, rieles guía, candado, varilla de conexión #1 y #2.

Agujas.

Las agujas de cambio se obtienen al cortar y desbastar los rieles, rebajándolos y doblándolos en uno de sus extremos y conservando la sección completa del riel en el otro extremo, estas se componen de dos : una izquierda y otra derecha.

Actualmente se utilizan agujas de 15ft., 16ft. 06in., o mayores; además existen dos tipos de agujas: Una de elevación de $\frac{1}{4}$ " desde la punta de la aguja hasta después del talón, aproximadamente cuatro durmientes.

El segundo es el reglamentario y se caracteriza en que su elevación de $\frac{1}{4}$ " en la punta de agujas termina a nivel cero antes del talón.

Las agujas pueden ser de dos formas: Las rectas, que se emplean hasta en los juegos de cambio hasta el No. 10; recta y curva en cambios con sapos mayores. En lo referente a las puntas de agujas, estas pueden ser de corte recto y de corte en "V" invertida (Samson.); esta última es la que conduce al escape y para su correcto apoyo es necesario utilizar un riel especial maquinado; la de corte recto es la que da paso a la vía principal.

Otro aspecto por considerar en las agujas es: El inserto de fabricación especial en acero manganeso, y el riel. Su longitud varia de acuerdo con longitud total de la aguja. Para agujas de 16ft.6in, la longitud del manganeso será de 2ft. 8in, y para agujas de 30ft; de 3ft.6in.

Los elementos que constituyen una aguja son: La punta, las soleras de refuerzo las orejas, el tope, la zona de doblez para formar el ángulo y la elevación de $\frac{1}{4}$ ".

Para colocar las agujas de cambio se utilizan los siguientes accesorios: Placa de escantillón, placas correderas elevadoras, placas de talón, silletas de refuerzo, blocks de talón completos, varillas y barras de conexión, etc.

Placa de escantillón: Esta pieza esta colocada en el primer durmiente del juego de cambio, y se diferencia de las otras por su tamaño; Esta placa tiene un doblez en la parte intermedia de su longitud y al ser colocadas en el cambio, deberá de apuntar hacia la boca del sapo.

Placa de escantillón aislada: Estas placas son para tramos señalizados, y por lo tanto llevan silletas ajustables. Difieren de las anteriores en que el maquinado es angular y en pendientes, con dos taladros para tornillos. Se colocaran en juegos de tres: OG, 1G, Y 2G.

Placa núm. 1-a.: Es una pieza de base sólida, maquinada y laminada, de una pulgada de espesor, de acero al carbón grado n-3, que se coloca a continuación de la placa de escantillón 1G. A esta placa se le maquina dos muescas o rebajes: La primera en el extremo después del tope u hombro para apoyo de la silleta; en seguida hay otro tope angular que separa la primera y segunda muesca, en esta última apoya la base del patin del riel. Estas muescas tienen $\frac{1}{4}$ " de profundidad, por lo que la elevación, en relación con el espesor original de la placa será de $\frac{3}{4}$ "; En el cojín o corredera será de $\frac{1}{4}$ ", donde existe una perforación que se utiliza para condenar las agujas.

Placas no. 1 y 2: Estas placas también son de base sólida, con la misma calidad de la placa (n-3) de acero al carbón y son colocadas después de la placa 1ª, pero difieren en el número de taladros para los clavos. Estas placas difieren en su elevación, la no. 1 es de $\frac{1}{4}$ " y la no. 2 de $\frac{1}{8}$ ".

Placa no.3: Es de base sólida, de acero al carbón n-3 y se coloca después de la placa no. 2 su espesor es de $\frac{3}{4}$ " y tienen un hombro para conservar el escantillón, este tope esta colocado poco antes de la placa y cuenta con 5 taladros para clavos: 3 en un extremo y 2 en el otro quedan entre el riel de apoyo y las agujas. Esta placa es lisa y no tiene cojín elevador.

Placas no. 4 y 5: Estas placas son para talón de agujas. También son de la misma calidad de acero al carbón (n-3), en ambas el espesor es de $\frac{3}{4}$ " y tienen un hombro para evitar el deslizamiento lateral del riel de la vía principal o del riel de apoyo y para deservar el escantillón en los talones de las agujas, también este tipo de placas cuenta con cinco taladros para clavos.

Placas gemelas: Se fabrican de soleras laminadas y son troqueladas para formar un gancho de amarre de los patines de los rieles de la vía principal, guías: Curvo y recto. Cuentan con 4 taladros para clavos: 2 en cada extremo y uno rectangular frente al gancho de amarre de los patines. La longitud de estas placas varía entre 23" y 31", que se colocan por pares. La postura del gancho en la placa tipo "L" se aprecia en el extremo y en la tipo "LR" aproximadamente al centro. La altura del gancho es de $\frac{9}{16}$ " para usarse en patines de rieles y $\frac{15}{16}$ " para faldones de los sapos de acero manganoso.

Placas para contrarriel. Se obtienen de placas laminadas de acero al carbón, de grado n-3. Pueden ser maquinadas para formarles el hombro que se localiza poco antes de uno de los extremos, o también puede soldársele una solera para impedir el deslizamiento del patin del contrarriel. Cuenta con 7 taladros: 3 en un extremo para sujetar al patin del riel, y otros 3 taladros en el hombro de la placa que permitirá el clavado del patin del contrarriel; El otro taladro se localiza al eje longitudinal de la placa con una separación entre los dos taladros anteriores.

Silletas rígidas: Son piezas formadas para darle la forma del ángulo superior del hongo, altura del alma, ángulo para el alma y el patín, pendiente que se prolonga hasta quedar en contacto su base con la placa corredera.

Silletas ajustables: Este tipo de silletas es integrado por 3 partes; silletas, cuñas de ajuste y tornillería. Estas silletas en su mayoría son piezas de fundición y requieren una aleación de acero y cobre. Su empleo es práctico debido a que pueden ajustarse cuando los rieles de apoyo o recto de la vía principal han perdido su separación, con respecto a las agujas por empuje lateral. Además se utiliza en vías troncales señalizadas que pueden ser fundidas o troqueladas.

Contrarrieles: Son tramos de rieles de punta azul que se utilizan en juegos de dos piezas por cambio y que constan de tornillería y de 3 o 4 empaques que sirven para mantener la separación o canal de las cejas que forman riel y contrarriel, para la protección de la punta del sapo.

Estos contrarrieles son rectos maquinados en sus extremos con una distancia de maquinado que varía de 4ft, a 3ft, en cada extremo, (de acuerdo con la longitud del contrarriel). Este desbaste se hace cambiando la inclinación de la herramienta en dos posiciones: La primera, inclinada igual a la del cachete del hongo del riel que maquinara de 0" a menos de 5/8", para enseguida hacer la segunda inclinación a 25° hasta el extremo del contrarriel. Estos extremos requieren de un corte en la esquina superior del hongo a 45° y con una distancia sobre la superficie del patín de 3-1/2".

El ala del patín del contrarriel se maquina para permitir la separación reglamentaria de 1-7/8", y para evitar que este tope con el patín del riel guía recto de la vía principal o de apoyo del ladero.

Los contrarrieles son de tres longitudes: 8ft. 03in, para juegos de cambio #8, con agujas de 15ft, y los de 9ft 05in, para juegos de cambio #8, con agujas de 16ft 06in, los de 11ft, que se colocan en los cambios #10 y los de 13 ft, que se colocan en los cambios #20.

Completan el contrarriel empaques de hierro fundido de bajo carbón que se colocan uno en cada extremo, y uno o dos al centro, según su longitud y que sirven para formar la separación de 1-7/8" mínimo entre el riel y contrarriel, así como la tornillería.

Contrarrieles de acero manganeso: Son de fundición y su composición química es el resultado de acero al manganeso, la característica principal de estas piezas es la ausencia de empaques y de tornillería. Simplemente, en

cada extremo cuenta con un tope o nervio de determinada longitud, ancho y espesor, el cual apoya en el alma del riel de la vía principal o la de apoyo, para dar la separación de 1-7/8" para el canal de cejas, no utiliza placas de asiento para contrarrieles debido a que están integradas al contrarriel; tiene dos taladros cuadrados para el clavado en sus extremos y otros tres a modo de escalinata para el ajuste de la separación de canales de cejas, así como un taladro por cada saliente o placa.

Sapos: Los sapos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- a).- Sapo rígido atornillado y de acero manganeso.
- b).- Sapo sólido.

a).- Sapo rígido atornillado: Este sapo se encuentra colocado comúnmente en patios y vías secundarias, es fabricado desde el No. 4 hasta el No. 12. Básicamente están armados con el riel de primera (alto carbón) empaques de hierro fundido y tornillería con tratamiento térmico, los empaques tienen como finalidad formar la canal de cejas para dar la separación de 1-7/8" entre la punta y alas del sapo; también requiere de un empaque de garganta y un elevador de ruedas que se localiza entre las patas, el cual se obtiene de un pequeño tramo de riel maquinado de este, cachetes y patín en ángulo.

Actualmente se estudia la colocación de estos sapos en vías principales, tomando en cuenta la intensidad del tráfico.

b).- Sapo sólido: Este sapo es ideal para el tráfico pesado y su resistencia al desgaste y al impacto, hacen que su fabricación sea de alto costo. Es de una pieza y no utiliza tornillería en su cuerpo, solamente en los extremos, o sea, en la boca y en el talón donde tiene una extensión en ambos extremos que sirven para atornillar los rieles guía y de salida del sapo, por medio de planchuelas en la superficie de rodamiento de las alas tiene una rampa de elevación colocada aproximadamente a la punta del sapo al eje de su longitud con un nivel de más 1/8". La longitud de esta rampa varía de acuerdo al número del sapo.

Se construye para cambios del no. 4 al no. 12 y en calibres de rieles desde 90 lbs/yd. Hasta 140 lbs/yd., en acero al manganeso.

Árbol de cambio: El árbol de cambio esta constituido por un conjunto de partes de diferentes especies de materiales, en los que se cuentan; de fundición, forjados y tratados térmicamente como son las rodajas de soporte del soporte.

Este árbol es de operación vertical, accionado por un manubrio. La base se sujeta a los durmientes con clavos de vía o pernos.

Tiene una altura aproximada de 5 ft, 91/4"=2.36mts. El poste cuenta con una bandera o disco y un remate para linterna.

También se puede encontrar entre estos el árbol semiautomático que permite el movimiento de las agujas cuando estas están cerradas y las ruedas pasan por el cambio produciendo en forma automática el movimiento en el mecanismo de resortes del árbol sin que este sufra daño alguno.

Barra de conexión: Es una pieza forjada de acero al carbón, sirve para unir la varilla no. 1 y el perno de ojo del árbol de cambio, por medio de la horquilla que esta atornillada a la barra por su extremo; el otro extremo es forjado en la barra y tiene forma de quijada, tiene la abertura igual al espesor de la varilla no. 1.

Varillas de conexión: Las varillas de conexión son piezas laminadas de acero al carbón del grado n-3, que sirven para mantener en posición correcta las dos agujas y el riel recto de la vía principal o bien cuando la separación de 4-3/4" que debe haber entre la punta de la aguja y el riel recto de la vía principal o bien cuando el cambio esta dando paso sobre la vía secundaria.

La varilla no.1, cuenta con un taladro en cada extremo y otros dos taladros interiores que se localizan para atornillarse a las orejas y que fijan la separación correcta de las agujas. Los taladros extremos sirven para recibir y fijar la quijada de la barra de conexión por medio de tornillo.

La varilla no. 2, sólo tiene un taladro en cada extremo y también reciben los pernos de las orejas.

2.3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

A continuación se describe el método para la rehabilitación de vía tipo clásica llevándose a cabo cada una de las operaciones de reemplazo de la superestructura tomando en cuenta un tramo ideal constituido por terracerías estables y con secciones perfectamente constituidas para la correcta ejecución de los trabajos de construcción de la superestructura de la vía clásica.

1) Preliminares.

Para realizar la rehabilitación de un tramo considerable de vía es indispensable, al igual que para llevar a cabo cualquier programa de trabajo, que se verifique previamente una organización adecuada, a fin de que pueda llevarse a la práctica con éxito y de una manera económica.

Los funcionarios y trabajadores que intervienen para la realización directa de la obra abarcan, en términos generales, desde el Ingeniero en jefe de la empresa, hasta el humilde trabajador de vía, con la cooperación de prácticamente todos los departamentos que integran el ferrocarril. Es por ello de suma importancia que al esbozar los planes se tomen en cuenta no sólo los problemas que afecten directamente al Departamento de Vía, sino que se considere el efecto y la repercusión que los mismos tendrán dentro del engranaje perfectamente organizado en el funcionamiento de un sistema Ferrocarrilero puesto que tendrá necesariamente hasta cierto punto que alterarse el ritmo de su operación normal.

Por principio de cuentas se realiza una inspección minuciosa de la línea por reconstruirse. Esta inspección será encabezada por un Ingeniero Principal directamente nombrado por el Ingeniero en Jefe, quien tendrá a su cargo la supervisión directa de las obras y la jerarquía máxima ante los trabajadores. Lo acompañan el Ingeniero Residente en cada tramo de vía comprendido dentro de su jurisdicción, el Jefe de Vía, que es el hombre práctico y de experiencia, los Supervisores de Distrito, y de preferencia también los mayordomos de las secciones correspondientes, que por estar en contacto directo con la conservación de sus tramos, pueden aportar datos básicos importantes. Esta inspección debe abarcar hasta los más pequeños detalles y hay varias maneras de ir llevando a cabo el registro de las obras necesarias. Como la inspección debe ser necesariamente lenta, se realiza empleando motores de vía, pudiendo expeditarse el trabajo si cada uno de los integrantes de la comisión toma los datos referentes a una misma clase de obra; es decir, un hombre anotará exclusivamente el estado de los terraplenes, otro los lugares faltantes de balasto, etc. Al final del día pueden pasarse los datos a una gráfica que muestre el desarrollo de la vía, a gran escala, y en la que se hayan marcado espacios para cada clase de obra

necesaria. Como es imposible ir tomando medidas exactas en el terreno, pueden tomarse con bastante aproximación las distancias entre cada poste telegráfico, sabiendo de antemano el número de ellos que hay en un kilómetro.

Se llevan a cabo los preparativos esenciales para poder realizar la obra:

a).- Primeramente se elige el sitio en donde se descargarán los durmientes, los accesorios de fijación, herramientas y equipo. Debidamente se almacenarán y se deberá tener estrecha vigilancia sobre ellos y sobre todos los materiales producto del recobro cuando se tengan que almacenar. Preferentemente se elegirá el sitio cerca de los patios de la estación más cercana al sitio de la obra o en algunos casos se utilizarán las instalaciones de la estación debidamente aprobado por el jefe de estación. Se harán los arreglos necesarios para dotar de alojamiento a los trabajadores que componen las cuadrillas, cuando se organicen las cuadrillas, los mayordomos deberán inventariar e inspeccionar todo el equipo, herramientas y accesorios que se proporcionen a cada una de ellas. Las herramientas defectuosas o que no presten seguridad deberán desecharse. También es importante que el mayordomo asigne determinadas labores a individuos que demuestren capacidad para cierta actividad, pues en esta forma cada grupo rendirá mayor producción de labor en conjunto.

Todo deberá estar listo anticipadamente para que no haya demoras al comenzar la obra y se lleve a cabo el trabajo de una manera ininterrumpida.

b).- Por lo que respecta al almacenamiento del durmiente se formaran tongas de 50 piezas cada una, estando la primera fila descansando sobre madera vieja o piedras de manera que no queden sobre el terreno natural, y a la cara superior de la ultima fila se tendrá que colocar arena para evitar que se resequen los durmientes expuestos a los rayos solares. Para transportar el durmiente se utilizan góndolas especiales, al bajar los durmientes en el sitio de la obra se tiran cerca de la vía en forma transversal a esta teniendo cuidado de no arrojarlos al fondo de los terraplenes altos o al fondo de los cauces de los ríos o entre los matorrales y de punta ya que si se tiran en forma horizontal pueden quebrarse o rajarse, se evita dejarlos deslizar sobre el talud de los terraplenes pronunciados.

Se llevara a cabo la transportación de los rieles en plataformas especiales para riel, siendo estos de calibre 100 lb/yda. Estos se depositan cerca del lugar por donde pasará la vía para facilitar las maniobras para el tendido de la vía.

2) Referenciación de la vía.

Se traza el eje de la vía al centro del escantillón de 1.435 m. Se colocan estacas a cada 20 m. a lo largo del tramo por rehabilitar, de tal manera que nos permita ubicar y hacer coincidir los estacados con el trazo original de la vía. Otro elemento útil para referenciar los tramos en los cuales se están realizando los trabajos es por medio de los postes para telégrafo que se encuentran separados a cada 16 m., también son útiles las placas kilométricas y los puentes, alcantarillas y cruceros además de placas de señalización. Estos puntos se toman como conocidos haciéndose coincidir con los estacados, se toma un metro después del hongo exterior del riel derecho en el sentido del kilometraje, se colocan clavos a la mitad del escantillón. Estas referencias servirán de base para colocar de nueva cuenta la vía rehabilitada. Es importante señalar que en todo momento es necesario contar con referencias sobre todo en las zonas donde existan curvas, ya que es importante tener indicados el P.T., el P.C. y el P.C.C. de las curvas ya sean simples o compuestas.

3) Desmantelamiento de la vía existente.

Con anticipación a la fecha en que se lleve a cabo el cambio de riel hay ciertas operaciones preliminares que se hace necesario llevar a cabo en la vía existente, tales como el aceitamiento de los tornillos en las uniones para su fácil remoción posterior, la limpia del balasto bajo las caras superiores de los durmientes a fin de facilitar su desbastado cuando se haga necesario (esto se hace necesario si la vía se ha vaciado). Estas operaciones pueden llevarse a cabo por la cuadrilla de sección del tramo correspondiente, o bien como parte de las operaciones de rehabilitación, por las cuadrillas extras.

Siendo necesario cortar la vía al efectuar cambios de riel, deben tomarse todas las precauciones posibles para el abanderamiento del tramo a fin de proteger a los trenes hasta en tanto no se verifiquen las conexiones nuevamente y quede la vía en condiciones de seguridad. Además, debe notificarse con anterioridad al despachador de trenes para que proteja dichos tramos todos los días mediante órdenes de precaución. En los tramos de tráfico intenso el trabajo de rehabilitación debe restringirse a los períodos durante el día en que el tráfico sea menor, debiendo los trenes pasar por los tramos de riel cambiado a velocidades no mayores de 15 kilómetros por hora.

Al desmantelar el tramo de vía existente se tomara en cuenta la necesidad de realizar esta operación con la ayuda de un oficial del área de operaciones de los trenes ya que es necesario tomar decisiones en lo relacionado con el tráfico de trenes y tener abanderados en los extremos del tramo en rehabilitación esto para tener una comunicación estrecha con el personal y

operarios de los trenes para extremar precauciones y así reducir el riesgo de accidentes durante la ejecución de los trabajos.

Se comienza desmantelando los accesorios quitando las planchuelas desclavando los durmientes y retirando los rieles, se retira el balasto viejo desde la base de la corona del balasto sin tocar el cuerpo del terraplén. Los materiales extraídos se colocan a un lado de la vía para posteriormente recuperarlos.

4) Vaciado de la vía.

La operación de vaciar o destapar la vía consiste en la remoción del balasto antiguo a fin de dar lugar a la colocación del balasto nuevo.

El trabajo se lleva acabo por trabajadores empleando picos y palas, y se acostumbra quitar el material hasta el nivel del lecho de los durmientes, aprovechándose la capa de balasto antiguo bajo ellos como sub-balasto. Cuando el balasto existente pueda volverse a usar deberá colocarse a un lado de la vía y limpiarse mediante cribados para quitarle el polvo y la tierra que contenga e interfiera con su buen drenaje. En caso contrario deberá removerse por completo, vaciándolo por los taludes de los terraplenes. Igual operación se lleva a cabo cuando la vía ha estado balastada con tierra, en cuyo material removido de entre los cajones de los durmientes se aprovecha para el reforzamiento de las banquetas.

Sea cual fuere el caso, al vaciar la vía deberá al mismo tiempo darse una emparejada al nivel de esta, apisonando o "calzando" con el mismo material los lugares notablemente hundidos de nivel. Esta nivelación rápida se efectúa mediante visuales cada 4 ó 5 rieles que verifique el mayordomo de la cuadrilla dirigidas a lo largo del riel de alineamiento (riel derecho en el sentido del kilometraje), colocándose el nivel de vía para traer el riel opuesto al mismo nivel del riel de alineamiento en las uniones de los rieles y en sus centros. En esta forma quedará la vía con pequeñas cimas y columpios, pero con buen nivel transversal y segura para el tráfico hasta que se introduzca el nuevo balasto bajo ella y se nivele en forma definitiva.

El vaciado de la vía en los patios debe comprender la remoción total de todo el balasto viejo mezclado con lodo, aceite etc., cargándose a pala góndolas o plataformas que deben ser jaladas por una máquina de patio para descargarse fuera de él, pudiendo utilizarse en el ensanchamiento de banquetas en los terraplenes a la entrada de los patios.

5) Colocación de herrajes de cambio.

Al conjunto de juego de madera y herraje de cambio que permite a los trenes pasar de una vía a otra se le denomina juego de cambio, mismo que se encuentra integrado por el juego de madera, herraje de cambio, agujas y sapo (fig. 2.12).

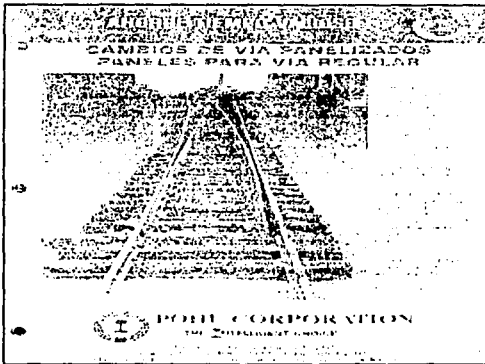


Fig. 2.12. Cambio de vía.

Para los fines de esta tesis se describe la colocación de el cambio del número 10, con sapo sólido de acero manganeso, aguja de 16ft 6in., y riel de 39ft. para vía ancha.

a).- Equipo necesario.

- Reglamento de conservación de Vía y Estructuras.
- Plano del tipo de cambio (fig. 2.13).
- Cintas métricas de 3.00 Mts., y de 20 Mts.
- Crayón para marcar.
- Hilo o reventón (Aprox. 20 Mts.)
- Libreta de registro.
- Estacas, Clavos de 1" y Martillo.

b).- Contar con la ubicación exacta del PC, marcada sobre el alma del riel.

c).- Como nos encontramos en una vía en operación, previo al inicio de los trabajos, se debe de contar con información respecto al horario de trenes que circularan por esa línea, denominado PROGRAMA DE TRENES.

d).- Conociendo la información anterior, los trabajos se programaran de acuerdo a los periodos de tiempo en los que no exista tráfico de trenes, es

decir, en los intervalos de tiempo entre un tren y otro, y con la idea de no generar ninguna demora o algún percance en el lugar.

- e).- Se llevarán a cabo primeramente, todos los trabajos que no impliquen una obstrucción o alteración a la vía existente, tales como el trazado y marcado del P.A., a una distancia de 4.83 Mts., del PC y se estaca al centro de la vía, como siguiente paso, se ubica la punta práctica del sapo PPS, a una longitud de 24.03 mts., a partir de P.A. y se coloca otra estaca, posteriormente se obtiene el eje del último durmiente del juego de madera a una distancia del P.A. de 32.855m. y también se coloca una estaca al centro de la vía, para la obtención de la referencia del punto de libramiento se toma una medida de 47.50m., a partir del P.A., se estaca el punto perpendicular a este en dirección a la nueva vía una distancia de 3.80 mts., colocando la primer estaca al eje de la vía, por último se deberá de ubicar el P.T. del desvío, a una distancia de 73.67 m., del P.A. sobre la vía se colocará una estaca adicional y perpendicularmente a esta, en dirección al desvío se hará buscar el punto de intersección con entre ambos ejes, colocando la segunda estaca fuera de la troncal.

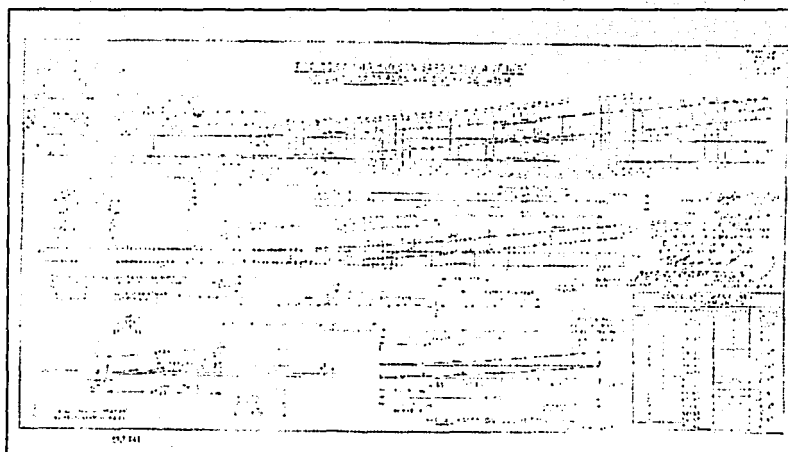


Fig. 2.13. Plano de tipo de cambio.

- f).- Antes de iniciar los cortes de la vía principal necesarios para la instalación de los elementos de cambio, se realizan los preparativos de los materiales, tales como tramos de riel (regularmente se requieren 11 rieles de 39 ft., para cubrir las necesidades del herraje de cambio), contrarrieles, efectuar taladros para la sujeción de los mismos, etc., en paralelo de

forma terciada, se sustituye el durmiente de la vía troncal por la madera del juego de cambio, hasta colocarla totalmente.

- g).- Una vez concluido lo anterior, se deberán de solicitar ventanas de tiempo, a fin de ejecutar los trabajos sobre la vía principal sin ningún percance, paralelamente y cumpliendo con la reglamentación establecida por los Ferrocarriles, se deberá de colocar personal de protección que abandere los trabajos sobre la línea 1,200 mts., antes y después de la zona de trabajo de acuerdo a lo establecido en la regla 99-E, del Reglamento de Vía y Estructuras.
- h).- Por último, se procederá a dismantelar parte de la vía troncal para la instalación de los elementos del juego de cambio: agujas, riel guía, sapo, árbol de cambio, etc., tratando de concluir los trabajos en los tiempos estimados, evitando al máximo el provocar demora en los tiempos de recorrido de trenes y nunca dejar una vía vacía o desarmada, que pueda dar espacio a un accidente de graves consecuencias.

6) Distribución y tendido del durmiente.

Todos los durmientes cuya duración se estime que sea inferior a dos años deberán cambiarse, y todo aquel durmiente que en apariencia esté en buen estado pero que al golpearlo suene hueco deberá quitarse por estar podrido interiormente. Igual puede decirse de aquellos en que hayan aparecido hongos, aún cuando no presenten grietas considerables.

En cada poste telegráfico se anota con crayón el número de durmientes que deben descargarse en el tramo comprendido entre dicho poste y el siguiente para facilitar la maniobra del tren local o el tren de trabajo. Si el número de carros de durmientes que deban manejarse lo justifica se formará un tren de trabajo. En caso contrario se moverán mediante trenes locales procurando que la descarga se lleve a cabo en el sentido de la pendiente descendiente del tramo para que no haya necesidad de reducirse tonelaje comercial del tren.

Los durmientes pueden cargarse en plataformas (fig. 2.14), góndolas y redilas especiales, acostumbándose colocar de 300 a 400 durmientes por carro, los que pueden cargarse y acomodarse en 4 horas por una cuadrilla de 8 hombres. Una cuadrilla de 25 hombres acostumbra cargar 4 carros de durmientes al día. Nunca deben emplearse plataformas para la conducción de durmientes en territorios de fuerte curvatura, por el peligro de que resbalen unos contra otros y caigan o dañen el equipo.

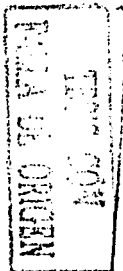
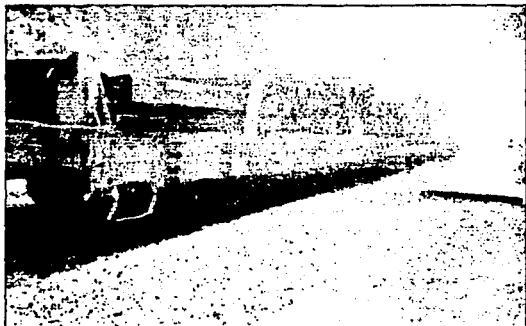


Fig. 2.14. Transporte de durmientes de madera en plataforma de ferrocarril.

Sea cual fuere la manera de manejar los carros durmienteros, su descarga debe efectuarse invariablemente a paso de tren y precisamente en los lugares donde vayan a colocarse, lo cual representa un considerable ahorro en la mano de obra si se compara con el método de descargarlos en los patios de estaciones cercanas, de donde deben distribuirse posteriormente en armones a sus puntos de colocación. Al descargar los durmientes, estos deberán quedar lo suficientemente alejados de la vía para evitar accidentes como puede suceder si quedan muy cerca del equipo al paso de los trenes, pero no tan retirados que rueden hacia abajo por los taludes del terraplén requiriendo una labor adicional en volverlos a traer hacia arriba. En donde existan terraplenes altos conviene detener el tren de trabajo donde comienzan dichos lugares y ahí descargar todos los durmientes que se requieran en el tramo de vía comprendido dentro del terraplén, siendo posteriormente distribuidos por medio de armones y descargados en los lugares donde se vayan a colocar inmediatamente.

Cuando se utilizan durmientes crudos, deberán seleccionarse éstos en los lugares de entrega por el Inspector de Materiales acompañado por el Jefe de Vía o Supervisor, con un máximo cuidado. La calidad de la madera es el primer factor que debe tomarse en cuenta para aceptar o rechazar un durmiente, pero las escuadrias correctas, la existencia de nudos en la madera y otros defectos que se especifican con toda claridad en los reglamentos respectivos deberán tomarse con todo cuidado. Por ningún concepto deberán colocarse en la vía cuando se hace una costosa reconstrucción de ella, durmientes cuyo promedio de vida sea inferior a cinco años, pues en este caso, el periodo de pudrición sobrevendrá casi simultáneamente y antes de un año o dos habrá grandes tramos sucesivos con durmientes en pésimas condiciones, teniendo que erogarse nuevamente un fuerte gasto para volverlos a reemplazar.

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

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

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

El porcentaje de durmientes que fallan por el tercer inciso es alto debido al sazamiento incompleto de las maderas antes de ser sometidas al tratamiento de impregnación. Sin embargo, cabe decirse que no se reemplaza todo aquel durmiente que presente alguna grieta, sino solamente aquellos en que por el tamaño y la colocación de esta no presten seguridad ni ofrezcan apoyo a los clavos de vía. Cuando las rajaduras se presentan en la cara superior del durmiente es casi seguro que darán origen a focos de pudrición prematura.

Ocasionalmente se encuentran en la vía durmientes con otros defectos distintos a los anotados antes, ya sea con roturas en el centro, descabezados, etc., que naturalmente deberán reemplazarse también. Los durmientes se rompen en el centro por falta de apoyo en los extremos, precisamente bajo los rieles, haciendo que queden "en banda". Esto ocurre ya sea cuando el calzamiento de la vía está imperfecto o bien al perderse balasto por falta de banquetas, dando origen a esta mala condición en la vía.

Cuando la vía se ha vaciado para recibir balasto se hace muy fácil la operación de renovación de durmientes y su espaciado correcto.

Los durmientes siempre se colocan con sus extremos alineados y equidistantes del riel por el lado del alineamiento (o sea por el lado derecho del sentido del kilometraje), para lo que se colocan a una distancia de 17in., contadas del extremo del durmiente al filo del patín del riel.

En las curvas invariablemente se alinean los durmientes por el lado interior de la curva, colocándolos a la misma distancia estipulada.

Los durmientes usados deberán colocarse en longas en el lado contrario de los postes telegráficos, a un lado de la vía, esto tiene por objeto que cuando los postes de telégrafo sean de madera se incendien si llegara a quemarse la tonga y evitar perjuicios a los alambres. Los durmientes deben recogerse y entongarse precisamente el mismo día que hayan sido retirados de la vía y antes de que las cuadrillas se retiren del lugar.

Cuando se haga necesario entongar durmientes creosotados nuevos debe ser cubierta la capa superior con tierra tanto para evitar el peligro de un incendio como para que los rayos solares no evaporen las sustancias de que están infiltrados.

Para brindar un apoyo uniforme al riel es necesario que los durmientes se coloquen equidistantes uno del otro. El espaciamento está sujeto a reglas previstas de antemano, de acuerdo con la clase de vía de que se trate. Para vías troncales de primera se acostumbra colocar 20 durmientes en un riel de 33ft., de largo y 24 durmientes en el de 39ft., de longitud. En los ramales y líneas secundarias se colocan de 16 a 18 durmientes bajo un riel de 33ft.

En el caso de vías troncales y para riel de 33ft., quedarán 20" o sean 51cm., de centro a centro de durmiente reglamentario de 7"X8"X8" (0.18m.X0.20m.X2.44m.), variando esta distancia en las juntas de los rieles entre (0.38, 0.42 y 0.48)m., según el tamaño de las planchuelas. En los rieles de 39ft., los durmientes quedan a 49.5 cm., (19.5") de centro a centro a lo largo del riel.

El mayordomo de la cuadrilla debe marcar sobre el patín de riel con crayón la posición exacta de cada durmiente empezando a medir en la junta que debe quedar exactamente entre dos durmientes.

Al hacer el espaciamento se forman paradas de dos hombres que, haciendo palanca mediante barretas de línea uno a cada extremo del durmiente, mueven este a su posición indicada, cuidando al mismo tiempo que queden perpendiculares a la vía (fig. 2.15).

Debe prohibirse estrictamente el golpear al durmiente con el martillo de vía al espaciarlo, por causar estos golpes daño a la madera.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

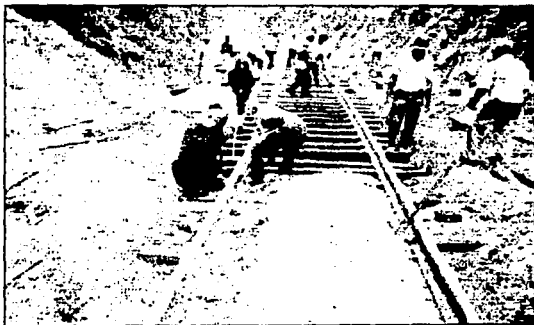
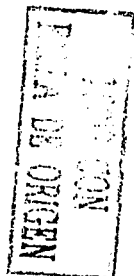


Fig. 2.15. Espaciamiento del durmiente.



7) Colocación de placas de asiento.

La misma cuadrilla que verifica la operación del espaciamiento del durmiente colocará las placas de asiento verificando que queden bien centradas y con el filete del lado exterior coincidiendo exactamente con el filo del patín del riel.

8) Distribución de accesorios de fijación.

Todos los accesorios de vía necesarios, calculados de antemano, deberán distribuirse en las cantidades requeridas donde se necesiten. Las planchuelas, placas de vía, clavos, taquees, tornillos, y roldanas pueden llevarse en el tren de trabajo las placas de vía y las planchuelas, transportándose los demás accesorios mediante trenes locales en las cantidades requeridas para un kilómetro y depositándose en las placas kilométricas. Posteriormente se hace la distribución empleando armones de mano, debiendo al mismo tiempo alinearse las placas de vía para su fácil colocación.

Los tornillos de vía y los clavos vienen en cuñetes, debiendo calcularse aproximadamente el número necesario por kilómetro. Las roldanas de presión vienen en cajas, marcándose en el exterior el número de piezas que contienen, pudiendo distribuirse al mismo tiempo que se distribuyen los tornillos.

Las anclas de vía vienen amarradas mediante alambre formando bultos, en número variable de acuerdo con su clase y tamaño, pudiendo distribuirse al mismo tiempo que las placas de vía, de acuerdo con el número que vaya a colocarse por riel. (Las anclas deben aplicarse el mismo día que se tienda el riel para no dar oportunidad de que ocurran deslizamientos en él).

Al distribuir el material es preferible que haya un pequeño sobrante y no un faltante, pudiéndose acarrear este sobrante cada día a la punta del trabajo. El material debe colocarse en el centro del durmiente de la vía en las cantidades necesarias, pues si se coloca en otros lugares puede estorbar los pies de los trabajadores.

9) Tendido de riel.

Para llevar a cabo la operación de cambio de riel, se saca hacia afuera el riel usado a un lado de la vía y luego colocar y conectar los rieles nuevos uno por uno, lo que permite ir dejando la expansión correcta entre el riel y riel a medida que se tiende (fig. 2.16).

Otro, método consiste en hacer las conexiones de grandes tramos de riel nuevo antes de tenderlo, listo para colocarse en lugar del tramo de riel usado cuando éste se quite de su lugar.

Sea cual fuere el método seguido, solamente se cambia una de las cintas a un tiempo, lo que evita confusiones y complicaciones en el trabajo de las cuadrillas, conservando además alineados y nivelados los durmientes al estar una cinta en su lugar y completamente clavada. Esto se hace especialmente necesario en las curvas para mantener los durmientes en su lugar. Además, se tiene la ventaja de tener un riel fijo del cual se toman las medidas de escantillón para clavar el riel nuevo, especialmente cuando se cambia la sección del riel y deben usarse nuevas perforaciones para el claveteo.

Cuando la sección del riel por colocar es mayor que la existente, con la consiguiente diferencia en el peralte, se acostumbra cambiar una cinta durante la mañana, cambiando la cinta opuesta en la tarde a fin de no dejar la vía desnivelada; o bien después de cambiar varios kilómetros por un lado, las cuadrillas regresan a cambiar el lado opuesto. Es esencial que los trenes recorran el tramo a velocidades reducidas, pues por lo general sólo se clavan los durmientes alternados y sólo se colocan los tornillos necesarios para asegurar la vía terminándose el trabajo posteriormente antes del fin de la jornada. Nunca deberá tenderse mayor longitud de rieles en un día de la que pueda dejarse completamente terminada al finalizar la jornada, pues la vía debe quedar en perfectas condiciones de seguridad para el paso de los trenes durante la noche a sus velocidades normales.

En tramos de vía con pendiente ascendente deberá tenderse el riel según la dirección ascendente y en vías a nivel en la dirección del tráfico más intenso, a fin de que los trenes al detenerse y aplicar los frenos no tiendan a que los

nuevos rieles deslicen y cierran las juntas de expansión, así como para evitar tropezones cuando los rieles tengan desigual peralte.

Una vez que esté protegida la vía, se corta una de las cintas de riel en el punto donde deba empezar la renovación. En seguida proceden a extraer los clavos de esta cinta cierto número de trabajadores que irán a unos 4 ó 5 rieles de distancia de los hombres que echan hacia afuera la víbora mediante el empleo de barretas de línea. En seguida se quitan las placas de asiento, cuando las haya, colocándose taquees, que deben llevarse en cubetas, en las perforaciones dejadas por los clavos en los durmientes, insertándolos mediante un pequeño pisón de mano o marro. La siguiente operación consiste en hachazuelar o desbastar los durmientes la anchura suficiente para dar un buen soporte a las placas de vía, colocando creosota o algún otro preservativo en la cara recién cortada del durmiente. Cuando no se usan placas se acostumbra desbastar los durmientes en las curvas a fin de darle a los rieles una ligera inclinación hacia adentro, lo que ayuda a centralizar mejor las cargas sobre el eje del riel. La superficie desbastada debe limpiarse perfectamente con escoba gruesa. Se procede a colocar las placas de vía en su lugar, moviéndose a continuación el riel nuevo a su lugar mediante tenazas, acostumbrándose colocar en su extremo un par de planchuelas sujetas flojamente mediante un tornillo colocado en la perforación delantera. (un riel de 80 lbs., puede ser fácilmente movido por 12 hombres empleando tenazas). Cuando el riel se ha distribuido de tal manera que quede en el lugar exacto donde va a quedar localizado, no se coloca la planchuela de antemano sino hasta que esté puesto en su lugar. Las superficies de contacto entre el riel y la planchuela deben aceitarse antes de su ensamble.

La posición final del riel se ajusta mediante una cuña de dilatación de cierto tamaño de acuerdo con la temperatura del riel en ese instante. Dicha cuña se coloca entre el riel y el riel anterior para dejar la expansión a la separación correcta. Cuando la temperatura pasa de los 42° se colocan los rieles a tope unos contra otros. La temperatura se mide mediante un termómetro cuyo bulbo se pone en contacto con el patín del riel en el lado de la sombra.

Las placas de vía se enderezan a su posición correcta bajo el riel empleando una barreta y un martillo, a fin de que el filete pegue bien contra el patín del riel. Cada junta se conecta mediante un tornillo adicional, apretándose ambos tornillos centrales para proporcionar un buen alineamiento entre un riel y otro.

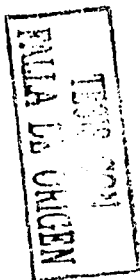
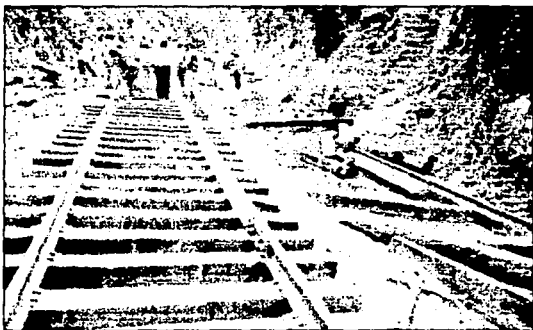


Fig. 2.16. Tendido del riel.

10) Fijación.

El claveteo provisional se lleva a cabo por dos trabajadores ayudados de un tercero que va colocando el escantillón, distribuyéndose así grupos de tres hombres clavando la vía en durmientes alternados por grupos de tres, a fin de evitar confusiones. Un grupo separado de clavadores y trabajadores colocando los tornillos faltantes, así como aplicando las anclas para no dar lugar a que se deslice el riel y se modifiquen las juntas de expansión, sigue atrás para dar el acabado al tendido del riel nuevo, debiendo quitarse entonces las cuñas de dilatación para que se pueda expansionar libremente el riel.

Al aplicarse los tornillos faltantes deben apretarse perfectamente los tornillos centrales primero. Luego se golpea con un martillo de vía la parte inferior de la planchuela, a fin de que ésta pegue bien contra el riel, y se aprietan los tornillos restantes. Se vuelve a golpear la base de las planchuelas y se aprieta nuevamente. En esta forma se logra un perfecto contacto entre las superficies del riel y la planchuela y se evitan los esfuerzos de torsión que puede sufrir este accesorio cuando se coloque incorrectamente.

Los clavos deben centrarse bien en la perforación de la placa y asentarse verticalmente, manteniéndose pegados al patín del riel. Nunca deben clavarse inclinados o doblarse posteriormente contra el riel, pues se tendría como resultado una vía defectuosa posteriormente. Los clavos exteriores deben colocarse unos frente a otros, al igual que los interiores, estando los primeros cuatrapeados respecto a los segundos. Así se reduce la tendencia de los clavos a rajar el durmiente.

En las vías en tangente se acostumbra clavar los rieles de la forma mencionada y solamente en las curvas se aumenta un clavo más de acuerdo con varios factores entre los que se cuentan: la dureza de la madera del durmiente, el grado de curvatura, la longitud de la base rígida de las locomotoras que corran en el tramo, la estabilidad del lecho de la vía, la velocidad de los trenes, etc. Siempre que se usen tres clavos por placa de vía deberán colocarse dos clavos en la parte interior y uno en el exterior por tener más poder de sujeción los primeros que los segundos.

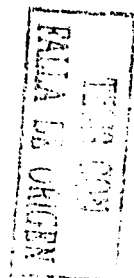
Las vías en tangente deben clavarse a escantillón exacto. La tendencia moderna consiste en cerrar ligeramente el escantillón (hasta 1/8") al hacer renovación de rieles en vías de tráfico de altas velocidades, lo que reduce los costos de conservación al disminuirse los esfuerzos laterales contra los rieles. Además, con el desgaste, el escantillón será normal en poco tiempo.

Se procede a sujetar los rieles colocando de 4 a 6 clavos por durmiente según sea el caso, esta operación se lleva a cabo para evitar que los rieles cabeceen se evitara colocar clavos zancos ya que en esos puntos puede cabecear el riel y la caja de la rueda de los trenes pueda no hacer contacto con la banda de rodamiento y pudiese provocar algún accidente. Se colocan además las anclas para riel para evitar los movimientos del riel en la parte que no esta sustentado sobre los durmientes (fig. 2.17).

El número de anclas se colocaran según lo designe el Ingeniero residente.



Fig. 2.17. Fijación del riel en el durmiente.



11) Soldadura de rieles en puentes túneles y cruceros.

En aquéllos lugares donde la conservación de la vía se hace difícil, por ejemplo dentro de los túneles, y en aquellos donde se obtengan ventajas teniendo una continuidad uniforme del riel. Como en los puentes donde es de desearse que los impactos producidos al paso de los trenes se reduzcan, formando cintas ininterrumpidas de riel de uno a otro extremo de la estructura. Esto se logra soldando a tope unos con otros los rieles.

Las pruebas efectuadas en este sentido han demostrado que los tramos de riel soldado, aun cuando sean de longitudes muy grandes, mantienen su línea y nivel tan bien como los rieles con longitudes ordinarias con las ventajas adicionales de evitarse la nivelación frecuente bajo las juntas.

Debe tenerse en cuenta que la conservación de las juntas representa más de la mitad de la conservación del resto de la vía. La expansión longitudinal, que podría ser una objeción a tener grandes longitudes en los rieles se ha encontrado que no es excesiva como podría esperarse, lo que ha venido a demostrar que cuando los rieles no tienen libertad de su expansión longitudinal por la resistencia al movimiento en este sentido, se dilatan transversalmente.

Para la soldadura de estos rieles deben emplearse procedimientos de presión thermit. El patín y el alma de el riel se queman hasta aproximadamente $\frac{1}{4}$ " de el extremo, debiendo calentarse previamente los rieles mediante un equipo portátil de aceite ó petróleo de alta temperatura y a continuación se aplica la soldadura thermit, permitiéndose que el metal fluya dentro del espacio cortado en el patín y el alma. El calor intenso desarrollado funde el hongo, y por medio de abrazaderas de presión se juntan con fuerza ambos rieles, resultando una soldadura de alta calidad en el material original del hongo. Posteriormente se esmerila perfectamente la antigua junta.

12) Suministro de balasto.

La vía se encuentra totalmente armada y en su posición definitiva, al igual que su correspondiente juego de cambio y debido a que el balasto será proporcionado por ferrocarriles, este será enviado al lugar de la obra mediante tolvas balasteras, este equipo es especial para estos trabajos y consiste en una unidad de 40 m³., de capacidad con descarga a través de compuertas inferiores controladas por un volante o cable y operadas por un reparador de vía, quien manipulará su abertura.

Para realizar lo anterior se requiere de un tren de trabajo que a velocidad restringida transitará sobre la vía vacía, realizando la primer descarga de material que cubrirá la vía hasta el nivel del hongo del riel, para lograr este objetivo, el trabajador encargado de controlar las compuertas, colocará dos durmientes que funcionaran como rastras sobre los rieles y pegados al frente de las ruedas del TRUK trasero o posterior de la tolva con respecto al movimiento del tren, a fin de enrasar el balasto descargado y evitar que un exceso de material en un momento dado pueda descarrilar el equipo.

Se deja el tramo balastado después de haber llevado acabo el tendido de la vía.

13) Nivelación y alineamiento de la vía.

Aún cuando en trabajos de rehabilitación se acostumbra alinear la vía como parte de las operaciones de la nivelación, se facilita bastante alinear las curvas cuando la vía está vacía.

En muchos lugares se puede corregir el alineamiento reduciendo la curvatura, realineando las curvas e introduciéndoles espirales o curvas de transición cuando carezcan de ellas.

De acuerdo con el estacado, habrá necesidad de desalojar la curva ya sea hacia adentro o hacia afuera en distintos lugares de ella y estando vacía la vía esto permite que se ajuste en el sentido longitudinal a medida que se ejecutan los desalojamientos, sobre todo si estos son de cierta cuantía.

Si los desalojamientos son de consideración, se empieza a alinear en la parte central de la curva y llevándolos a cabo lo más que sea posible hasta ponerlos en coincidencia con las estacas. En seguida se llevan a cabo los desalojamientos cercanos hacia el exterior, aflojando así las uniones y equilibrando los espaciamentos lo suficiente para permitir llevar a cabo los desalojamientos adicionales hacia el interior. Este proceso alternativo se repite hasta haber alineado aproximadamente la curva en su nueva posición.

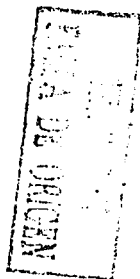


Fig.2.18. Nivelación y alineamiento de la vía.

Se realiza la nivelación y alineamiento de la vía quitando los puntos bajos y los codos en la sección de la vía que se encuentre golpeada (fig. 2.18).

Cuando haya estacas centrales en las tangentes, el mayordomo deberá eliminar primero los codos grandes con su visual a lo largo de el riel de línea, debiéndose hacer esto temprano en la mañana por estar más clara la atmósfera y tener mejor visibilidad, con la cuadrilla lo más alejada posible que permita el entendimiento de sus señales. Posteriormente, con la cuadrilla a unos 3 ó 4 rieles de distancia, corrige los codos pequeños.

El mayordomo puede ayudarse grandemente con el empleo de un pequeño telescopio que monte sobre el riel. Estos aparatos son semejantes a los tránsito de ingeniería, pero carecen de los círculos graduados. Debe dotarse de uno de estos aparatos al jefe de vía para que él a su vez lo proporcione a los cabos alineadores. El centro del aparato debe coincidir con el extremo de escantillón del riel de alineamiento. Su empleo permite alineamientos rápidos y exactos de una sola vez. Para alinear, la cuadrilla debe distribuirse por mitades en cada riel. El trabajador que transmite las órdenes se coloca en el riel de línea y recibe las señales del mayordomo. Al llegar a los extremos de las tangentes el mayordomo debe tener la precaución de no prolongar el P.C., dentro de la curva.

El procedimiento más exacto para nivelar es aquel en el cual se utiliza el nivel de vía y la niveleta. Esta última, al igual que el nivel de vía se comprobará si funciona correctamente antes de utilizarse, por lo cual se revisará si la altura de los bloques y la varilla que sirve para fijar la misma cada vez que se cambia la niveleta.

Al utilizarse la niveleta primero se determinarán los puntos altos y bajos y la nivelación comenzará a partir del lugar en que la vía se encuentre con el nivel correcto; se visará el bloque de mira y la niveleta 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 recordar que en cualquier tipo de trabajo, 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 en la entrada de las curvas que no tengan espirales, o donde parte del remate de la sobre elevación debe estar en la tangente.

En todo trabajo de nivelación los gatos de vía se deberán usar por pares y su separación y cantidad dependerán de el calibre del riel o levante por efectuarse, así como también de la clase de balasto que se tenga en el lugar.

Una vez que la vía ha sido nivelada, se logrará 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.

14) Limpieza de cunetas.

El trabajo del personal de vía no está necesariamente confinado dentro del terreno del Derecho de Vía. Siendo el principal tema de defensa de la vía su protección contra la acción del agua, se hace necesario que las cuadrillas salgan fuera de dicho límite para limpiar obstrucciones de pequeños arroyos, cunetas de protección y contracunetas. Esto se hace sobre todo necesario antes de el advenimiento de las lluvias.

Durante las épocas de reblandecimiento del terreno debido a las lluvias debe tenerse especial vigilancia en los taludes de los cortes para descubrir a tiempo la más pequeña señal de un desprendimiento de material que esté a punto de caer sobre la vía, las operaciones de limpia de cunetas para cortes de poca altura pueden llevarse a cabo mediante cuadrillas trabajando a mano.

El material deberá ser vaciado de tal forma que no vuelva a depositarse en el corte.

El material removido de las cunetas nunca deberá depositarse en el talud adyacente. Cuando se vacía este material en los terraplenes, deberá quedar siempre a un nivel inferior al lecho del balasto.

Al desazolvar las contracunetas existentes o construir nuevas el material excavado deberá depositarse al lado de la zanja hacia el corte.

Es imprescindible llevar a cabo la exhaustiva limpieza de las cunetas ya que durante la realización de este tipo de trabajos las cunetas se azolvan de materiales excedentes como balasto, materiales constitutivos de las terracerías, basura etc., teniéndose la debida precaución de que estén siempre libres de materiales ajenos que impidan el libre escurrimiento de las aguas pluviales.

15) Desyerbe de los terraplenes.

El crecimiento de la vegetación a lo largo del derecho de vía y cerca de ella da muy mal aspecto, obstrucción el drenaje, es una fuente de incendios e impide la visibilidad. Las yerbas de menor tamaño pueden ser eliminadas mediante la pala y el pico lo que constituye propiamente la operación de desyerbe, las yerbas de tamaño mediano se eliminan mediante machetes, a lo que se denomina chapoleo, y a las mayores mediante el hacha, lo que constituye propiamente el desmonte.

3. VÍA ELÁSTICA.

3.1 USO E IMPORTANCIA DE LA VÍA ELÁSTICA EN MÉXICO.

Durante la década de los sesenta y hasta nuestros días el uso de la vía del tipo elástica se ha desarrollado de manera paulatina, esto a traído consigo el implemento de nuevas técnicas para llevar a cabo la rehabilitación de las vías férreas utilizando diferentes calibres de rieles mas grandes con el uso de durmientes madera y de concreto, y de otros tipos de fijación del riel al durmiente que le da a la vía un aspecto diferente al tradicional con características de vías modernizadas.

La acción dinámica de los trenes sobre cualquier tipo de vía sólo ha podido analizarse mediante estudios muy cuidadosos con instrumentos que sólo la técnica moderna provee, entre los cuales destacan los dispositivos piezoeléctricos conectados a osilográfos catódicos que representan, con mucha facilidad y en forma de gráfica las variaciones de esfuerzos y deformaciones reales del riel, del durmiente y del balasto.

Un análisis de los diagramas obtenidos muestra que la variación de frecuencias excitadas por el paso de trenes se extiende hasta valores de 1000 ciclos por segundo, con muy pequeña amplitud pero con aceleraciones hasta de 100 veces la aceleración de la gravedad. Las variaciones de la parte inferior del espectro, es decir, las de pequeña frecuencia y mucha mayor amplitud, producen esfuerzos alternados que los materiales afectados deben resistir, pero no producen cambios básicos en la estructura íntima de dichos materiales ni transforman seriamente los conjuntos de piezas ajustadas por medio de tuercas, rondanas a presión considerable, como en el caso de las planchuelas y desorganizan el acomodo del balasto.

Estos efectos han sido constatados, en el laboratorio, con el uso del vívrogorio, aunque actúa imponiendo fuerzas oscilantes en 50 ciclos por segundo, provoca frecuencias propias del sistema probado con un efecto comparable al observado en la realidad.

Este aparato es, por consiguiente, adecuado para experimentar en diferentes tipos de vía, produciendo en poco tiempo efectos que en forma natural se

producen en varios años. Las frecuencias bajas de amplitud considerable no producen envejecimiento, se transmiten al subsuelo y actúan sobre el dispositivo de suspensión del equipo rodante. En cambio, la gama de frecuencias más altas, puede ser absorbida con elementos de sujeción adecuados, disminuyendo considerablemente los fenómenos de envejecimiento, de desajuste y de transmisión de ruidos al material rodante.

Con base en los resultados indicados, la superestructura de la vía férrea ha sido estudiada con mayor cuidado y se han ideado sistemas capaces de amortiguar rápidamente el rango más indeseable de frecuencias sin perder de vista el factor económico.

La vía elástica fue creada en Francia para responder a las exigencias crecientes de velocidad, seguridad y comodidad. Su concepción tuvo como meta resolver el problema dinámico antes expuesto, y además, proporcionar una sujeción estable, económica y de fácil conservación. Se aplica tanto en durmientes de madera como en durmientes de concreto hidráulico. El elemento amortiguador está formado por una suela elástica de 4.5 mm., de espesor que se coloca entre el riel y el durmiente. Este material presenta características de deformación apropiadas para disipar rápidamente la energía de las vibraciones de alta frecuencia. Para facilitar la deformación vertical la suela está acomodada según un diseño que experimentalmente se encontró ventajoso. Estas canales permiten al material la deformación lateral que se asocia a toda deformación vertical.

El riel se ancla al durmiente al que queda sujeto con una fuerza prácticamente constante, por medio de una grapa y un perno especial en el caso de durmientes de concreto hidráulico o por medio de un conjunto de muelle y tirafondo en el caso de los durmientes de madera.

Así al incrementarse la carga sobre el riel, la suela sufre una compresión no lineal, pero la muelle sigue al riel en su pequeño asentamiento conservando su presión. Al disminuir la carga y anularse finalmente la suela vuelve a su posición inicial pero siguiendo otro trayecto en la gráfica esfuerzo-deformación representa la energía disipada en cada ciclo. La muelle, a su vez y en el intervalo de deformación trabaja con apoyo en el punto interior (primer contacto) al contraerse la suela y en el punto exterior (segundo contacto), cuando dicha suela trata de extenderse más arriba de su posición de reposo. Este doble contacto también favorece el amortiguamiento de las vibraciones de frecuencia elevada.

Las muelles son de acero especial al cromo-manganeso, tratados térmicamente; Los demás elementos son de acero al carbón, de grado estructural.

Sujeto este sistema a la prueba con el vivogorio, medidas las oscilaciones y calculadas sus componentes y sus respectivas amplitudes y aceleraciones, se observa una disminución en estas últimas de 50% a 60% en sus valores máximos y un amortiguamiento mucho más rápido que en el caso de las sujeciones rígidas.

Aunque cada elemento de los descritos es más costoso que en el de la vía clavada convencional, el costo del conjunto es prácticamente igual, pues no hay necesidad de usar placa metálica sino en curvas fuertes, eliminándose también el uso de las anclas especiales.

3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Principalmente la vía elástica presenta a diferencia de la vía clásica diferente calibre de riel, tipo de junta, fijación, durmientes de concreto, acero y madera dependiendo de la zona en donde se requiera el material de los durmientes.

El tipo de riel se conoce como L.R.S. (largos tramos de riel soldado continuo), fijado convenientemente a durmientes de concreto o madera entallada, mediante un sistema adecuado de fijación doblemente elástica, que evita el desplazamiento y flexión de los rieles, amortiguando sus vibraciones e impactos al paso de trenes.

La vía tipo elástica se compone principalmente de los siguientes elementos:

- a).- Riel con longitudes promedio de 35.66 mts., a 250 mts., o más.
- b).- Soldadura de riel, que puede ser. A tope realizada en planta ó en campo, mediante la aplicación de aluminotérmica o plantas móviles instaladas en el interior de un trailer denominado en Ferrocarriles Soldadura Holland.
- c).- Fijación elástica riel-durmiente. Este tipo de vía tiene la característica especial de estar integrada por elementos elásticos de fijación es decir, cuenta con placas de hule acanalado colocadas entre el patín del riel y el durmiente, esto con la finalidad de absorber las vibraciones, mientras que por medio de grapillas o grapas elásticas construidas de acero al cromo-manganeso y los pernos de anclaje o tornillos "Tirafondo", se fija riel y durmiente firmemente, pero permitiendo los movimientos elásticos del mismo, al tiempo de que se amortiguan los efectos vibratorios, es por ello que se denomina FIJACIÓN O SUJECIÓN DOBLEMENTE ELÁSTICA.
- d).- Durmiente. Que puede ser de madera entallada o concreto prefabricado.

e).- Balasto. Balasto de piedra triturada. Surge de piedra que ha sido quebrada en fragmentos pequeños que proceden de rocas pesadas y duras sin huecos ni grietas, como lo son el basalto y la piedra caliza, estos se fraccionan a los tamaños especificados por medio de quebradoras de quijada o rotatorias que reciban el material al nivel del terreno y por medio de bandas elevan el material triturado a las cribas de clasificación que se encuentran localizadas en el piso superior. Los diversos tamaños de piedra triturada caerán por gravedad a los depósitos de almacenamiento o directamente a las góndolas del ferrocarril.

Una particularidad a favor del balasto de piedra triturada es que sus aristas filosas, obtenidas por la fragmentación sujetan al durmiente y a la vez ayudan a que las piedras se acúñen entre sí, manteniendo alineada y nivelada la vía, además evita que la hierba crezca entre los durmientes.

Escoria o grasa de fundición: Es el nombre que se le da a los desperdicios o residuos obtenidos durante el proceso de fundición de minerales. El producto obtenido se saca de los hornos formando grandes volúmenes, mismos que se enfrían hasta que se endurecen y adquieren la dureza de una piedra, obteniéndose así la escoria gruesa. De esta se obtiene el balasto tras un proceso de trituración y cribado semejante a el usado en piedras, alcanzándose los tamaños especificados.

Existe otro tipo de escoria que al enfriarse produce partículas más pequeñas que se denominan escoria granulada.

El tamaño del balasto obtenido ya sea piedra triturada o grasa de fundición deberá de estar comprendida entre los límites $\frac{3}{4}$ " (1.90cm.) mínimo y 2 1/2" (6.35 cm.) máxima.

3.2.1. Rieles tipo L.R.S.

Este tipo de riel se obtiene soldado en planta soldadora de riel o en campo para lograr grandes longitudes de riel L.R.S.

3.2.1.1. Soldadura a presión eléctrica.

Los rieles nuevos, o los usados con puntas recortadas y desvanecidos, se limpian mecánicamente y se les hace pasar por línea de producción en serie a una máquina que precalienta y solda por fusión eléctrica y una presión simultánea de 50 toneladas.

La soldadura pasa a recortarse y esmerilarse para finalizar la inspección magnética detectora de posibles defectos y termina el proceso colocando los rieles soldados sobre las plataformas del tren de trabajo.

La corriente industrial (o la generada en planta portátil) precisan transformarse para alta intensidad de 50,000 amps., por 5 volts de presión que al aproximarse los rieles, los calientan y hacen chisporrotear el metal al grado de fusión que se termina al tiempo de aplicar la presión del choque de 50 toneladas entre ambas cabezas de rieles.

El consumo por soldadura es de 4kw hora y la mano de obra es mínima aunque altamente especializada, produciéndose costos mínimos para gran producción.

3.2.1.2. Soldadura aluminio-térmica.

El origen de este método se debe a la química metalúrgica alemana y actualmente se usa extensamente con ligeras variantes según el proceso alemán (Thermit) y el francés (Boutet) con buenos resultados para ambas patentes, con un porcentaje de fallas no mayor de 2 al millar cuando se dispone de personal muy experimentado. El óxido de hierro y el aluminio, reaccionan produciendo calor (2000°C) cuando fusionan químicamente activados por un catalizador explosivo.

Los rieles se limpian, se alinean y nivelan y se les separa entre 15 y 18 mm., fijándolos sólidamente antes de precalentarlos durante 5 minutos con quemadores hasta dejar los extremos al rojo cereza claro (1000°C).

El precalentado rápido utiliza sopletes de oxígeno-gasolina y el método lento requiere 8 min., y usa propano y aire.

El molde donde se ejecuta la fusión del acero (aluminotérmica) es un crisol metálico que se coloca sobre la junta de rieles y se rodea con material arenoso refractario para forrar el perfil del riel o se emplean moldes prefabricados según el proceso thermit.

Los metales de hierro y aluminio, se vierten a granel, de las porciones cuantificadas y dosificadas por el fabricante, para cada calibre de riel y para cada contenido de carbón en el acero del mismo; el material para soldadura viene mezclado y empacado en bolsas de poliéster, de modo de solo precisar tapar el fondo del crisol, introducir el material de soldadura y colocar una pólvora especial (catalizador), tapar el pequeño alto horno en miniatura y encender con flama, para provocar un volcán de acero que a su tiempo de calma se destapa el tapón del fondo y fluye la fundición entre los rieles, dejando la escoria alrededor y el buen acero en el perfil soldado.

Antes de enfriar, con un marro, tajadera y cincel se recorta la escoria excedente alrededor de la junta y al enfriarse se procede a forjar y al esmerilado en serie, para terminar con el pulido del hongo del riel y la inspección visual y con detector manual, de los resultados.

Afortunadamente, las escasas fallas, ocurren al paso de los primeros trenes que deben correr a velocidad reducida durante un periodo inicial.

Más tarde, las fallas pueden ocurrir en cualquier otro sitio excepto en la soldadura de rieles que es igual o mejor que el mismo riel.

Los laboratorios de ferrocarriles detectan periódicamente al producto aluminotérmico con cargas vibradas de 35 ton., miles de millones de veces con tramos de riel con claro de más de 2 durmientes.

Los tramos de vía prefabricada de uno de dos rieles, tienen juntas apareadas y el destercie en el campo resulta labor evidente a cargo de aluminotérmica.

3.2.1.3. Ejecución de soldaduras.

Al soldar los rieles largos en las vías, estas se realizarán al mismo tiempo en los dos hilos y si es posible a una temperatura a la cual se efectúen las soldaduras este entre 10°C, y 30°C., pudiendo incluso descender hasta 0°C, con la obligación en este caso, de realizar una liberación provisional y si es posible definitiva antes de que la temperatura del riel sobrepase en 30°C, la temperatura media a que se efectuaran las soldaduras.

La soldadura de los rieles por el procedimiento aluminotérmico exige efectuar diversas operaciones que es posible agrupar en fases perfectamente diferenciadas, las que a continuación enumeramos según el orden de ejecución.

- A) Presentación de los rieles.**
- B) Moldeado.**
- C) Precalentamiento.**
- D) Colada.**
- E) Desbaste.**
- F) Acabado.**

A) Presentación de los rieles.

Antes de colocar el molde, los rieles han de ser cuidadosamente presentados uno frente al otro. Unas sencillas normas regulan su alineación en planta y elevación y la separación que debe existir entre ellos.

Alineación en planta.- Los extremos de ambos rieles se alinearán en planta tan correctamente como sea posible. Aplicada una regla metálica de 1m., contra la superficie lateral del hongo de ambos rieles, de forma que el centro de la regla coincida con el plano medio de la junta, la flecha ha de ser nula.

Alineación en elevación.- Las superficies extremas de los rieles que limitan la separación, han de ser verticales y paralelas. La falta de paralelismo o verticalidad dan lugar a una soldadura defectuosa.

Las superficies de rodamiento de ambos rieles formarán un ángulo, tal que aplicadas sobre ellas, una regla metálica de 1m., de forma que el centro de la regla coincida con el plano medio de la junta, la flecha sea de 1.5 mm. Este levante es necesario para compensar el descenso producido, a la vez por la contracción de la soldadura y lo necesario para el desbaste vertical al pulir la soldadura.

Separación.- Entre los extremos de los rieles concurrentes en la junta debe mediar un espacio "separación", de espesor 13 ± 18 mm., (dependiendo del calibre de los rieles).

Forma de alinear.- Para alinear se utilizan cuatro cuñas de madera y una regla metálica de 1m. Las cuñas se introducen a golpe de martillo entre el patín del riel y el durmiente.

Sobre el que descansa. Con auxilio de la regla se comprueba si la alineación es correcta.

Forma de regular la separación.- Para lograr que entre los extremos de los rieles exista la separación conveniente, se puede recurrir a:

- 1.- Hacer deslizar longitudinalmente uno de ellos.
- 2.- Cortar un trozo pequeño.

Observaciones.

- El corte de trozos pequeños se efectuará con auxilio de una sierra mecánica o de un soplete oxiacetilénico. Este último sistema de corte es el usualmente empleado, pues el procedimiento aluminotérmico permite realizar excelentes soldaduras con soplete. En este caso y con objeto de asegurar la verticalidad del corte se recomienda el empleo de una guía.

- Los extremos de los rieles que van a ser soldados deben limpiarse con auxilio de un cepillo metálico para eliminar todo rastro de óxido o suciedad. En particular se recomienda un enérgico picado y cepillado en aquellos extremos que fueron cortados con soplete.
- Cuando se suelda en vía es necesario aflojar las fijaciones de varios durmientes para lograr una buena alineación.

Si existe una separación mayor de 18mm., no debe recurrirse a suplementar la carga.

B) Moldeado.

Al tratarse de una soldadura por fusión es necesario moldear la zona de la soldadura. El molde se hace de arena y se compone de dos piezas idénticas, simétricamente dispuestas respecto al plano longitudinal de simetría del riel. Actualmente se utilizan dos tipos de moldes: El molde verde y el molde prefabricado.

Molde verde(fresco).- Se denomina así el molde confeccionado en obra con arena ligeramente húmeda.

La arena sílica y arcilla refractaria; su composición aproximada es la siguiente:

Arena sílica 83%, y 17% de arcilla refractaria. Para darle a la arena la plasticidad necesaria se le añade agua, aproximadamente un 6%.

Molde prefabricado.- Se designa con este nombre el molde de consistencia dura, que fabricado en serie en un taller central, se envía debidamente embalado al lugar de empleo. En su fabricación se utiliza arena sílica, silicato de sosa y óxido de hierro.

Fabricación del molde verde (fresco).- Cada una de las dos mitades del molde se obtiene por apisonado de la arena en el interior de un armazón metálico, denominado "carcaza", contra un modelo que reproduce el perfil del riel y el resalto de la soldadura.

El apisonado de la arena se realiza a mano con ayuda de una varilla de acero terminada en un pie de cabra.

Colocación del molde.- Una prensa de brazos móviles independientes permite a un sólo hombre acoplar a la junta las dos mitades del molde: Una vez acopladas se presionan y se procede a retacar con arena húmeda la zona de unión de ambas mitades y la de cada una con el riel, de forma que el molde quede perfectamente ajustado y sellado.

El molde está correctamente colocado cuando su plano transversal de simetría coincide con el plano medio de ambos rieles.

Los dos brazos móviles de la prensa se insertan en un cuerpo central que queda amordazando al riel y sirve de soporte base al portasoplete y al portacrisol. Un calibrador adecuado permite emplazar el cuerpo central a distancia conveniente de el espacio entre rieles para que los brazos móviles presionen en el centro de los moldes.

Observaciones.

- La arena empleada en la fabricación de moldes verdes o frescos, no debe estar ni demasiado seca ni excesivamente húmeda.

Un molde hecho con arena demasiado seca se rompe fácilmente al colocarlo o se disgrega durante el precalentamiento. Por el contrario, un exceso de humedad dificulta su separación del modelo e impide el secado total del molde durante el caldeo previo. La falta de secado da lugar a la aparición de una especie de picado alrededor de la zona fundida.

- Para ver si la arena posee el grado conveniente de humedad se aprieta un puñado con la mano; al abrir de nuevo la mano la arena debe quedar formando un bloque compacto sin disgregarse ni quedar adherida entre los dedos.
- Antes de colocar debe comprobarse la ausencia de cualquier obstrucción parcial o total en los orificios de colada y de evacuación de gases.

C) Precalentamiento.

Una vez colocado el molde y antes de efectuar la colada los extremos de los rieles, cuya soldadura se va a efectuar, se calientan hasta lograr que su temperatura sea de 900°C. (rojo cereza claro). El precalentamiento tiene una doble finalidad.

- Apuntar un número inicial de calorías que facilite la fusión del riel al entrar en contacto con el metal de aportación.
- Secar el molde cuando se emplean moldes verdes o frescos.

Forma de realizar el precalentamiento.- Se lleva a cabo por convección, quemando en el interior de una cámara formada por las superficies extremas de los rieles y la interior del molde una mezcla íntima de aire a baja presión y combustible. La mezcla aire-combustible se logra en el interior de un quemador que la inyecta por la parte superior del molde en la cámara de combustión.

Colocación y encendido del quemador.- Durante el precalentamiento, el quemador descansa sobre un soporte acoplado al cuerpo central de la prensa que sostiene el molde. Un sistema de tornillos de aproximación le permite pequeños desplazamientos en sentido longitudinal o transversal. El quemador debe quedar perfectamente centrado respecto al plano de simetría

del riel y el plano medio del espacio entre rieles, su altura sobre la superficie de rodadura es variable. Para cada tipo de molde. El mal emplazamiento del quemador sobre el molde descentra la inyección e influye perjudicialmente en la duración y regularidad del precalentamiento.

Iniciada la inyección se procede al encendido de la mezcla.

Combustible.- Ordinariamente se emplea como combustible petróleo o propano.

El petróleo se mantiene a baja presión en un depósito que comunica con el calderín del compresor.

El propano se recibe en botellas.

Presiones:

Propano. ----- 0,5 kg/cm²

Oxígeno. ----- 5.0 kg/cm².

Tabla 3.1

(Tabla comparativa. Para soldadura aluminotérmica de rieles:)

Calibre del riel. Lbs/yda.	Separación entre los rieles. en mm.	Altura del soplete en mm.		Tiempo de precalentamiento en min.
		Mín.	Máx.	
70	14	30	32	4
75	14	30	31	4
80	14	28	30	4
85	14	28	30	4
90	15	28		41/2
100	16	27	28	5
112	17	26	27	51/2
115	17	25	26	61/2

Regularidad en el precalentamiento.- Para lograr que la fusión del riel al entrar en contacto con el metal de aportación, se realice de manera uniforme en toda la sección, se ha estudiado la forma del molde y del resalto y la disposición de los bebederos y orificios de evacuación de gases. Sin embargo, es la regularidad del precalentamiento la que, al lograr una temperatura uniforme en toda la sección del riel, marca una influencia decisiva en ella.

Para conseguir esta regularidad es necesario:

- Tener entre los extremos de los rieles una separación de 13 mm. < "a" <= 18mm.
- Colocar los moldes perfectamente centrados respecto al plano medio de la separación, un centrado defectuoso produce irregularidades en el precalentamiento y alarga su duración.
- Situar el quemador sobre el molde en la forma indicada.

Observaciones.

- Unos segundos antes de acabar el precalentamiento debe comprobarse que el molde continua sellado, la aparición de llamas en la superficie exterior del molde, en especial a través de las juntas de unión, denota la existencia de una futura fuga.
- La altura a que debe situarse el quemador sobre la superficie de rodamiento del riel es variable para cada tipo de riel y clase de molde.
- Cuando la mezcla se inyecta a una presión superior a la establecida, la arena que constituye el molde se desintegra y es expulsada en forma de granos incandescentes a través de los bebederos y orificios de evacuación de gases.

La obstrucción de alguno de ellos puede dar lugar a una soldadura defectuosa.

D) Colada.

Cuando los extremos de los rieles se hallan a una temperatura de 900°C., se vierte en el molde el metal fundido en estado líquido. Esta operación se lleva acabo sangrando a través de un agujero, situado en el fondo, del crisol cónico, en cuyo interior ha tenido lugar la reacción entre el óxido de hierro y el aluminio. El metal que fluye por el agujero penetra en el molde a una temperatura aproximada de 2000°C, llenando los espacios vacíos de su interior hasta un nivel situado por encima de la superficie de rodamiento del riel. La elevada temperatura a que se encuentra el metal, provoca la fusión de los extremos de los rieles y da lugar a la soldadura.

El crisol, su centrado y carga.

El crisol cónico utilizado consta de una envoltura de chapa de acero revestida de un forro interior de material refractario.

En el fondo del crisol existe una pieza intercambiable (boquilla) de magnesita, perforada longitudinalmente, a través de la cual se efectúa la colada. El aislamiento térmico de la válvula se logra con unos discos de magnesita en polvo, así como una pequeña porción de arena refractaria para cubrir el disco de amianto y el clavo.

El crisol se coloca sobre un soporte capaz de girar alrededor de un vástago vertical unido al cuerpo central de la prensa de sujeción del molde. Antes de verter la carga en el crisol conviene centrarlo, de forma que al girarlo, el agujero quede sobre el bebedero del molde.

Hecho esto, se coloca la válvula de cierre y se vierte dentro del crisol la carga de soldadura y una pequeña cantidad de mezcla de ignición, o alumineta para su encendido.

Reacción.- Una vez que los extremos de los rieles han alcanzado la temperatura de 900°C, se retira el quemador y se procede al encendido de la mezcla de ignición. Esta mezcla está constituida por peróxido de bario, aluminio y magnesia y al arder desarrolla una elevada temperatura que provoca la reacción en cadena entre el óxido de hierro y el aluminio. La reacción de la carga suele durar de 20 a 25 segundos, pudiendo considerarse como terminada cuando se aprecia una disminución en la humareda y cesan las vibraciones del crisol.

Decantación.- Terminada la reacción y antes de efectuar la colada debe dejarse reposar el crisol unos 10 segundos, con objeto de lograr una total separación entre el acero líquido y la escoria. Este intervalo de tiempo unido al de reacción permite que la temperatura de los rieles se iguale en toda la sección.

Sangrado del crisol.- Transcurrido el tiempo de decantación se impulsa al interior del crisol, mediante un ligero golpe aplicado en el vástago con una varilla, la válvula de cierre, iniciándose la colada.

Lo primero que fluye es el metal el cual penetra por el bebedero y asciende por el interior del molde hasta un nivel situado a 10 ó 20 mm. Por encima de la superficie de rodamiento del riel. Una vez que se ha colado todo el metal continúa fluyendo la escoria, la cual queda cubriéndolo hasta llenar por completo el molde.

Enfriamiento.- Finalizando la colada, se retira el crisol y la prensa de sujeción, dejando enfriar el molde de 3 a 4 minutos antes de efectuar cualquier otra manipulación.

Observaciones.

- El crisol debe estar bien seco. Al emplearse el crisol por primera vez se aconseja introducir en su interior la escoria de un par de soldaduras antes de utilizarlos. La elevada temperatura de aquélla elimina la posible humedad.
- Las cargas o porciones deben conservarse en sitio seco aisladas de la humedad del suelo o de las paredes.

Antes de depositar en el crisol la carga o porción, debe removerse con la mano en la bolsa que lo contiene.

- El crisol debe colocarse lo más bajo posible.
- Las soldaduras defectuosas se deben generalmente a un precalentado deficiente o a una colada prematura.
- Finalizada la colada se debe perforar el agujero del crisol rápidamente, para evitar que la escoria que lo obstruye lo inutilice al solidificarse.

E) Desbaste.

Tres o cuatro minutos son suficientes para que el metal vertido en el molde solidifique. Transcurrido este tiempo se desprenden las carcazas y se deshace el molde cortándose en caliente el metal sobrante en el hongo del riel.

Retirada de las carcazas.- Unos ligeros golpes en la parte superior de las carcazas permite desprenderlas con facilidad. Después de separar la escoria que quedó llenando la cubeta del molde dejando al descubierto el resalto y los rebosaderos.

Eliminación de rebabas.- El material sobrante en el hongo del riel se corta con cortafrio y marro o con cincel neumático; previamente se limpia con un cepillo metálico de todo resto de arena.

Los rebosaderos se marcan con el instrumento de corte en su unión con el reborde del patin; una vez fríos basta darles un ligero golpe para que se desprendan.

Observaciones.

- Es muy importante no iniciar manipulación alguna con el molde o carcazas antes de la solidificación del metal. Un intervalo de tres o cuatro minutos a partir del final de la colada suele ser suficiente para que aquélla se lleve a cabo.
- Para cortar el material sobrante del hongo del riel es aconsejable proceder en el siguiente orden:
 - a) Material situado sobre la superficie de rodamiento.
 - b) El material sobrante en las superficies laterales del hongo.
- Guiar la herramienta de corte de forma que no se dañe el futuro perfil del riel es una operación que requiere la máxima atención.
- Al final de la operación de corte el soldador debe comprobar a ojo la correcta alineación de la junta soldada.

F) Acabado.

Cuando la soldadura está fría se arrancan los rebosaderos dándoles un ligero golpe, se limpia el resalto de la arena que le quedó adherida al deshacer el molde y finalmente se rehace por esmerilado el perfil del hongo del riel en la zona afectada por la soldadura.

Picado y limpieza del reborde.- El reborde debe limpiarse cuidadosamente de todo rastro de arena de forma que pueda inspeccionarse con facilidad el aspecto externo de la soldadura.

Para realizar la limpieza se comienza por picar con un martillo la arena adherida terminando con un enérgico raspado con cepillo metálico de mano.

Esmerilado.- Con objeto de evitar cualquier clase de impacto al pasar las ruedas de los trenes por la zona soldada, se rehace el perfil del hongo del riel por esmerilado, de tal forma que la superficie de rodamiento y la cara lateral interna del hongo del riel no presenten en la zona soldada discontinuidad respecto al resto del riel.

Aspecto exterior de las soldadura.

Finalmente, en los trabajos de acabado no debe aparecer en la soldadura:

- a) Ningún defecto ni porosidad en la zona de unión del metal fundido con el laminado.
- b) Ninguna incrustación de corindón o arena vitrificada, que profundice sobre el hongo del riel. Sobre toda la superficie del metal fundido ninguna grieta, sopladura, traza de discontinuidad, oxidación o falta de metal cualquiera que sea la causa, ninguna deformación en el reborde.

Observaciones.

- El esmerilado debe prolongarse a uno y otro lado de la soldadura (30 cm., a cada lado) para lograr una superficie de rodamiento lo más perfecta posible.
- Si en el plano medio de la soldadura se aprecian sobre la superficie de rodamiento, en planta o elevación, flechas superiores a 0.5 mm., bajo una cuerda de 1 m. (regla metálica), debe considerarse que el esmerilado ha sido defectuosamente realizado.
- Debe prestarse especial atención al aspecto exterior del reborde bajo el patín del riel.

Debe tomarse en cuenta que cuando sea necesario substituir alguna soldadura por no ajustarse a las tolerancias permisibles, deberá intercalarse un riel corto no menor a 4m., de longitud, efectuándose el

corte del riel con soplete de oxiacetileno. Las dos nuevas soldaduras se harán en forma sucesiva, nunca simultáneamente, a continuación se mencionan las tolerancias que deben presentar las soldaduras:

Las soldaduras se realizarán del modo más perfecto, debiendo esforzarse para reducir las flechas verticales y laterales a los límites más bajos posibles.

Las tolerancias a admitir serán las siguiente:

a) En el sentido vertical:

una flecha de 0.5 mm, medidos para una cuerda de 1.5 m.

una flecha de 0.3 mm. Medidos para una cuerda de 2 m.

b) En el sentido lateral:

Una flecha lateral de 0.75 mm., medidos para una cuerda de 1.5 m, una flecha de 0.5 mm., medidos para una cuerda de 1.00 m.

3.2.2. Tipo de durmiente.

Los durmientes son elementos que se sitúan en dirección transversal al eje de la vía. Sobre los que se colocan los rieles y constituyen a través de la sujeción el nexo o elemento de unión entre riel y el balasto formando la superestructura de la vía.

Las cargas de las ruedas actúan directamente sobre el riel, transmitiendo esfuerzos a los durmientes y estos simultáneamente al balasto.

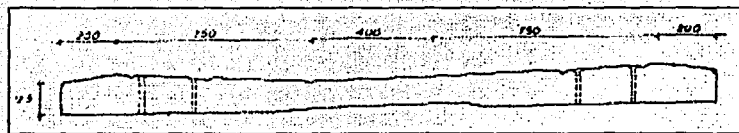


Fig. 3.1. Durmiente de concreto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALIRÁ
DE LA BIBLIOTECA

3.2.2.1. Función .

Servir de soporte a los rieles fijando y asegurando su posición en lo referente a su espaciado.

Recibir las cargas verticales y horizontales transmitidas por los rieles y distribuirlas sobre balasto a través de la superficie de apoyo.

Mantener la estabilidad de la vía en el sentido transversal y longitudinal, frente a los esfuerzos estáticos procedentes del peso propio y las variaciones de temperaturas así como frente a los esfuerzos dinámicos, debidos al peso de los trenes.

Mantener siempre que sea posible sin ayuda de elementos específicos la separación reglamentaria entre los rieles.

3.2.2.2. Clasificación.

Los durmientes pueden clasificarse como sigue:

Los durmientes se pueden clasificar de acuerdo con el material de cual están constituidos en Durmientes de madera, concreto y mixtos.

Se propone la utilización del durmiente de concreto monolítico Dywidag, para la constitución de la vía elástica en el presente trabajo. De el cual se enuncian algunas de sus características (fig. 3.1):

Son monolíticos, de sección trapezoidal, preesforzados, con un peso de 230 kg. aproximadamente, y con una duración entre 50 y 60 años.

Poseen alta resistencia a las cargas, al intemperismo, a la combustión.

Buena estabilidad a los desplazamientos, bajo costo y se pueden fabricar en el sitio de uso prácticamente.

El concreto: Debe resistir entre 700 y 800 Kg/cm² a la compresión y 80 kg/cm² a la tensión, precisando agregados pétreos de gran pureza; las fisuras existen a través del tiempo en servicio, pero la fuerza del pretensado las mantiene cerradas e invisibles.

El durmiente monolítico no presenta fierro oxidable (excepto sus accesorios) resultando con máxima resistencia en las zonas de gran precipitación o de atmósfera corrosiva.

Acero: El durmiente alemán (desarrollado por karig y el ing. Hermán Meier). Ha recorrido todas las posibilidades de economía al reducir fierro y experimentar los resultados de un tráfico que aumenta en pesos por eje y en velocidades.

Desde 16 kg. Hasta 27 kg., de acero especial de B-55, el acero debe resistir entre 100 hasta 170 kg/mm², como fatigas de ruptura y de fluencia, dependiendo del tipo de anclaje.

Para reducir el alto costo del acero especial, el Dywidag usa 2 barras cruzadas en X, que ofrecen 4 varillas paralelas con sus respectivas cuñas en un sólo extremo.

Esfuerzos del diseño dywidag B-55 y B-58.

Los momentos resistentes de la sección son los correspondientes a las fatigas normales de 30 kg/cm² y los de principio de agrietamiento (80 kg/cm²) de poco frecuente 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.

Tanto el B-55 como el B-58 soportan cargas de 30 ton., por eje que fatigan el balasto en la base del durmiente (Po) con 10 hasta 13kg/cm², según se trate de condiciones normales (fc 80 kg/cm²) (fig. 3.2).

El curado de concreto. Deberá efectuarse mediante vapor húmedo a presión ambiental que permita acelerar la resistencia del concreto antes de aplicar la carga de preesfuerzo que no será menor de 450 kg/cm². En prueba de cubo de 20x20x20 cm. La mezcla deberá de ser plástica y manejable para que al vibrarse y compactarse no queden vacíos ni porosidades.

Mortero y lechada.

El mortero para sellar los ductos de anclaje de postensado deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 400 kg/cm² a los 28 días, de acuerdo a la prueba de cubo de 5x5x5 cm. la lechada de inyección utilizada en el durmiente de concreto postensado deberá tener una fluidez adecuada para evitar la formación de burbujas y una resistencia mínima a la compresión de 335 kg/cm² a los 28 días en cilindros de 2x4 cm. Y a la tensión por flexión de 65 kg./cm. A los 7 días en prismas de 4x4x16 cm.

Acero de preesfuerzo postensado.

El acero usado deberá tener un límite de fluencia mínimo de 1400 kg/cm² y una resistencia a la ruptura no menor de 1600 kg/cm². Con un alargamiento mínimo en tensión de 6% observando en los durmientes tipo A que la carga menor de 30 ton. Y para el tipo b la carga mínima de preesfuerzo inicial no será menor de 35 ton.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

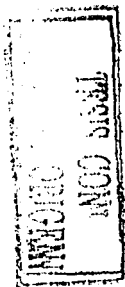
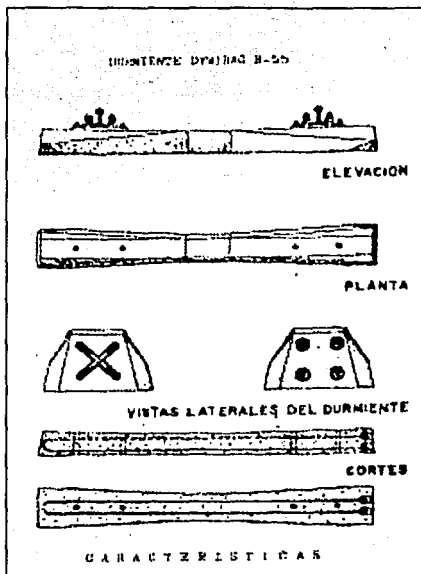


Fig. 3.2. Durmientes de concreto preesforzado tipo Dywidag.

3.2.3. Accesorios de fijación.

El dywidag o el rs pueden usar cualquier razonable tipo de fijación.

El DD-B-52 puede usar taquee de encino o plástico para los tirafondos o pernos, ya sea para grapa francesa rs o para emplear la gran placa de asiento Karking con su grapa y roldana elástica modelo alemán, capaz de resistir grandes esfuerzos en curvas de radio corto.

Taquees de madera dura o plástico.

Las fisuras del concreto pueden evitarse ahogando taquees de encino(o de plástico) para usar tirafondos en los durmientes de concreto y mixtos.

Empleo de tornillos y tuercas.

Un durmiente de hierro troquelado (concha), o la barra de hierro estructural de un durmiente mixto de blocks de concreto emplean pernos con rosca en un extremo y cabeza de anclaje (al virar $\frac{1}{4}$ de vuelta) en el otro el apriete mediante la tuerca, produce rigidez que se debe reducir gracias a las roldanas de presión o arandelas elásticas y las grapas de acero elástico; la

roldana o grapa elástica, absorben la variación de tensión y vibraciones que el tráfico somete a los tirafondos (fig. 3.3).

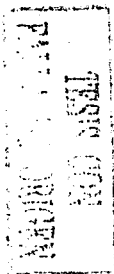
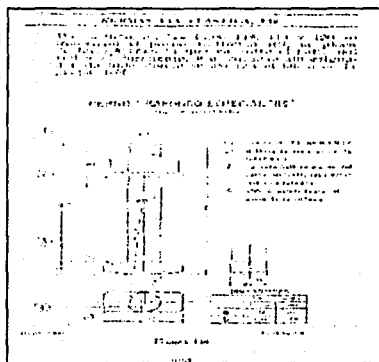


Fig. 3.3. Perno tirafondo.

Fijación del riel a la placa de asiento (fig.3.4).

Una gran placa sólidamente atornillada o clavada al durmiente de madera puede servir para sujetar la cabeza de un perno donde se aplique que la tuerca para presionar al elemento de fijación del patín del riel a la subestructura (grapa).

Placas de apoyo.

El patín del riel tiene anchura comprendida entre 12 y 17 cm. El riel colocado directo sobre el durmiente en teoría descansa con superficie de contacto de (15x20cm.=300cm²), pero en realidad apenas 2/3 de esa área, tiene un asiento adecuado para repartir las presiones con relativa uniformidad.

Actualmente se utilizan entalladoras mecánicas rotativas para mejorar el asiento, pero los bordes del patín invariablemente cortan con presiones mucho mayores que el centro, debido a diferentes deformaciones de la madera y el acero.

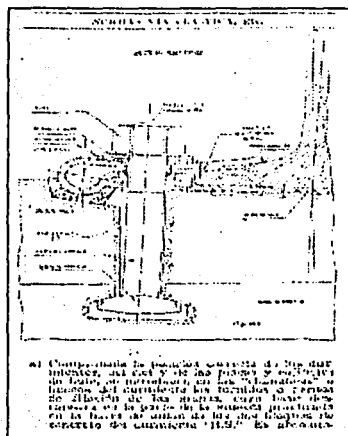


Fig. 3.4. fijación del riel a la placa de asiento.

Placas de hule.

La función de la placa de hule consiste en absorber la deformación en espesor, sin expandirse en anchura al paso de la carga (fig. 3.5).

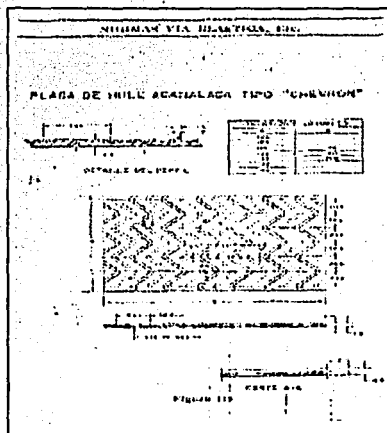


Fig. 3.5. Placa de hule acanalada tipo "Chevron"

La placa de hule se coloca sobre madera bien entallada y asfaltada pero los bordes no cortan de modo que las presiones resultan uniformes y se

distribuyen fatigas mucho menores que con las grandes y costosas placas de fierro de doble anchura.

Además de mejor asiento y menor presión unitaria, se obtiene absorber vibraciones del riel al durmiente y finalmente un mayor anclaje por el máximo coeficiente de fijación entre hule y fierro.

Las placas de hule se diferencian en dos tipos:

1.- Placas lisas.

2.- Placas acanaladas.

En México se utilizan placas acanaladas.

Estas placas se someten a varias pruebas para su recepción, a continuación mencionamos las pruebas mas importantes y su descripción.

D).- Medida de la dureza sobre la placa nueva.

La dureza es tomada sobre 3 placas enteras nuevas. Ya sea con un durómetro shore A, o bien, el U.I.C. (UNION INTERNACIONAL DE FERROCARRILES) La dureza debe ser medida entre las acanaladuras y por lo menos a 1 cm. De las orillas de la placa, en un mínimo de 5 puntos diferentes; la placa debe colocarse otra del mismo tipo, la cual a su vez reposa sobre una mesa o superficie plana.

La dureza a considerar es la más débil de las lecturas tomadas ninguna medida debe dar un valor inferior a 65° shore A o U.I.C.

II).- Determinación de la curva de compresión a la temperatura ambiente. Esta se efectúa sobre dos placas enteras nuevas y a una temperatura de 15° C. a 20° C.

Si las placas al colocarse en la vía son expuestas a temperaturas muy bajas la prueba deberá realizarse en forma especial.

Las placas se colocan entre dos piezas metálicas de superficies alineadas y de ancho suficiente para absorber el desbordamiento eventual de la placa.

Se aplican cargas de 5 ton., crecientes múltiples hasta llegar a 30 ton., la compresión queda estacionaria durante un minuto en cada una de estas cargas y es entonces que se detecta la deformación a base de dos comparadores o calibradores. Las deformaciones que servirán para establecer la curva de compresión serán los promedios de los calibradores.

III).- Medida de las propiedades de ruptura y alargamiento.

Para esta prueba se cortan probetas de tal forma que un acanalamiento se encuentre exactamente en el eje de la probeta.

Sobre una de las dos probetas sacadas de una misma placa se mide, sin envejecimiento, el esfuerzo de ruptura y alargamiento.

La otra probeta sufre un envejecimiento artificial de 96 horas en una estufa cuya temperatura es mantenida a $100\text{ }^{\circ}\text{C}.\pm 2^{\circ}\text{C}.$, se mide el esfuerzo y el alargamiento de ruptura después del enfriamiento a temperatura ambiente del periodo comprendido entre 24 y 48 hrs.

Se conserva antes y después del envejecimiento respectivamente. El valor que se sitúa en tercer rango de cada serie de 5 medidas, estando estas clasificadas por valores decrecientes.

Se calcula además con los valores observados en los reportes lo siguiente:

A).- Los esfuerzos de ruptura.

B).- Los alargamientos.

A = esfuerzo de ruptura después del envejecimiento. / esfuerzo de ruptura antes del envejecimiento.

B = alargamiento de ruptura después del envejecimiento. / alargamiento de ruptura antes del envejecimiento.

Tabla 3.2.

(Los resultados mínimos a obtener se muestran en la tabla):

RESISTENCIA MÍNIMA A LA RUPTURA EN Kg/cm ²		ALARGAMIENTO MÍNIMO A LA RUPTURA			CONSERVACION MÍNIMA DE LAS CARACTERÍSTICAS EN EL ENVEJECIMIENTO	
ANTES ENVEJ.	DEL	DESPUES DEL ENVEJ.	ANTES DE ENVEJ.	DESPUES DEL ENVEJ.	A(RUPTURA)	B(ALARGAMIENTO)
120		100	250 %	180 %	70%	60%

IV).- Medida del modulo de elasticidad al 100%.

a).- En probeta nueva.

b).- En probeta envejecida artificialmente 96 horas en una estufa a $100^{\circ}\text{C}.$

Observe la siguiente tabla:

Tabla 3.2.

(Medida del modulo de elasticidad al 100%):

Modulo al 100 %		deformación remanente máxima de la probeta.	
Antes del envejecimiento	Después del envejecimiento.	D(Alargamiento del 50% durante 24 hrs. A 100°C.)	C(compresión al 50% durante 24 hrs. A 100°C.)
Máximo 50 kg/cm ² .	No debe de diferir de más del 40% del valor encontrado antes del envejecimiento.	25%.	30%.
Mínimo 30 kg/cm ²			

V).- Pruebas de termoplasticidad.

2 formas:

- Medida de la deformación permanente de una probeta sometida a una compresión del 50% durante 24 hrs. En una estufa a 100°C.
- Medida de la deformación remanente de una probeta sometida a una compresión del 50 % durante 24 hrs. En una estufa a 100°C.

Las placas de hule acanaladas cuentan con una garantía de 3 años a partir de la fecha marcada en estas.

Placa acanalada tipo chevron.

Estas placas estarán sujetas a las mismas condiciones y características de fabricación que las mencionadas para las placas acanaladas.

Pernos tipo SL.

Se utilizan para durmientes de concreto pre-esforzado:

Estos pernos incluirán las tuercas y roldanas.

Serán de acero medio carbón y cumplirán con todas las pruebas físicas de resistencia a la tensión y a la flexión.

Tuerca.

Serán de acero al medio carbón.

Roldana plana.

Serán de acero laminado en caliente, bajo carbón calidad comercial.

Cojinete semicilíndrico.

Se utiliza para durmientes de concreto tipo dywidag en México desde 1977 (fig. 3.6).

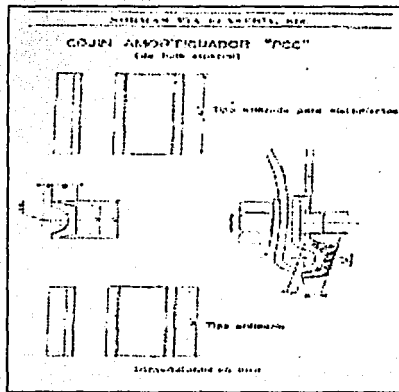


Fig. 3.6. Cojinete semicilíndrico.

Estos cojinetes son sometidos a diversas pruebas de laboratorio de las cuales se dan los siguientes valores de prueba:

Tabla 3.4.

La siguiente tabla representa los valores de prueba:

Prueba.	Sin envejecer.	Envejecido.
Dureza shore mín.	70 ± 5	
Cizallamiento.	Sin desgarre.	
Deformación remanente bajo aplastamiento constante % máx.	15.	
Deformación remanente a	80.	

la compresión % máx.		
Ruptura kg/cm ² mín.	142.8	No debe disminuir en más del 20% del material sin envejecer.
Alargamiento % mín.	350	No debe disminuir en más del 20% del material sin envejecer.
Resistencia al ozono.	200 pp cm. Durante 48 hrs.	

Grapa elástica RNY-4M.

Para durmiente de concreto.

Estas grapas están fabricadas de acero al cromo manganeso y están constituidas por una rama superior y una inferior ligadas por un bucle.

Actualmente se emplea únicamente la grapa c-117 mm. De radio las cuales tienen un ancho de 82.5 mm.

Estas se emplean en tangentes y curvas hasta 3°00'.

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

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

Para que no suceda esto las grapas deberán colocarse de manera correcta.

Refuerzo para grapa RNY-4M.

Estas se han dispuesto con el objeto de aumentar el apriete y evitar el desplazamiento de la vía con ayuda en la rama inferior de la grapa.

Este refuerzo esta de igual manera constituido a base de acero al cromo-manganeso.

3.3. PROCESO CONSTRUCTIVO.

A continuación describiremos los pasos que se llevan a cabo para la construcción de una vía del tipo elástica utilizando el sistema mecanizado.

1) Referenciación topográfica de línea y nivel de la vía.

Se colocan estacas en ambos lados de la vía a cada 10 mts., en las curvas y a cada 60 mts., en las tangentes, con el objeto de que al concluir los trabajos de rehabilitación, quede con el mismo eje que tenía antes de ser intervenida. Las estacas deberán ser colocadas en un lugar donde no puedan ser removidas por efecto de los trabajos a desarrollar.

Se deberá colocar una estaca adicional donde se marque con pintura el kilometraje de cada estación.

La nivelación, se deberá hacer en cada estación de las ya mencionadas en ambos hongos del riel, para posteriormente calcular en gabinete la elevación de la rasante de proyecto de la vía.

Para llevar a cabo un buen control de la nivelación diferencial entre bancos de nivel consecutivos, la tolerancia estará dada por el producto de la centésima parte (0.01) por la raíz cuadrada del número de kilómetros nivelados.

2) Carga de durmientes monolíticos de concreto presforzado del almacén a la plataforma de ferrocarril.

Para la realización de estos trabajos utilizan para ello grúas, malacates, y se desarrollan sistemas prácticos como marcos o pórticos para ayudar a colocar los durmientes del lugar en el que se encuentran entongados a la plataforma de ferrocarril, para posteriormente trasladarlos al sitio en donde se colocarán, teniendo cuidado de no dañarlos durante el transporte, debiéndose colocar en posición horizontal y transversalmente a la plataforma en no más de seis camas, separadas con polines de madera de 8 cm., de espesor aproximadamente (fig. 3.7).

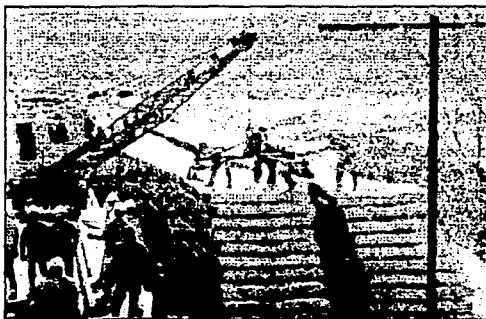


Fig. 3.7. Carga de durmientes de concreto a plataforma de ferrocarril.

3) Descarga y distribución de durmientes monolíticos de concreto preesforzado a lo largo del tramo por rehabilitar.

Con ayuda de un sistema de pórticos o marcos habilitados especialmente para mover los durmientes al lugar donde deberán ser colocados además de los equipos y herramientas como son barras de línea, barretas, tenazas para durmientes, estos equipos deberán manejarse con cuidado a fin de no causar daños al durmiente así como para el personal que este laborando (fig. 3.8).

Su colocación en el terreno se realizará de tal manera que formen un ángulo recto con el eje de la vía.

La distribución y espaciamiento de los durmientes para las tangentes y para las curvas, se hará dependiendo lo especificado en el proyecto, se colocan a una separación uniforme para las tangentes y en el caso de las curvas estos se colocan y se espacian de acuerdo con el radio de la curva en forma abanicada

siguiendo el contorno del arco de manera perpendicular a la línea de tal manera que en el interior de la curva los durmientes quedarán ligeramente más juntos de manera imperceptible con respecto con la parte de afuera.

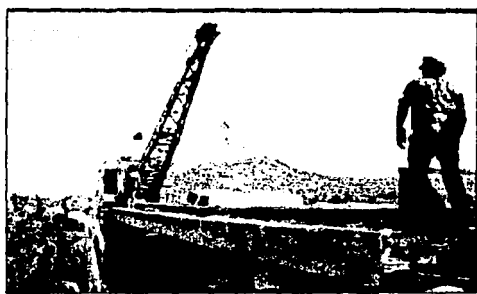


Fig. 3.8. Descarga de durmientes de concreto en el tramo por rehabilitar.

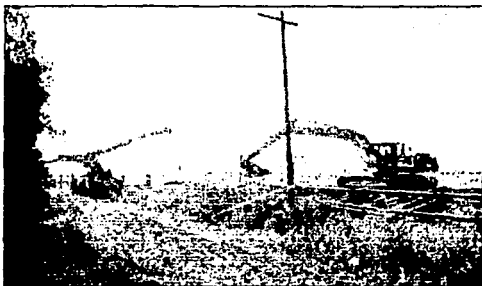
4) Descarga y distribución de riel de 136 lbs/yda.

Los rieles son transportados en plataformas especiales en un tren de trabajo (fig. 3.9), para efectuar la descarga y distribución de rieles de 136 lbs/yda. De acuerdo a la dotación fijada por kilómetro se lleva a cabo utilizando para ello la ayuda de una grúa Burro provista de estrobos de cable manila para enganchar los rieles y poderlos bajar de las plataformas a lo largo de la vía en rehabilitación. Se deberá tener cuidado de no dejar los rieles cerca de la vía, en donde pueda poner en riesgo la seguridad de los trenes, ni en calles o caminos, ni en lugares sujetos a avenidas pluviales.



Fig. 3.9. Descarga de riel en el tramo por rehabilitar.

- 5) Desmantelamiento de vía existente con durmiente de madera y/o concreto y armado de vía nueva con riel de 136 lbs/yda. nuevo, con durmiente de concreto, incluyendo la reparación del lecho de la vía.



TRAZO CON
FALTA DE ORIENTA

Fig. 3.10. Desmantelamiento de la vía existente.

Primeramente se procederá al retiro de los elementos de fijación empleando herramienta manual y equipo mecánico, depositándolos y apilándolos a los lados de la vía.

- Una vez que han sido retirados los elementos de fijación de la vía, se procederá a retirar los rieles previamente clasificados. Los rieles se retirarán de la vía empleando para esto una grúa Burro retirando los rieles primeramente, los rieles de recobro se apilarán separadamente de acuerdo a su clasificación en forma ordenada y en los sitios convenientes dentro del derecho de vía (fig. 3.10).



Fig. 3.11. Retiro de los elementos de fijación.

- Posteriormente, se procederá al retiro de las placas de asiento metálicas o de hule, así como de los durmientes para almacenarlos a lo largo del derecho de vía (fig. 3.11).

- Terminado el desmantelamiento y retiro de la vía por cambiar, se deberá retirar el material existente de balasto que se encuentre contaminado en un espesor de 30 cms., como máximo y en el ancho que fije el proyecto (fig.3.12).
- Una vez que se ha efectuado el retiro del balasto de la vía, tomando en consideración que, la vía deberá quedar rehabilitada con 30 cms., de espesor de balasto bajo el durmiente, se deberá realizar la conformación, compactación y nivelación de la capa de sub-balasto, referenciación topográfica y nivel, previamente al tendido de la vía.

Cuando haya necesidad de añadir material de sub-balasto nuevo, éste se mezclará con el material existente, hasta obtener una mezcla homogénea, y el material que quede bajo la elevación de la subrasante se compactará dando siete pasadas con una plancha de rodillo liso o bien un vibrocompactador de ocho a diez toneladas de peso.

La corona del sub-balasto, deberá tener pendiente transversal o bombeo del 2%, a partir del eje de proyecto ambos lados.

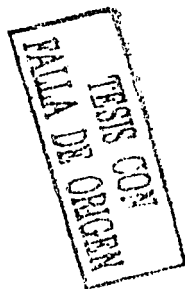


Fig. 3.12. Retiro de balasto.

Terminada la preparación del lecho de la vía, se procederá a efectuar el armado de la vía nueva, realizando primero las maniobras de colocación, espaciamiento y alineamiento de los durmientes de concreto (fig.3.13.). En términos generales se considerará un espaciamiento de 60 cms. de centro a centro de durmiente; sobre los durmientes de concreto hidráulico, se colocará una placa amortiguadora entre riel y durmiente.

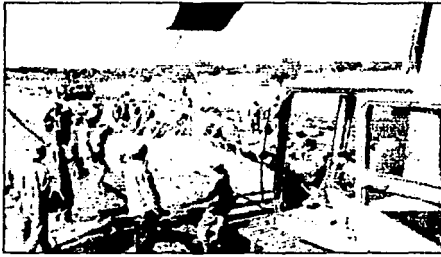


Fig.3.13. Colocación y espaciamiento de durmientes.

Para realizar la colocación del riel de 136 lbs/yda. En longitudes de 120 a 292 m., auxiliándose de grúas y malacates para posteriormente colocar los rieles sobre las placas de hule amortiguadoras fijando el conjunto riel y placa al durmiente de concreto, mediante los dispositivos de sujeción correspondientes a la vía elástica. Dependiendo de las indicaciones del proyecto. A continuación se deberá fijar primero el riel de un lado y luego conservando el escantillón, el riel opuesto, cuidando de no golpear los rieles ni los durmientes; las juntas de unión quedarán cuatrapeadas a menos que el proyecto indique lo contrario.

Este proceso se puede enunciar de la siguiente manera, y se repite sucesivamente de acuerdo con el avance de los trabajos de rehabilitación por cada tramo de L.R.S.(largo riel soldado) colocado cuya longitud dependerá de lo que indique el proyecto:

- Se lleva a cabo la protección de los trabajos en la vía con abanderados en los extremos con la finalidad de extremar las precauciones. Y cumplir con lo especificado en la regla 99-e del reglamento de conservación de vía y estructuras.

Cabe mencionar que se contara con el auxilio de un Oficial de Transportes para llevar a cabo las labores de comunicación con los despachadores de trenes, maquinistas o el personal que transite por la vía, las ordenes de precaución fijadas para el tramo en rehabilitación.

- Con la grúa burro, se subirá toda la maquinaria a la vía principal, que se utilizará en los trabajos de cambios de vía.
- Dos maquinas atornilladoras, una por cada hilo, llevando a cabo el desatornillado de las planchuelas en las juntas de los rieles, posteriormente se armarán los pares de planchuelas de recobro con sus cuatro tornillos depositándolas a un lado de la vía (fig.3.14).

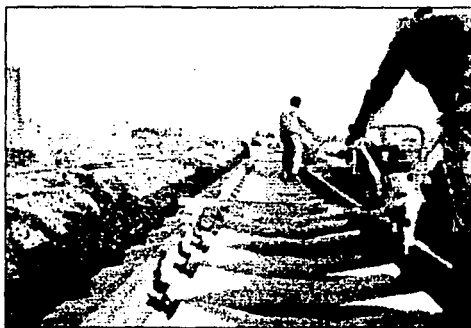


Fig. 3.14. Máquinas atornilladoras.

- Dos máquinas desclavadoras, una por cada hilo extrayendo o desclavando los clavos de vía de los durmientes, atrás de cada máquina ira un trabajador con barreta de uña, para extraer los clavos de vía que no extraen las máquinas.
- Atrás de las maquinas desclavadoras ira un armón cargado con tramos o piezas de riel, planchuelas de compromiso y accesorios de vía que se utilizaran para las conexiones de la vía clásica con la vía elástica.
- Dos trabajadores con barretas de línea viran el riel de recobro, después con la grúa burro lo retiran del centro de la vía depocitandolos a un lado de la vía, posteriormente colocando los tramos de riel largo soldado sobre los durmientes de madera donde se clavarán puntos fijos al escantillón de la vía a cada 7 durmientes.

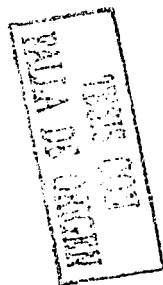


Fig. 3.15. Espaciamiento del durmiente.

- 4 trabajadores marcarán el espaciado a 60 cms., de centro a centro para el durmiente de concreto (fig.3.15).
- Una maquina colocadora de durmientes sacando de la vía todo el durmiente de madera de recobro, además 5 trabajadores irán sacando o retirando todo el accesorio de vía de recobro depositandolos a los lados de la vía.
- Con picos y palas conformando y emparejando la cama de la vía con el balasto viejo.
- Con dos maquinas insertadoras, acercando y acordonando todo el durmiente de concreto, que después con dos gatos de vía uno por cada hilo elevarán los rieles de la vía, posteriormente con 2 maquinas insertadoras y una colocadora de durmientes colocando todo el durmiente de concreto.
- 4 trabajadores, dos por cada hilo con llaves T, destapando y limpiando las chimeneas en el durmiente de concreto para la colocación del perno de fijación.
- Con autoarmón y 4 armones, transportando y distribuyendo los accesorios de fijación elástica, al mismo tiempo se colocará en ambos hilos y se llevará a cabo el apriete preliminar a mano.
- 4 trabajadores con gatos de vía, levantando ligeramente los rieles nuevos para colocar los durmientes de concreto a su marca de espaciado que

posteriormente con cuatro maquinas atornilladoras (2 por cada hilo) se llevará a cabo el apretado de la fijación elástica en su primer y segundo contacto.

- 5 trabajadores con gatos de vía llevando a cabo el alineamiento de la vía de acuerdo a los testigos fijados a cada 20 mts. a un lado de la vía por el lado derecho.
 - 8 trabajadores se dedican al reparto de agua al personal trabajando.
 - Construida la vía elástica se procede a la descarga del balasto de tolvas que moviliza el tren de trabajo.
- 6) Suministro y aplicación de soldadura aluminotérmica tipo "Q.P." riel de 136 lbs/yda., hongo endurecido, en los trabajos de rehabilitación de vía.



Fig. 3.16. Soldadura aluminotérmica.

El procedimiento de la soldadura aluminotérmica está basado en la reacción exotérmica del óxido de hierro con aluminio, cuya secuencia de operaciones a realizar se describe a continuación:

- Antes de iniciar el proceso de soldado aluminotérmico se deben limpiar cuidadosamente los extremos de los rieles por lo menos de 10 a 15 cm. hacia atrás de las puntas del riel para eliminar óxidos, grasas, pinturas y cascarillas de laminado. Cabe aclarar que todos los cortes se realizarán con disco, no autorizándose el uso del soplete.

- Los rieles se alinearán por medio de cuñas o caballetes especiales los cuales permitirán al soldador ajustar dimensionalmente los perfiles dando su contra flecha de 1 mm. Máximo. El soldador dejará una cala de 25 mm., ± 2 mm., de tolerancia en la junta por soldar.
- Se utilizarán moldes prefabricados y crisol desechable tomando la precaución de que al utilizarlos estén libres de humedad y de rupturas.
- Los moldes constan de 3 partes de sujeción, los cuales se sujetarán con una prensa y una placa base. En la periferia de todo el perfil del molde se debe de sellar con arcilla refractaria y silicón en la placa base.
- Se vierte la porción de la soldadura aluminotérmica en el crisol desechable, dejándose listo para su aplicación.
- El precalentamiento se realizará durante 5 minutos, su función es eliminar la humedad residual de los moldes y aumentar la temperatura tanto en los moldes como en las puntas de los rieles a soldar a una temperatura de 700°C aproximadamente. Las presiones que se manejan: oxígeno 70 lbs/pulg², y gas butano 10 lbs/pulg².
- Una vez que se ha terminado el precalentamiento, retire el soplete y asegúrese de no dañar las partes internas de los moldes y cubra con cuidado.
- El crisol se coloca en la parte superior de los moldes cuidando de que este quede centrado tomando como referencia los dos extremos de las pipas.
- Una vez colocado el crisol encienda el fósforo introduciéndolo en la parte central de la porción a una pulgada. Coloque suavemente la cubierta del crisol. Tómese el debido cuidado de que el personal se encuentre debidamente alejado del área de la reacción de la soldadura (fig.3.16).
- Una vez transcurridos tres minutos y medio después de la colada, retire la cubeta de escoria y crisol utilizando una horquilla tipo CJ.
- Después de transcurridos 5 minutos de la colada retire la parte superior de los moldes sobre una pala y empiece a desmoldar las partes laterales. Para eliminar el excedente de material sobre el hongo de riel es necesario utilizar una maquina corta mazarotas.
- Es importante señalar que las cuñas y placa base no se deben de quitar sino hasta después de 15 minutos. Lo anterior para mantener la flecha.
- Para esmerilar adecuadamente el hongo del riel se deben flexionar las pipas de tal manera que permitan un libre esmerilado en la superficie de rodamiento (fig. 3.17).
- Una vez concluido el esmerilado, se procede a retirar las pipas de base con un ligero golpe, así mismo, se inicia la limpieza de la soldadura eliminando excedentes del molde.

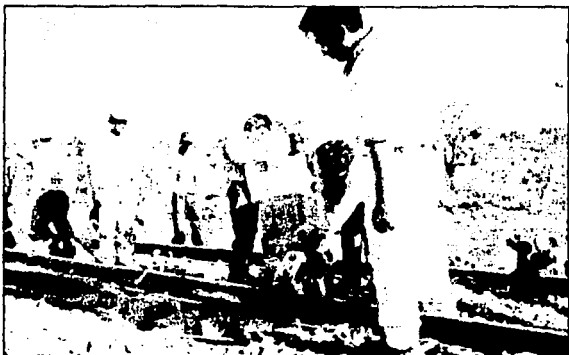


Fig. 3.17. Esmerilado.

LEIDO CON
FALLA DE ORIGEN

7) Desmantelamiento de herrajes y juegos de madera para cambio no. 10 por 115 lbs/yda.

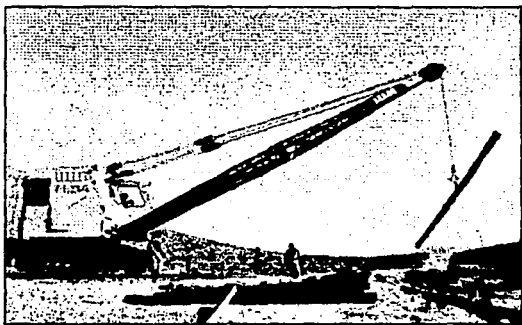


Fig. 3.18. Desmantelamiento del herraje de cambio.

Las maniobras de desmantelamiento de los herrajes para cambio se llevan a cabo como se enuncia a continuación:

Primeramente se llevan a cabo las labores de afloje de las fijaciones al riel del cambio en el lugar donde este se encuentre con la ayuda de las llaves de vía o de las tirafondeadoras mecánicas que el personal se encuentra provisto en el caso de que se trate de los tirafondos, y de desclavadoras mecánicas o de barras de uña en el caso que se encuentren fijaciones con clavo.

Posteriormente se utiliza la grúa Burro para la extracción del riel colocando este a un lado de la vía acomodado de tal manera que no entorpezca las labores (fig. 3.18).

Se extraen los durmientes de madera utilizando las herramientas apropiadas para este fin y realizar el taqueteo de estos para su posterior recobro este taqueteo se lleva a cabo utilizando taquees de madera impregnados para evitar la pudrición prematura de los durmientes cuando es posible continuar usándolos. todos los accesorios del juego de cambio se extraen para su recobro.

Todos los materiales de recobro del juego de herraje de madera para cambio se transportará, se debe realizar inventario y se almacenará adecuadamente y se resguardará.

Se deberá preparar el lecho del cambio vaciando el material contaminado en un espesor como máximo de 30 cm.

8) Colocación de cambios de vía.

Los cambios de vía, se reemplazarán desmantelando los existentes previamente a la instalación de los nuevos, teniendo especial cuidado de no perder los niveles anteriores al desmantelamiento, posteriormente, se reemplazara la madera existente descajonando el balasto, retirando la madera vieja e insertando la madera nueva para posteriormente fijar el herraje con los accesorios correspondientes (fig3.19).

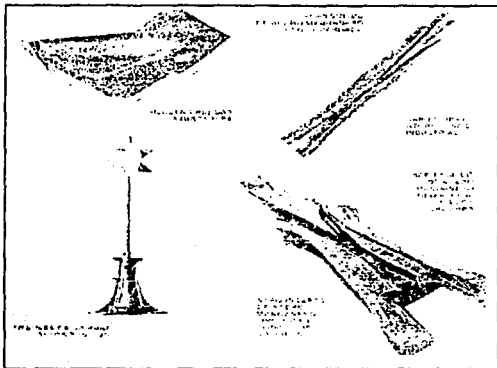


Fig. 3.20. Accesorios del cambio.

Herraje de cambio no. 10 X 136 lbs/yda. Sección R.E. aislado para colocarse con tirafondo, silletas ajustables, compuesto de los siguientes accesorios (fig.3.20) :

Sapo con inserto de acero al manganeso completo, con taladros de conexión para usar planchuelas de 136 lbs/yda. Sección R.E., la dureza Brinell del inserto de acero manganeso deberá ser de 352 mínima de acuerdo a especificaciones y el endurecimiento del inserto de acero al manganeso del sapo deberá ser por medio de explosivos, los empaques de garganta, ala y entrepiernas, serán de acero fundido al medio carbono y la tornillería será de grado 5, con agujas derecha e izquierda de 16'6" de longitud doble refuerzo, con elevación gradual y tornillería alta resistencia y taladros en el talón para planchuelas de 136 lbs/yda. Con inserto de acero al manganeso (1 pza).

Placas gemelas de $\frac{3}{4}$ " espesor.

Placas gemelas L-23 (10 pzas.).

Placa gemela L-27 (10 pzas.).

Placa gemela L-31 (2 pzas.).

Placa gemela LR-23 (2 pzas.).

Placa gemela LR-27 (4 pzas.).

Placa gemela LR-31 (2 pzas.).

Contrarieles de 13' ensamblados y completos con empaques de fundición y tornillería de alta resistencia grado 5 (2 pzas.).

Placa de asiento para contrarriel, de sapo con espesor de $\frac{3}{4}$ " (18 pzas.).

Aguja derecha de 16'6" de longitud doble refuerzo con elevación gradual y tornillería alta resistencia, orejas, tope plano, y taladros en el talón para planchuela de 136 lbs/yda. Con inserto de acero al manganeso (1 pza.).

Aguja izquierda de 16'6" de longitud doble refuerzo con elevación gradual y tornillería alta resistencia, orejas, tope plano y taladros en el talón para planchuela de 136 lbs/yda. Con inserto de acero al manganeso (1 pza.).

Placas gemelas L-23 (6 pzas.).

Placas gemelas L-27 (8 pzas.).

Placas gemelas L-31 (4 pzas.).

Placas gemelas LR-23 (6 pzas.).

Placas gemelas LR-27 (8 pzas.).

Placas gemelas LR-31 (4 pzas.).

Placas correderas para agujas de 16'6" de longitud y elevación gradual:

Placa corredera de elevación No. 0 de base sólida para silleta ajustable (2 pzas.).

Placa escantillón 1-G (1 pza.).

Placas correderas de elevación No. 1ª de base sólida (2 pzas.).

Placas correderas de elevación de base sólida (4 pzas.).

Placas correderas de elevación No. 1p de base sólida (6 pzas.).

Placas correderas No. 2 (2pzas.).

Placas correderas No. 3 con espesor de 3/4" (2 pzas.).

Placa de talón de aguja tipo 4 LH con espesor de 3/4" (1 pza.).

Placa de talón de aguja tipo 5 RH con espesor de 3/4" (1 pza.).

Varilla de cambio No. 1 (1 pza.).

Varilla de cambio No. 2 (1 pza.).

Silletas ajustables (16 pzas.).

Blocks de talón izquierdo y derecho de 24" de longitud fundidos en acero medio carbono para agujas graduales, con planchuelas especiales y placas reforzadas tipo "D" barrenados para riel de 136 lbs/yda. R.E., con tornillos grado 5 y un perno de hombro de 275 HBN y tuercas de castillo (2 pzas.).

Barra de conexión con la quijada forjada y tornillería de alta resistencia para árbol de cambio (1pza.).

Árbol de cambio (1pza.).

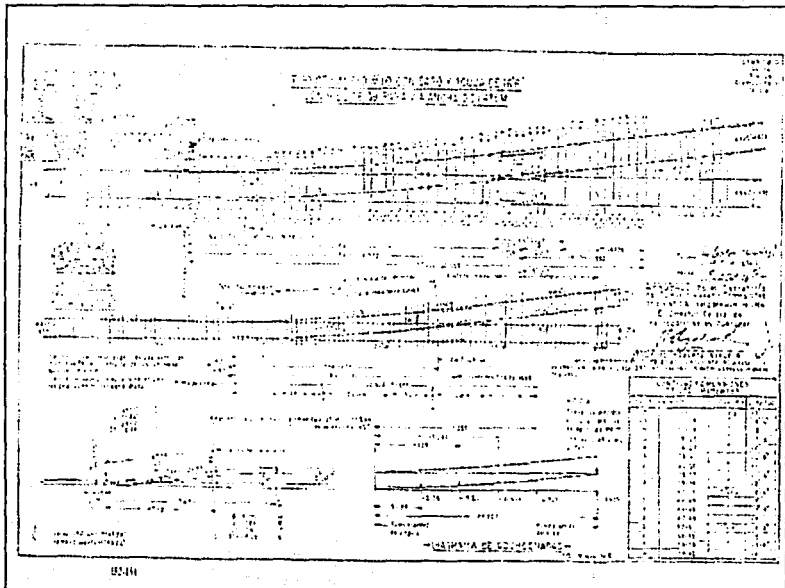


Fig. 3.21. Plano del cambio del No. 10.

TESIS CON
PALLA DE ORO

Para la realización de estos trabajos se emplean las herramientas manuales como tenazas para durmientes de madera, taladros martillos para taquetear los durminetes, taquetes de madera y el equipo que esta provisto el personal a cargo de la colocación de los juegos de madera, así como las tirafondeadoras mecánicas, grúa Grove 40 T, calzadora manual hidráulica, fuente de poder hidráulica, autoarmón, armón de empuje, equipo de comunicación provisto en la maquinaria sobre la vía para tener provistos los trabajos con estrecha comunicación con los despachadores de trenes para evitar accidentes demoras, esta actividad de establecer comunicación con el personal de operaciones del ferrocarril se llevara acabo por medio del oficial de transportes asignado a los trabajos de rehabilitación de la vía., Gato de vía de 15 toneladas, clavadora hidráulica manual.

Se deberá tener cuidado de no dejar los juegos de madera cerca de la vía en donde pueda ponerse en peligro la seguridad de los trenes y del personal, ni en calles o caminos, ni en tajos donde puedan obstruir el drenaje o en lugares

sujetos a avenidas, tampoco en deberán arrojarse al fondo de los terraplenes altos (fig. 3.22.).

Cuando por cualquier razón no se vayan a usar de inmediato los juegos de madera deberán de entongarse convenientemente, evitando tirar las piezas de madera sobre los rieles u otros objetos resistentes que puedan destruirlos o afectar la fibra de la madera.

Por ningún motivo se deberá alterar la pendiente ni la sobreelevación de la vía principal y las conexiones de las vías auxiliares quedarán sujetas a los puntos obligados de la vía principal (fig. 3.21).



Fig. 3.22. Cambio de vía.

9) Descarga de balasto.

Se lleva a cabo la descarga del balasto para el arroje de la vía en rehabilitación realizándose por medio de góndolas balasteras, a paso de tren, con ayuda de el tren de trabajo utilizándose madera para puentes colocadas en los trucks de las góndolas de manera perpendicular a la vía, para darle el enrrese al balasto sobre la vía para evitar el descarrilamiento de el tren de trabajo de tal manera que el balasto quede descargado uniformemente regulando la abertura de las compuertas de las góndolas (fig.3.23).



Fig. 3.23. Góndolas balasteras.

10) Calzado, alineamiento y nivelación de vía, con equipo mecanizado.

El Tándem de rehabilitación mecanizada de vía, estará constituido por los siguientes equipos:

- Máquina distribuidora y reguladora de balasto (fig. 3.24) .

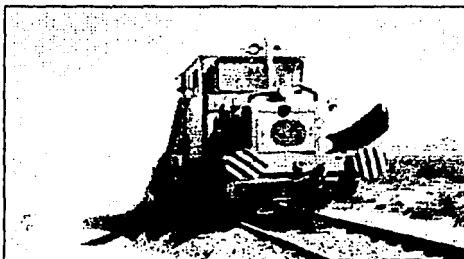


Fig. 3.24. Distribuidora y reguladora de balasto.

- Máquina multicalzadora, niveladora y alineadora de vía (fig. 3.25).

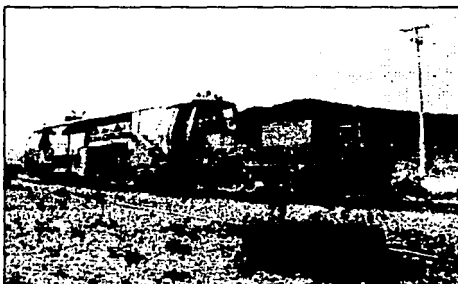


Fig. 3.25. Multicalzadora Plasser and Theurer.

- Registrador gráfico de geometría de la vía (fig. 3.26.).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

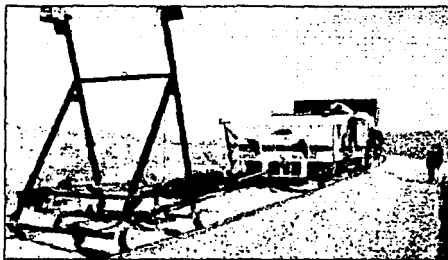


Fig. 3.26. Alineadora y registradora de vía.

- Con este Tándem de calzado, alineamiento y nivelación mecanizada se llevarán a cabo los trabajos de distribuir y regular el balasto en la sección de la vía; calzar, nivelar y alinear los juegos de cambio de vía, y finalmente perfilar y barrer la sección del balasto.

Al finalizar estos trabajos, se verificará la calidad de los mismos, mediante la aplicación del registrador gráfico de geometría de la vía que formará parte del propio Tándem.

Estos trabajos se desarrollan dentro de tiempos libres disponibles en la vía llamados "ventanas". Mismos que serán informados por el oficial de transportes, para el mejor aprovechamiento en la operación del Tándem de calzado, alineamiento y nivelación mecanizada, asimismo un mayordomo de vía se encargara de todas las labores de protección, abanderamiento y cumplimiento de los reglamentos respectivos de seguridad, este deberá contar con dos ayudantes como mínimo, así como de los elementos reglamentarios que se requieran para realizar las actividades de protección y de seguridad, durante la ejecución de los trabajos, traslado del equipo y en los tiempos de estancia del equipo en los laderos y patios.

Estos trabajos deberán de ajustarse estrictamente a los tiempos disponibles fuera del tráfico de los trenes en la vía en que se trabaje, debiéndose efectuar los mencionados trabajos en los intervalos de tiempo en los que no exista circulación de trenes (ventanas), ya que por ningún motivo se deberá afectar el tráfico normal de trenes.

Los trabajos de rehabilitación deberán programarse con horarios de trabajo flexibles que se ajusten con los horarios de tráfico, debiendo estar preparados para realizar los trabajos en jornadas mixtas, cuando los itinerarios de los trenes así lo requieran.

Se debe considerar que el personal que intervenga en el manejo de los equipos del Tándem de calzado, alineación y nivelación mecanizada, deberá recibir capacitación adecuada no sólo en el manejo y mantenimiento de las máquinas, sino también sobre los conceptos básicos de superestructura y

geometría de la vía, así como a un examen médico. Después de realizar el examen teórico y práctico, el maquinista deberá obtener la autorización correspondiente para la conducción de maquinaria de vía por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Levante.- Para la rehabilitación de cambios así como de la vía en general, se entenderá por este concepto, al conjunto de acciones de elevación, calzado, alineación y nivelación que la maquinaria ejecutará en una sola intervención.

La rehabilitación mecanizada de la vía y los cambios de vías incluirá los trabajos de recoger y distribuir el balasto en la sección de la vía y de los juegos de cambio, con el empleo de la máquina reguladora de balasto, efectuar los levantes necesarios, y realizar los trabajos de calzado, nivelación y alineamiento de la vía y los juegos de cambio de vía, con el empleo de la máquina multicalzadora, alineadora y niveladora. También deberá perfilar la sección del balasto y efectuar el barrido final de la sección de la vía y del juego de cambio con la máquina reguladora de balasto.

Finalmente, se deberán realizar mediciones por medio del registrador gráfico, que formará parte del Tándem, este registrador deberá contar con un equipo de medición de geometría de la vía, con impresora debiendo entregar la información en forma escrita, de alineación en tangente o en curva y nivelación transversal.

Para los durmientes que no puedan batearse con el empleo de la máquina multicalzadora, se dispondrá de calzadores mecánicos para ejecutar estos trabajos, en los lugares donde no pueda trabajar la máquina reguladora de balasto, el balastado y perfilado del lecho del balasto se realizará en forma manual.

Se procederá a verificar la gráfica del registrador para checar niveles y alineación del tramo rehabilitado esto, a la vez que los topógrafos verifican la referenciación del trazo.

Una vez realizado todo lo anterior se procede al barrido del balasto del tramo rehabilitado para su posterior entrega al ferrocarril.

Tabla 3.5.

Las tolerancias a las que estará sujeta la recepción de los trabajos, serán las siguientes:

CONCEPTO.	UNIDAD.	CLASIFICACIÓN DE VÍA. A
1.- DEFICIENCIA DE ALINEAMIENTO. PARA TRAMOS DE 10 m.	mm.	± 6
2.- DEFICIENCIA DE NIVEL LONGITUDINAL EN CERDAS DE 10 m.	mm.	±5
3.- DISCREPANCIA EN SOBRE-ELEVACIÓN.	mm.	±4
4.- ALABEO EN UNA LONGITUD DE 3.5 m.(OPTATIVO EN LUGAR DE 2Y 3).	mm.	±5

11) Desmantelamiento y reacondicionamiento de cruceros a nivel con calles o caminos.

En el reacondicionamiento de los cruceros, se deberán formar las canaletas para el libre paso de cejas de las ruedas del ferrocarril.

Previo a la rehabilitación de la vía en los cruceros se deberá instalar el señalamiento preventivo correspondiente, el cual deberá conservarse durante los trabajos de reacondicionamiento y hasta que estos queden totalmente concluidos.

Los reacondicionamientos de cruceros a nivel se realizarán de acuerdo con la nueva rasante de la vía rehabilitada.

Los materiales que se emplean en los reacondicionamientos de cruceros a nivel con calles ó caminos deberán cumplir con los requisitos de calidad estipulados en las normas de construcción de la S.C.T. de acuerdo al tipo de camino. Esto es de acuerdo al tipo de material existente en el lugar ó de el material del que se encuentra constituido dicho camino.

Al construir el reacondicionamiento del crucero no se deberá interrumpir el tráfico de automotores, por lo que en caso necesario, deberá construir los cruces a nivel provisionales indispensables, los que deberá retirar una vez que el camino existente quede totalmente reacondicionado.

Durante la realización de las obras deberán construirse obras de protección a las instalaciones ferroviarias (vías, puentes, etc.) y a terceros (redes de drenaje, de agua potable, de gas, de PEMEX, etc.), así como la instalación de señalamiento preventivo.

12) Recobro de riel, durmiente y accesorios de fijación de la vía desmantelada.

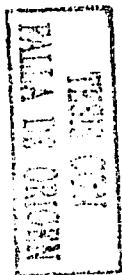


Fig. 3.27. Almacenamiento de accesorios de vía.

El riel producto del desmantelamiento de la vía de recobro se almacena en terreno plano, resistente y drenado, cuidando de no golpearlos, entongandose y clasificándose, su recobro se realiza desde cualquier sitio del tramo en rehabilitación. Cuando se trata de rieles de 2da. Se realizarán cortes con disco, y el riel de 4ta. Podrá cortarse con oxiacetileno, el caso que el riel se corte en tiras de 60 mts. (fig. 3.27).

Para la realización de los trabajos de recobro del riel producto del desmantelamiento de la vía se empleará grúa, cable manila, plataforma para riel, Motoconformadora y vibrocompactador para preparar el terreno donde se almacenará el riel. Para evitar que los rieles se deformen se asentarán formando camas perpendiculares, con los hongos hacia arriba y con suficiente apoyo utilizando madera de pino de 3^a. En polines de 4" x 4" bajo los patines para entongar los rieles adecuadamente.

Se deberá tener cuidado de no dejar rieles cerca de la vía donde se pueda poner en riesgo la seguridad de los trenes y del personal, ni en calles ni caminos, ni en los tajos donde pueda obstruirse el drenaje o en lugares sujetos a avenidas, tampoco deberán arrojarse al fondo de los terraplenes altos.

El recobro y selección de durmientes de madera y/o concreto se realizara transportandolos desde cualquier sitio del tramo en rehabilitación para su clasificación utilizando plataforma de ferrocarril, grúa, camioneta de 3.5 ton. Sobre HY RAIL y camioneta Pick-Up, de 2.5 ton. De capacidad y herramienta menor (fig. 3.28).

El almacenamiento de los durmientes de madera y/o concreto se realizará en forma ordenada, en tongas de aproximadamente 50 durmientes cada una; en la parte inferior de cada tonga, deberán usarse soportes de madera tratada, concreto ó ladrillo y piedras para mantenerlos cuando menos a 15 cms. arriba del terreno natural, mismo que deberá ser plano y bien drenado, para que no tenga contacto con el agua; además, los que sean de madera se deberán cubrir con una capa no mayor de 7 cms. de tierra en la parte superior, esto con el fin de protegerlos contra incendios.



Fig. 3.28. Almacenamiento de durmientes de recobro.

En la ejecución de los trabajos se deberá evitar dañar o perder las piezas extraídas de los durmientes de recobro y de dejar los durmientes cerca de la vía en donde pueda ponerse en peligro la seguridad de los trenes y del personal, ni en las calles o caminos, ni en los tajos donde pueda obstruirse el drenaje o en lugares sujetos a avenidas, tampoco deberán arrojarse al fondo de los terraplenes altos.

El recobro, selección y almacenamiento de accesorios de fijación y apoyo de la vía, se realizará de manera ordenada; su recobro se efectuará desde cualquier sitio del tramo en rehabilitación hasta el lugar de almacenamiento. En el proceso de estos trabajos, los accesorios de vía deberán cuantificarse.

TESIS CON
FALLA DE ENTREGA

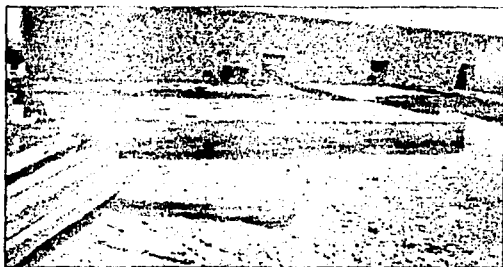


Fig. 3.29. Almacenamiento de placas de asiento metálicas.

En la ejecución de los trabajos se deberán evitar daños y pérdidas del material recuperado.

El almacenamiento de los accesorios de fijación y apoyo de la vía, deberá aplicarse ordenadamente, separando cada tipo de material. En ningún caso se apilarán a una distancia menor de tres metros del riel de la vía más cercana y no se colocarán entre las vías o sobre los caminos y carreteras (fig. 3.29).

13) Limpieza de cunetas.

Para la realización de estos trabajos en donde la maquinaria no se puede montar es necesario que el personal de vía trabaje en estos lugares fuera del derecho de vía. Siendo el principal tema de defensa de la vía su protección contra la acción del agua, se hace necesario que las cuadrillas salgan fuera de dicho límite para limpiar obstrucciones de pequeños arroyos, cunetas de protección y contracunetas. Esto se hace sobre todo necesario antes de el advenimiento de las lluvias.

Durante las épocas de reblandecimiento del terreno debido a las lluvias debe tenerse especial vigilancia en los taludes de los cortes para descubrir a tiempo la más pequeña señal de un desprendimiento de material que esté a punto de caer sobre la vía, las operaciones de limpia de cunetas para cortes de poca altura pueden llevarse a cabo mediante cuadrillas trabajando a mano.

El material deberá ser vaciado de tal forma que no vuelva a depositarse en el corte.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El material removido de las cunetas nunca deberá depositarse en el talud adyacente. Cuando se vacía este material en los terraplenes, deberá quedar siempre a un nivel inferior al lecho del balasto.

Al desazolvar las contracunetas existentes o construir nuevas el material excavado deberá depositarse al lado de la zanja hacia el corte.

Es imprescindible llevar a cabo la exhaustiva limpieza de las cunetas ya que durante la realización de este tipo de trabajos las cunetas se azolvan de materiales excedentes como balasto, materiales constitutivos de las terracerías, basura etc., teniéndose la debida precaución de que estén siempre libres de materiales ajenos que impidan el libre escurrimiento de las aguas pluviales.

En la realización de estos trabajos la sección transversal de la cuneta será triangular de 1.0 m. de ancho por 0.40 m. de profundidad en promedio. La cuneta deberá quedar perfilada y nivelada adecuadamente. Todo el material producto de la excavación de cunetas se retirará fuera de los cortes; dicho material se depositará en los lugares que no obstruyan el drenaje de la vía. Queda prohibido depositar el material arriba de los cortes o recargarlo en los taludes de estos.

Las operaciones de limpia de cunetas se dividen en dos:

a).- Para cortes de poca altura.- En los cortes bajos la obra puede llevarse a cabo mediante cuadrillas trabajando a mano, o bien mediante conformadoras dotadas de cuchillas de zanjeo. Si la conservación ha sido diferida por algún tiempo pueden emplearse económicamente esrepas de tiro siempre que haya espacio suficiente para su operación.

La conformadora JORDAN es una maquina grande montada sobre vía y diseñada especialmente para trabajos de balastado, pudiendo sin embargo, utilizarse muy ventajosamente para limpia de cunetas. Cuando opera debe ser empujada por una locomotora a una velocidad de 8 á 20 kilómetros por hora. La locomotora además, proporciona el aire comprimido usado para ajustar los diversos arados y cuchillas del aparato.

Mediante el ajuste de las cuchillas de enrasamiento se vá efectuando la limpia de las cunetas a medida que es empujada la maquina por la locomotora. Por lo general esta operación se verifica simultáneamente con la ampliación de terraplenes, en los que también se utiliza la conformadora JORDAN.

b).- Para cortes profundos.- En los cortes profundos, el trabajo se lleva a cabo mediante escrepas mecánicas. Si el volumen por excavar es pequeño, pueden emplearse cuadrillas dotadas de motores de vía con cajas balasteras y armones, o bien dotadas de carretillas de mano.

Cuando el volumen por limpiar es grande, o bien la distancia de acarreo considerable resulta por lo general más económico usar palas mecánicas para este trabajo. En vías de tráfico intenso y donde haya espacio puede resultar económica la construcción de una vía auxiliar para cargadura de carros; siempre que el acarreo sea distante y el volumen tal que justifique el costo de esta instalación.

Sea cual fuere el método empleado, el material deberá ser vaciado en tal forma que no vuelva a depositarse en el corte. El material removido de las cunetas nunca deberá depositarse en el talud adyacente. Cuando se vacía este material en los terraplenes, deberá quedar siempre a un nivel inferior al lecho del balasto.

14) Desyerbe de los terraplenes.

El crecimiento de la vegetación a lo largo del derecho de vía y cerca de ella da muy mal aspecto, obstrucción el drenaje, es una fuente de incendios e impide la visibilidad. Las yerbas de menor tamaño pueden ser eliminadas mediante la pala y el pico lo que constituye propiamente la operación de desyerbe, las yerbas de tamaño mediano se eliminan mediante machetes, a lo que se denomina chapoleo, y a las mayores mediante el hacha, lo que constituye propiamente el desmonte.

En aquellas regiones del país sujetas a crecimientos feraces de vegetación se emplea muy ventajosamente la maquinaria para su eliminación. Se ha ensayado también la aplicación de sustancias químicas que impidan su crecimiento y desarrollo, pero este método resulta bastante costoso y poco eficaz.

Las segadoras mecánicas son máquinas montadas sobre ruedas para ser remolcadas a lo largo de la vía; dotadas de brazos a cada lado con una serie de hojas de tijera para cortar la yerba. Para usarlas se requiere que el derecho de vía carezca de piedras, arbustos y otros obstáculos, y se operan moviéndose lentamente al ser remolcadas por un motor de vía. cuando se usan en las regiones tropicales resultan poco prácticas, pues con el corte de ciertas plantas se intensifica su crecimiento. Donde puedan aplicarse con ventaja, puede ahorrarse hasta la tercera parte del costo que representaría el trabajo efectuado a mano, pues pueden ejecutar el trabajo con un radio de 5 m. del eje de la vía a cada lado. Para su operación se requieren tres hombres,

uno que maneje el motor y dos operadores del aparato, a cada lado de la máquina operando la segadora. Se remolcan a velocidades de 5 km./hra. Y deben correrse por lo menos tres veces al año por el mismo territorio.

La aplicación de productos químicos tiene varios inconvenientes aparte de su costo elevado hay objeciones al usarlo donde pueda envenenarse el ganado, y además, con cierta clase de vegetación, tal como el pasto de Bermuda y el zacate de Johnson, son inefectivos.

La máquina común para la eliminación de la vegetación es la Quemadora de yerba que consiste en un carro para vía dotado de un grupo de quemadores de aceite que extienden sus flamas cerca de la superficie del terreno. La efectividad de tales aparatos depende del grado de densidad del crecimiento de la vegetación, pero en las condiciones normales dan servicio muy satisfactorio. Puesto que se mueven a velocidad de 5 a 25 km/hra. Se dañan muy poco los durmientes.

El personal que opera una máquina quemadora de yerba consta de: 1 operador, 2 ayudantes, 1 conductor y 1 garrotero, pues debe moverse mediante órdenes de tren.

En territorio de tráfico mediano puede esperarse un rendimiento de 40 km. Diarios quemados como mínimo en una sola pasada, tomándose en consideración que debe empezarse a quemar aproximadamente a las 10 de la mañana, pues más temprano no es muy efectivo el aparato por estar la yerba impregnada de rocío. En las regiones tropicales es indispensables dar dos o tres pasadas por el mismo lugar y la quemadora deberá operar constantemente, moviéndose de un extremo de la División a otro.

Se operan efectivamente las quemadoras si un carro extinguidor va detrás de ellas, apagando los durmientes que hayan podido incendiarse a su paso, que por lo general son los que se encuentran en alto grado de pudrición, o bien, los durmientes impregnados que estén recién instalados y tienen sangrias de creosota.

Como parte de las operaciones de conservación del derecho de vía, deben mantenerse perfectamente limpios y libres de vegetación los estribos de los puentes y sus cercanías, las placas de anuncio y de kilómetros perfectamente verticales y a sus distancias reglamentarias y, en general todo el terreno limpio de durmientes viejos o escombros.

4. REHABILITACIÓN DE VÍA CLÁSICA A VÍA ELÁSTICA.

4.1 REHABILITACIÓN DE VÍA POR MEDIOS MANUALES, IMPORTANCIA Y TRASCENDENCIA.

Como ya hemos visto a lo largo de la historia del los ferrocarriles en México desde su aparición hasta nuestros días, también se han presentado logros importantes en materia de reacondicionamiento y mantenimiento de la superestructura de la vía, de ahí la importancia de llevar a cabo la rehabilitación de las vías de manera paulatina, en las primeras épocas del ferrocarril en México esta actividad se desempeñó principalmente en forma manual con gran número de personal que se encargó de realizar la construcción y rehabilitación de la vía, dada la escasa mecanización en los procesos constructivos.

En los inicios la mayoría de los trabajadores desconocían en gran medida las técnicas empleadas en la construcción de vías ya que recientemente se había adoptado la tendencia de construir vías férreas durante los gobiernos de los primeros Presidentes de la República Mexicana entre ellos, el General Anastasio Bustamante en 1837 quien otorga la concesión a Francisco de Arriaga para la construcción de un camino de hierro desde Veracruz hasta la Capital, aunque no llegara a realizarse en ese periodo, es hasta 1873 cuando se inaugura el primer tramo ferroviario entre México y Veracruz, sin embargo, fue hasta la época del gobierno del General Porfirio Díaz cuando se dio el desarrollo del ferrocarril aunque propiciado por las fuertes inversiones extranjeras, llegando a tener una cifra cercana a la cantidad de vías férreas que se tiene en la actualidad.

La empresa Ferrocarriles Nacionales de México que fue constituida definitivamente en el año de 1908, al fusionarse en una sola compañía, por iniciativa y bajo el control del gobierno, los dos grandes sistemas del Ferrocarril Central Mexicano y del Ferrocarril Nacional de México, cuya expansión y desarrollo habían sido notables en los últimos años.

El capital fue de 460 millones de pesos oro, en acciones de primera y segunda preferencia y en acciones comunes.

Las rutas con que se formó Ferrocarriles Nacionales de México al nacer esta empresa, eran las pertenecientes a los sistemas Central y Nacional. Sumaban las líneas de ambos sistemas 6 681 km.; sumando además otros ferrocarriles que estaban controlados por el Nacional y el Central; por lo que la jurisdicción de la nueva empresa se extendía de hecho sobre su basta red que llegaba a 11 500 km.; en números redondos de estos 9 400 km., eran de vía ancha y 2 100 km., de vía angosta.

Posteriormente se incorporaron a la nueva empresa el ferrocarril de Veracruz al Istmo, y se adquirió el control del ferrocarril Panamericano; el Mexicano del sur, y otros más.

Como el Gobierno Federal tenía el 51% de las acciones de Ferrocarriles Nacionales de México, ejerció al punto la facultad de designar a los miembros de la junta Directiva, imprimiéndole su política. El primer presidente Ejecutivo de los Nacionales fue el señor E.N. Brown.

En el periodo de la Revolución Mexicana la red férrea se vio muy dañada, ya que no solamente los ejércitos revolucionarios utilizaban los ferrocarriles, también las fuerzas federales del Gobierno usurpador, se servían para ello.

Durante el Gobierno del General Lázaro Cárdenas del Río, el control de la empresa Ferrocarriles Nacionales de México es llevada por los trabajadores ferrocarrileros decretándose la Nacionalización el 13 de Junio de 1937, así para Mayo de 1938, los trabajadores se hicieron cargo del manejo de la empresa, aunque dadas las dificultades financieras y administrativas, y la falta de experiencia de los trabajadores en el manejo de una empresa de tal magnitud y los factores adversos causados por la devaluación del peso, en 1940 la empresa vuelve a ser administrada por el Gobierno.

Durante la Segunda Guerra Mundial los ferrocarriles Mexicanos tuvieron una importante participación al transportar materias primas, de materiales estratégicos que nuestro país y otros del centro y Sudamérica enviaban a Estados Unidos.

A principios de 1947 la Administración de Ferrocarriles Nacionales de México procedió, por acuerdo, del Presidente Miguel Alemán, a elaborar un programa de adiciones y mejoras para iniciar la completa rehabilitación del sistema. Este programa que abarcó un periodo de cinco años, fue conocido como el "Plan Alemán de Rehabilitación Ferroviaria" y sirvió de base para todos los trabajos que empezaron a desarrollarse de inmediato.

Uno de los principales trabajos concluidos, a principios de 1956 fue la rehabilitación del tramo Irapuato-Aguascalientes (232 km.). También se puso en servicio la Terminal del Valle de México.

A principios de 1958, se puso en servicio la Terminal de Carga de la Ciudad de México. Y en Marzo de 1959 se puso en servicio la gran Estación de Ferrocarriles en Buenavista.

La gran mayoría de las obras para esas épocas se llevaban a cabo por administración en la que la mayoría de las actividades se desarrollaron por medios manuales, es decir con escasa maquinaria, además los procesos constructivos estaban diseñados para llevarse a cabo con el personal de vía.

Las actividades de alineación y nivelación de la vía también se llevaban a cabo por medios manuales en las que se auxiliaba con aparatos de topografía para alinear y dar niveles a la vía terminada, además se recurría a la participación de un viejo rielero quien inspeccionaba y corregía los golpes de nivel y de vía de manera visual.

Haciendo referencia al proceso constructivo para la construcción de la vía clásica encontramos que es importante observar el empleo de un método llevado a cabo con escasa mecanización en los trabajos para conseguir el objetivo de crear una vía (fig. 4.1).



Fig. 4.1. Tendido de vía por medios manuales.

Para llevar a cabo los trabajos de rehabilitación por medios manuales se requiere llevar a cabo la inspección continua de los trabajos por parte de la supervisión de las actividades de rehabilitación. Estas inspecciones se harán tomando en cuenta lo señalado por el reglamento de conservación de vía y estructuras que para este efecto se encuentran señaladas. Esta revisión se lleva a cabo en recorridos en autoarmón a una velocidad de 20 km./hra. Supervisando también el distrito a su cargo a pie, para que este sea caminado por lo menos una vez al año. Verificando cada seis meses la sobreelevación y

alineamiento de las curvas inspeccionan los cambios de la vía principal por lo menos una vez al mes.

Los mayordomos de sección, recorren a pie con la frecuencia que se requiere el tramo a su cuidado, verificando en cada recorrido los cambios y demás instalaciones de su sección (fig. 4.2.).

Esta revisión de trabajos comprende todas las actividades realizadas durante las jornadas de trabajo.

Guarda vías, que recorren diariamente a pie el tramo de su sección, haciendo revisión y corrigiendo los defectos de los cambios y juntas, haciendo en general aquellos trabajos que puedan desempeñar por sí solos.

Cuadrillas de sección a quien están encomendados directamente los trabajos, siendo los mayordomos los únicos responsables de las condiciones físicas que tenga la vía.

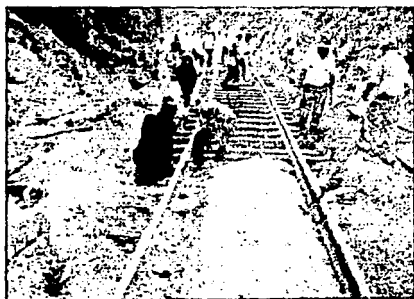


Fig. 4.2. Cuadrillas de sección y mayordomos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1.1. Herramientas, equipos de vía y medios de transporte.

El personal de ferrocarriles encargado de la conservación y rehabilitación de vía, como son las cuadrillas de sección, regulares de división y sistemales, necesitan estar dotadas de herramientas y medios de transporte cuya cantidad y clase puede variar según las condiciones del terreno, del trabajo por ejecutar, de la cantidad de personal de que se disponga y de los programas que previamente se hayan elaborado.

Estas cuadrillas están compuestas de un mayordomo, seis u ocho reparadores y un guarda vía, siendo el tramo a su cuidado de longitud entre 12 y 15 kms., debiendo estar provistas para el mejor desempeño de los trabajos de la herramienta y útiles que se enlistan:

- 1 Barril para agua.
- 2 Barrenas de $\frac{3}{4}$ ".
- 4 Brocas de 1".
- 4 Brocas de 1-1/32".
- 4 Brocas de 1-1/8".
- 4 Brocas de 1-3/16".
- 4 Tajaderas.
- 1 Escantillón.
- 6 Bieldos.
- 2 Cajas de volteo para armón.
- 1 Carretilla de mano.
- 1 Cinta para medir de 20 mts.
- 3 Llaves de vía para tornillos de 1" y 7/8".
- 2 Gatos de vía.
- 1 Gato de curvar.
- 2 Hachazuelas.
- 1 Hacha.
- 1 Lámpara de cambio.
- 2 Linternas blancas.
- 2 Linternas rojas.
- 1 Lima plana de 10".
- 8 Palas de vía.
- 1 Serrucho.
- 1 Sardina.
- 8 Tenazas para durmiente.
- 4 Placas para abanderamiento.
- 2 Armones.
- 1 Llave inglesa de 12".
- 2 Machetes.

- 4 Martillos de vía.
- 1 Marro de 12 lbs.
- 1 Taladro.
- 1 Mollejón de 3" x 24".
- 1 Motor de vía.
- 1 Nivel de vía.
- 8 Picos.
- 4 Banderas rojas.
- 6 Banderetas de línea.
- 2 Barretas de uña.
- 2 Cajas de volteo.
- 8 Calzadores.

Independientemente de las herramientas y medios de transporte mencionados, las cuadrillas deben contar con los siguientes útiles: Banderas rojas de genero, banderas amarillas de lámina en su hasta, barril para agua, candados para cambio, armoneras, bodega o carro bodega, cinta métrica de 20 mts., linterna de señales con globo blanco y rojo, llave para candado de cambio, mangos para pico, martillo y hachazuela, aceite negro, aceite mineral para lámpara, creosota, luces de bengala, y petardos.

De acuerdo con la lista de herramientas manuales y medios de transporte que se mencionan en párrafos anteriores, a continuación se describe su aplicación.

Autoarmón. En la actualidad se utiliza con gran ventaja y debe estar en condiciones de remolcar uno o más armones cargados con herramientas, materiales y al mismo tiempo transportar al personal en servicio. Estos pueden clasificar en dos grupos: De inspección y de remolque, los primeros se utilizan en inspección en sección y los segundos, en las cuadrillas regulares, sistemales y en los trabajos de conservación y rehabilitación de vía.

Armones. Estos al igual que los autoarmones pueden ser del tipo ligero o pesado, según el trabajo a que se destinen, su capacidad de carga siempre debe ser conocida a fin de evitar sobrecargarlos ya que puede provocar el desgaste prematuro de las chumaceras, o bien, la rotura de los ejes con peligro de causar un accidente.

Barrena. Se utiliza principalmente para taladrar los durmientes de vía, de puentes y facilitar la colocación de los clavos de vía o pernos.

Barreta de línea. Es la que se utiliza en los trabajos de alineamiento de la vía, cuando ha perdido su alineamiento original, es una barra de fierro redondo que termina en punta en uno de sus extremos lo que permite clavarla en el terreno y recargarse en ella para mover la vía (fig. 4.3).

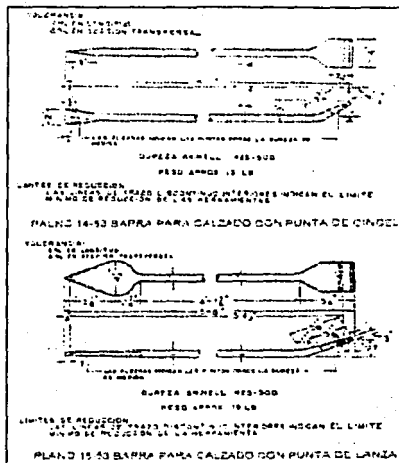


Fig. 4.3. Barretas para calzado.

Barreta de ña. Herramienta cuyo objeto es el de la extracción de los clavos de vía (fig.4.4).

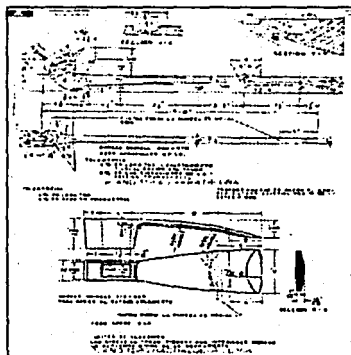


Fig.4.4. Barra de ña y hachazuela.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Hachazuela. Se emplea para emparejar o desbastar la cara superior del durmiente para dar firme apoyo a las placas de asiento.

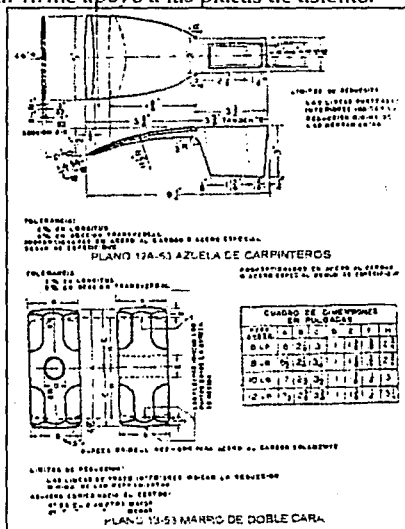


Fig. 4.6. Azuela de carpinteros y marro de doble cara.

Llave Inglesa. Esta herramienta se utiliza para el apretado de las tuercas de los tornillos, en las varillas y barras de conexión.

Llave de vía. Se utiliza en el apretado de las tuercas de los tornillos de las planchuelas, para cada medida de las tuercas del tornillo deberán tener la abertura correspondiente al tipo, pues de lo contrario pueden mellarse tanto las llaves como las tuercas.

Llave de anclar. Su uso es exclusivamente para la colocación de anclas de vía.

Machete. Se utiliza en el desyerbe y limpieza de los taludes, terraplenes, banquetas y desmonte del derecho de vía.

Martillo de vía. Es utilizado para el hincado de los clavos de vía en los durmientes.

Marro. Sirve para enderezar algunos accesorios de vía o bien, para golpear aquellos rieles y cortarlos cuando previamente han sido marcados con tajadera (fig. 4.6).

Matraca con broca. Se utiliza para efectuar perforaciones en el alma del riel, se acciona manualmente.

Nivel de vía. El único modo para probar si una tangente en la vía está a nivel es por el uso frecuente de un nivel de vía exacto que se coloca perpendicular a la vía. El ojo del observador debe estar siempre verticalmente sobre la burbuja para obtener una lectura precisa. Si el observador está cerca de un riel mientras observa la burbuja el grueso del vidrio hará inexacta la lectura. Casi todos los tipos de niveles de vía están contruidos de modo que puedan usarse también para comprobar la elevación de los rieles altos en una curva.

Existen cuatro modelos diferentes de niveles de vía, 3 de ellos son conocidos como niveles de vía ajustables. Son llamados así, por que a uno de sus extremos se adapta un vástago, este vástago se marca, en pulgadas y en cuartos de pulgada y puede ajustarse y adaptarse para indicar una elevación deseada. Si este se ajusta indicando una elevación de 3" y el nivel se coloca perpendicular a la vía con el extremo del vástago sobre el riel más bajo, donde la elevación sea exactamente 3", la burbuja permanecerá en el centro del nivel de vidrio. Existe una combinación de calibrador de escantillón y nivel. Es una herramienta ligera para servicios de inspección únicamente.

Nivel de vía tipo escalones. Cada escalón es de $\frac{1}{2}$ " de alto y de 2" de largo. En todos los tipos el nivel de vidrio debe ser suficientemente preciso para indicar claramente una diferencia de $\frac{1}{16}$ " de elevación en una distancia reglamentaria al escantillón entre rieles.

Un nivel de vía puede perder su ajuste por un gran número de causas, esta es la razón por la que el Reglamento exige que cada operario calificado verifique frecuentemente esta herramienta. Algunos ferrocarriles usan niveles que han sido contruidos de tal modo que la burbuja pueda ser cambiada por medio de ajustes precisos con un tornillo. En este caso el Reglamento exige que cada operario calificado ajuste su propio nivel. Muchos ferrocarriles usan niveles de otros tipos de construcción y entonces es necesario que todos los niveles de vía, que necesiten ajustes, sean enviados a la oficina del jefe de vía.

Un nivel de vía puede ser verificado colocándolo en algún soporte firme, como por ejemplo, sobre los dos rieles de la vía, poniendo un empaque bajo uno de los extremos del nivel, si es necesario, hasta que la burbuja quede exactamente en medio de la marca del vidrio. El nivel entonces es invertido

Tenazas para durmientes. Esta herramienta es la que está autorizada para el manejo de durmientes de madera y además deberá de trabajarse con mucho cuidado para evitar que esta astille o dañe las caras externas del durmiente.

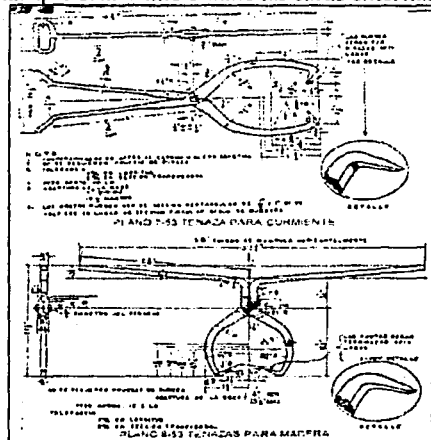


Fig. 4.8. Tenazas para madera.

Tenazas para riel. Se utiliza para el movimiento de los rieles en el lugar de trabajo y en pequeñas distancias.

Tenazas para madera. Se utiliza para realizar el movimiento de los durmientes de madera para su transporte y colocación (fig. 4.8).

Extractor de clavos. Se utiliza para la extracción de clavos en los accidentes de trenes (fig. 4.9).

**7515 CON
FALLA DE ORIGEN**

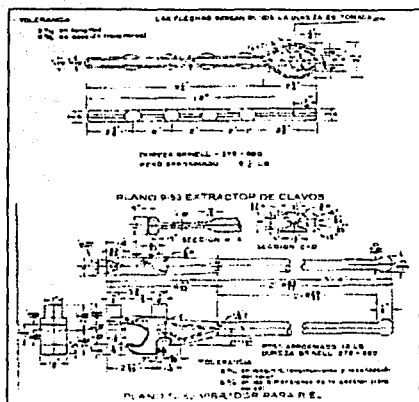


Fig. 4.9. Extractor de clavos y vibrador para riel.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Mediante el uso de las herramientas señaladas y dependiendo de la clase de trabajo, características del terreno, del clima y cantidad de personal de que se disponga se obtienen rendimientos que pueden variar de un lugar a otro.

A continuación se menciona el método para llevar a cabo la rehabilitación de la vía realizada con escasa mecanización.

- 1). El tren de trabajo (retrocediendo) penetra hasta el extremo vía y las plataformas o góndolas a la cola del tren, se les descarga de sus durmientes a mano y a paso lento de tren distribuyendo la madera (de atrás hacia adelante) alineando el lado izquierdo (lado de ojo) y espaciando a 50 cm.
- 2). Prosigue la distribución de las placas de durmiente, que se colocan sobre los apoyos (previamente entallados) donde también se han barrenado los taladros para guiar los clavos.
- 3). Una vez descargada la madera y la parte de los accesorios, el tren de trabajo regresa con una grúa burro para la descarga del riel, el cual puede traer colocadas en un extremo el par de planchuelas (con un sólo tornillo sin apretar).
- 4). Los rieles se colocan a partir del lado de ojo que se alinea con esmero, usando cuñas de expansión acordes con la temperatura, presentando tornillos para armar la vía donde el clavado sólo afirma al riel en las llantas y centros, dejando la mayoría restante del clavado.

- 5). El tren avanza a medida del tendido provisional, para proseguir la distribución de durmientes, usando vía sin balasto (vaciada), tan sólo por el avance de un día de labor, lo cual demanda que el último viaje del día del tren de trabajo, se le destine a distribuir balasto enrasando los rieles con un volumen aproximado de 500 m³ por km. Correspondiente a un 40% de la dotación final.
- 6). En la actualidad, los durmientes deben distribuirse de adelante hacia atrás, posteriormente a la distribución de los rieles, los cuales se almacenan a lo largo de la banqueta y cunetas de la línea, utilizando tractores automotores y remolques tipo forestal, para su transporte desde la estación más próxima.
- 7). El durmiente se alinea y escuadra a mano y el riel se coloca con auxilio de una grúa automotora procediéndose a realizar un clavado de centros y llantas (preliminar) seguido del clavado utilizándose para este fin un marro de doble cara y el apretado de tuercas también realizado a máquina.
- 8). Cuando se trata de cambio de riel (en lugar de tendido de nueva vía) el riel nuevo soldado, se le descarga a un lado o al centro de la vía y se desclava el viejo riel retirando las placas y demás accesorios de un sólo riel.
- 9). Se cambia el riel izquierdo y luego el riel del lado opuesto (escantillón) debiéndose alinear el hongo del riel con tránsito, con precisión al milímetro.
- 10). El cambio de riel debe complementarse con refuerzo de durmiente (eliminando los de 1 y 2 rayas) así como un alineado y nivelación con refuerzo de balasto fresco por lo menos 3" de levante de los niveles.
- 11). Se lleva a cabo la nivelación en los lugares que lo requiera auxiliándose con 2 GATOS de vía, bieldos y palas de vía.
- 12). Se quitan los golpes de vía auxiliándose con gatos para curvar, estos se refieren a las ondulaciones laterales que se observan en la vía ya sea hacia adentro o hacia afuera de la línea que marca el escantillón correcto.

4.2. REHABILITACIÓN DE LA VÍA POR MEDIO DE MAQUINARIA, IMPORTANCIA Y TRASCENDENCIA.

Durante el periodo de 1959-1970 se hicieron modificaciones, se dio mantenimiento y se rehabilitaron casi el 75% de la red; y se realizaron obras para beneficio de los trabajadores pertenecientes a FNM, así como talleres, estaciones, estaciones de carga sobre todo en las ciudades del norte y noreste del país.

En el periodo presidencial de 1970 a 1976, se prosiguió con la rehabilitación de las vías, reforzamiento de puentes, cambio de rieles, en varias Divisiones.

La modernización de la infraestructura se refleja, entre otras cosas en el aumento de la longitud de la vía que reúnen condiciones de calidad internacional y se han construido y mejorado patios, laderos y terminales de carga. Además, el mantenimiento y rehabilitación de vía por medios mecanizados cubren cada vez mayores extensiones, las telecomunicaciones pasan de analógicas a digitales y se apoyan en la red de estaciones satelitales y en la fibra óptica.

La homologación de los ferrocarriles de México, Estados Unidos y Canadá, en cuanto a su infraestructura, equipos y normas, además de los convenios y acuerdos establecidos para el intercambio de flete.

El trazo de la red férrea de México permite comunicar sus principales ciudades y centros productivos entre sí, comprendiendo los puertos y los puntos fronterizos por donde se realiza la mayor parte del comercio exterior.

Para lograr un sector ferroviario eficaz, rentable y competitivo, con autosuficiencia financiera, para asegurar su desarrollo autónomo y sostenido a largo plazo, así como para garantizar el cumplimiento de sus funciones estratégicas de apoyo al desarrollo económico del país y de apertura comercial hacia el exterior, es necesario seguir las siguientes estrategias en materia de vías:

Mejoramiento de las técnicas utilizadas. Para el mejoramiento de éstas se han contemplado diversos puntos, entre los que destacan:

- a) Calendarización de inspecciones y mantenimientos. Los trabajos de inspección y mantenimiento de la infraestructura están en función de la época del año más conveniente para realizarlo. Por ello se han revisado los conceptos, de manera que se tenga una mejor programación de la

adquisición, recepción y envío de los materiales que se necesitan en los proyectos, y de los recursos humanos que deban moverse oportunamente en cada caso.

- b) Inspección interna del riel. El estado físico de los rieles se verificaba anteriormente mediante inspecciones visuales, especialmente en los tramos de vía emplanchuelada en donde aparecían fracturas.

Desde hace 25 años, se adoptó la contratación de inspección interna de rieles mediante inducción magnética y ultrasonido, con el fin de determinar los defectos internos. Esta información sirve como base para la formulación de los programas de rehabilitación y así reducir los incidentes producidos por los rieles rotos.

- c) Medición de la geometría de la vía. Este era un proceso prácticamente manual o semimecanizado. A partir de 1981 se utiliza el carro registrador de la vía dotado de sistemas electrónicos. Con los registros obtenidos se definen los programas preventivos y correctivos que corresponden a cada tipo de vía.

- d) Análisis del desgaste del riel. El análisis de los perfiles se realizaba anteriormente por medio de la obtención de plantillas en secciones específicas y con ello se registraban los patrones de desgaste, para decidir cuando había que transponer, rehabilitar o condenar el riel. Con el objeto de programar los trabajos de esmerilado que deben realizarse para extender la vida para las vías, a partir de este año se contrato la inspección y análisis de los rieles mediante un vehículo laser, para que cubra los tramos más importantes de la red principal. Esta práctica se seguirá utilizando en el futuro.

- e) Inventario de las instalaciones a lo largo del sistema, se realizaba mediante brigadas de topografía en puntos específicos, sin embargo, con la utilización de un vehículo de medición para efectuar el levantamiento de estos datos el trabajo se desarrolla de manera más ágil.

- f) Medición de los gálibos. El incremento en la demanda de movimiento de carga más voluminoso en los últimos años, ha obligado a actualizar la información del gálibo de las estructuras, que se tenía anteriormente en gráficas manuales. Desde 1980 se han obtenido mediciones con vehículos mecánicos, más precisos y rápidos, y a partir de 1989 se ha utilizado un vehículo con rayo laser, con estos resultados se está contratando la ampliación de los gálibos restrictivos.

- g) Instrumentación de puentes. El comportamiento estructural de los puentes se verificaba con los cálculos que de origen se realizaban para su construcción, sin embargo, las modificaciones de las condiciones de operación, al entrar en funcionamiento nuevos tipos de trenes y carros que concentran fuertemente el peso de sus ejes, diversos indicadores señalan que esos datos no son suficientes para observar los esfuerzos actuantes reales en las estructuras y de este modo poder optimizar su uso y, en su caso, efectuar reforzamientos o sustituciones. Debido a lo anterior, desde 1991 se realizan instrumentaciones a los puentes metálicos principales, con base en straingages y procesamientos de datos para obtener los esfuerzos actuantes reales.
- h) Mecanización de los trabajos de mantenimiento. La modificación del esquema de mantenimiento manual de la vía por medios mecanizados, ha venido implantándose en FNM desde hace 25 años, por medio de grupos de alineación y nivelación de vía. En congruencia con la disminución de personal y para los trabajos de vigilancia y conservación puntual, se han reasignado tramos de mantenimiento de vía y se ha dotado a las cuadrillas que tienen un tramo mayor de un camión Hy-rail, dotado para tal efecto.
- i) Limpieza de balasto. Los trabajos de limpieza y sustitución del balasto se realizaban antes de manera manual y en forma puntual. Con frecuencia se tenía balasto contaminado que originaba golpes de vía. A partir de 1968 se le da tratamiento al balasto por medios mecánicos, mediante el uso de desguarnecedoras-cribadoras, lo que garantiza el mejoramiento de la calidad e incrementa substancialmente la velocidad y eficiencia de los trabajos.
- j) Disponibilidad de tiempo en la vía. La operación de los trenes se ha mejorado a través de la introducción de mejores sistemas de llamado de tripulaciones, despacho y control de trenes en camino, lo que ha su vez a permitido disponer de la vía por periodos más amplios para realizar trabajos de rehabilitación y conservación de la vía. Esta tendencia se está reforzando con sistemas integrales de control de tráfico de trenes que están implantándose en FNM a partir de 1992.
- k) Participación de la iniciativa privada. Dadas las características de FNM como única empresa ferroviaria en México, la participación de la iniciativa privada se incrementa gradualmente mediante la contratación de los servicios que la infraestructura requiere. En este sentido se toma en cuenta el periodo de aprendizaje de las empresas para reducir en forma paulatina la intervención de FNM. Esta modalidad, que tiende a generalizarse por el organismo, ya se está aplicando en el área de infraestructura. Actualmente

las empresas ferroviarias generan sus propios programas de contratación de obras de rehabilitación y mantenimiento de la vía.

Dentro de esta estrategia están contemplados, entre otros, los siguientes puntos:

1. Mantenimiento y rehabilitación de vía. Para la reducción de personal, la insuficiencia de FNM para invertir y mantener un parque amplio de maquinaria de vía y dar cabida a la participación de la iniciativa privada, desde 1993 se contratan los trabajos de mantenimiento y rehabilitación mecanizada de la red básica prioritaria. En el mediano plazo, cuando se cumpla totalmente el alcance de los trabajos de la iniciativa privada, se destinará la red básica prioritaria al sector privado y a FNM la estratégica y complementaria. Anteriormente, este tipo de trabajos lo realizaba de forma exclusiva FNM.
2. Cancelación de funciones y servicios no prioritarios. Aquellas áreas o servicios que por su propia naturaleza puedan desarrollarse de manera más eficiente por compañías privadas, se están desincorporando o conccionando de manera que no sean una carga financiera y administrativa para FNM.
3. Líneas nuevas. Para reducir los costos operativos se continúa con la operación de nuevas líneas, bajo estrictos criterios de rentabilidad, así como las rectificaciones y mejoras de las existentes. De manera permanente estos trabajos han formado parte de los programas de inversión y se realizan por parte de compañías contratistas.

Para 1991, FNM se encontraba en una situación complicada, inmerso en un círculo vicioso en el que la disminución de la demanda real provoca pérdida de ingresos, y aunado a esto, el deterioro de la capacidad de transporte y de la calidad de servicios, lo que a su vez repercute en la pérdida de tráfico.

En el ámbito externo, el desarrollo tecnológico en materia ferroviaria, la escasez de energéticos, la mayor conciencia ecológica y el deterioro de las carreteras han auspiciado el uso más generalizado de los ferrocarriles en el mundo.

Así, se planteó el reto básico de FNM: modernizarse y reorganizarse integralmente, para hacer frente a las necesidades de transporte.

Los primeros resultados de la implementación de estas estrategias se han reflejado en el incremento del tráfico de carga: 5% entre 1991 y 1992, y 3.4% en 1993 con respecto a 1992, reinvertiendo la tendencia negativa de los seis

años anteriores y por encima de la economía y otros medios de y transporte. Destacan el tráfico de contenedores, que creció en 16% 1992 y 40% en 1993 y de la industria automotriz que en 1993 tuvo un incremento del 30%, transportando el 82% de los vehículos totales producidos.

El redescubrimiento mundial del ferrocarril se ha fundamentado en sus posibilidades técnicas y operativas, perspectivas de ahorro de energía y de menor contaminación.

La oportunidad de los ferrocarriles de México consiste en estar en posibilidad de atender al mercado de transporte, fundamentalmente de carga, con calidad, seguridad y rentabilidad, contribuyendo así al desarrollo de México.

El sistema ferroviario mueve aproximadamente el 20% del total de carga transportada en México a través de la paraestatal FNM.

La longitud del Sistema Ferroviario Mexicano asciende a 26 477 km., correspondiendo a la vía principal de 77% y el resto a vías secundarias y particulares.

En 1994, FNM transportó un volumen de carga de 52 millones de toneladas, generando ingresos por \$2704 millones. Para 1995 se espera que transporte 52.7 millones de toneladas.

En los primeros 8 meses de 1995 el número de vehículos automotrices movidos por ferrocarril fue 19% mayor que en el mismo lapso de 1994. Para la industria de autopartes automotrices se manejaron 49 mil contenedores, 33% más que en el año anterior.

En los últimos años se realizaron esfuerzos importantes para modernizar el ferrocarril, incrementar su productividad, orientar sus estrategias hacia el mercado y consolidarlo como transporte de carga, eliminando servicios improductivos.

Como resultado de estos esfuerzos, el volumen de carga transportada se ha recuperado en forma continua desde 1992.

La inversión privada, Nacional y Extranjera en sector Ferroviario, llega a más de \$1 100 millones, incluyendo mantenimiento de vía, modernización, mantenimiento de sistemas de señalización, etc.

En febrero de 1995, se aprobó las reformas al artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Dichas reformas incluyen la reclasificación de la actividad ferroviaria como área prioritaria para la

Nación, abriendo la oportunidad para la participación del sector privado en el sistema.

En mayo del mismo año, se publicó la ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, que norma los procedimientos para el otorgamiento de concesiones o permisos a los particulares que pretendan prestar el servicio público de transporte ferroviario o sus servicios auxiliares.

Con base a los estudios realizados y la experiencia internacional, se seleccionó la opción de dividir por regiones el sistema ferroviario, mediante la creación de empresas regionales integradas verticalmente, las cuales serán responsables de prestar el servicio público de transporte ferroviario. Los ferrocarriles regionales estarán debidamente interconectados para conformar el sistema ferroviario Mexicano.

Este esquema incluye, en unidades separadas de negocios, todas las variables que inciden en el sistema ferroviario, y propicia una operación enfocada a las necesidades del mercado; minimiza la complejidad normativa y operativa; estimula la operación de acuerdo con las necesidades regionales; racionaliza el funcionamiento de los servicios y agiliza la respuesta de las empresas a los cambios estructurales de la economía. Asimismo, impulsa la competencia al interior del sistema.

Además, esta opción reconoce el origen de las líneas ferroviarias de México, y corresponde a la estructura de los ferrocarriles, que en diversos países han presentado un notable renacimiento y vigor en los últimos años.

4.2.1. Maquinaria y equipos de vía.

En las vías modernas, ha surgido la necesidad de utilizar maquinas más versátiles y específicas en lo que respecta al alineamiento y nivelación, persiguiendo el objetivo primordial de dotar a la superestructura de un perfecto alineamiento y su correcta nivelación o sobre-elevación respectiva con la ayuda de estas maquinas se logra que no sea afectada la estabilidad de dicha superestructura.

Una vez concluido el montaje de los elementos de la superestructura de la vía elástica, la falta de nivelación, el alineamiento y su estado en general son tales que únicamente es posible la circulación a muy baja velocidad (30 km./hra.).

Por lo tanto se trata ahora de dar a la vía en planta y en perfil (el alineamiento y nivelación) su posición exacta, con una precisión de milímetros, que permitirá el paso de trenes a la velocidad máxima de la línea.

Para lograr dar estas características a la superestructura de la vía elástica se da lugar al empleo de la maquinaria especializada en el orden que se presenta a continuación:

- 1.- Una multicalzadora.
- 2.- Una alineadora de vía.
- 3.- Una reguladora de balasto.
- 4.- Una compactadora (esta maquina se empleara únicamente en la última etapa al 2º o 3er levante de la vía.).

Este trabajo se realiza en las etapas siguientes:

- a).- Descarga de balasto nuevo por medio de tren de trabajo.

Es preciso que el balasto se descargue cuanto antes sobre la vía nueva para estabilizarla y evitar una deformación en la vía bajo el efecto de la variación de temperatura.

El primer balasto acarreado por el tren de trabajo se distribuye descargando góndolas Hopeer por el fondo a baja velocidad, extendiéndolo al ras del riel con ayuda de dos durmientes de madera de vía empujados por las ruedas del truck del tren (amanera de hoja de bulldozer).

- b).- Empleando una multicalzadora, maquina dotada de bates vibrantes que se introducen en la capa de balasto, eleva la vial nivel requerido y

compacta energicamente el balasto bajo los durmientes para dotarlos de un asiento estable y una posición exacta.

Las modernas multicalzadoras son maquinas pesadas, pero dotadas de elementos de automatismo muy precisos.

La máquina mide por si misma la cantidad que debe ser elevado cada riel en cada durmiente, para dar el perfil y el peralte deseado realiza el levante batea o calza el durmiente y pasa al siguiente (fig.4.10).

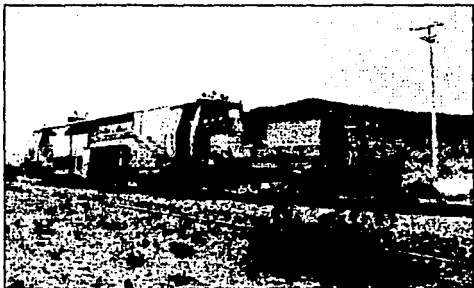


Fig. 4.10. Multicalzadora nivelando vía.

c).- En tramos mecanizados, se introduce a continuación de la calzadora una alineadora, es una maquina automática que mide los defectos de trazado de la vía y los corrige, colocando la vía en su posición exacta en planta.

En la actualidad se cuenta con maquinaria que tienen incorporados dispositivos de alineación y de bateo para dar el calzado constituyendo máquinas combinadas.

Existen muchos tipos de calzadoras:

Calzadoras niveladoras.

Calzadoras niveladoras alineadoras.

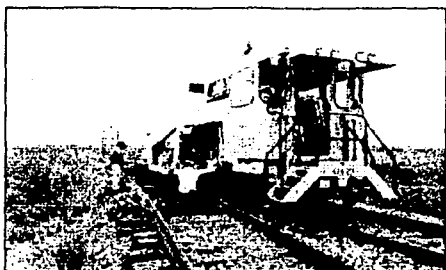
Citemos algunas:

-JACKSON.

-MATISA.

-PLASSER AND THEURER.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Fig. 4.11. Niveladora y alineadora de vía.

d).- El balasto precisa de uniformar la tosca distribución que haya tomado después de estos trabajos, el que es realizado mediante la maquina reguladora de balasto, la cual distribuye y conforma el balasto dejándolo a la sección reglamentaria, quitando cualquier exceso de material, para transportarlo a los tramos deficientes.

Pero no se puede circular aún a la velocidad máxima puesto que a pesar del calzado o bateo, los 20 cms., de balasto existentes bajo el durmiente asentarán unos centímetros por el paso de los trenes.

Debe tenerse presente que después de esto se proceda a la liberación de las tensiones que existirán en los l.r.s., como ya se menciono anteriormente.

Después de haberse producido un asentamiento suficiente de la vía por efecto de las circulaciones, se procede a una nivelación complementaria (bateo o calzado) y una alineación precisa de la vía efectuada por las mismas maquinas automáticas mencionadas anteriormente (fig. 4.11).

La vía estará ahora ya preparada para soportar el paso de circulaciones a la velocidad máxima permisible.

Desguarnecedora-cribadora de balasto. Esta máquina se utiliza en donde encontramos balasto contaminado y requerimos su limpieza y reutilización en la vía, el balasto lo saca de la vía tomando para limpiarlo y cribarlo, depositándolo nuevamente en la vía y desechando el material contaminado (polvo o tierra) que no cumpla con las características requeridas. Esta máquina trabaja antes de la Multicalzadora-Alineadora-Niveladora.

Compactadora de cajones. Compacta los cajones por medio de zapatas a izquierda y derecha de cada riel, generalmente la distancia de las zapatas

es regulable de acuerdo a la distancia entre durmientes, actuando exactamente en la zona donde realizó su trabajo la multicalzadora-alineadora-niveladora, por lo que trabaja después de ésta.

Estabilizador Dinámico de vía. Compacta y estabiliza controladamente la vía, se anticipa el asentamiento inicial, por lo que es posible asentar la vía correctamente a una medida determinada sin modificar su geometría, trabaja después de la Multicalzadora-Alineador-Niveladora.

4.3. EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN LA SUSTITUCIÓN DE LA VÍA CLÁSICA POR LA VÍA ELÁSTICA, UTILIZANDO LOS MEDIOS MECANIZADOS.

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

Las vías recientemente colocadas exigen durante su periodo de estabilización muchos cuidados, ajustes, rectificaciones y nivelaciones en especial, los cuales son sensiblemente iguales tanto en la vía clásica como en la elástica.

En la conservación, la vía elástica ha conseguido sobre la vía clásica economías mínimas de un 30% y en ocasiones de hasta un 78%.

Si sometemos una vía elástica y una clásica al mismo tráfico, después de que haya pasado el periodo de estabilización podremos observar que:

4.3.1. Vía Clásica.

El sistema de construcción de la vía clásica ha sido empleado desde la aparición de los ferrocarriles como medio de transporte, por lo que la mayoría de las vías existentes en la actualidad se encuentran construidas con rieles emplanchuelados y fijación rígida a base de clavo con durmiente de madera y placas de asiento metálicas.

La vía clásica pone de manifiesto su debilidad por una marcada desnivelación en las juntas, defecto que va agravándose cada vez con mayor rapidez y que da lugar a fuertes choques al paso de los trenes.

La construcción de la vía clásica se llevaba a cabo en gran medida con la participación de grandes cantidades de personal desde el acopio de los materiales, de los rieles y de los elementos de fijación hasta la posición de la vía, a este personal en ocasiones se le dotaba de hospedaje y manutención durante la realización de los trabajos lo que aumentaba en gran medida el costo de una obra, ya que existían lugares en donde no existía infraestructura para poder acampar por lo que era necesario construir campamentos dotados de agua potable, y condiciones habitables donde el personal y sus familias pudiesen vivir durante la realización de la obra, por otro lado era común la practica de la utilización de recursos humanos en la localidad de el tramo de la obra, lo que permitía que muchas familias se beneficiaran económicamente

durante la realización de la obra, ya que estos trabajos les permitía conseguir el sustento de las familias de los trabajadores.

La construcción de la vía clásica exige la utilización de métodos de nivelación y alineación de manera manual auxiliándose de teodolito y niveles para poder reducir el error en las nivelaciones y alineaciones, era también común la práctica de la corrección puntual realizada por un viejo rielero quien detectaba los golpes de nivel y de alineación de la vía, para posteriormente corregirlos, ya que es exigencia de la vía clásica la constante nivelación y alineación.

En la actualidad los métodos de reconstrucción de vías férreas que utilizan el sistema de vía clásica son ya obsoletos dada la exigencia de rapidez en la realización de los trabajos y la disminución de tiempos en que la vía puede dejar de operar y el uso de los l.r.s. con fijación a durmiente de concreto y/o madera, estos sistemas de vía son diseñados para la operación de locomotoras más grandes y mayores capacidades de carga, son las variantes que exigen cada día el uso de métodos constructivos con implementos en las actividades a realizar de máquinas especializadas que permiten errores muy pequeños en la alineación y nivelación de las vías férreas que se llevan a cabo por vía elástica.

4.3.2. Vía Elástica.

El comportamiento de la vía elástica es distinto, sus defectos de nivelación toman una forma muy alargada por lo cual evolucionan con gran lentitud, así mismo afectan muy poco sobre el movimiento de los trenes y su confort, por lo anterior la corrección de estos defectos puede ser con programas a largo plazo, guiados por coches de control con registradoras automáticas.

Por lo tanto también las nivelaciones continuas se pueden cambiar por nivelaciones localizadas realizadas con máquinas calzadoras.

La simplificación en las operaciones de conservación, e incluso en vía con rieles antiguos rehabilitados mediante soldadura, justifica economías realizadas del orden del 60% y aún hasta del 75% en relación a una vía clásica con planchuelas que han envejecido.

El costo de construcción de una vía elástica moderna con durmientes de madera o concreto puede considerarse en la mayoría de los casos como justificada a pesar de la mayor inversión inicial que se requiere ya que este tipo de vía (elástica) tiene en comparación con la vía clásica una fuerte disminución en el costo anual de la vía.

Además los costos por mano de obra de tendido y armado de vía elástica con durmientes de concreto pueden ser abatidos considerablemente mediante el empleo de sistemas mecanizados o semi-mecanizados.

CONCLUSIONES:

En el presente trabajo se han descrito los aspectos generales del desarrollo de los Ferrocarriles en México, enmarcando la importancia que tiene el Ferrocarril como parte del desenvolvimiento económico interactuando principalmente en las distintas etapas de cambios que ha sufrido la Nación, en lo Político Económico y Tecnológico.

Haciendo mención de la trascendencia del uso del Ferrocarril en México como sistema de transporte que ha intercalado en cada una de las etapas históricas desde su aparición que han marcado reelevancia en el desarrollo del país, de ahí se desprende la importancia que hasta nuestros días tiene este sistema de transporte como parte de una de las actividades económicas que tiene relación con otros procesos productivos, de Extracción, Fabriles, Servicios, Comunicación etc., y que forma parte del desarrollo y desenvolvimiento económico de nuestro país.

El desarrollo tecnológico, en el que ha estado involucrado la modernización de las vías férreas del sistema ferroviario en nuestro país pone de manifiesto el uso de técnicas que exigen la mecanización de los trabajos de vía.

Brevemente se ha puesto de manifiesto que la necesidad constante de renovación y de reacondicionamiento de las vías existentes y de los nuevos trazos implementando técnicas, materiales y procesos constructivos a la altura con las normas internacionales para la construcción de vías férreas. Los procesos constructivos aplicados en la construcción y rehabilitación de las vías férreas han servido de referencia para tener una idea acerca de la manera de conjugar rieles durmientes y balasto para formar una vía propiamente dicha, esta evolución de los procesos constructivos y materiales desde la aplicación directa de métodos de forma manual hasta los métodos semimecanizados nos proporcionan los factores importantes para tomar en cuenta que opción es aplicable según las condiciones geométricas de la vía, el estado en el que se encuentren las vías por rehabilitar y de la importancia que estas tengan dentro del sistema ferroviario.

En los últimos años se han desarrollado nuevos materiales para la construcción de las vías férreas, entre estos materiales se han fabricado nuevos tipos de durmientes de concreto armado, y durmientes de concreto y acero o durmientes enconchados, además de sistemas de fijación por medio

de pernos de anclaje o tornillos tirafondo, también se utilizan sistemas de fijación por medio de clips de acero en forma de bucle tipo Pandrol o fastclip. Se emplean pequeñas suelas de neopreno tipo chevron a manera de placas de asiento entre el riel y el durmiente de concreto etc.,. A estos sistemas de fijación se les denomina sistema de fijación elástica. Estos sistemas de fijación se proponen de acuerdo a las condiciones de trabajo al que será sometida la vía de acuerdo a las capacidades de carga, de la geometría de la vía, de las velocidades de operación etc.,.

Se han desarrollado los diferentes procesos constructivos tanto para la vía tipo clásica enplanchuelada y con durmiente de madera, como la vía tipo elástica con largo riel soldado realizado en sitio y en planta con durmiente de concreto tipo dywidag. Siendo el tipo de vía tipo elástica la que actualmente se implementa para realizar los trabajos de rehabilitación de tramos de vía en donde se requiere de aumentar el volumen de carga y de reducir los tiempos de recorrido, además de obtener mayor durabilidad y confort.

De acuerdo con lo descrito anteriormente se deduce que el uso de la vía elástica como complemento y como alternativa para la construcción de vía férreas ofrece reducciones de los costos anuales en la conservación de la vía.

En la actualidad cualquier interrupción o demora al tráfico en una línea troncal es un tema muy costoso en los gastos de operación del tráfico. La disminución del tiempo en que la vía está bajo reparaciones cuando se emplea maquinaria es importante, además de cualquier ahorro directo en el costo como resultado de la economía en la operación mecánica comparada con el trabajo hecho a mano.

Resulta evidente que existen sitios a lo largo de una vía férrea en donde se dificulta demasiado trabajar con sistemas totalmente mecanizados y se hace necesario trabajar estrictamente con personal de campo.

Podemos decir que en la actualidad el objetivo de crear vías estables y de alta calidad que aseguren la correcta funcionalidad del sistema de la vía férrea se logra conjugando los métodos constructivos que involucran sistemas mecanizados conjuntamente con los que involucran personal debidamente entrenado y con un alto grado de conocimiento de la vía férrea, ya que la mano de obra proporcionada por el personal en campo directamente involucrado en los procesos constructivos que se relacionan con el uso de

maquinaria proporcionan ventajas que se pueden traducir en mejores condiciones de calidad de una vía férrea.

En México dadas las condiciones actuales del Sistema Ferroviario, debido a los cambios en su estructura y producto de las concesiones Ferroviarias hechas a empresas de carácter privado, la mano de obra ferrocarrilera que en otras épocas fue de gran demanda y que en la actualidad se ha visto disminuir dadas las condiciones de la poca construcción de nuevas líneas y la disminución de la importancia de algunas de estas, hoy en día el sistema sufre cambios paulatinos que van en detrimento de las condiciones económicas de regiones estrictamente dependientes del Sistema Ferrocarrilero.

Actualmente la modernización del Sistema Ferroviario en México toma nuevas directrices que han afectado el desarrollo de los centros Ferroviarios que en el pasado fueron de gran importancia y que en la actualidad se tengan que abandonar por otros que resurgen con nuevas expectativas de desarrollo y funcionalidad donde se pone de manifiesto la rehabilitación de la infraestructura de la vía férrea, en la que existiere vía construida con el tipo de vía clásica y que se lleva a cabo la sustitución de la vía clásica por la vía elástica que proporciona mayores beneficios para el usuario, dadas sus características de ser la mejor opción para las condiciones del tráfico que demanda seguridad, estabilidad, velocidad y bajos costos en su operación, mantenimiento y construcción.

GLOSARIO.

Alumineta. Mezcla de ignición para el encendido de la carga de soldadura aluminotérmica.

Caldeo. Calentamiento.

Carreteo: Tráfico de carretas.

Colada. Vertido del metal fundido.

Corindón. Aspecto vidrioso de la soldadura.

Crisol. Recipiente en el cual se vierte el contenido de la soldadura aluminotérmica.

Chevron. Acanalado en forma de zigzag grabado en la placa de asiento de neopreno.

Escantillón. Separación reglamentaria entre rieles normalmente de 1.435 mts. para vía ancha.

Escuadría. Relación entre peralte y ancho en la madera para durmientes.

Estrobos. Cables de acero.

Grapa elástica RNY-4M. Tipo de grapa de acero para durmiente de concreto.

Grasa de fundición. Material empleado como balasto obtenido de la trituración de la escoria de altos hornos graduada, que al enfriarse adquiere la dureza de una roca.

Grúa Burro. Tipo de grúa montada en la vía.

Laderos. Vías alternas a lo largo de las vías troncales y ramales, utilizadas para realizar movimientos de los trenes o de maquinaria y equipos de vía.

Neopreno. Tipo de hule resistente a los efectos del ozono, los rayos solares, los aceites y los disolventes aromáticos o halogenados pero es penetrado fácilmente por el agua.

Oxiacetileno. Combustible a base de oxígeno y acetileno.

Pandrol. Sistema de fijación elástica a base de clips de acero y durmiente de concreto.

Pasmadura. Fisura transversal tubular en el riel.

Planchuela. Elemento de unión entre dos rieles para dar continuidad a la vía férrea.

Propano. Gas utilizado como combustible.

Rebosaderos. Excedentes del metal producto de la soldadura aluminotérmica.

Recua. Conjunto de animales utilizados para carga como mulas, burros o caballos.

Sapo. Parte del herraje para cambio, su nombre se debe a su apariencia en planta, la cual asemeja a un sapo o rana con las patas y brazos extendidos. Su función es permitir el traslape entre dos vías.

Screening. Material empleado como balasto obtenido de la trituración de piedra cuyo tamaño fluctúa entre un mínimo de $\frac{1}{4}$ " (6.3 mm.) y un máximo de $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

Traqueteo. Serie de sacudidas o tumbos acompañados de ruidos provocados por el paso de las ruedas de los trenes sobre las juntas de los rieles.

Vía elástica. Sistema de sujeción riel durmiente por medio de grapas metálicas, tornillos tirafondo y placas de asiento de hule, que absorbe las vibraciones provocadas por el paso de los trenes.

BIBLIOGRAFÍA.

- **TRATADO DE FERROCARRILES TOMO I.**
FERNANDO OLIVEROS RIVES.
ANDRÉS LÓPEZ PITA.
MANUEL MEJÍA PUENTE.
EDITORIAL RUEDA , MADRID ESPAÑA, 1977.
- **FERROCARRILES.**
FRANCISCO M. TOGNO.
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERÍA, S.A., MÉXICO,
1972.
- **PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL ENLACE FERROVIARIO
ENTRE LA LINEA "A" Y EL NUEVO TRAZO GUADALAJARA
MONTERREY. TESIS.**
CUTBERTO REYES FRAUSTO, ENEP ACATLÁN, 1997.
- **CIVIL ENGINEERS REFERENCE BOOK.**
L.S. BLAKE.
EDITION 1975. LONDON ENGLAND.
- **CAMINOS Y DESARROLLO.**
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS.
MÉXICO 1925-1975.

- **MEMORIA 1988-1994.**

S.C.T.

- **REGLAMENTO DE CONSERVACIÓN DE VÍA Y ESTRUCTURAS
PARA LOS FERROCARRILES MEXICANOS.**

FERROCARRILES NACIONALES DE MÉXICO.

PRIMERA EDICIÓN ENERO 1967.

MÉXICO. EDITORIAL RABASA, S.A.

- **PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE CAPACITACIÓN
FERROCARRILERA.**

FERROCARRILES NACIONALES DE MÉXICO.