



---

**CUARTA GENERACION**

**DIPLOMADO EN TRANSPORTE FERROVIARIO**

**CUARTO MODULO**

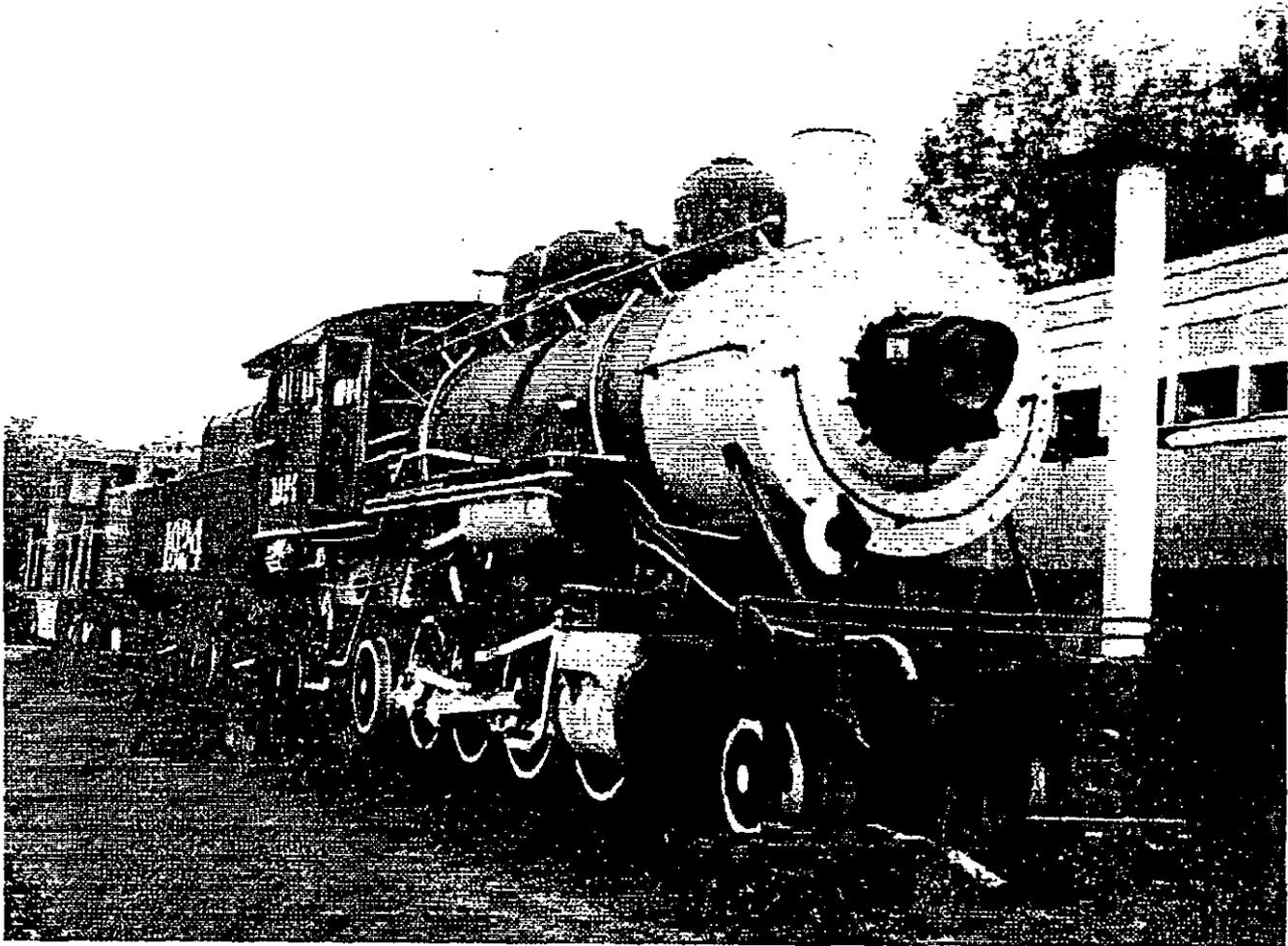
**TEMA :MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIA**

**COORDINADOR: ING. JUAN MANUEL SANCHEZ GONZALEZ**

**PARTICIPANTE : ING. ENRIQUE ESTRADA CUESTA**

**NOVIEMBRE DEL 2001**

**MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIA**





---

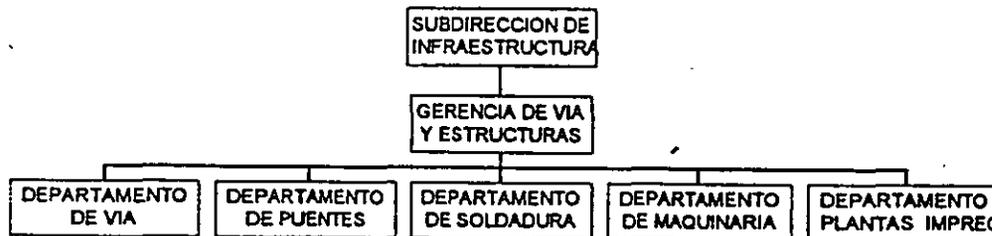
## Estructuras Operacionales del Area de Vía

## 1.- Estructuras Operacionales del Área de Vía y Puentes

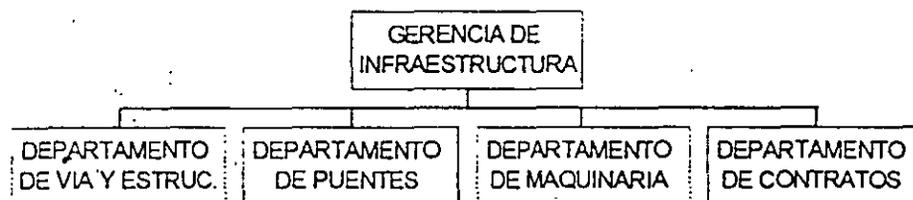
La Organización Administrativa de las Areas de Ingeniería encargadas del mantenimiento, rehabilitación y construcción de la vía, puentes y estructuras ha girado durante la historia del Ferrocarril en México en dos tipos principales de esquemas: el primero de carácter Corporativo Centralizado en donde las líneas de mando y las decisiones eran tomadas desde las oficinas centrales en México y ejecutadas por las Unidades Técnicas en las residencias a nivel divisional en el sistema y el segundo de carácter descentralizado con línea de mando directamente generada en Centros Administrativos de tipo regional en cada una de las Entidades o Núcleos importantes ubicados estratégicamente en la República, quienes recibían lineamientos normativos y de procesos desde el Corporativo Central pero que mantenían un amplio grado de autonomía para la toma de decisiones en asuntos que afectarían los planes y programas de trabajo dentro de sus jurisdicciones.

En ambos casos los organigramas guardaban condiciones homólogas a las estructuras departamentales que existían en la organización y dependiendo del tipo de funciones o área específica se fueron ampliando y adaptando a la expansión natural de las áreas y a las nuevas modalidades que imponían la llegada de nuevos sistemas, equipos o maquinarias de aplicación en las rutinas.

### Estructura Básica Corporativa del Area de Infraestructura



Estructura Básica Regional del  
Area de Infraestructura



Dentro de estos niveles de organización básica se desarrolló la última etapa del control de las actividades en el área de infraestructura y a partir del concesionamiento de los ferrocarriles, serán las nuevas entidades privadas quienes con la experiencia de sus socios extranjeros, expertos en la operación de ferrocarriles, deberán rediseñar y reorientar el rumbo de la organización de funciones de las nuevas estructuras operacionales del área de infraestructura.

Es importante mencionar que dentro de estas organizaciones se desarrollan actividades y disciplinas especializadas en las cuales intervienen distintas ramas de la ingeniería como son:

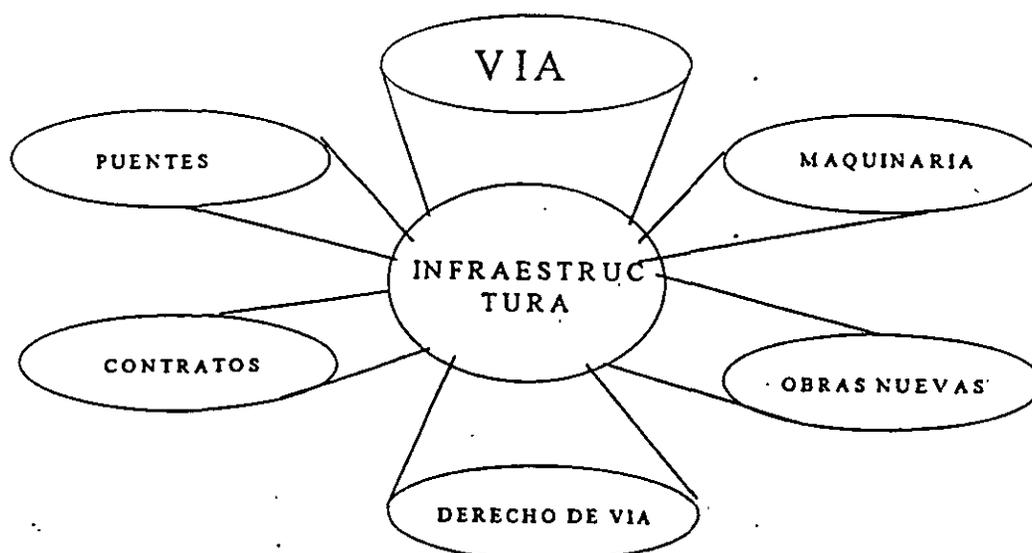
- Topografía
- Fotogrametría
- Telemetría
- Ingeniería Civil
- Arquitectura
- Electromecánica
- Hidrológica
- Diesel y Gasolina
- Química
- Industrial
- Ecología
- Sistemas
- Programación
- Computación

Sin embargo, es importante mencionar que existe una especialidad en particular en el ámbito del área de infraestructura de ferrocarriles y que ésta ha sido creada en esencia por el propio oficio añejo de aplicación de la ingeniería en los procesos trascendentales y que es el de “Ingeniero Ferrocarrilero”, categoría dentro de la cual se integran aquellos ingenieros de distinta especialidad que han cubierto trayectorias de muchos años dentro de las rutinas operativas o de gabinete en ferrocarriles. De esta forma existen ingenieros que han realizado verdaderas carreras que guardadas las proporciones se podrían equiparar al nivel de algunas maestrías o incluso de doctorados a lo largo de 10, 20 ó 30 años de ejercicio ininterrumpido de funciones en pro de la ingeniería ferroviaria.

En algunas partes del mundo como en Estados Unidos en donde el nivel tecnológico de los ferrocarriles es avanzado los Ingenieros Ferrocarrileros suelen salir de universidades dedicadas exclusivamente a la preparación y desarrollo del potencial de la ingeniería aplicada al ferrocarril y los egresados cada vez se orientan a subespecialidades más específicas. En México el equivalente a esa Universidad hasta ahora ha sido el propio Ferrocarril Crisol de gestación de Ingenieros ferrocarrileros los cuales deberán complementar su perfil técnico y de capacidad con disciplinas como la computación, el idioma inglés y el desarrollo de las nuevas tendencias de la ingeniería y la calidad total indispensables para dar un nuevo giro a las perspectivas de la ingeniería ferroviaria en México:

### 1.1 Áreas Técnicas que Integran la Infraestructura

Las áreas fundamentales que integran la infraestructura en cualquier ferrocarril son las siguientes:



De las cuales las tres primeras de vía, puentes y maquinaria realizan sus actividades principales a nivel de campo y en donde la supervisión directa de obras y trabajos es fundamental y por su carácter eminentemente técnico llevan el peso de la ejecución de planes y programas. Las otras tres son de *diseño en gabinete*, de *control de bienes inmuebles* y de *administración de la jurisdicción territorial* y por su carácter de estudio son las encargadas de generar proyectos y controles normativos que complementaran las actividades de las tres primeras.

Es importante identificar que las técnicas y procesos que manejan las áreas de campo obedecen a especialidades en materia ferroviaria, que no se encuentran en cualquier parte del ámbito general de la ingeniería y que son producto del desarrollo tecnológico de México y de países exportadores de tecnología ferroviaria de tal forma que conservar una vía operativa, ampliar capacidades de patios o renovar o construir un puente ferroviario encontrarán sus mejores resultados cuando estas tareas sean atendidas por verdaderos expertos en la materia. La experiencia ha demostrado que los experimentos de intervención de personal totalmente ajeno a la experiencia ferroviaria en el mejor de los casos solo puede llegar a cumplir medianamente sus compromisos en obras de vía o puentes y equipos especiales con riesgo de incumplimientos que obliguen a bajar el nivel de calidad y de seguridad que exigen las altas especificaciones de la operación.

La cambiante personalidad de estas áreas entre si no siempre ha tenido buenos resultados en las relaciones interdepartamentales que se deben guardar dentro de la estructura funcional y la falta de una coordinación adecuada y el desconocimiento de las actividades y necesidades entre cada área pueden entorpecer los procesos dinámicos de la operación como ya ha sucedido en la historia de la conformación de los cuadros regionales y corporativos de infraestructura del ferrocarril mexicano, situación que deberá ser tomada muy en cuenta por los directivos de las nuevas empresas al reorganizar las funciones y políticas del área de ingeniería de su ferrocarril.

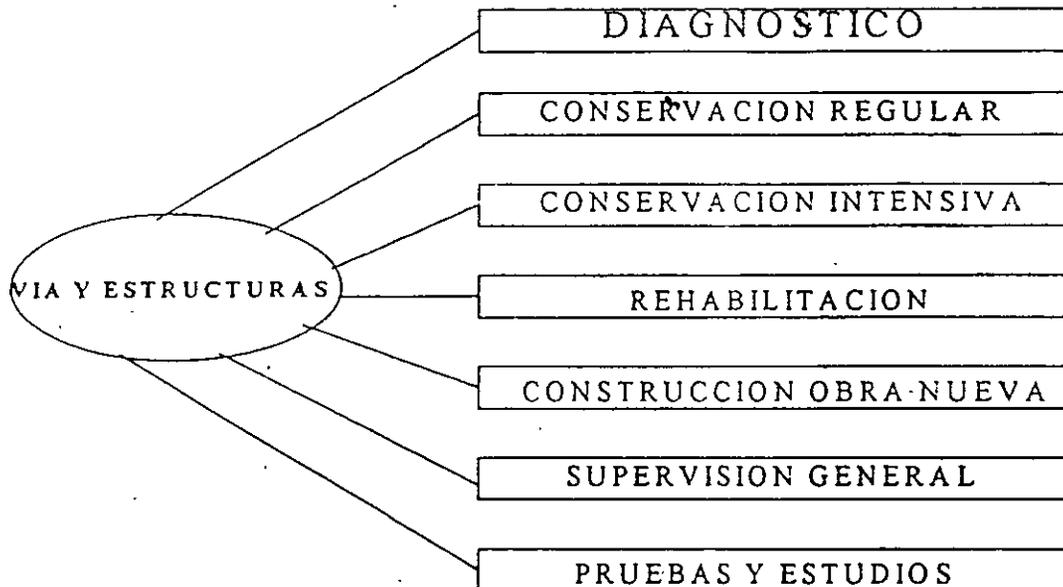
## 1.2 Funciones Generales de las Áreas

A fin de lograr un panorama claro de las actividades de las áreas que componen la infraestructura analizaremos las funciones básicas de lo que sería el esquema regional de un ferrocarril ya que esta figura es la que más se asemeja a las estructuras actuales que se están generando en los ferrocarriles concesionados y con las cuales los corporativos de cualquiera de estas empresas tendrá que correlacionarse durante sus tareas normales.

### Área de Vía y Estructuras

Es la encargada del control técnico y administrativo de los trabajos de mantenimiento, rehabilitación y construcción de las vías y su función principal es la de mantener en forma permanente el estándar de calidad de las vías en el nivel adecuado de acuerdo a la demanda.

operativa de sus líneas en una jurisdicción delimitada. Esta función implica el diseño y control de los programas de :



En este caso el principal cliente interno del área de vía será el área de transportes; quienes estarán encargados de correr los trenes sobre la estructura de la vía y con quién se debe mantener una relación estrecha de cooperación y entendimiento, ya que el único fin de conservar en buenas condiciones físicas las vías en patios o en ruta no es otra que los trenes corran con toda seguridad y sin contratiempo.

Bajo este esquema la **conservación regular de las vías** es el producto del diagnóstico constante de la infraestructura y este se traducirá en programas básicos de relevo de durmiente, riel, accesorios y soldaduras defectuosas, corrección de golpes de línea y nivel, reposición de balasto, limpieza de cunetas, limpieza de puentes y alcantarillas, deshierbe de la banqueta del terraplén y acondicionamiento de la señalización de la vía. Normalmente estos trabajos son calendarizados en forma anual y su realización corresponde al personal de cuadrillas de sección.

La **conservación intensiva de tramos críticos** es aquella que se debe realizar para atender tramos en donde la conservación regular ha sido rebasada por las condiciones defectuosas de los elementos componentes de la vía, por lo regular estos tramos corresponden a zonas de fuerte curvatura y pendiente pronunciada en donde los esfuerzos transmitidos por el peso y movimiento de los trenes se transmite a la estructura de la vía bajo condiciones de severos esfuerzos que deterioran prematuramente las condiciones físicas y se convierten en áreas de accidentes repetitivos como descarrilamientos de tren. Este tipo de zonas son cubiertas con grupos de 2 a 4 cuadrillas de trabajo intensivo compuestas de 1 mayordomo y 15 reparadores las cuales inician un programa definido de trabajo dado por el área de ingeniería y que se

encargan de sustituir grandes cantidades de durmiente defectuoso, riel gastado o vencido, accesorio deteriorado y concluyen los trabajos con la total renovación del balasto del área atendida y trabajos finales de calzado y nivelación de la vía con maquinaria.

Para la realización de estas funciones hasta antes de la privatización el ferrocarril contó con personal especializado de campo y de gabinete. En campo existió una diversidad de cuadrillas y de grupos de trabajo para cada tipo de obra a realizar desde sencillas cuadrillas de sección compuestas por un mayordomo, un guardavía y 6 reparadores de vía, encargada de las funciones básicas de mantenimiento preventivo a cargo de 10 kilómetros de vía en promedio hasta cuadrillas especializadas de cambio de riel compuestas de un mayordomo y 25 reparadores de vía.

Existen además cuadrillas especializadas de soldadores de vía encargadas de los trabajos del soldado continuo de los rieles y de la reparación de patinaduras de riel y de las piezas que conforman los herrajes de cambio, como son agujas y sapos, esto mediante la aplicación de revestimiento de soldadura en las partes dañadas

Otro grupo de trabajo en el mantenimiento de la vía lo representan los grupos de "hy-rail" o cuadrilla mecanizada para conservación de alto rendimiento, los cuales cuentan con un camión equipado con fuente de poder hidráulica con todo tipo de herramientas para cubrir los trabajos de corte de riel, esmerilado, soldadura, armado y desarmado de la vía y reemplazamiento de durmientes rieles y accesorios. Estas cuadrillas se diseñaron para cubrir el mantenimiento puntual de la vía y están compuestas de un mayordomo, un chofer mecánico calificado con licencia ferroviaria y de chofer, un soldador de vía y 6 operarios de vía. Este tipo de cuadrilla vino a sustituir a las cuadrillas convencionales que durante mucho tiempo cubrieron el mantenimiento normal en la vía. Las unidades "hy-rail" cubren ahora de 100 a 120 kilómetros de mantenimiento básico de vía operativa. Actualmente existen 68 unidades distribuidas estratégicamente a lo largo del Sistema Ferroviario Nacional

Una de las necesidades primordiales del área es el de mantener una adecuada geometría en la vía principalmente en las zonas de curvas y de pendientes de las rutas y este trabajo es realizado en forma mecanizada por grupos de maquinaria de nivelación los cuales se integran básicamente de una multicalzadora alineadora y de una reguladora de balasto apoyados por personal vía durante su trayecto.

En cada uno de los ferrocarriles concesionados ha quedado distribuida una flota importante de maquinaria de nivelación que va desde equipos usados considerados de baja producción hasta sofisticados grupos de maquinaria nueva con tecnología de punta para integrar grupos de alto rendimiento para atención de vías con un alto índice de densidad de tráfico anual.

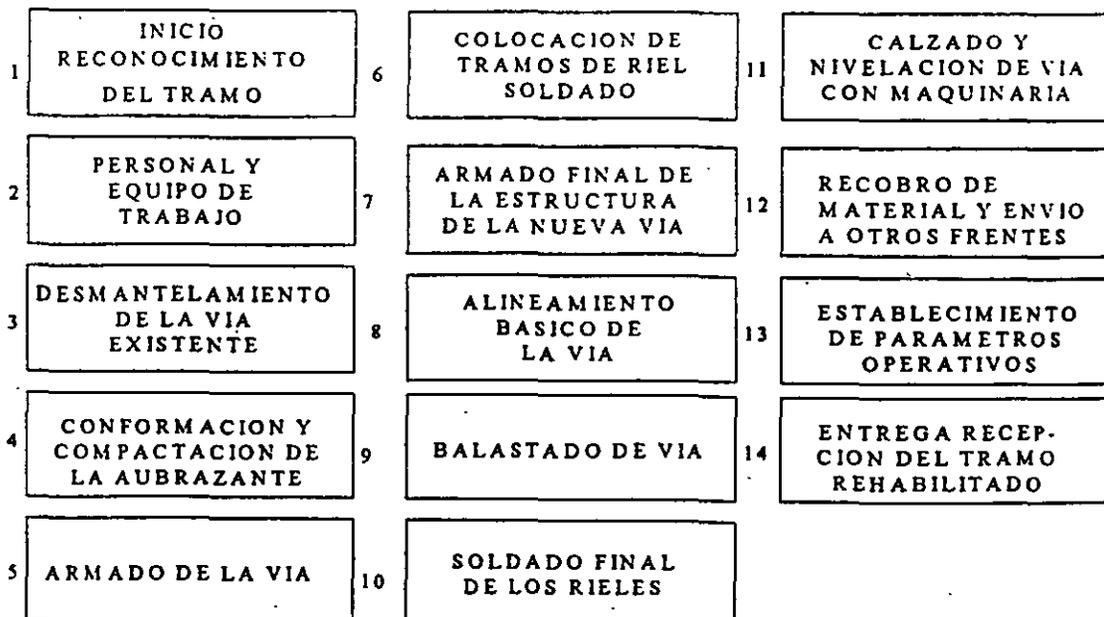
Otra función importante del área de vía es la de programar y ejecutar los programas de rehabilitación integral de líneas que por su importancia operativa y el alto índice de densidad de tráfico requieren trabajos de renovación general que incluye la sustitución total de vía en

condiciones ineficientes integrando nuevas estructuras con elementos de tipo elástico con mayor capacidad para afrontar las perspectivas de crecimiento del movimiento de trenes en forma anual. Este tipo de trabajos se autoriza después de efectuados análisis exhaustivos de conveniencia y rentabilidad de las rutas en donde se comprueba que la situación física de desgaste del riel, deterioro del durmiente e inestabilidad del terraplén, integran una vía altamente deficiente, en la cual las mejores condiciones de conservación o renovación parcial de elementos no serán suficientes para resolver satisfactoriamente la capacidad y calidad de la vía que se requiere.

El trabajo de rehabilitación integral de vía se considera como la prueba reyna de los trabajos del área de vía, ya que es en esta tarea en donde se reúnen en un solo operativo el 80% de las especialidades que existen en el ámbito de la infraestructura, además de tener la particularidad de que son trabajos que se realizan en jornadas diarias contra reloj ya que durante su ejecución el tráfico en la línea se interrumpe totalmente por períodos que pueden variar de 6 a 8 horas para entregar después la vía renovada para su operación.

En los ferrocarriles avanzados del mundo este tipo de trabajos se realiza en forma totalmente sistematizada mediante trenes integrales de renovación que en jornadas de 8 horas diarias tienen avances de hasta 3 kilómetros diarios, en México la técnica utilizada es de tipo semimecanizado ya que aún se utiliza un gran porcentaje de mano de obra del personal de operarios, aún así los mejores grupos de renovación de vía han llegado a obtener avances diarios hasta de 1,500 metros en una sola jornada.

### Secuencia de Pasos Para la Rehabilitación Integral de la Vía



Las funciones del área de vía y estructuras en el ferrocarril se complementan con actividades de tipo normativo como es el resguardo del derecho de vía y la administración técnica de los terrenos incluidos en su jurisdicción así como ejercer la representatividad ante entidades gubernamentales y federativas de la región que le corresponda en su territorio.

Estas han sido las actividades básicas del área de vía sin embargo, podrán cambiar radicalmente al entrar en funciones las unidades concesionadas, ya que es muy probable que gran parte de las tareas para conservar, rehabilitar y construir la vía sean transferidas al esquema de participación privada, incluso la propia supervisión especializada de las obras podrá ser dada a contrato bajo lineamientos normativos de las nuevas entidades, coincidiendo estas tendencias con la actual reestructuración y reducción de las plantillas de personal operativo, de las cuales habrá de quedar solo el personal estrictamente indispensable para cumplir con las metas de impulsar nuevas áreas de ingeniería ferroviaria acordes a la modernización de los ferrocarriles.

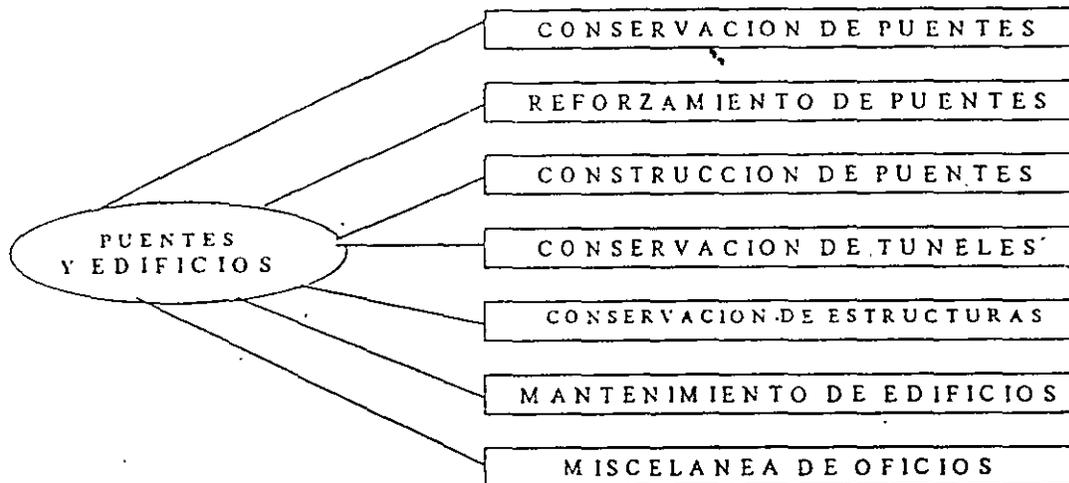
El área de vía y estructuras que se entrega a los concesionarios es el resultado de generaciones de ingenieros dedicados al quehacer ferroviario generaciones en las cuales se han creado verdaderas dinastías de profesionistas especializados que serán en conjunto con técnicos extranjeros, la base del desarrollo organizado de la nueva ingeniería ferroviaria en México y estos profesionistas deberán estar preparados para los cambios inmediatos que se darán en las tecnologías y sistemas de los pilares en los que se sostiene el estado físico de vías y que son la conservación y la rehabilitación.

### Área de Puentes y Edificios

Es el área encargada de atender los puentes, túneles, viaductos alcantarillas, pasos a desnivel, estructuras especiales y todo tipo de edificaciones o inmuebles referentes a estaciones, paraderos y oficinas correspondientes al ferrocarril. Evidentemente los programas más importantes que se generan en esta área son los correspondientes a los puentes y estructuras sobre la vía, en donde se tiene debidamente categorizados bajo prioridades los trabajos fundamentales de conservación y reforzamiento de puentes, así como obras de ampliación de gálibo de túneles, encauzamiento de cauces de ríos y obras hidráulicas y de drenaje necesarias para el buen funcionamiento de las vías.

Lo sobresaliente del desarrollo de los trabajos de esta área en la vía consiste en que casi el 90% de las tareas se han de realizar en vías operativas en donde en tráfico de trenes se interrumpe lo menos posible. De tal manera que los trabajos de construcción de puentes o reforzamiento de estructuras se efectúan a intervalos del paso de trenes suspendiéndose el tráfico únicamente cuando se realizan los montajes finales de travesaños de concreto o acero con los que concluyen las obras. Lo mismo sucede con trabajos de reparación de túneles en donde solo obras de gran magnitud como la ampliación del gálibo o el relevo de estructuras internas

amerita la suspensión del tráfico de trenes.



Para atender esta secuencia de trabajos en los ferrocarriles mexicanos hasta antes de la privatización se contó con un equipo de trabajo especializado que se componía de cuadrillas de puentes con 1 mayordomo y 10 operarios de distinta categoría que lo mismo construían puentes provisionales de madera que armaban grandes puentes de estructura de concreto apoyados por grúas piloteadoras de tránsito sobre la vía de gran capacidad.

Otro tipo de cuadrillas de trabajo lo conformaron los remachadores de puentes dedicados a la conservación y construcción de grandes armaduras de puente en donde el trabajo que se realiza resulta además de altamente calificado en verdaderas obras de arte de la ingeniería mexicana. Hay que tomar en cuenta que este gremio de trabajadores incluídos el equipo de ingenieros que lo dirige merecen el reconocimiento del valor necesario para realizar trabajos rutinarios sobre estructuras que bien podrían estar a más de 300 metros de altura en donde cualquier descuido puede resultar fatal, además de que por lo general las obras se realizan en zonas remotas de la geografía nacional y bajo condiciones climáticas que en ocasiones son de verdadera inclemencia.

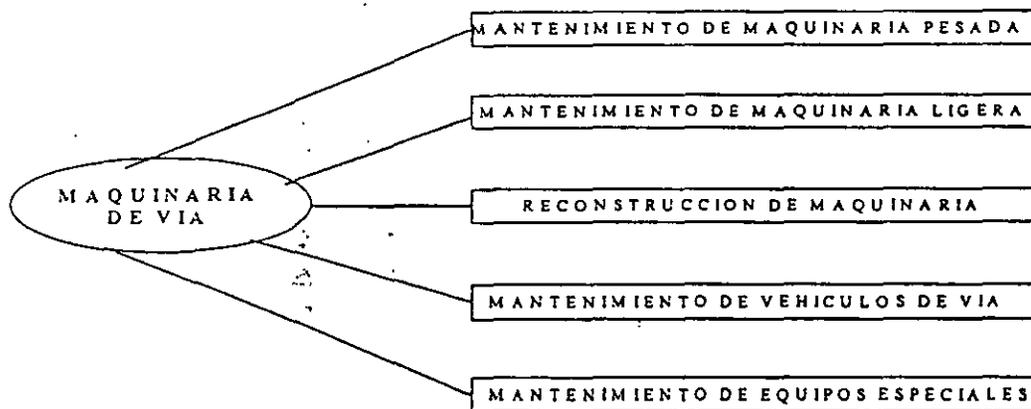
La tercera rama de mano de obra calificada en esta área lo integran una serie de especialidades que van desde maestros albañiles de 1ª con cuadrillas especializadas en obras de tipo ferroviario hasta herreros, forjadores, soldadores carpinteros, fontaneros laminadores y pintores, todos ellos conformando la miscelánea de personal que residía o bien en talleres acondicionados por departamentos o en cuadrillas de personal ambulante que viajan en sus carros campamentos hasta los lugares de ubicación de las obras.

En el ferrocarril el área de puentes siempre ha sido un baluarte de apoyo para la operación y al

igual que en el área de vía los trabajos que se realizan resultan especialidades que solo han podido ser desarrolladas a base de consistentes esfuerzos de su personal y de los ingenieros puentes dedicados a las estructuras especiales sobre la vía.

### Área de Maquinaria de Vía

El área de maquinaria de vía es la unidad de talleres encargada del mantenimiento y reconstrucción de la maquinaria especializada de vía, los equipos y vehículos que conforman el parque mecanizado y su función principal es el de mantener en buen estado de operación todo tipo de maquinaria necesaria para los trabajos de vía y puentes además de equipos especiales.



Esta área está integrada por ingenieros en la rama de electromecánica, diesel y gasolina así como especialistas en equipos y sistemas hidroneumáticos e hidráulicas y más recientemente técnicos especializados en electrónica computarizada de sistemas mecanizados incluso con tecnología láser. Los cuadros de su organización corresponden a talleres implementados con todo tipo de departamentos comunes de un taller de maquinaria.

Sobresalen en sus funciones los departamentos de maquinaria pesada en donde se atiende preferentemente el mantenimiento de grúas de auxilio para descarrilamiento con pesos de 100 a 200 toneladas capaces de levantar pesos de hasta 120 toneladas a una altura de 20 metros o grúas piloteadoras para trabajos de puentes, además de máquinas tipo "jardán" que son las conformadoras de limpieza y conservación de las banquetas de terraplenes.

Otro departamento que presenta una actividad incesante durante todo el año es el encargado de mantener la maquinaria dedicada a la corrección geométrica de la vía consistente en toda la gama de multicalzadoras, alineadoras, reguladoras de balasto y compactadoras de vía. En cada ferrocarril concesionado ha quedado un parque numeroso de maquinaria usada y seminueva de este tipo la cual se considera clave para el buen estado físico de las vías ya que de ella depende el estándar de calidad de la vía.

El desempeño de esta maquinaria en la vía se realiza por grupos de trabajo y de acuerdo a la maquinaria existente se puede clasificar en 4 grupos:

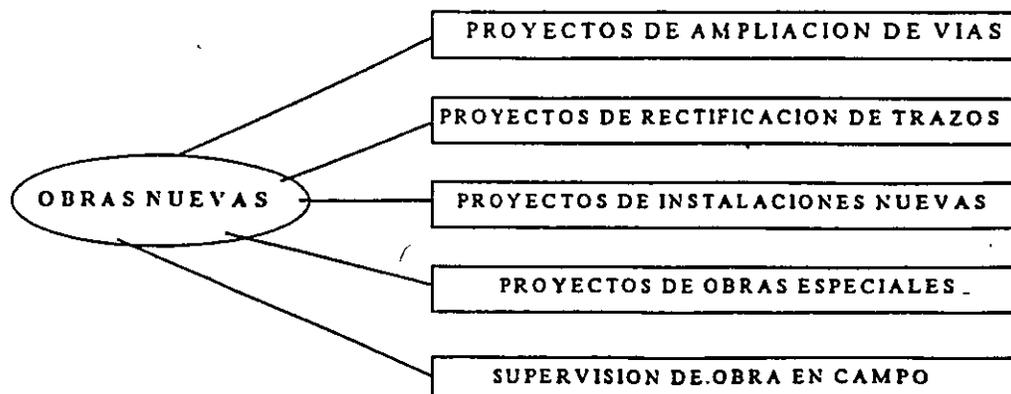
- Grupos de Nivelación Para Patios y Terminales
- Grupos de Nivelación de Baja Producción
- Grupos de Nivelación de Alta Producción
- Tandems de Alta Sistematización (grupo-tas)

Existe en esta área otro departamento que atiende maquinaria de inspección y registro especializado como lo es la dresina o carro registrador de defectos geométricos de vía o el sperry el cual es el carro detector de defectos internos del riel los cuales realizan recorridos periódicos en las principales líneas del sistema en forma anual, además de otra gama de unidades automotoras equipadas con sistemas de detección de parámetros de utilidad en las rutinas de la vía.

Finalmente se cuenta con el área de atención de vehículos automotores de propulsión diesel o gasolina sobre neumáticos o sobre rodados de riel los cuales representan una parte importante de la flota de vehículos disponibles para la inspección, traslado de personal, herramienta y material para trabajos de vía o puentes y que en estos talleres de maquinaria reciben todo tipo de trabajos de mantenimiento o reconstrucción y que en cualquier residencia de división representan la fuerza mecánica de apoyo a las tareas diarias.

### Área de Obras Nuevas

Eminentemente de ingeniería y supervisión es el área encargada de la elaboración de todo tipo de proyectos y diseño de obras nuevas tanto en vías como en instalaciones especiales y su función principal es la de transformar en propuestas de obras factibles y rentables, las necesidades de ampliación de capacidad de vías o rectificaciones de trazos así como de instalaciones operativas y supervisar en campo la construcción de dichos proyectos.



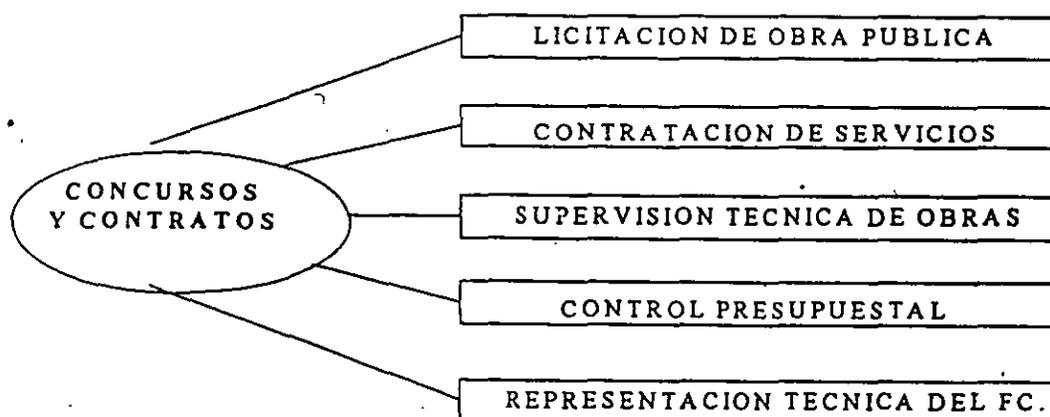
Esta área se integra con un equipo de ingenieros, arquitectos, topógrafos y técnicos ecologistas que conjuntamente con auxiliares de gabinete y campo cubren el desarrollo de los proyectos hasta su terminación. En este caso el equipo de obras nuevas es apoyado para asegurar una buena calidad de diseño por asesores externos en caso de obras como instalaciones industriales de grandes terminales y siempre recibirán la cooperación del área de vía o puentes para coordinar situaciones que afecten la operación durante la ejecución de las obras.

Sobresalen en esta área los proyectos dedicados a la construcción de nuevos trazos de vía o rectificaciones de trazo en rutas definidas, en donde los trabajos se convierten en sofisticados estudios de aerofotogrametría por técnica láser y telemetría, así como los correspondientes estudios topohidráulicos y de geodesia para determinar la subrazante del trazo final de la vía entre valles y montañas. Estas obras por ser de nueva construcción no interfieren con vías operativas por lo que los trabajos se desarrollan sin contratiempos y su limitante es el renglón presupuestal.

Una vez concluidas las obras, éstas son entregadas bajo actas de entrega recepción al área usuaria a quien se le entregan archivos de planos, especificaciones y normatividad para su uso. Integrándose las obras a los activos fijos del ferrocarril.

### Área de Concursos y Contratos

Es el área técnica encargada de estructurar y celebrar los contratos de prestación de servicios y contratos de obra con los cuales se cumplirán los proyectos generados por las distintas áreas usuarias, y su función principal es el de ejercer con transparencia y agilidad la ley de obras públicas en beneficio de contratación para ejecución de proyectos específicos aprobados por los corporativos del ferrocarril.



Lo relevante de esta área es el volumen de montos que maneja al ejercer el pago de las obras contratadas por lo regular en estos casos se manejan presupuestos de inversión multimillonarios además del rubro de contratos menores de la cuenta de gasto corriente, los cuales son distribuidos en unas cuantas obras a realizar durante el año y es común que el ferrocarril se vea precisado en forma frecuente a realizar rescisiones de obra a proveedores o contratistas incumplidos situaciones que retrasan frecuentemente las metas o programas del ferrocarril.

### Área de Derecho de Vía

Es el área de carácter normativo que está encargada del resguardo y la administración técnica de las superficies de terreno comprendidas dentro del derecho de vía y su función principal es la de salvaguardar el patrimonio predial y de bienes inmuebles de la empresa y procurar un uso racional del suelo acorde a los lineamientos de ecología, seguridad y funciones que determine el gobierno federal a través de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.



Esta área mantiene una estrecha relación con las áreas jurídicas y legales del ferrocarril por la naturaleza del contenido de convenios y contratos que se realizan para el control y administración tanto de predios como de inmuebles, y finalmente es la encargada de girar lineamientos a las áreas internas del ferrocarril para el control del derecho de vía.

El esquema organizacional lo integran actuarios, licenciados en administración de empresas, licenciados en derecho arquitectos e ingenieros apoyados por auxiliares técnicos de campo y gabinete para la realización de todo tipo de censos y diligencias de tipo territorial. Durante el actual proceso de privatización esta área jugó un papel fundamental al participar activamente en la entrega física y documental de las escrituras de propiedad de los derechos de vía, edificios e instalaciones que han sido transferidas a los concesionarios.

Es de esta forma, que bajo un panorama general se integran las áreas técnicas infraestructura ferroviaria. Es indudable que las nuevas organizaciones de los ferrocarriles diseñarán nuevas estructuras organizacionales acordes a las políticas y objetivos de su empresa; sin embargo es aconsejable que al elegir éstas, no se importen modelos o replicas exactas de ferrocarriles extranjeros que funcionen perfectamente bien en sus países de origen pero que al ser implementadas en México resulten contraproducentes por no haber tomado en cuenta la cultura técnica y el potencial de desempeño de los profesionales que hicieron posibles durante muchos años las metas de esta área. Las tendencias modernas de la ingeniería ferroviaria se ven orientadas a incrementar en alto grado automatización de las tareas básicas del mantenimiento de vías y cada vez serán menos los trabajos que se desarrollen en forma interna creándose nuevas y mejores tecnologías con equipo cada vez más sofisticado y para los nuevos ferrocarriles el reto será adaptar estos sistemas a las rutinas normales de trabajo en el área de Infraestructura.

## **MODULO IV SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE VÍA** **NORMAS Y SISTEMAS DE CONSERVACIÓN Y** **REHABILITACIÓN DE VÍA**

Existen en el mundo alrededor de 1,380.500 kilómetros de vías principales de ferrocarril, de las cuales el 53% están localizadas en países altamente desarrollados como son: Estados Unidos, Francia, Alemania y Japón; en donde los estándares de operación y las velocidades operativas exigen vías de alta especificación, el 35% corresponde a países en vías de desarrollo como son: España, Argentina, Brasil y México, en donde los ferrocarriles se encuentran en proceso de modernización y los estándares operativos son adecuaciones derivadas de tecnología de vanguardia de otros ferrocarriles, y el 12% restante se encuentra distribuido en países subdesarrollados como son: la India Sudáfrica, Nicaragua, Guatemala, Cuba; en donde las condiciones sociales de crisis crónicas prevalecientes en sus gobiernos inestables, no han permitido el desarrollo potencial de las redes férreas existentes.

Bajo este consenso, en México se cuenta con una red férrea heterogénea con longitud total de 26,455 kilómetros, de los cuales 20,445 corresponden a vía principal, 4,460 a vías secundarias y ramales y 1,550 a vías particulares, distribuidos para su reestructuración en tres grandes ferrocarriles autónomos, ocho ferrocarriles locales, una gran Terminal del Valle de México y un pool de líneas cortas e independientes de acuerdo a su importancia en el actual marco de privatización que conserva la red.

### **2.1. Clasificación de Vías**

La Asociación Americana de Ferrocarriles ( AAR), clasifica a los ferrocarriles, además de las características de la vía de acuerdo a:

- A. Su longitud
- B. Densidad de tráfico
- C. Por sus ingresos y costos operativos por corredor
- D. Por el número de empleados

Bajo estas condiciones existen 5 clases de ferrocarril, que van desde los de primer orden como el Union Pacif, Burlington Northern y C.S.X: hasta los de quinta clase, como son las líneas cortas o locales, en donde se incluyen ferrocarriles relativamente pequeños o Short Lines.

En México por ser una sola entidad, a cargo de la Administración Federal del Ferrocarril, que actualmente ejerce la Dirección de Tarifas, transporte ferroviario y multimodal de SCT, la clasificación de vías esta en proceso de consolidación basada en el grado de importancia operativa de sus líneas principales en la red; dividiéndose en las siguientes categorías.

- A. 10,179 kms. de corredores principales
- B. 10,509 kms. de corredores secundarios
- C. 5,757 kms. de vías de apoyo a la operación

Existiendo además otra clasificación de líneas por nivel de servicio, el cual involucra la densidad de tráfico como la velocidad de operación para establecer los programas de conservación y rehabilitación de la vía.

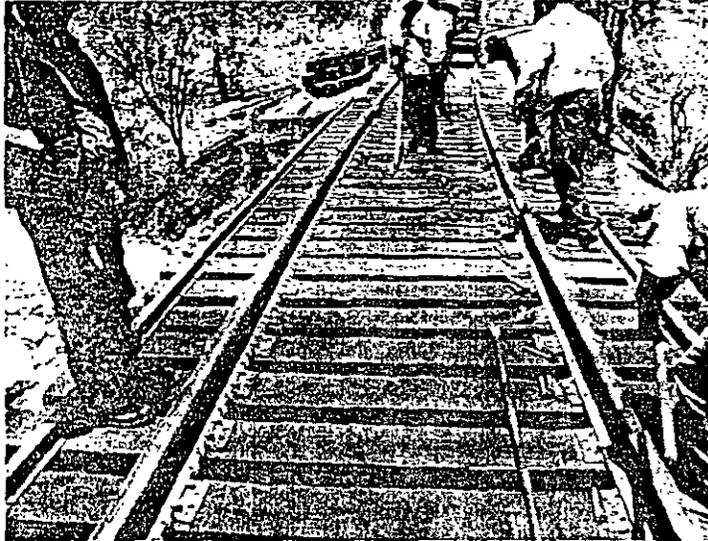
Correlacionado con esta primera clasificación de importancia operativa, se deriva la clasificación de vías por su tipo y características de funcionamiento. Existiendo en México 4 tipos de vía, de las cuales tres están en operación siendo estas:

### Vía Angosta

Es la vía de construcción antigua, sobre de la cual se generaron e impulsaron los inicios del ferrocarril en el siglo pasado y hasta 1915 en promedio. Su estructura esta basada en un tendido de rieles cortos emplanchuelados de 30 a 39 pies de longitud, de bajo calibre que van desde las 65 hasta las 85 libras por yarda, durmientes de madera con escudaría de 7" x 8" x 7'6" y fijación de clavos cortos con un escantillón entre rieles de 0.914 mts. El balasto podría ser de piedra triturada de segunda clase en el mejor de los casos, en otros solo tierra. En México el último sistema de vía angosta en funcionamiento correspondió a los ramales secundarios del Exferrocarril Unidos del Sureste, ahora pertenecientes a la División Mérida del Ferrocarril Chiapas Mayab, líneas "FN, FS y FP", que fueron ensanchadas por decreto presidencial durante 1988 a 1989; actualmente no existen en México vías angostas en operación.

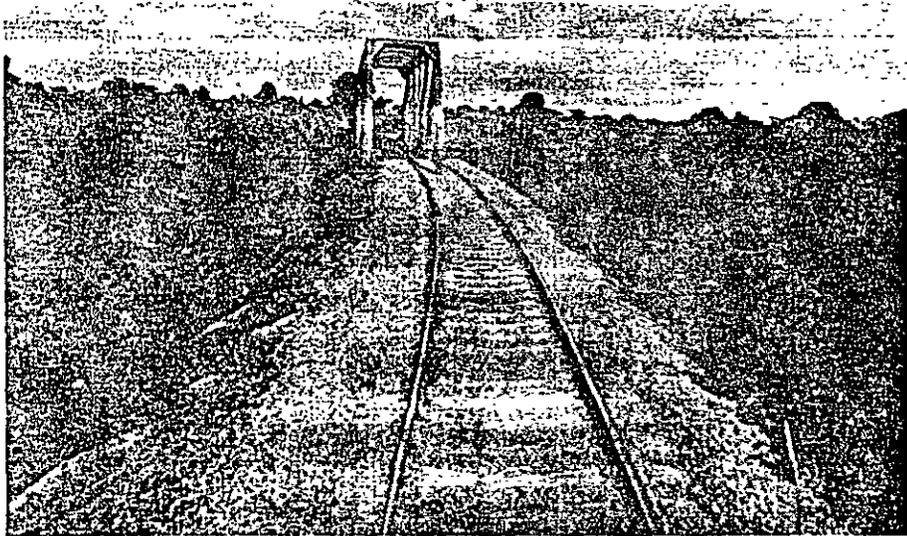
### Vía Clásica

A principios de siglo y surgida de la necesidad de soportar el incremento de mayor peso por eje y las cada día mayores dimensiones de los equipos de carga y locomotoras se diseñó y construye en México la vía clásica de escantillón ancho, la cual parte del principio de ingeniería concebido de la vía angosta con elementos estructurales rediseñados de mayor peso y estabilidad, para brindar mayor capacidad a la vía. Compuesta de rieles cortos emplanchuelados de 39' sobre placas de asiento metálicas, durmiente de madera de 7" x 8" x 8", fijación de clavo común de 5/8" x 6" y balasto de piedra triturada de 3/4" a 2<sup>1/2</sup>" de 1<sup>a</sup>. El nuevo escantillón es de 1.435 mts. En la actualidad se cuenta en México con una longitud promedio de 17,751 kms. de vía clásica en operación, dividida el 80% en vías principales y el 20% en vías secundarias y patios. El comportamiento de la vía clásica es de carácter dinámico de acuerdo al estado físico de los materiales y sujeto a los constantes desajustes en sus piezas por los efectos de los esfuerzos transmitidos por los equipos rodantes.



### Vía Elástica

Desarrollada por primera vez en Europa, a principios del siglo la vía elástica moderna es la respuesta al progreso y la modernidad en la industria ferroviaria, para que experimentando materiales nuevos y técnicas distintas en su estructura, se amplíe significativamente la capacidad de carga y el manejo a mayores velocidades con mejor confort para el tráfico de trenes. Actualmente existen no menos de 10 modelos de vía elástica desarrollados en el mundo, de los cuales sobresalen los de tecnología alemana con durmiente de concreto monolítico y la de tecnología francesa con durmiente de concreto biblock. En México la vía elástica esta constituida por largo riel soldado (LRS) de alto calibre de 112.3 a 136 lbs/yda., sobre durmiente monolítico de concreto postensado y pretensado sentado en placas de neopreno, acanaladas y fijación elástica tipo "RN", clips y otras. para vía en tangentes y durmiente de madera de escudaría ancha de 7" x 9" x 9' y fijación elástica con perno tirafondo de tipo francés, balasto triturado de 2 1/2" de alta especificación y escantillón de 1.435 mts. Para curvas mayores de 6°. El comportamiento de la vía es de tipo elástico, ya que los esfuerzos generados en forma tridireccional al paso de los trenes son distribuidos y equilibrados por sus componentes de manera elástica y repartidos y absorbidos uniformemente a lo largo de misma estructura.



### Otros Tipos de Vía

Derivado más de las limitaciones de carácter económico, que de las de tipo tecnológico, en México existen desde hace más de 4 décadas vías de tipo híbrido si así se le puede llamar al resultado de la mezcla de vía clásica con vía elástica, en donde se combinan tramos de riel soldado en grupos de 4 a 6 rieles cortos sobre durmiente de madera común y sujetos con clavo de vía y placa de asiento. Este tipo de vías ha mantenido un comportamiento satisfactorio en algunos de los distintos territorios y topografías del sistema, creando nuevos procedimientos poco ortodoxos para su construcción y mantenimiento. En este tipo de vía el funcionamiento de sus elementos no ha sido suficientemente estudiados y clasificados técnicamente, pero se sabe que cuando la estructura sobre la cual están apoyados estos tramos cuenta con elementos en buen estado y la geometría de la vía es la correcta, los esfuerzos que se transmiten se comportan de manera uniforme y discontinua lo que, sin llegar a buena calidad de una vía elástica, proporciona ventajas propias en su funcionamiento.

Entre otros tipos, se pueden incluir las vías ahogadas en concreto con estructuras de acero, riel durmiente, losas durmiente y vaís de anclajes especiales con pernos, o barrenancas para muelles portuarios, patios de industrias, vías internas de talleres para reparación de



locomotoras etc., en donde las capacidades de carga resultan lo mas importante, ya que son vías de maniobras a baja velocidad y por lo regular con equipo pesado.

## **2.2 Normas y Procedimientos de Conservación de Vía**

Los procedimientos actuales que regulan las actividades de conservación de vía para los Ferrocarriles Mexicanos, están basados en principio por los reglamentos y especificaciones de la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR) y la Asociación Americana de Ingenieros en Mantenimiento de Vía (AREMA) en los cuales se encuentra fundamentado el actual reglamento de conservación de vía de los ferrocarriles mexicanos.

Al respecto es importante resaltar que actualmente cada uno de los Ferrocarriles Conccionados y Líneas cortas en México están en el proceso de actualizar y editar sus nuevos reglamentos de vía y estructuras que los regirán durante su nueva operación ya que cabe resaltar que el reglamento de vía y estructuras, vigente aun de Ferrocarriles Nacionales de México Emitido en 1966 esta a la fecha categóricamente obsoleto en la materia.

Los procedimientos tipificados en los reglamentos se ocupan de guiar las tareas y acciones de campo de la gran diversidad de conceptos en los que esta dividida la atención a la vía y sus estructuras, desde la simple revisión de tramos de vía hasta el armado y construcción de complejas estructuras; sin embargo en beneficio de una mejor comprensión del tema se hablara en lo sucesivo de los principales métodos prácticos de conservación de vía en general como son:

- \* **Conservación Regular.**- Es aquella en donde se realizan los trabajos calendarizados de relevo de piezas defectuosas de la vía, reparación de obras de drenaje y atención a los terraplenes, como resultado de inspecciones anuales a lo largo de la jurisdicción de cada división, de acuerdo a prioridades de orden y jerarquía de líneas, es decir, el mantenimiento puntual y organizado que toda vía en operación debe recibir para su correcto funcionamiento con inversiones menores por kilometro.
- \* **Conservación Detectiva de Vía.**- Es la conservación en la que se realizan trabajos de reparaciones específicas con relevo parcial de piezas en la vía como producto de programas de detección de defectos geométricos, defectos internos y externos de riel a través de equipos electrónicos y de ultrasonido asistidos por computadora cuando menos una vez al año como apoyo de la conservación normal de las líneas, es decir la detección de defectos que no son visibles al ojo humano de la supervisión y que pueden representar serios riesgos para la operación.
- \* **Conservación Intensiva.**- Es aquella en la cual se realizan trabajos correctivos de gran magnitud en sus alcances, no programados, necesarios en tramos específicos de vía que presentan condiciones altamente deficientes por el defecto o conjunto de defectos que determinan un riesgo constante al tráfico de trenes y que de alguna forma son resultado del desfase constante de adecuados programas de conservación regular, o por la consecuencia de condiciones meteorológicas adversas o el destrozo de descarrilamientos

de tren que han corrido distancias largas sobre la vía. En este caso los costos de estas reparaciones son elevados.

- \* **Conservación Mecanizada**.- Es la conservación en la que se efectúan trabajos de conservación, básicamente con el apoyo de maquinaria que va desde unidades autopropulsadas hidroneumáticas, como HY-RAIL para conservación regular o menor, hasta grupos de endurmientado y relevo de riel para conservación intensiva o grupos de maquinaria de nivelación de alta producción, con los cuales dependiendo de la categoría y tipo de vía, así como del personal calificado se puede diversificar su aplicación en los distintos programas de conservación de vía

En México se puede decir que la mecanización en la conservación de vías principales solo esta ocupada en un 40%, el resto aun es mano de obra directa de personal de campo, porcentaje que tocara a las nuevas generaciones de ferrocarriles abatir.

- **Rehabilitación integral de vía**.- Es el conjunto de trabajos especializados mediante los cuales se efectúa la renovación integral de la vía actual, sustituyéndose el 100% de los materiales existentes por elementos nuevos retirándose las estructuras originales de la vía. Este proceso de reestructuración de vía es el de mas alto costo por lo cual los Ferrocarriles antes de autorizar los presupuestos de obra realizan un cuidadoso estudio de costo beneficio de la ruta y el tramo en el cual se aplicará el proceso y la decisión de aplicar la rehabilitación dependerá del cumplimiento de las siguientes condicionantes:

- a) La línea por atender debe ser vía principal de primer orden en el contexto de la red del ferrocarril.
- b) Los trenes que corren deben ser de primer nivel o de productos peligrosos
- c) Las condiciones físicas de la línea por sus defectos y antigüedad o desgaste de materiales en la estructura de la vía deben, ser tan deficientes que no aceptan trabajos de conservación intensiva, situación que afecta directamente la operación.
- d) Que el no realizarla signifique continuas demoras por las restricciones de velocidad o cuantiosas pérdidas económicas por los continuos accidentes ocurridos en la línea

La rehabilitación de vía puede ser evitada debido a su costo en la medida que se cumplan en forma adecuada y oportuna los trabajos de conservación rutinarios que cada ferrocarril debe aplicar en sus líneas principales y patios de su sistema.

### **Funcionamiento Dinámico de la Vía Elástica**

Es importante para los responsables del Área de Infraestructura, conocer y diferenciar los esfuerzos que se generen a la vía y que determinan el funcionamiento dinámico al paso de los trenes. El conjunto de rieles, durmientes y fijación son los elementos básicos que reciben y transmiten al balasto los esfuerzos verticales, longitudinales y transversales; bajo el

entendido que la estructura de la vía no es una unidad geométrica inmutable o estática, sino más bien es un conjunto dinámico complejo en constante movimiento.

En forma práctica los esfuerzos en el riel pueden clasificarse en 3 grupos: Los Verticales transmitidos por las cargas rodantes sumadas a impactos puntuales. Los Horizontales generados por las fuerzas centrífugas de los rodados al entrar en curvas, integrados a la fricción de las propias ruedas y los de Tipo Longitudinal producidos por la contracción y el alargamiento del riel por los cambios externos de temperatura, esfuerzos combinados, que de su correcto equilibrio depende la estabilidad de la vía.

De acuerdo a estudios realizados en campo, se determinó que a velocidades menores de 20 kms/Hrs. Los esfuerzos conjugados son de comportamiento variable o inestable, y los valores resultan moderados en contraste con velocidades mayores de 70 Kms/Hra. , en donde los esfuerzos integrados resultan de mayor uniformidad pero con valores altos, que en tramos descuidados de vía pueden colapsar en el quebranto de la estructura, provocando descarrilamientos con los consecuentes daños.

Mantener en equilibrio la dinámica de estos esfuerzos debe ser la tarea diaria y programada de todo ingeniero u oficial de vía, mediante la aplicación de mano de obra estratégica dentro de la conservación.

### Procedimiento de Conservación de Vía Clásica

Dentro de la normatividad existente para orientar la conservación de vía clásica existe mucho ya escrito, pero a la fecha no se tiene de manera práctica, comprensible y de fácil aplicación una guía de técnicas acorde a la problemática actual dentro de esta conservación, que apoyen la solución de programas e instrucciones de campo que clarifiquen los procesos; por lo que aquí se enunciarán solo algunos de estos pasos:

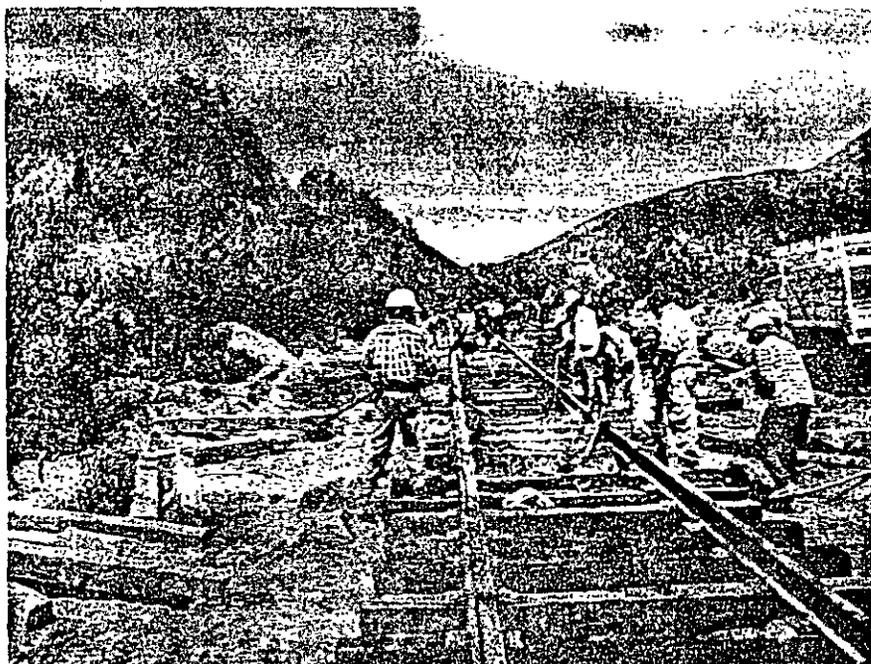
- En primer termino se debe considerar que los procedimientos clásicos que rutinariamente utilizamos, porque así los aprendimos, o porque el personal de vía usa en forma hereditaria, no siempre son los mejores; por lo que deberemos estar dispuestos a romper los canones o nuestro propio paradigma de como ordenar los trabajos en las vías o sus estructuras en espera siempre de variantes objetivas y estratégicas para la obtención de mejores resultados.
- Al ordenar cualquier trabajo de conservación a excepción de asuntos de extrema urgencia, siempre se debe discutir con los responsables del personal en forma clara la disponibilidad de cuadrillas, equipo y material efectivo a corto plazo para realizar las actividades y siempre bajo un programa lo más simple posible de seguir, como lo es el control de barras de color que no se queden solo iniciados en la pared de las oficinas del Ingeniero de División o rezagados aún después de terminados los trabajos.

- Ningún trabajo por sencillo que parezca debe dejarse únicamente a la supervisión inmediata de Jefes menores, porque los avances siempre serán lentos. Se debe tomar dentro del rol de inspecciones a la vía el tiempo necesario para checar periódicamente en campo las tareas, guardadas las proporciones de importancia del tipo de conservación.
- En materia de rieles en común que se desaprovechen piezas que aún pueden prestar servicio con un buen margen de seguridad, cuando el personal de vía releva riel en curvas, olvidándose que una adecuada transposición dará su justo tiempo de vida al riel llevando un registro de fechas de estos trabajos.

Te sorprendería la cantidad de piezas de riel aprovechable que se mantiene inmutable y ocioso en almacenamientos olvidados o diseminado a lo largo de las líneas ó en patios y terminales; una buena idea es realizar de vez en cuando inspecciones a detalle en compañía de los Jefe de Vía que sirvan de ejemplo para ampliar esta actividad, manteniendo el cuidado de acuerdo a normas vigentes de restituir solamente a la vía material en buen estado físico.

Esta misma técnica se debe aplicar al verificar el material de fijación, los herrajes de cambio o las piezas de trabes metálicas ligeras para alcantarillas abiertas.

Finalmente tener una breve pero profunda visión del estado físico del riel, no es ningún secreto, ya que un buen espejo de extensión y una observación sensata nos darán a conocer lo único que no es visible a simple vista. Al adicionar esto a las rutinas de nuestro personal como una práctica imprescindible, estaremos mensualmente eliminando accidentes seguros, ya que estos no esperarán la llegada anual del detector de ultrasonido, y nosotros no debemos dejar todo este trabajo al sistema mecanizado.



- En cuanto a durmientes de madera debido a la eterna escasez de suministros suficientes, la clave de solución en la vía esta en lograr el máximo aprovechamiento de las existencias instaladas y a mano. Esto implica evitar prácticas descuidadas, como colocaciones consecutivas de durmiente nuevo en grupos compactos que desaprovechan la fuerza de cobertura del durmiente y limitan la extensión de protección en la vía.
- Otra práctica que se debe eliminar es la distribución sin control con demasiada antelación del durmiente de madera sobre la banqueta de los tramos; así como la concentración en zonas de cruces a nivel o caminos vecinales transitados.
- Otro aspecto poco visto frecuente es el de eliminar vías secundarias fuera de operación o aún vías principales o instalaciones de poca utilidad para disponer de material clasificado, no solo de durmiente sino de riel, accesorios y piezas de herrajes que por esperar largos e insensibles trámites condicionan a mayor escases la conservación existente, pudiendo ser un valioso apoyo estos recobros.
- Una vieja regla indica que al colocarse durmiente de conservación para relevar de 2 rayas, se debe reclavar el durmiente cercano al colocado, si a esta práctica ya olvidada se adiciona la aplicación de taquete y el enderezado de clavos doblados, así como el correcto calzado y restitución de balasto de la zona trabajada, la protección realizada será más efectiva.



- En lo referente a herrajes de cambio, es común al aplicarse los nuevos en sustitución de los defectuosos, el desaprovechar piezas del conjunto, a falta de supervisión adecuada, al no colocar el total del nuevo y combinarlo con accesorios usados, con la creencia de que esto será provechoso, siendo un gran error, ya que un herraje recién colocado solo funciona bien con el total de sus piezas, pudiendo entonces reunir el recobro con otros de igual condición para obtener juegos disponibles que apoyen la solución a faltantes en conexiones de menor uso e importancia, pero imprescindibles. También se debe tener presente al llegar los herrajes nuevos que no siempre los sitios planeados para su colocación son los más adecuados, por lo que se debe revisar prioridades y jerarquizar su uso. Esto ocurre con frecuencia en casos de aplicaciones en vías de patio; en este aspecto es importante estar debidamente enterado de las condiciones y principalmente de las tolerancias que marcan las especificaciones para cada pieza del herraje.

### Procedimiento de Conservación de Vía Elástica

Aunque no lo parezca, los sistemas de conservación para vía elástica resultan más sencillos que los de vía clásica, por depender en mayor medida del apoyo de equipo y maquinaria para su realización. Otra vieja regla prohibida es el efectuar en forma manual trabajos en las líneas para evitar afectar la estabilidad de la vía.

Esto se dio durante el tiempo de implantación y aprendizaje del nuevo sistema, ahora sabemos que no se debe dejar pendiente ningún golpe de nivel o grupo de durmiente roto por insignificante que parezca, porque esto será el inicio de un posible tramo crítico.

En México, de acuerdo al equipo existente la conservación regular de la vía elástica se da con el apoyo de unidades HY-RIEL auxiliadas de Cuadrillas de Vía, y bajo este sistema no debemos pensar que esta unidad mecanizada con 8 o 10 operarios vino a sustituir llanamente a la fuerza de mano de obra de secciones y sus coberturas. En realidad el objetivo principal fue clarificar y hacer estratégicos los trabajos de corrección de vía, bajo ciertas reglas que no siempre se ajustan a la realidad del estado físico de los tramos de vía, por lo cual es necesario también buscar el máximo aprovechamiento del equipo asignado, conservándolo en lo posible actualizado en su propio mantenimiento, evitando rezagos de atención en fallas de cualquiera de sus sistemas.

Al establecer programas de trabajo se debe tener cuidado de no formularlos en carácter intensivo con aplicación en serie de material en la vía, porque estos no están diseñados para estas tareas, esto solo sería posible bajo ciertas adecuaciones al reunir dos o tres HY-RAIL en un tandem, si así lo ameritara la atención de un tramo crítico, siempre se debe buscar el apoyo de Cuadrillas de Vía para estas tareas.

- Al realizar trabajos de relevo parcial de riel en curvas o la eliminación de tramos patinados, se le debe supervisar al personal de vía que se observen los mejores horarios, con respecto a la temperatura ambiente, para no tener problemas futuros de riel excedente en la vía que provoque desalineamientos o inestabilidades.

- Reducir al máximo la existencia de juntas emplanchueadas permitirá mantener un mejor control de zonas aguachinadas y golpes de nivel generadores de condiciones aleatorias de descarrilamientos.
- El reapriete de fijación para segundo contacto de la grapilla en el riel es básico en la conservación de vía elástica, algo que no necesariamente se debe dar con equipo mecánico.
- Una lubricación constante y bien ubicada del riel en zonas de fuerte curvatura es esencial para controlar el desgaste prematuro del riel y evitar la creación de otros tramos conflictivos.

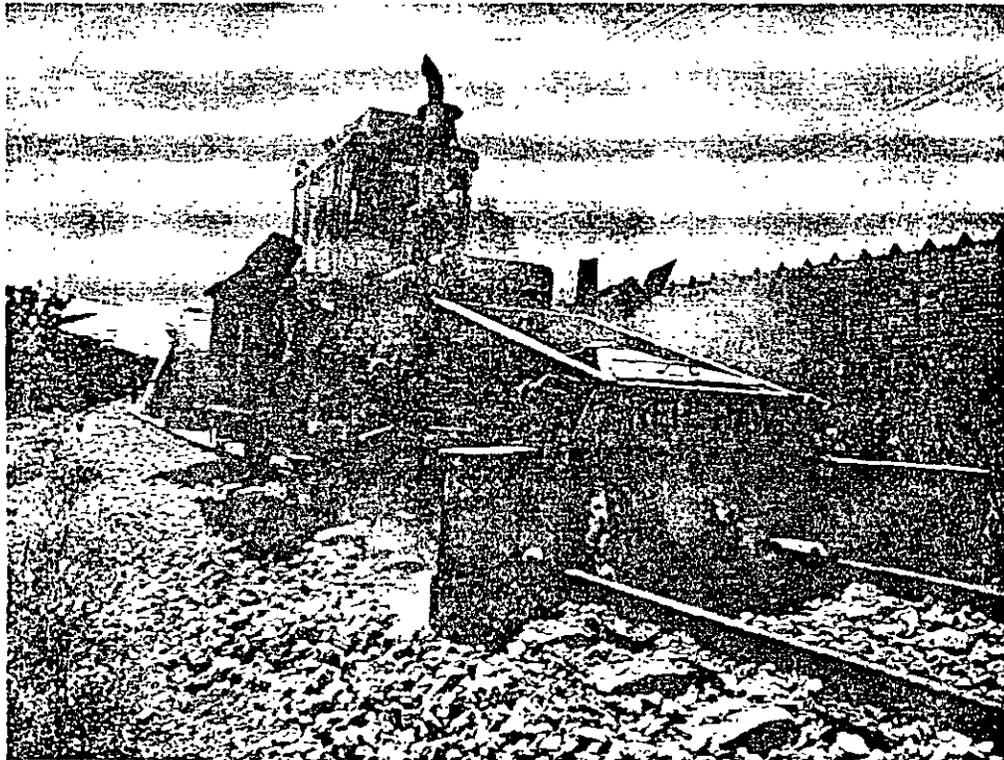


En realidad el alma de la conservación de la vía elástica, además del relevo de piezas defectuosas o fatigadas, consiste en la estabilidad general de la vía a través de una razonable y periódica nivelación y calzado de la estructura; y en este aspecto lo común es la falta de maquinaria para atender por lo menos una vez por año esta tarea, por lo cual es recomendable en el momento de contar con algo de este equipo concentrarlo en un solo grupo de trabajo, que sume todas las maquinarias disponibles para la obtención de mas

kilómetros de vía atendida. Adicionada a un suministro aún limitado de balasto y a una supervisión constante. Es mejor interrumpir la vía por horas específicas en un solo lugar con avances claros, que no dar avances de nivelación en dos o tres puntos apartados por exceso de tráfico o fallas aisladas de maquinaria de nivelación dispersa.

Es muy importante determinar el número de bateos por inserción de los conjuntos de acuerdo a las condiciones que presenten los tramos, ya que esto al final determinará la calidad de la estabilidad de la vía y la velocidad de trabajo.

Sería innumerable la cantidad de consejos técnicos para englobar la esencia de la conservación de la vía elástica y la vía clásica, por lo que es importante aprender a jerarquizar los programas y a racionalizar el uso de materiales para aplicar ambos a los verdaderos puntos de conflicto en las líneas. También es necesario entender la problemática general de las rutas, conscientes siempre de que cualquier esfuerzo en favor de la conservación deberá realizarse por y para eficientar el tránsito seguro de trenes en las líneas.



## 2.3 Procedimiento y Criterios para Inspección de Vía

Para identificar los criterios de inspección, es necesario comprender que la visualización de los distintos escenarios en la vía no son únicamente para verificar la situación que se presente en el momento, sino más bien es nuestra primer herramienta o la única forma de obtener la información que nos dará punto de partida para proyectos, organizaciones, distribuciones de personal, programas de trabajo y aprovechamiento de los recursos en la misma, por lo tanto ningún viaje de inspección debe limitarse a obtener datos aislados y aunque resulte algo tedioso tampoco se debe perder registro escrito de los eventos importantes durante el recorrido, siempre es mejor un borrador oportuno de notas que la mejor memoria fotográfica posible.

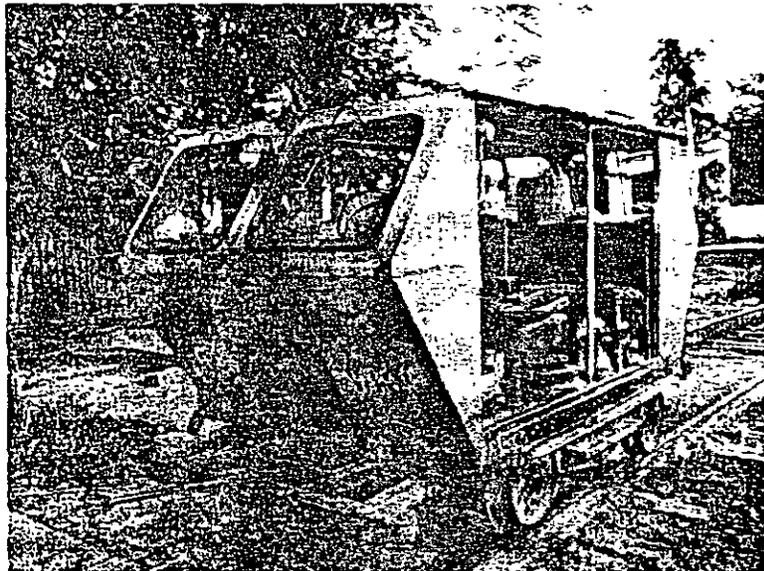
Es básico poner en orden las ideas y distribuir responsabilidades de observación con el personal técnico que nos acompaña antes de iniciar cualquier inspección así estaremos preparados para detectar lo importante y desechar lo intrascendente y siempre estar consciente de que cualquier decisión nuestra involucrará recursos que finalmente tienen un costo y que debemos emplear en forma estratégica para evitar desperdicios de fuerza de trabajo y altos costos a nuestra operación.

### Procedimientos Prácticos de Inspección de la Infraestructura

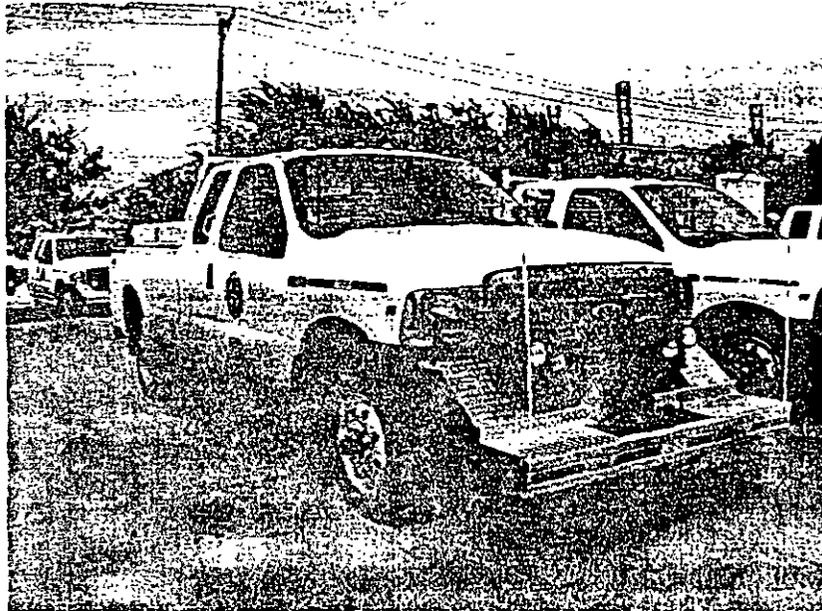
- A la fecha, existen ya medios avanzados y a veces sofisticados para hacer más rápidas y precisas las inspecciones de vía, pero sin menoscabo de estos procedimientos, el recorrido directo a pie con disponibilidad de tiempo es realmente imprescindible para cualquier responsable de esta área. La antigua obligación para Ingenieros Residentes de División establecía una inspección a pie en la totalidad de su jurisdicción por año, ahora no es realmente necesario, pero si se debe saber a detalle los puntos clave de su territorio. Hay que tomar en cuenta que en este tipo de inspección se adquiere una sensibilidad particular para conocer y entender la vía y sus detalles.



- En la inspección en motor, es común recorrer largas distancias apurados por las corrientes de movimiento de trenes anunciados e imprevistos, por lo que es recomendable el programar inspecciones de no más de 50 kilómetros diarios para dedicarle detalle a lo significativo y combinarlo con algunos recorridos cortos a pie de sitios obligados para detectar eficiencias o desviaciones en los avances de trabajo así como defectos en la vía y sus estructuras.



- Para tener un mejor panorama de las condiciones de la vía relacionadas con el comportamiento de los trenes, es necesario complementar las inspecciones con recorridos a bordo de las locomotoras de trenes de carga unitarios o directos en la cabina; abriendo espacios de intercambio de ideas y entendimiento con las tripulaciones y principalmente con el maquinista, quien a final de cuentas a su manera percibe el comportamiento real de la vía y quien puede transmitir información que refuercen lo obtenido en los otros tipos de inspección. Nuevamente, es necesario fijar orden de importancia en las inspecciones y no dejar tramos pendientes.



### **Identificación de Tramos Críticos y Asignación de Prioridades**

Como resultado de las inspecciones realizadas se debe aprender a establecer un simple código de estado físico general de las vías en su jurisdicción, que nos lleve a detectar los tramos altamente deficientes o críticos a los cuales se deberá enfocar los recursos mediante programas correctivos de inmediata aplicación. A este respecto existen distintas formas de realizarlo pero una forma practica es vaciar datos a un croquis esquemático de condiciones físicas que muestre en colores la ubicación y rango de la calidad actual de la vía. Este por ejemplo, irá de un verde para tramos de vía en condiciones operativas eficientes hasta un rojo para tramos críticos de condiciones altamente inestables, la progresiva eliminación de tramos en rojo guiara la asignación de prioridades.

Este sencillo método nos ayudará a no esperar que las instrucciones de atención lleguen desde afuera, situación que aveces desvía la toma de decisiones.

### **2.4 Procedimiento Para la Formulación de Programas de Trabajo**

Una vez fijadas las prioridades por atender, se puede proceder a la formulación de programas de trabajo que derivaran en instrucciones al personal de campo para la

realización de las obras. Se debe tomar muy en cuenta que al dictarse las órdenes de trabajo estas funcionarán entre otras muchas actividades rutinarias, que a su vez forman parte de programas generales ya establecidos, por lo que se debe dar el valor, la integración y la planeación necesarias, así como el debido seguimiento a los programas resultantes.

Para lograr lo anterior, se recomendarán a continuación algunos de los procedimientos prácticos:

- Al formular cualquier tipo de programa para la conservación de vía se debe visualizar de antemano lo mas claro posible los factores adversos que podrían obstaculizar el inicio y desarrollo de lo planeado, es decir prevenir las posibles soluciones a estos imprevistos.
- Dentro de las limitaciones de personal técnico, es conveniente asignar quien se encargue del control específico de los programas importantes mediante sencillas gráficas que muestren los avances y que faciliten el seguimiento para una adecuada toma de decisiones
- Un adecuado y manejable control de las actividades del programa, pueden llevarse mediante la creación de bases de datos auxiliados por computadora que permitan la obtención del grado de rendimiento de la mano de obra y equipo empleados, es decir lo programado contra lo realizado.

### Programas de Conservación Regular de Vía

Además de la formulación de los programas rutinarios, como es el calendario anual de diferentes tipos de trabajo en la vía, lo relevante vendrá con las inspecciones y prioridades que se obtengan. A partir de aquí se pueden recomendar algunos aspectos que podrán redondear la conservación regular

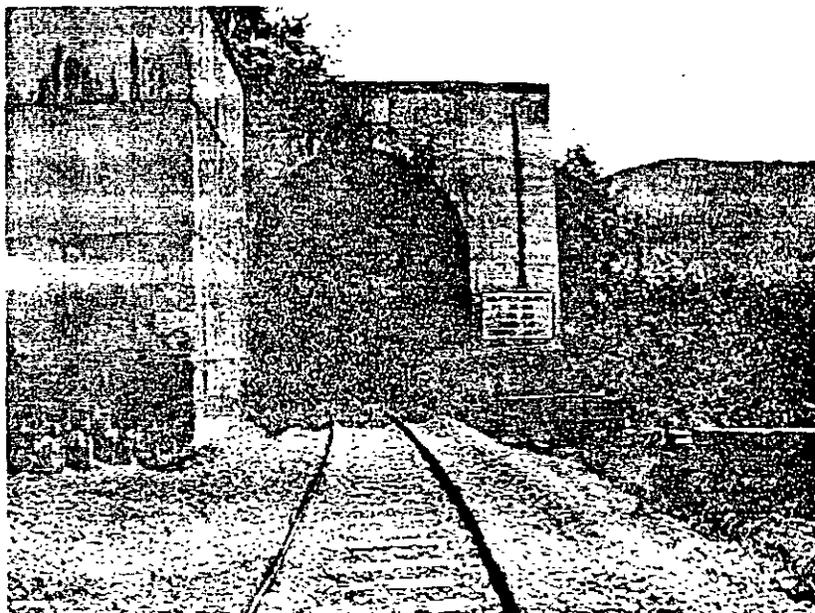
- \* Con los registros de la libreta de campo se deben clasificar los tipos de defectos en la vía y su magnitud y de esta manera enumerar el orden de atención que requieren creando un formato simple que contenga básicamente, el trabajo correctivo por realizar y su localización en la línea, el personal de vía que atenderá, los materiales que se requerirán y en breves cuadros coloreables un control practico de avances como se muestra en el esquema sencillo que se muestra a continuación.

No	CONCEPTO	PERSONAL	MATERIAL	AVANCES
1	Relevar rieles excesivamente gastados, en curva izquierda Km-S-180+235	Hy-Rail No. 25 Apoyo Secc-S-19	Riel 115 Lbs. 1ra. o 2da. clase 300 Mts.-	
2	Relevar durmientes de concreto rotos en zona de accidente Km-Z-223+540	Hy-Rail No. 23 Apoyo Secc-S-23		

- Se debe recordar que mientras el responsable de formular el programa, no fije un orden de prioridades el personal de vía que realizara los trabajos no siempre aplicara un buen criterio para el orden de su realización.
- Normalmente en las Divisiones del sistema, los programas de trabajo de conservación regular se convierten en simples instrucciones por escrito sin formato alguno y en algunos casos se prestan a confusiones por existir falta de información, por lo que es importante establecer formatos como el mostrado que simplifiquen y puntualicen las ordenes de trabajo.
- Obtener un registro kilómetro a kilómetro de sus líneas bajo este esquema, debidamente relacionado con los registros normales de inspección de puentes y alcantarillas, de estado físico del durmiente y balasto, de las detecciones de equipos de ultrasonido para riel y geométricas de vía; nos permitirán organizar la clasificación de trabajos por su característica, requerimientos y magnitud, estando ahora si en condiciones de formular el programa de conservación regular de vía con alcances mensuales, semestrales y anuales y la realización de estos dependerá del equilibrio que guarde la línea presupuestal traducida a suministros de material y equipo y el ingenio y experiencia de los responsables del Área de Infraestructura en la División.

### **Programas de conservación intensiva de tramos críticos**

- De acuerdo con la informática antes descrita y apoyada con registros de inspecciones detalladas de las zonas conflictivas es posible determinar los programas de conservación intensiva, y en su formulación se deberán observar los siguientes aspectos:
- Estos programas por ser de prioridad, requieren de un control estricto de situaciones y seguimiento de avances por lo que se deben generar reportes específicos que contengan gráficas de ruta crítica, situación semanal y mensual del comportamiento de la obra.
- En el aspecto de logística de materiales, es otro el tratamiento que se debe dar al suministro, distribución y recobro y este debe ser lo más oportuno posible a los frentes de trabajo, por lo que se debe vigilar de cerca.
- Normalmente este tipo de programas protegen trabajos como el relevo de riel gastado en curvas, relevo intensivo de durmiente de madera o concreto defectuoso, corrección del escantillón en tramos largos, el vaciado de vía, balastado y renivelación de zonas entre 5 y 10 kilómetros entre otros aspectos, en donde no es tan importante la velocidad de reparación del tramo como el realizar trabajos completos y de calidad que restituyan la operación segura del tráfico, por lo que no se debe dejar bajo el cuidado de personas de bajo nivel, ya que por su importancia requieren de supervisión calificada y principalmente con criterio y poder de decisión ante cualquier contingencia.



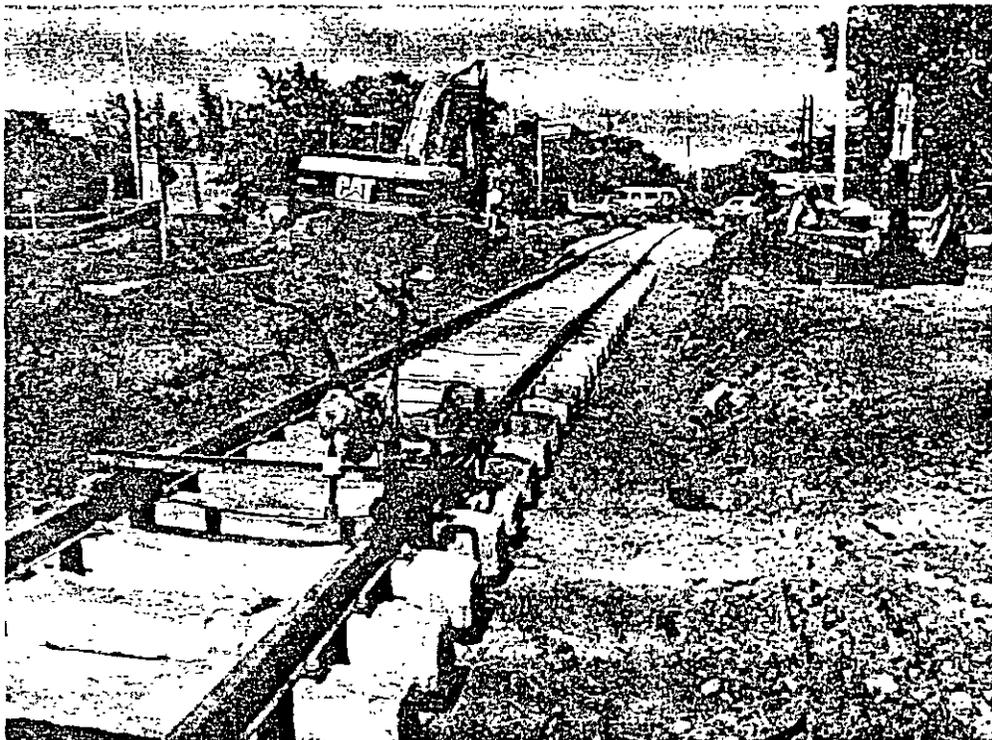
- En cualquier división o territorio pueden existir uno o más tramos críticos en donde se hace necesario aplicar programas intensivos de corrección por lo que se debe planear adecuadamente el grado de importancia que hay que establecer para cada uno es decir, jerarquizar las prioridades, siempre enfocado hacia resolver de mayor a menor la problemática que afecta directamente las actividades operativas. Para esto es fundamental tener conocimiento del comportamiento general del tráfico, a través de los intercambios y retroalimentación dinámica de información que se debe lograr con el área de transportes y comercialización de la división y región correspondientes, para sensibilizar las decisiones y reorientar en su caso los criterios de posibles programas ya autorizados a mayor nivel que no satisfagan este orden.
- En el caso de que por falta de material y personal suficiente se genere una zona crítica en la vía de condiciones de riesgo para el tráfico y por carecer de estos elementos no sea posible formular un programa de trabajo intensivo, no se debe esperar a que las instancias mayores de los corporativos intervengan asignando recursos tardíos o programas ideados fuera del ámbito interno, cuando es posible aun con serias limitaciones dar los primeros pasos para comenzar a solucionar el problema.

Lo anterior es posible cuando con criterio propositivo se mira alrededor y se empieza a echar mano de recursos que no parecen disponibles pero que solo es necesario identificar y organizar, un ejemplo de estos es el sumar personal en grupos mayores reuniendo operarios de un distrito, dismantelar tramos de vía de material aun en condiciones que se encuentren

fuera de operación para clasificar e iniciar la protección o en su momento reunir la o las maquinarias de que se disponga en un solo frente; en tanto llegan los apoyos para hacer realidad el programa.

### Criterio para la Asignación de Programas de Rehabilitación

En los ferrocarriles mexicanos hasta antes de la concesión la asignación de programas de rehabilitación integral a estado comprendida dentro de una estructura de estudio y asignación un tanto compleja controlada a nivel corporativo la cual en síntesis asigna la autorización de recursos principalmente a líneas de lo que se considera como red básica o productiva tomando en cuenta los millones de toneladas transportadas en ellas, el estado físico promedio de riel y durmiente instalado y las perspectivas de movimiento de flete sobre cada ruta.



A partir de la reestructuración serán los directivos de cada empresa los encargados de determinar las prioridades de rehabilitación seguramente con una línea mas abierta de participación de quienes viven de cerca las problemáticas de las rutas por lo que se debe estar preparado desde la célula básica del área de vía en las divisiones para saber plantear con bases técnicas la planeación futura de la rehabilitación

La asignación de la rehabilitación se justifica ampliamente cuando es consecuencia de la fatiga natural de los elementos estructurales de la vía ante la demanda de mejor estabilidad, capacidad y seguridad de las líneas para afrontar mayores densidades de trafico; que cuando es el resultado de un diferimiento de aplicación de programas estratégicos de conservación regular o peor aun cuando son el producto de la urgente restitución de las condiciones físicas de rutas especificas en donde en gran medida por descuido en la administración técnica se han creado distintos sitios de tramos críticos fuera de control.



En consecuencia los criterios de asignación para rehabilitaciones de segunda categoría o con materiales de recobro dependerán en primera instancia de la realización de los primeros para la obtención del material pero en esencia pretenden cumplir con dar continuidad de programas ya preestablecidos mas que para cubrir emergencias.

## **2.6 Estrategias para la Asignación del Personal**

En la formulación de cualquier programa de trabajos de vía debe considerarse siempre la cantidad de personal en cuadrillas por especialidad que estará asignada a la obra. Esto no es tarea fácil considerando las actuales limitantes de personal que presenta el sistema, sin embargo a fin de no dispersar mas la poca fuerza con la que se cuenta es necesario establecer un equilibrio en la distribución de cuadrillas que permita la obtención de los mayores rendimientos. Para esto es recomendable tomar en cuenta los siguientes conceptos:

- \* Al asignar un grupo de trabajo para una tarea especifica se deberá diferenciar en lo posible los ritmos de trabajo a los que se tiene habituado al personal, de tal manera que se integre mano de obra de alto rendimiento a trabajos de conservación intensiva y rehabilitación y personal de rendimiento normal a tareas menores o de conservación regular. Estas ultimas pueden apoyar los trabajos de rehabilitación cuando los frentes de cambio de riel pasen por sus jurisdicciones, en donde es importante que la supervisión divisional acompañe este proceso para asegurarse que el personal de sección asimilara el conocimiento básico y el manejo de la nueva estructura de vía a fin de que en la futura conservación no se cometan errores por falta de capacitación.
- \* Para un mejor aprovechamiento de la mano de obra se debe mantener una supervisión adecuada a cualquier nivel de la correcta distribución del personal, ya que es frecuente en campo que al asignar cuadrillas a trabajos específicos; no siempre los responsables inmediatos actúan con la debida atingencia si se deja en manos de ellos el asunto.





## Clasificación e Integración de Cuadrillas y Grupos de Trabajo

Anterior a la implantación del programa de reestructuración en los ferrocarriles mexicanos se contaban con una plantilla de cuadrillas de atención a la vía conformada desde la figura básica de sección con 1 mayordomo, 1 guardavía y 6 reparadores hasta cuadrillas especializadas de cambio de riel integradas con 1 mayordomo y 25 reparadores. En la actualidad cada unidad regional de infraestructura ha experimentado distintas formas de reagrupación y de adecuación de cuadrillas y grupos de trabajo de acuerdo a sus exigencias y posibilidades. Sin embargo no se cuenta aun en este periodo de transición con el establecimiento de una nueva organización y clasificación de cuadrillas para el trabajo en la vía por lo que se recomienda tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

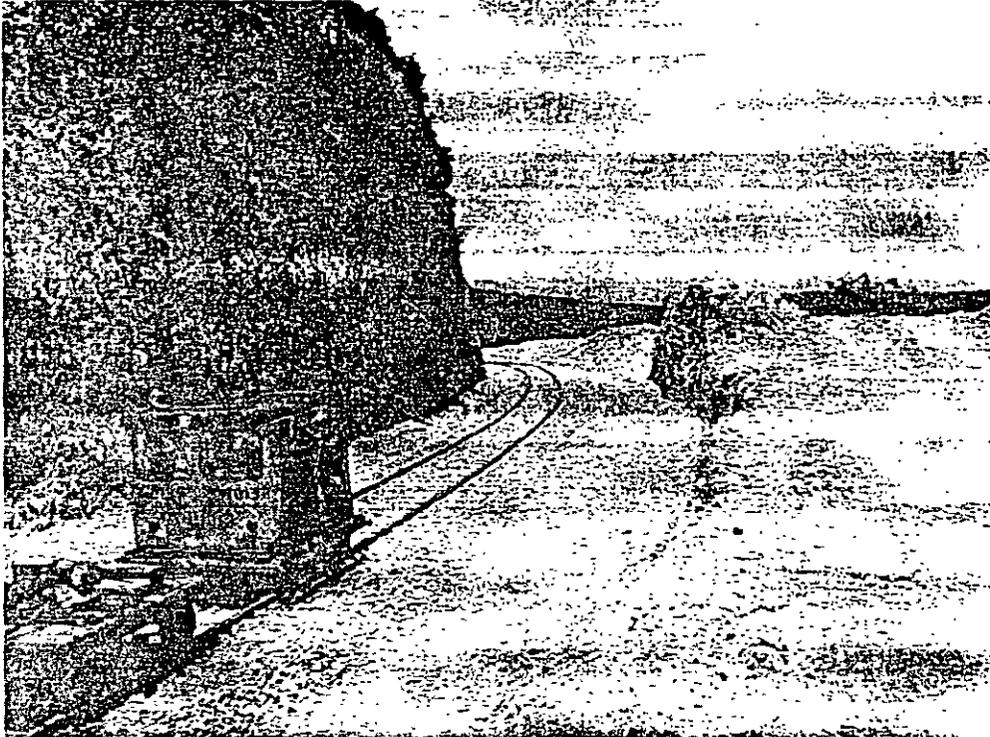
- \* Considerando las circunstancias actuales de falta de personal y los programas de trabajo por atender se debe en su oportunidad nuevamente revisar la situación actual y efectuar los pasos necesarios para consolidar la reorganización del personal de cuadrillas hasta donde las limitantes de tipo contractual lo permitan, lo que no sería productivo en este aspecto sería continuar con los esquemas deteriorados de organización de personal sin realizar esfuerzo alguno por cambiar.
- \* Para esta reagrupación se debe tomar en cuenta que en cualquier caso se obtienen mejores rendimientos de fijar en puntos estratégicos, grupos numerosos en personal y en número de cuadrillas que mantener grupos de trabajo dispersos y pequeños.

## Administración y Control de Personal de Campo

Los esquemas tradicionales de control de personal en campo, prácticamente continúan vigentes en la administración de las organizaciones divisionales, en contraste con la realidad que se vive al realizar los programas de trabajo: por lo que se presenta un desequilibrio entre la fuerza de trabajo y la producción, siendo recomendable el buscar romper con viejos patrones de rendimientos "Estandard " establecidos por décadas para cada tipo de trabajo, en beneficio de un mejoramiento de la productividad.

Lo anterior, será posible cuando se dedique un poco de tiempo al establecimiento en campo de diferentes rutinas para un mismo trabajo, con la idea de balancear un mejor rendimiento sin perder de vista la adecuación de tiempos y la remuneración equitativa al personal.

En resumen de este capítulo se podría indicar que las normas y sistemas de conservación y rehabilitación de vía deben ajustarse a los actuales procesos de cambio que realizan en el ferrocarril en vías de establecimiento de líneas de apertura con mejores condiciones; cuando estas unidades funcionen desde la privatización y la atención que los nuevos mandos pongan a la revisión de cada uno de estos temas, preparará el camino hacia una tecnificación integral de procesos y sistemas que ofrezcan mejores resultados para el ferrocarril.



Es importante resaltar que el objetivo principal de las áreas de vías de los Ferrocarriles Concesionados no es otra que lograr que cada uno de los servicios programados traducidos en trenes sobre vías principales y auxiliares corran desde su origen a su destino de la forma más segura, rápida y eficiente para la mejor satisfacción de usuarios del ferrocarril.

**ING. JUAN MANUEL SANCHEZ GONZALES**

**GERENTE DE VÍA Y ESTRUCTURAS**

**FERROSUR S.A.DE C.V.**

Versión actualizada para el diplomado en Noviembre del 2002



## Alineamiento de Curvas por el Método de Cuerdas de 20 Metros

Expositor :

Germán Díaz Gutiérrez

## INTRODUCCIÓN

El método de alineamiento o rectificación de curvas a través de cuerdas se empezó a usar en los Estados Unidos en la década de los 30's en casi la totalidad de los Ferrocarriles de aquel país.

En los Ferrocarriles Nacionales de México dicho método fue introducido por el Señor Floyd B. Belk, Supervisor de la Misión Americana de Ferrocarriles en nuestro país. Posteriormente el Ing. Mariano A. Montero, quien también trabajó en la Misión Americana escribió un folleto en el cual se exponía el método, explicándolo con sencillez para que resultara accesible a cualquier persona que tuviera interés en aprenderlo: Hoy, sin embargo para su aplicación es necesario enseñarlo teórica y prácticamente.

El método estaba diseñado inicialmente para usarse en los Ferrocarriles Americanos por lo tanto en el Sistema Inglés se usaban como medidas de longitud los pies y para medir las flechas se utilizaba una regla graduada en pulgadas así como los grados de curvatura americanos.

En la década de los 40's el Ingeniero Antonio De Legarreta, del departamento de Vía y Edificios de la Oficina del Ingeniero en Jefe en ese entonces, adaptó el método de Alineamiento de Curvas por el método de cuerdas, al sistema métrico decimal, apoyándose en los estudios presentados por los Ingenieros Mariano A. Montero y Humberto López Guevara, ambos ingenieros del Departamento antes mencionado; y en la traducción que efectuó de las publicaciones americanas sobre este método como es el "The Railway Educational Bureau" que contiene la forma y pasos a seguir.

## DEFINICIONES GEOMÉTRICAS

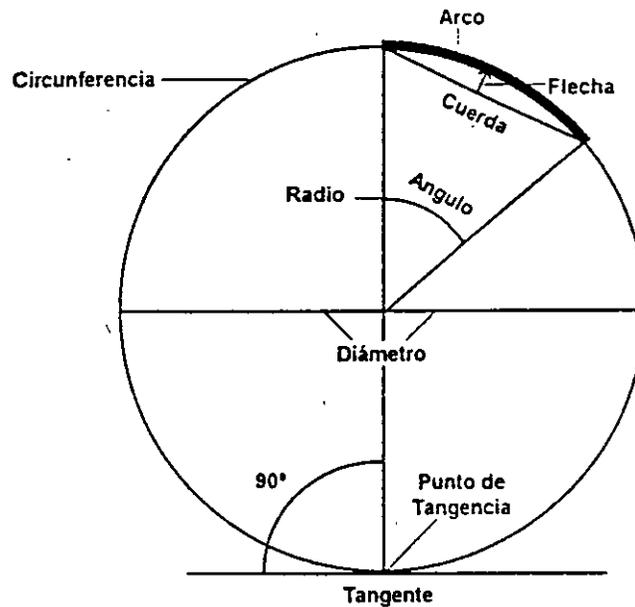


Figura 1

**CIRCUNFERENCIA:** Es una línea curva plana y cerrada en la que todos sus puntos están a la misma distancia de un punto interior llamado centro.

**RADIO:** Es el segmento de recta que une el centro con un punto cualquiera de la circunferencia.

**DIÁMETRO:** Es una línea recta que une dos puntos de la circunferencia pasando por el centro del círculo.

**ARCO:** Segmento de una circunferencia limitado por una cuerda.

**FLECHA:** Es la línea recta trazada perpendicularmente desde el punto medio de la cuerda hasta el arco de la circunferencia.

**CUERDA:** Línea recta que une los dos extremos de un arco de circunferencia.

**TANGENTE:** Es una línea recta que toca en un punto a la circunferencia formando un ángulo de 90° con el radio de la circunferencia.

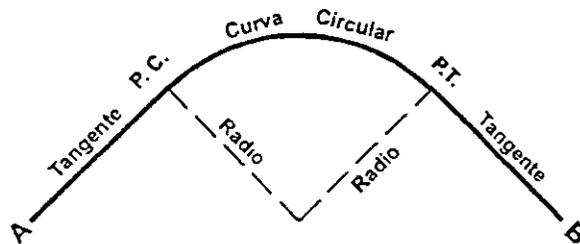
**PUNTO DE TANGENCIA:** Fin de la curva o principio de la tangente.

**ÁNGULO:** Es la abertura comprendida entre dos líneas que se unen en un mismo punto llamado vértice.

## TIPOS DE CURVAS HORIZONTALES Y NOMENCLATURA

**CURVA SIMPLE O CIRCULAR:** Es aquella que presenta el mismo grado de curvatura en toda su longitud y por consiguiente el mismo radio.

Estas son utilizadas en Patios, Vías Secundarias, "Y" Griegas, en los Cambios de vías y en general en toda aquellas vías en que las velocidades de los trenes son bajas.



PC. Principio de curva  
 PT. Principio de tangente

Fig 2. Curva circular simple

**CURVA ESPIRAL O DE TRANSICIÓN:** Este tipo de curva, consiste en la sucesión de varias curvas simples, que su grado de curvatura varia gradualmente y por lo tanto su radio puede ser creciente o decreciente. Su función es la de lograr una transición gradual al pasar de una tangente al tramo circular.

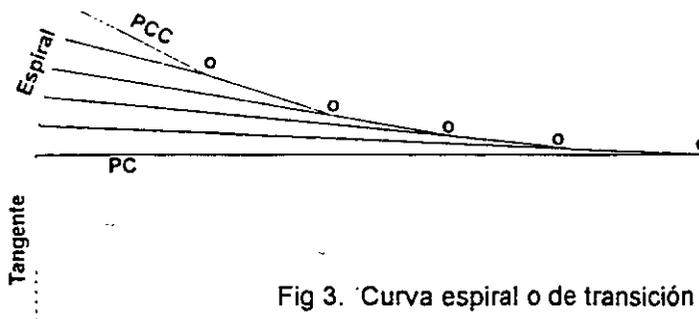


Fig 3. Curva espiral o de transición

**CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES:** Se emplean en las vías principales en donde la velocidad de los trenes es alta. Estas curvas están formadas por una curva espiral de entrada, una curva circular central y una curva espiral de salida. Este tipo de curvas permite tener una transición suave a través de la curva ofreciendo confort a los pasajeros y el equilibrio adecuado al equipo rodante.

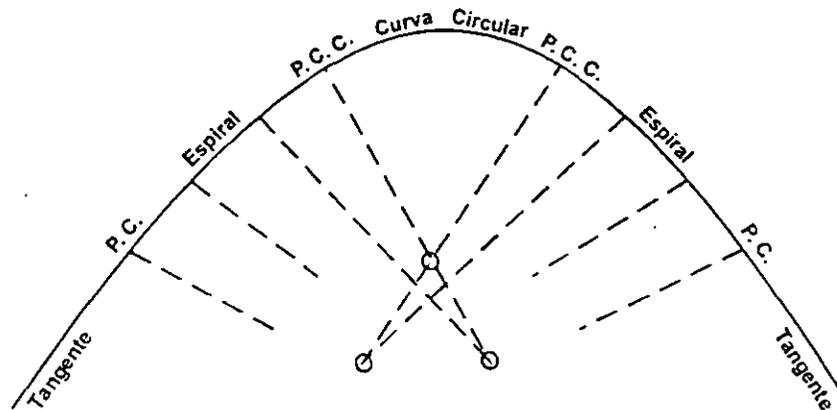


Fig 4.- Curva circular con espirales

PC. Principio de curva

PT. Principio de tangente

PCC. Principio de curva circular

**CURVA COMPUESTA:** Es aquella formada por dos ó más curvas circulares del mismo sentido y de distintos grados de curvatura.

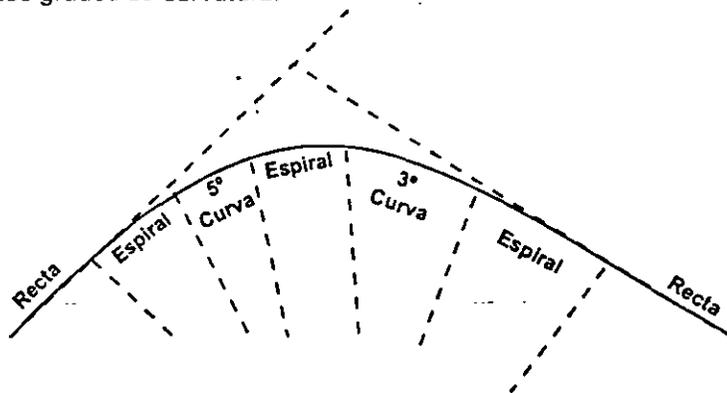


Fig 5.- Curva compuesta

Debido a la topografía de nuestro país, las curvas compuestas se localizan principalmente en las zonas montañosas sobre las vías principales; por lo tanto cada una de las curvas requiere una sobreelevación diferente así como curvas de transición de una curva a otra. Los trazos actuales de las vías férreas exigen que en curvas del mismo sentido exista como mínimo una tangente de 60 metros.

**CURVAS INVERSAS:** Estas son dos curvas con sentidos opuestos, es decir con centros a uno y otro lado de la vía, ligadas por una tangente con una longitud mínima que permita que los trucks del equipo rodante queden fuera de las curvas para recuperar su posición normal.

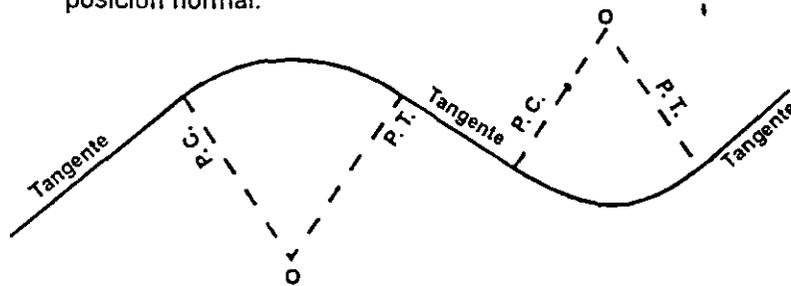


Fig. 6.- Curva reversa

**CURVA REVERSA:** Es la que se forma de dos curvas con sentidos opuestos al igual que las curvas inversas, con la excepción de que no están ligadas por una tangente y tienen un punto común llamado Principio de curva reversa (PCR); Este tipo de curvas se emplea en patios, en laderos de apoyo, en cortavías y ocasionalmente en las vías principales en los tramos montañosos.

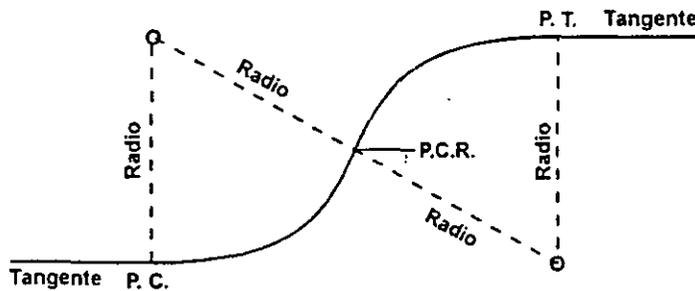


Fig. 7.- Curva Inversa

- PC.- Principio de curva
- PCR.- Punto de curva reversa
- PT.- Punto de tangencia

### GRADO DE CURVATURA

Definición:

"El grado de una curva se define como el ángulo central que subtiende una cuerda de 20 metros". Esta cuerda se emplea únicamente en los Ferrocarriles Nacionales de México, en los ferrocarriles Americanos se utiliza la cuerda de 100 pies y en Inglaterra la cuerda de 66 pies.

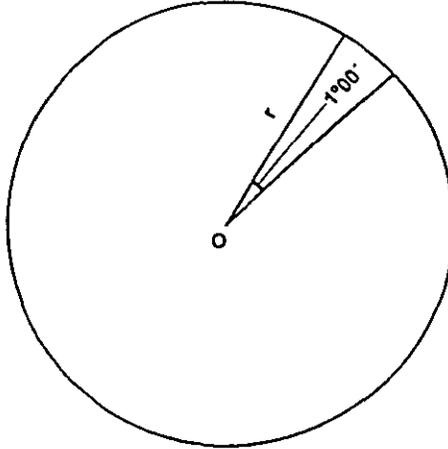


Fig. 8

La longitud de una circunferencia de  $(360^\circ)$  es:  $C = 2 \pi r$

La longitud del arco de  $1^\circ$  es  $(2 \pi r / 360^\circ)$ , porque  $1^\circ$  es  $1/360$ vo. de una circunferencia.

Considerando despreciable la diferencia que existe entre la longitud del arco de circunferencia y la cuerda para el mismo grado de curvatura unitario, la cuerda  $C$  de un arco de  $n^\circ$  será:

$C = (2 \pi r n^\circ) / 360^\circ$ ; Despejando  $r$  tenemos:

$$r = (180^\circ \times C) / \pi n^\circ \text{ -----(1)}$$

Otra expresión para obtener el radio de curvatura se obtiene de la siguiente figura:

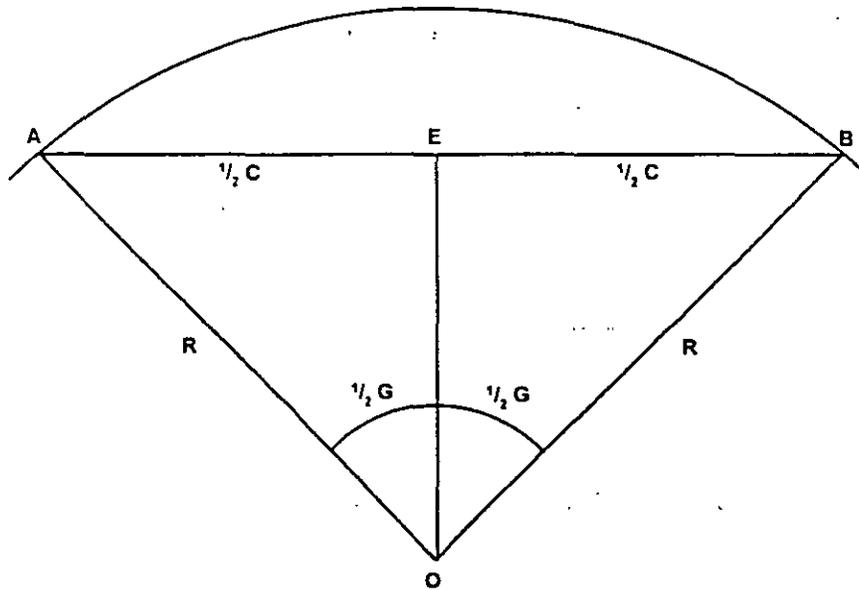


Fig. 9

Dada la longitud de la Cuerda y el Grado de curvatura; Determinar el radio  $R$ .

Tomando de la figura, el triángulo rectángulo AEO

$$AB = AE + EB = 20 \text{ metros}$$

$$G = 1^\circ 00' = \text{Grado Unitario}$$

Por funciones trigonométricas se tiene que:

$$\text{Sen } \frac{1}{2} G = \frac{1}{2} C / R ; \text{ Despejando } R:$$

$$R = \frac{1}{2} C / \text{Sen } \frac{1}{2} G \text{ -----(2)}$$

Sustituyendo el valor de la cuerda  $C = 20$  metros y el Grado Unitario de la curva  $G = 1^\circ 00'$ , se obtuvieron los siguientes resultados para el radio de las curvas con los grados indicados a continuación.

Cuadro comparativo de los radios obtenidos con las expresiones (1) y (2)

Grado	$r = (180 \times C) / \pi n^\circ$	$R = \frac{1}{2} C / \text{Sen } \frac{1}{2} G$
1° 00'	1145.916m	1145.930m
2° 00'	572.958m	572.987m
3° 00'	381.972m	382.015m
4° 00'	286.479m	286.537m
5° 00'	229.183m	229.256m
6° 14'	183.836m	183.927m
7° 00'	163.702m	163.804m
8° 00'	143.239m	143.356m
12° 00'	95.493m	95.668m

Comparando los resultados obtenidos por la fórmula (1) y por la (2), se puede observar que existe una pequeña diferencia, la cual se la atribuimos a la constante  $\pi$  (3.141592654)

#### CALCULO DE LA FLECHA

Para determinar el valor de la flecha, consideremos el triángulo rectángulo AOE de la siguiente figura:

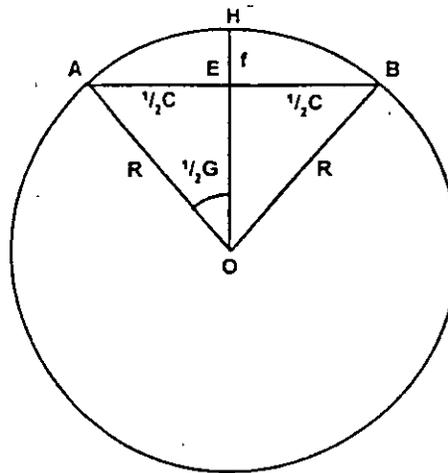


Fig. 10.

En el AOH

$HE = OH - OE = f = \text{flecha}$

R = Radio de la curva

G = Grado unitario

AB = Cuerda

$\cos \frac{1}{2} G = R - f / R$

Despejando f se obtiene la expresión que nos da el valor de la flecha para una curva de Grado Unitario con cuerda de 20 metros.

$$f = R - (R \cos \frac{1}{2} G) \text{ ---- (3)}$$

Sustituyendo  $G = 1^{\circ}00'$  y  $R = 1,145.930$  metros en (3)

$$f = 0.0436335 \text{ m}$$

Convirtiendo este valor a centímetros

$$f = 4.36335 \text{ centímetros}$$

Graduación de la Regla Especial

Conociendo la flecha para el Grado de curvatura unitario, se procede a dividir este valor entre 20 partes iguales:

$$f / 20 = 0.043635 \text{ m} / 20 = 0.002181675 \text{ m.}$$

De la misma manera, si 4.363 cms. equivalen a  $1^{\circ}00'$  y 1 grado es igual a 60 minutos, dividiendo  $60' / 20 = 3'$

De lo anterior se deduce que si 4.363 cms equivalen a 1 Grado de curvatura, 2.18 mms. equivalen a 3 minutos.

Por razones de diseño, el cero de la escala se encuentra a 3 centímetros del extremo de la regla, mismos a los que se localiza el punto del orificio para la cuerda de nylon en los manguitos o escuadras para restirar la cuerda.

Detalle a escala natural de la regla para medir las ordenadas

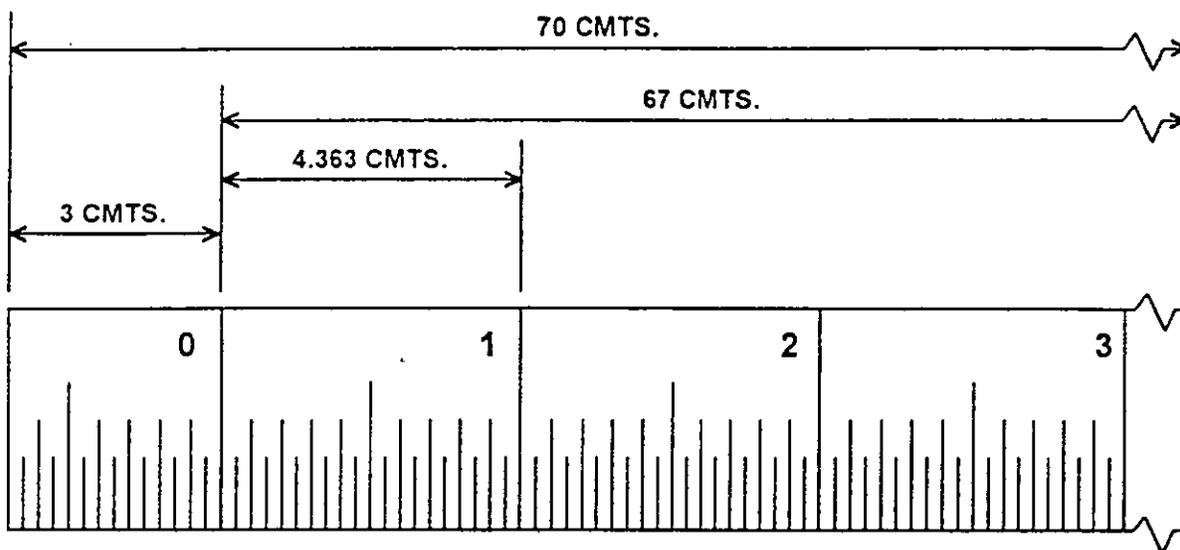


Fig. 11.- Detalle a Escala Natural de la Regla para medir Ordenadas.

Detalle de los manguitos o escuadras de madera para restirar la cuerda

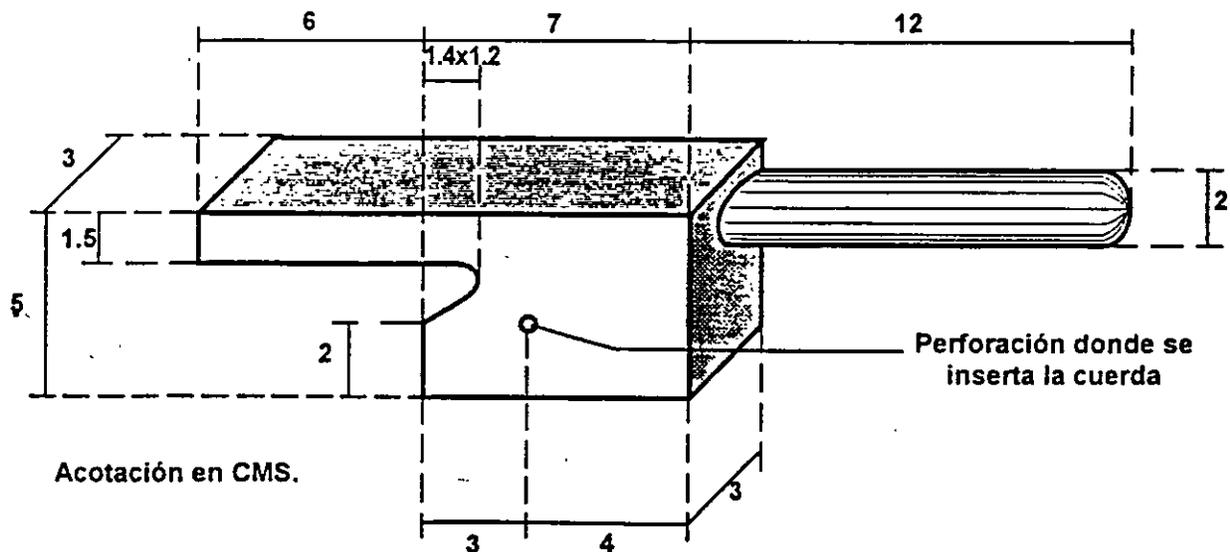


Fig. 12.

El método de alineamiento de curvas esta basado fundamentalmente en el siguiente principio:

Cuando una curva se desplaza hacia afuera o hacia dentro en una estación, el efecto de este desplazamiento sobre las estaciones adyacentes y de la propia estación es como se muestra en la Fig.

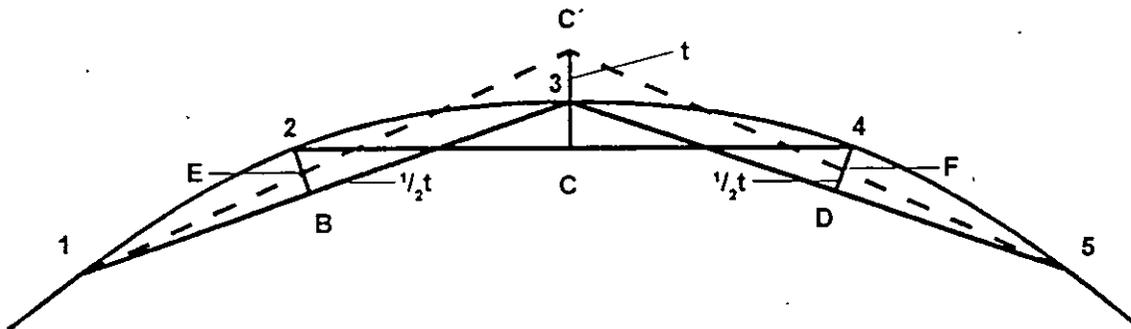


Fig. 13.

Si 1, 2, 3, 4 y 5 son estaciones de una curva existente. Las ordenadas medidas en 2, 3 y 4 son  $2B$ ,  $3C$  y  $4D$  respectivamente. Supongase que el punto C de la curva se mueve hacia afuera, de modo que el punto "C", se corra hasta C', el efecto que esto causa a las otras ordenadas de las estaciones adyacentes es el siguiente:

La ordenada en C se aumenta con un desplazamiento "t", al mismo tiempo las ordenadas en 2 y en 4 decrecen en " $1/2t$ " llegando hasta los puntos E y F respectivamente; de tal forma que  $EB=FD=1/2 CC'$ .

De lo anterior se deducen las siguientes reglas:

El desplazamiento hacia afuera de la vía en cualquier estación sobre la curva, aumenta la ordenada media en esa estación en una cantidad igual al desplazamiento y como consecuencia aumentan las ordenadas medias en las dos estaciones adyacentes, en una cantidad igual a la mitad del desplazamiento.

De la misma forma se produce el efecto con los desplazamientos cuando ocurre un desalojamiento hacia dentro, como consecuencia aumentan las ordenadas medias en las dos estaciones adyacentes, en una cantidad igual a la mitad del desplazamiento.

Localización del P.C. y del P.T. de la curva:

- a) Previamente se deben alinear las tangentes extremas a la curva.
- b) Inicialmente parados sobre la tangente de frente a la curva, determinar a ojo la localización aproximada del P.C. Dicho punto nos servirá de referencia para medir a partir de él 2 estaciones de 10 metros hacia la tangente.

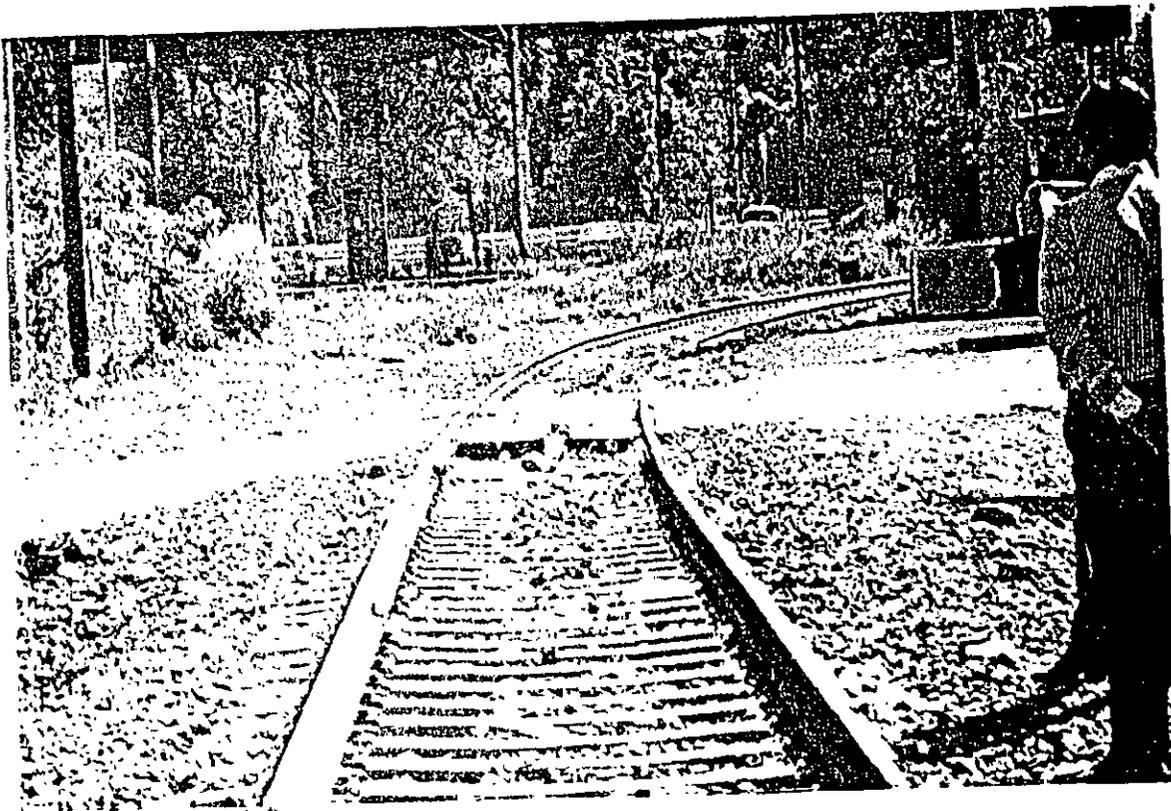
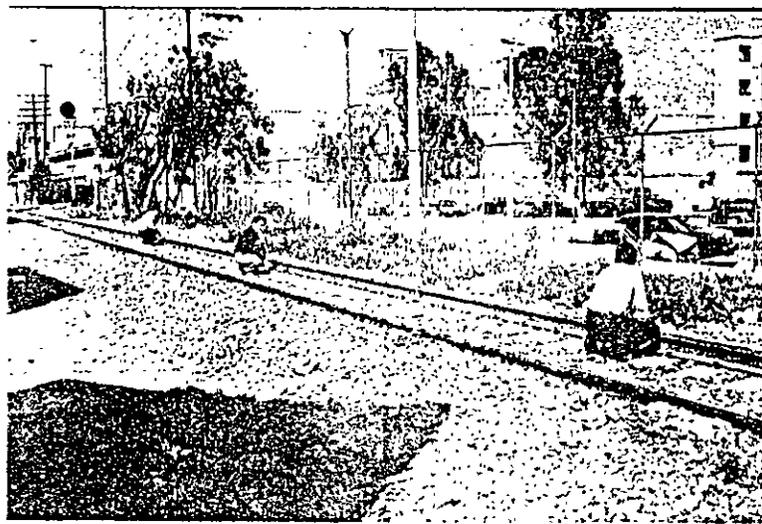
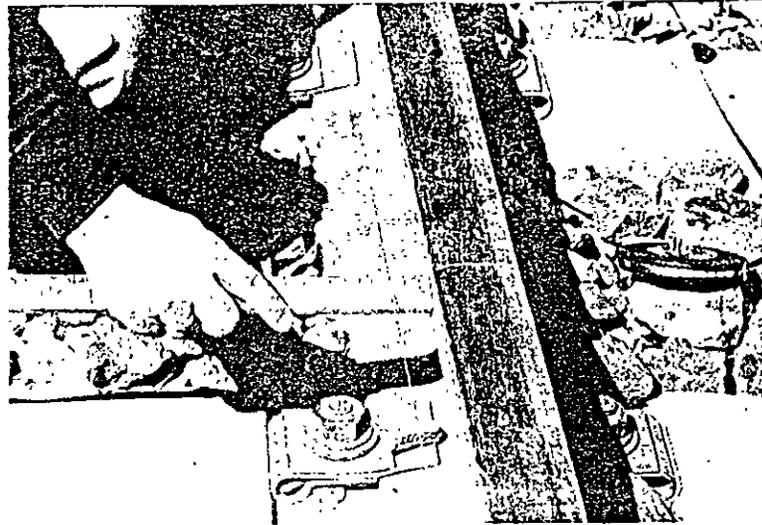


Fig. 14

- c) Extender la cuerda de 20 metros, con las escuadras o manguitos de madera apoyados por la parte interior del hongo del riel midiendo la (flecha) con la regla especial; si el valor es "cero" el punto P.C. estará localizado en la estación donde está apoyado el manguito o escuadra más cercano a la curva.

Fig. 16. (b y c)



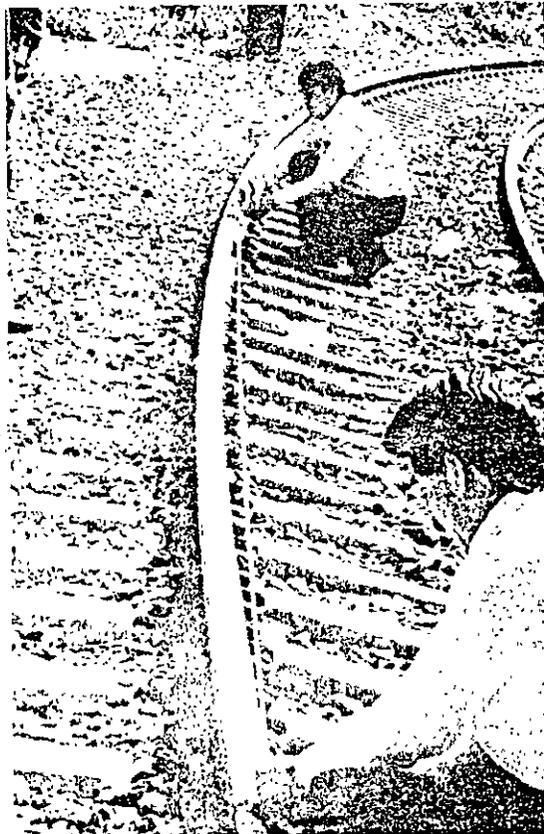
- d) Si el valor de la flecha es diferente de cero (es decir lecturas positivas o negativas), se procederá a recorrer la cuerda hacia la curva o hacia la tangente con aproximaciones de 0.50 m., 1.0 metro, 2.0 metros, etc. marcando nuevamente estaciones de 10 metros, hasta localizar el punto donde la flecha tenga un valor igual a cero.
- e) Para la localización del PT, se tomará en cuenta el valor de las flechas tomadas con la regla especial y cuando estas tengan un valor igual a cero en la salida de la curva, el PT habrá quedado localizado 10 metros antes de dicha lectura.

Para determinar la localización kilométrica del P.C. se efectuará un cadenamamiento desde la placa kilométrica más cercana hasta dicho punto.

Cadenamiento de la curva:

Las estaciones se marcan en el lado interno del alma del riel exterior de la curva, empezando 20 metros antes del PC, después se seguirán marcando estaciones a cada 10 metros, en número progresivo en toda la longitud de la curva hasta medir dos o tres estaciones más allá del PT.

Fig. 17. (d)

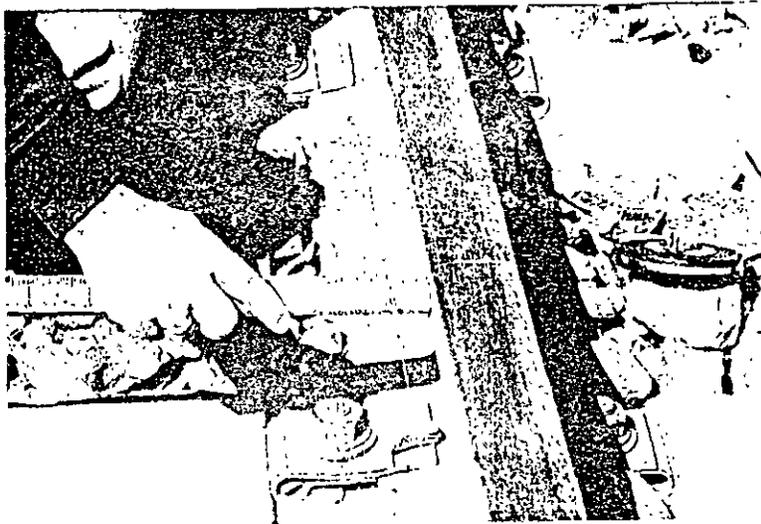


### Levantamiento de ordenadas y características físicas de la curva

Para realizar el levantamiento de las ordenadas en campo, es necesario haber localizado el PC. y efectuado el cadenamamiento.

De esta forma se colocará la cuerda de 20 m. desde la estación 0 hasta la estación 2 y se utilizará la regla especial para medir las ordenadas en la estación 1, midiendo la flecha desde la cuerda hacia el hongo del riel; la posición correcta de la regla para tomar las lecturas deberá quedar con el extremo apoyado sobre la cara interna del hongo del riel a  $5/8"$  abajo de la banda de rodamiento.

Fig. 18. (e)



Hecho lo anterior, se recorrerá la cuerda una estación hacia adelante para tomar la ordenada en la estación 2 y así sucesivamente hasta que la lectura de las ordenadas sean medidas en todas las estaciones.

Tanto el escantillón como la sobre-elevación serán tomadas con la herramienta adecuada en cada una de las estaciones y a todo lo largo de la curva.

Otras características de la curva que serán tomadas en cuenta son las condiciones de la terracería, balasto, durmientes, rieles, el sistema de fijación y los puntos fijos.

De estos elementos se observará y anotará a los que no cumplan con las especificaciones reglamentarias, de tal manera que se corrijan antes de efectuar los trabajos de rectificación de la curva.

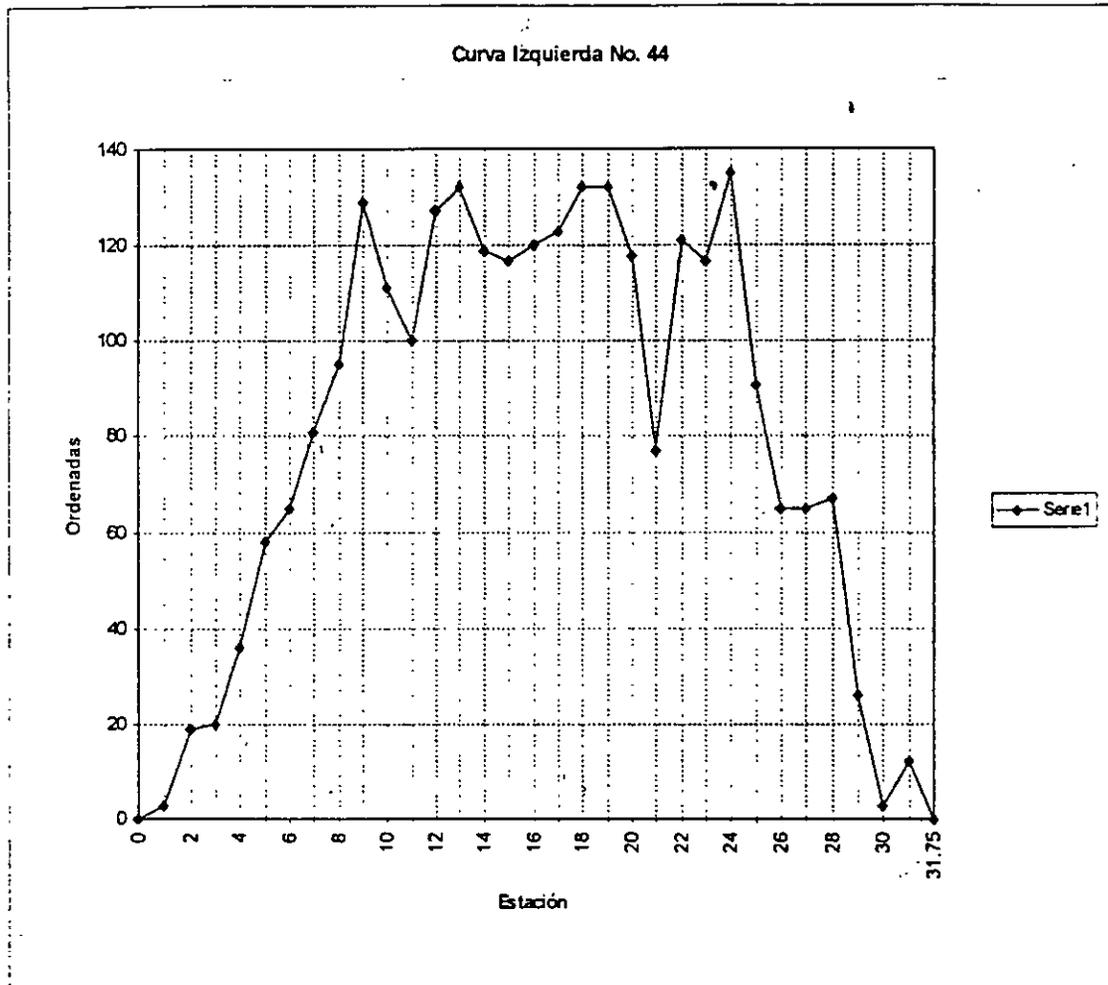
Los datos anteriores se anotarán en la hoja de "Cálculo del Proyecto" de acuerdo a la columna que les corresponda.

Ejemplo: El número de las estaciones será anotado progresivamente en la columna "A".

El valor de las ordenadas medidas que corresponde a cada una de las estaciones se anotará en la columna "B", etc.



Fig. 20.



Cálculo de las ordenadas del proyecto.

Para efectuar dicho cálculo hemos tomado como ejemplo una curva izquierda de la División Mexicano localizada en el Kilómetro SC-276.

**Primer paso.**

La suma de las ordenadas medidas de la columna B es igual a 2616 unidades.

La suma de las ordenadas proyecto de la columna C debe ser igual a la suma de las ordenadas medidas de la columna B.

**Segundo paso.**

En el diagrama de flechas u ordenadas encontramos que los puntos PCC se localizan en las estaciones 10 y 23, ya que es la parte de la curva en la cual se observa que no existe un aumento progresivo ni un descenso continuo; por lo tanto el grado de la curva lo determinará el promedio de las ordenadas medidas entre dichas estaciones.

Ejemplo:

La suma de las ordenadas medidas del tramo circular es igual a 1646 unidades; por lo tanto la ordenada promedio es igual a 118 (ver hoja de cálculo)

Tercer paso

Cálculo de las ordenadas de proyecto para las curvas espirales de entrada y salida  
 Para determinar los valores correspondientes de las ordenadas de las espirales, no existe una regla definitiva y como guía podemos mencionar lo siguiente:

Para la espiral de entrada sumar las ordenadas medidas de la columna B desde la estación 1 a la 9 y para el espiral de salida sumar de la estación 24 a la 31 de la misma columna.

La suma de ordenadas medidas desde la estación 1 a la 9 igual a 506 unidades.

La suma de ordenadas medidas desde la estación 24 a la 31 igual a 464 unidades.

Para este caso se toma el valor de la ordenada proyecto del tramo circular y se divide entre la cantidad de estaciones de la espiral de entrada.

Ejemplo:

$$118/9 = 13.1$$

El número 13 se toma como guía para efectuar el primer tanteo, sumando progresivamente dicha cantidad desde la estación 1 hasta la 9.

Ejemplo:

Est. 1.....	13
Est. 2.....	26
Est. 3.....	39
Est. 4.....	52
Est. 5.....	65
Est. 6.....	78
Est. 7.....	91
Est. 8.....	104
Est. 9.....	<u>117</u>
	585

El resultado de esta suma está excedido en relación con la suma de las ordenadas medidas de las estaciones de dicha espiral.

Suma del tanteo para el proyecto	585
	-
Suma de las ordenadas	<u>504</u>
	081

Por lo tanto a ésta cantidad se le hará un descuento equitativo en cada una de las estaciones correspondientes, para que las ordenadas "finales" sean tomadas como parte inicial del proyecto para iniciar el cálculo que permita conocer el alineamiento correcto en dicha curva.

Ejemplo:

Est. 1.....	13	- 6	=	17
Est. 2.....	26	- 9	=	17
Est. 3.....	39	- 11	=	28
Est. 4.....	52	- 13	=	39
Est. 5.....	65	- 13	=	52
Est. 6.....	78	- 11	=	67
Est. 7.....	91	- 9	=	82
Est. 8.....	104	- 7	=	97
Est. 9.....	<u>117</u>	- 2	=	<u>115</u>
	585	- (81)	=	504

Los pasos para calcular y repartir progresivamente las ordenadas en la Espiral de Salida, se efectuarán de la misma forma, y solamente hay que recordar que la suma de las columnas B y C son iguales.

Ejemplo para la 118 = 15  
Espiral de Salida.        8

Est. 31.....	15
Est. 30.....	30
Est. 29.....	45
Est. 28.....	60
Est. 27.....	75
Est. 26.....	90
Est. 25.....	105
Est. 24.....	<u>120</u>
	540

Suma del tanteo para el proyecto 540  
Suma de las ordenadas        460  
    80

Estas 80 unidades serán restadas en forma casi gradual en cada uno de los valores correspondientes a las estaciones No. 24 y 31

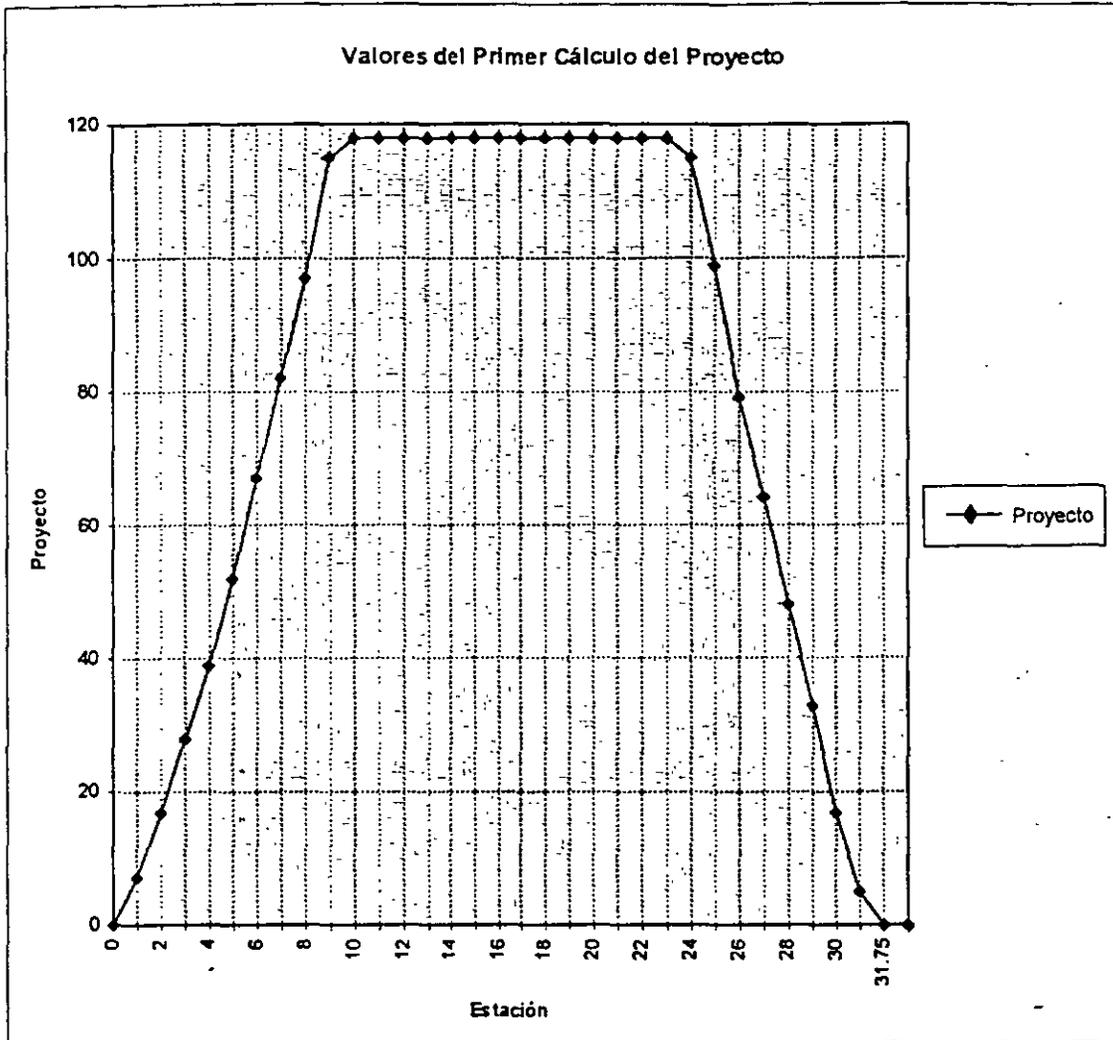
Ejemplo:

Est. 31	15	- 10	=	5
Est. 30	30	- 13	=	17
Est. 29	45	- 12	=	33
Est. 28	60	- 12	=	48
Est. 27	75	- 11	=	64
Est. 26	90	- 11	=	79
Est. 25	105	- 6	=	99
Est. 24	<u>120</u>	- 5	=	<u>115</u>
	540	- (80)	=	460









En esta representación gráfica se observa claramente cómo la espiral de salida se encuentra más desalineada en relación a la espiral de entrada.

De los movimientos realizados anteriormente en la hoja del cálculo, se observó que el desalijamiento se encuentra ocupado por valores negativos, es decir, ubicados en la columna H y que el valor de la estación final no es igual a cero.

Por lo tanto esto resulta inadmisibles ya que, como se describió anteriormente dichas columnas deben tender a ser iguales tanto en valores negativos como positivos.

Los valores de la última estación al igual que en las columnas F y G deberán ser igual a cero.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO  
INSTITUTO DE CAPACITACION FERROCARRILERA  
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES  
CALCULO DEL PROYECTO PARA LA RECTIFICACION DE CURVAS  
CON LA CUERDA DE 20 METROS

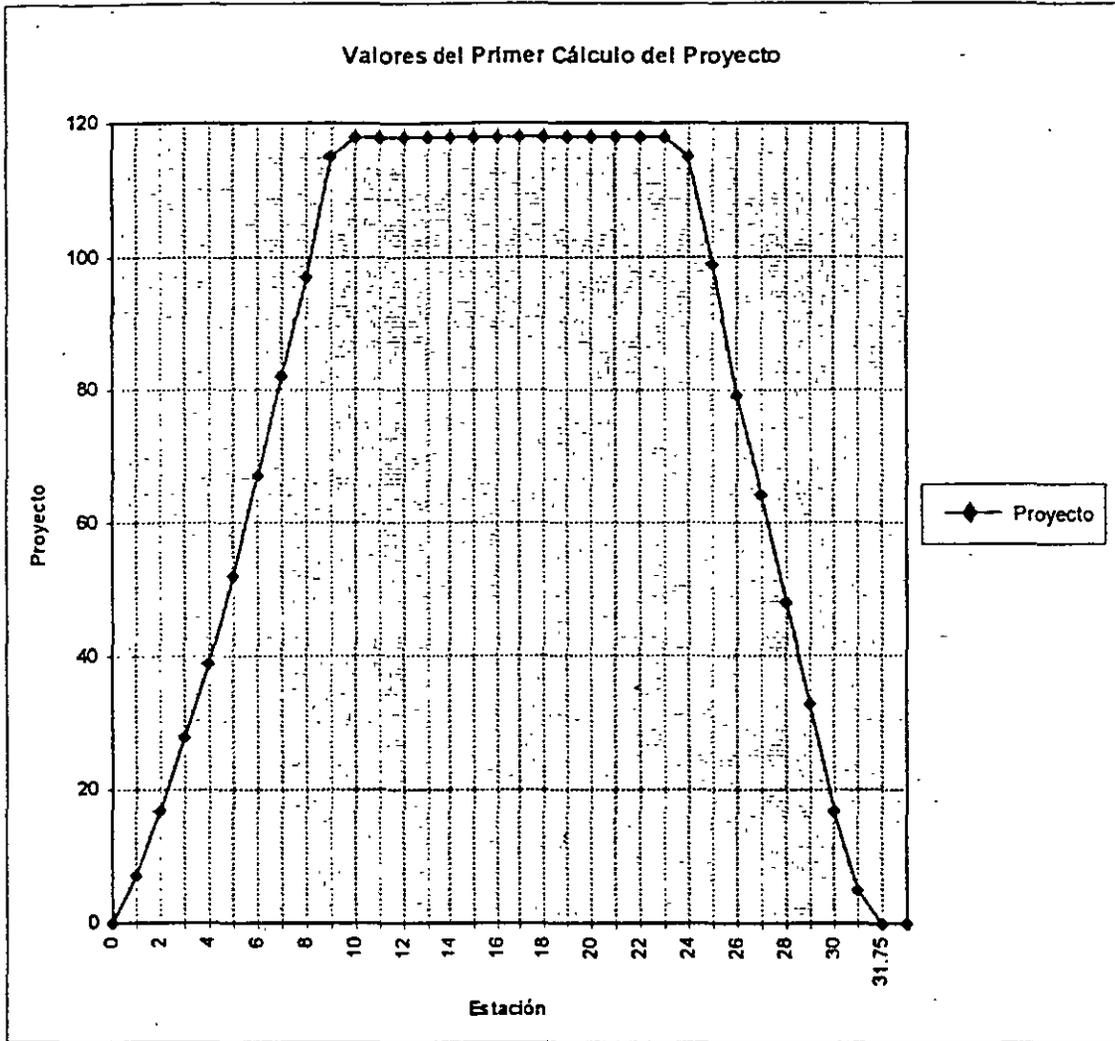
Levantó: \_\_\_\_\_ División: \_\_\_\_\_  
Calculó: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_  
Localización del P.C. \_\_\_\_\_

ESTACION NUMERO	ORDENADAS		CORRECCION		SUMA DE CORRECCION		DESALOJAMIENTO		SOMAS ELEVACION	ESCALILLON	OBSERVACIONES
	MECIDA	PREC. METROS	DENTRO -	FUERA +	DENTRO -	FUERA +	DENTRO -	FUERA +			
A	B	C	D	E	F	G	H	I			
0	0	0	0	0	0	0	0	0			
P-1	3	7	4		4			0			
2	19	17		2	2			4			
3	20	28	8		10			6			
4	36	39	3		13			16			
5	58	52		6	7			29			
6	65	67	2		9			36			
7	81	82	1		10			45			
8	95	97	2		12			55			
9	129	115		14		2		67			
10	111	118	7		5			65			
11	100	118	18		23			70			
12	127	118		9	14			93			
13	132	118		14	0	0		107			
14	119	118		1		1		107			
15	117	118	1		0	0		106			
16	120	118		2		2		106			
17	123	118		5		7		104			
18	132	118		14		21		97			
19	132	118		14		35		76			
20	118	118	0	0		35		41			
21	77	118	41		6			6			
22	121	118		3	3			12			
23	117	118	1		4			15			
24	135	115		20		16		19			
25	91	99	8			8		3			
26	65	79	14		6			5			
27	65	64		1	5			1			
28	67	48		19		14		6			
29	26	33	7			7		8			
30	3	17	14		7			15			
31	12	5		7	0	0		8			
31+7.60m	0	0	0	0	0	0	0	8			

KCF/96

Cómo se podrá apreciar en las columnas "Desalojamiento" y especialmente en la columna "H" los valores han quedado demasiado elevados así como ubicados en su mayoría en la misma columna.

Con estos resultados es necesario efectuar la representación gráfica de la curva para conocer su alineamiento previo.



En esta representación gráfica se observa claramente cómo la espiral de salida se encuentra más desalineada en relación a la espiral de entrada.

De los movimientos realizados anteriormente en la hoja del cálculo, se observa que el desalajamiento se encuentra ocupado por valores negativos, es decir, ubicados en la columna H y que el valor de la estación final no es igual a cero.

Por lo tanto esto resulta inadmisibile ya que, como se describió anteriormente dichas columnas deben tender a ser iguales tanto en valores negativos como positivos.

Para obtener esta igualdad en el desalojamiento se aplicarán las siguientes reglas:

**Regla No. 1**

Cuando las ordenadas del "desalojamiento" queden ubicadas hacia "Dentro", se procede a restar tantas unidades como sea necesario en la espiral de entrada y las mismas se sumarán en la espiral de salida.

Esto es con el fin de no desequilibrar la igualdad de la suma de ordenadas medidas y ordenadas de proyecto.

**Regla No. 2**

Cuando las ordenadas del "Desalojamiento" queden ubicadas hacia "Fuera" se procede a sumar tantas unidades como sea necesario en la espiral de entrada y las mismas se restarán en la espiral de salida.

Aunado a todo esto, es muy importante recordar lo siguiente:

- 1.- Por cada unidad que se disminuya, se logrará un efecto de aumento por cada renglón que se recorra verticalmente hacia la estación donde decida aumentarse la unidad disminuida.
- 2.- Por cada unidad que se aumente, se logrará un efecto de disminución por cada renglón que se recorra verticalmente hacia la estación donde decida retirarse la unidad aumentada.

Si después de haber efectuado tanteos aplicando las reglas 1 y 2 las columnas H e I no han quedado balanceadas se puede optar por lo siguiente:

**Regla No. 3**

Modificar la ordenada de proyecto del tramo circular o modificar la longitud del tramo circular según convenga.

Para este caso se modificó la ordenada de proyecto del tramo circular aumentándolo en una unidad (119).

Esto obliga a que en la espiral de entrada y de salida se realicen los siguientes ajustes.

Espiral de entrada:

Estación N°. 1	7	- 0 =	7
Estación N°. 2	17	- 3 =	14
Estación N°. 3	28	- 4 =	24
Estación N°. 4	39	- 3 =	36
Estación N°. 5	52	- 2 =	50
Estación N°. 6	67	- 1 =	66
Estación N°. 7	82	+ 1 =	83
Estación N°. 8	97	+ 4 =	101
Estación N°. 9	<u>115</u>	+ 3 =	<u>118</u>
	504	- (5) =	499



Espiral de Salida:

$$\text{Estación N}^\circ. 24 \quad 115 + 3 = 118$$

$$\text{Estación N}^\circ. 25 \quad 99 - 1 = 98$$

$$\text{Estación N}^\circ. 26 \quad 79 - 0 = 79$$

$$\text{Estación N}^\circ. 27 \quad 64 - 4 = 60$$

$$\text{Estación N}^\circ. 28 \quad 48 - 4 = 44$$

$$\text{Estación N}^\circ. 29 \quad 33 - 3 = 30$$

$$\text{Estación N}^\circ. 30 \quad 17 - 1 = 16$$

$$\text{Estación N}^\circ. 31 \quad \underline{5} + \underline{1} = 6$$

$$460 - (9) = 451$$

NOTA.- Observar que la suma de ordenadas de proyecto del tramo circular (1666) y de las espirales de Entrada (499) y salida (451) arrojan el mismo resultado de la columna "B".





**CALCULO DEL PROYECTO PARA LA RECTIFICACION DE CURVAS  
 CON LA CUERDA DE 20 METROS**

Levantó: \_\_\_\_\_

División: \_\_\_\_\_

Calculó: \_\_\_\_\_

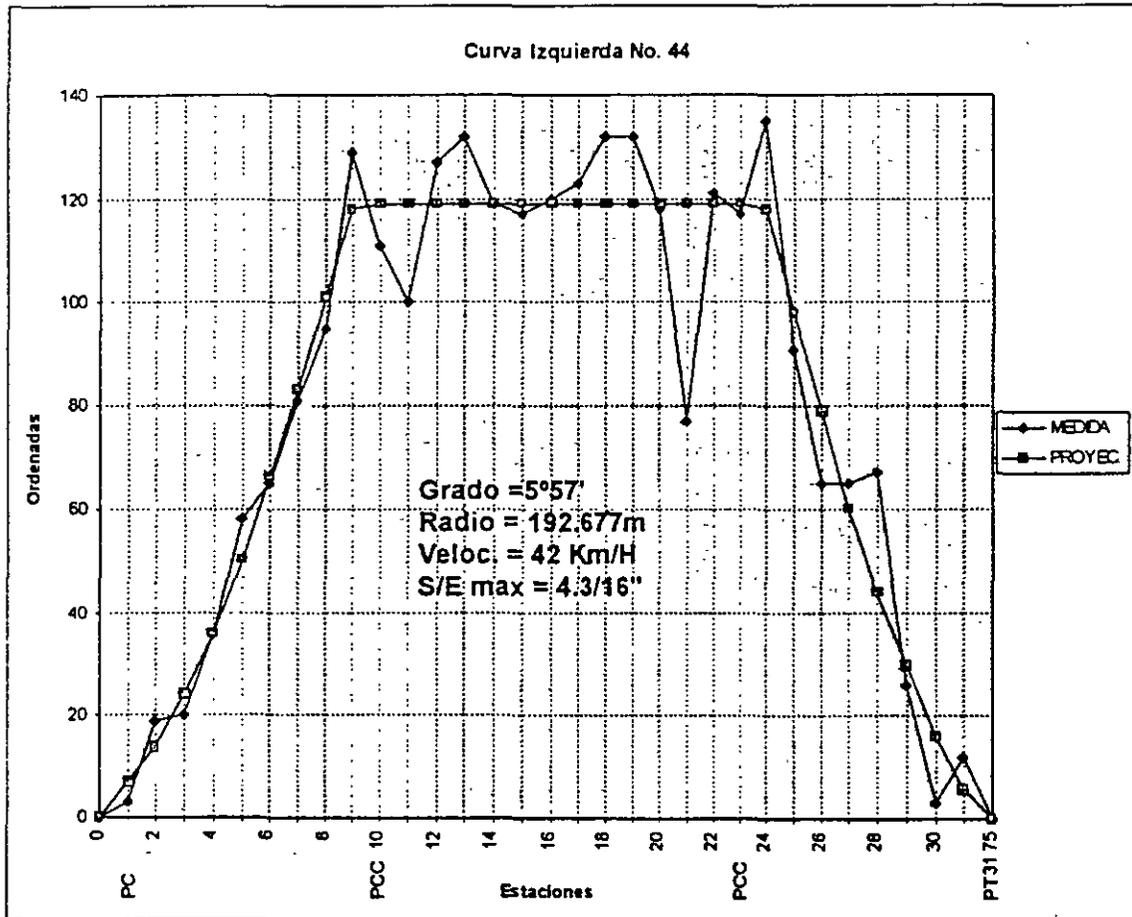
Distrito: \_\_\_\_\_

Localización del P.C

ESTACION	ORDENADAS		CORRECCION		SUMA DE CORRECCION		DESALINEAMIENTO		SOFRE SALINIDAD	DESCARTILON	OBSERVACIONES
	NUMERO	MEDIDA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA	DENTRO	FUERA			
A	B	C	D	E	F	G	H	I			
0	0	0	0	0	0	0					
1	9	7	4		4						
2	19	12		5		1					
3	20	24	4		3						
4	36	36	0	0	3						
5	58	50		8		5					
6	65	66	1			4					
7	81	83	2			2					
8	95	101	6		4						
9	129	118		11		7					
10	111	119	8		1						
11	100	119	19		20						
12	127	119		8	12						
13	132	119		13		1					
14	119	119	0	0		1					
15	117	119	2		1						
16	120	119		1	0	0					
17	123	119		4		4					
18	132	119		13		17					
19	132	119		13		30					
20	118	119	1			29					
21	77	119	42		13						
22	121	119		2	11						
23	117	119	2		13						
24	135	118		17		4					
25	91	98	7		3						
26	65	79	14		17						
27	65	60		5	12						
28	67	44		23		11					
29	28	30	4			7					
30	9	16	13		6						
31	12	6		6	0	0					
31+7.50	0	0	0	0	0	0					
	2616	2616	129	129	123	123					



Fig. 26. Gráfica final





## CALCULO DE LA SOBRE-ELEVACION PARA EL TRAMO CIRCULAR

En una vía férrea la sobre-elevación se logra elevando el riel exterior de la curva por medio de un incremento de altura proporcionada al terraplén o balasto, dándole la inclinación que se requiera.

Esta sobre-elevación deberá ir aumentando conforme aumenta el grado de curvatura y la velocidad de los trenes.

Lo anterior deja claramente establecido que a mayor grado de curvatura y a mayor grado de velocidad se requerirá de una mayor sobre-elevación.

La sobre-elevación tiene por objeto compensar la fuerza centrífuga que se genera al transitar un tren a cierta velocidad por una curva.

El A.R.E.A. recomienda que ninguna curva sea sobre-elevada más de 6 pulgadas en una vía de tráfico lento y rápido.

Una razón para limitar estrictamente la sobre-elevación máxima de 6" o menos, es la experiencia sostenida, de que demasiado aumento en la sobre-elevación creará el peligro de que un tren largo, moviéndose a una velocidad lenta, podría descarrilarse.

Tal descarrilamiento ocurre durante una parada de emergencia o cuando se ejecuta un arranque rápido después de una parada, ya que las ruedas en el riel alto no están, completamente asentadas en esos momentos, pues la carga se concentra en las ruedas que están del lado interior de la curva.

La locomotora y los carros tienen la tendencia de deslizarse lateralmente cuando circulan por la curva.

Esta tendencia es contrarrestada parcialmente por las cejas de las ruedas, que evitan que éstas se salgan de los rieles.

Pero la principal fuerza opuesta, se proporciona elevando el riel exterior de la vía, de modo que este quede más alto que el riel interno.

Para conocer la velocidad de los trenes en el tramo donde se encuentra ubicada esta curva, utilizaremos el horario de trenes de la misma división y tomaremos los datos que aparecen en la columna "tiempo mínimo en minutos" para trenes de carga.

$$V = d / t$$

Dividiendo la distancia entre el tiempo mínimo en horas, nos da como resultado la velocidad en kms./hora.

Para nuestro caso la curva se encuentra ubicada entre Vaquería y Huaxtilla, entre estos dos puntos se tiene una distancia de 7 km. y un tiempo de recorrido igual a 10 minutos.

Por lo tanto:

Sustituyendo estos datos en la fórmula anterior:

$$V = 7 \text{ Km/Hora} = 42 \text{ Km/Hora}$$

**REGION SURESTE DIVISION MEXICANO**

**RUMBO SUR**

TRAMO	INICIA	TERMINA	CARACTERÍSTICAS DE OPERACION						
			LONG. (KMS)	TPO. MEDIO (MINUTOS)		CAP. VÍAS ATR. U. DE 11 MTS.		CURV. MAX.	PERO MAX. M.C./P.M.
				PASE	CGA	ESC.	OTR.		
JESUS DE NAZARENO	S-233+253	SC-248+040	14.787	11	15	106	180	1°00'	1.00
SN. ANTONIO SOLEDAD	SC-248+040	SC-265+315	17.275	22	26	65	65	6°00'	1.30
PUENTE COLORADO	SC-265+315	SC-275+292	9.977	12	17	78	—	4°00'	0.00
VAQUERIA	SC-275+292	SC-281+550	6.258	8	10	48	—	6°00'	0.00
HUAXTITLA	SC-281+550	SC-287+580	6.030	9	11	51	—	6°00'	0.00
ACULTZINGO	SC-287+580	SC-294+602	7.022	10	12	59	—	6°00'	0.00
MEZQUITE	SC-294+602	SC-301+931	7.329	10	13	56	—	6°00'	0.00
TECAMALUCAN	SC-301+931	SC-309+440	7.509	11	14	58	—	6°00'	1.02
ENCINAR-SC	SC-309+440	SC-319+097	9.657	9	12	76	—	6°00'	0.00

**RUMBO NORTE**

TRAMO	INICIA	TERMINA	CARACTERÍSTICAS DE OPERACION						
			LONG. (KMS)	TPO. MEDIO (MINUTOS)		CAP. VÍAS ATR. U. DE 11 MTS.		CURV. MAX.	PERO MAX. M.C./P.M.
				PASE	CGA	ESC.	OTR.		
ENCINAR-SC	SC-319+097	SC-309+440	9.657	9	12	76	—	6°00'	2.50
TECAMALUCAN	SC-309+440	SC-301+931	7.509	11	14	58	—	6°00'	2.50
MEZQUITE	SC-301+931	SC-294+602	7.329	10	13	56	—	6°00'	2.50
ACULTZINGO	SC-294+602	SC-287+580	7.022	10	12	59	—	6°00'	2.50
HUAXTITLA	SC-287+580	SC-281+550	6.030	9	11	51	—	6°00'	2.50
VAQUERIA	SC-281+550	SC-275+292	6.258	8	10	48	—	6°00'	2.70
PUENTE COLORADO	SC-275+292	SC-265+315	9.977	12	17	78	—	4°00'	2.50
SN. ANTONIO SOLEDAD	SC-265+315	SC-248+040	17.275	22	26	65	65	6°00'	2.50
JESUS DE NAZARENO	SC-248+040	S-233+253	14.787	11	15	106	180	1°00'	1.40

\*Una vez conocida la velocidad a la que circulan los trenes en el tramo donde se encuentra ubicada la curva de referencia y el grado de la curva quedó determinado por la ordenada proyecto del tramo circular (119 unidades).

Tomando en cuenta que cada unidad equivale a tres minutos, al multiplicarlos por 119 unidades nos da un total de 357 minutos que convertidos a grados nos dan 5° 57'.

Con estos datos se procede a calcular la sobre-elevación en pulgadas a través de la siguiente formula:

$$e = 0.0004 V^2 G$$

$e$  = sobre-elevación en pulgadas

$G$  = grado de la curva circular

$V$  = velocidad en kms./Hora

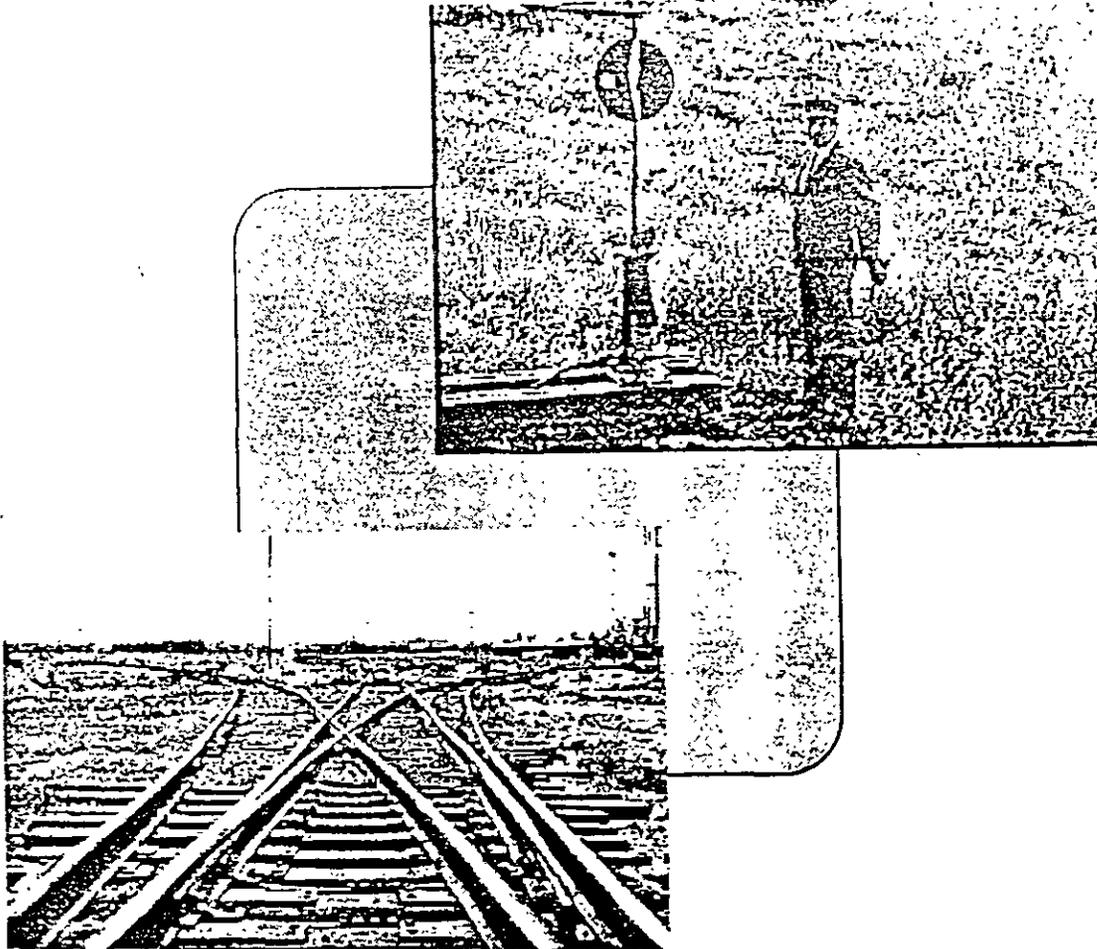
0.0004 = constante

Sustituyendo los datos conocidos en la fórmula, se obtiene una sobre-elevación:

$$e = 4.198'' \cong 4 \frac{3}{16}''$$

Ahora bien, siendo que la sobre-elevación de la curva es directamente proporcional a la velocidad y al grado de curvatura; esta sobre-elevación se distribuye en forma gradual desde cero sobre-elevación hasta una sobre-elevación máxima calculada para la curva circular en la que se mantiene ésta sobre-elevación en forma constante para que posteriormente inicie su descenso gradual hasta llegar nuevamente a cero sobre-elevación.

La sobre-elevación en las curvas espirales o de transición se distribuirá en forma gradual desde el PC hasta el PCC y desde el PCC hasta el PT.



# Cambios de Vía



---

## CAMBIOS DE VIA

## CAMBIOS DE VIA

**OBJETIVO.-** Al finalizar el curso, el participante identificará cada uno de los elementos de los conjuntos de madera y herraje que forman el juego de cambio. Así como sus características, función y especificaciones de acuerdo al Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras y la American Railway Engineering Association, aplicando los conocimientos teórico-prácticos adquiridos para la conservación de los diferentes tipos de cambios de vía, ofreciendo seguridad y eficiencia al tránsito de los trenes.

**DIRIGIDO A:** Personal de mantenimiento de Vías Férreas

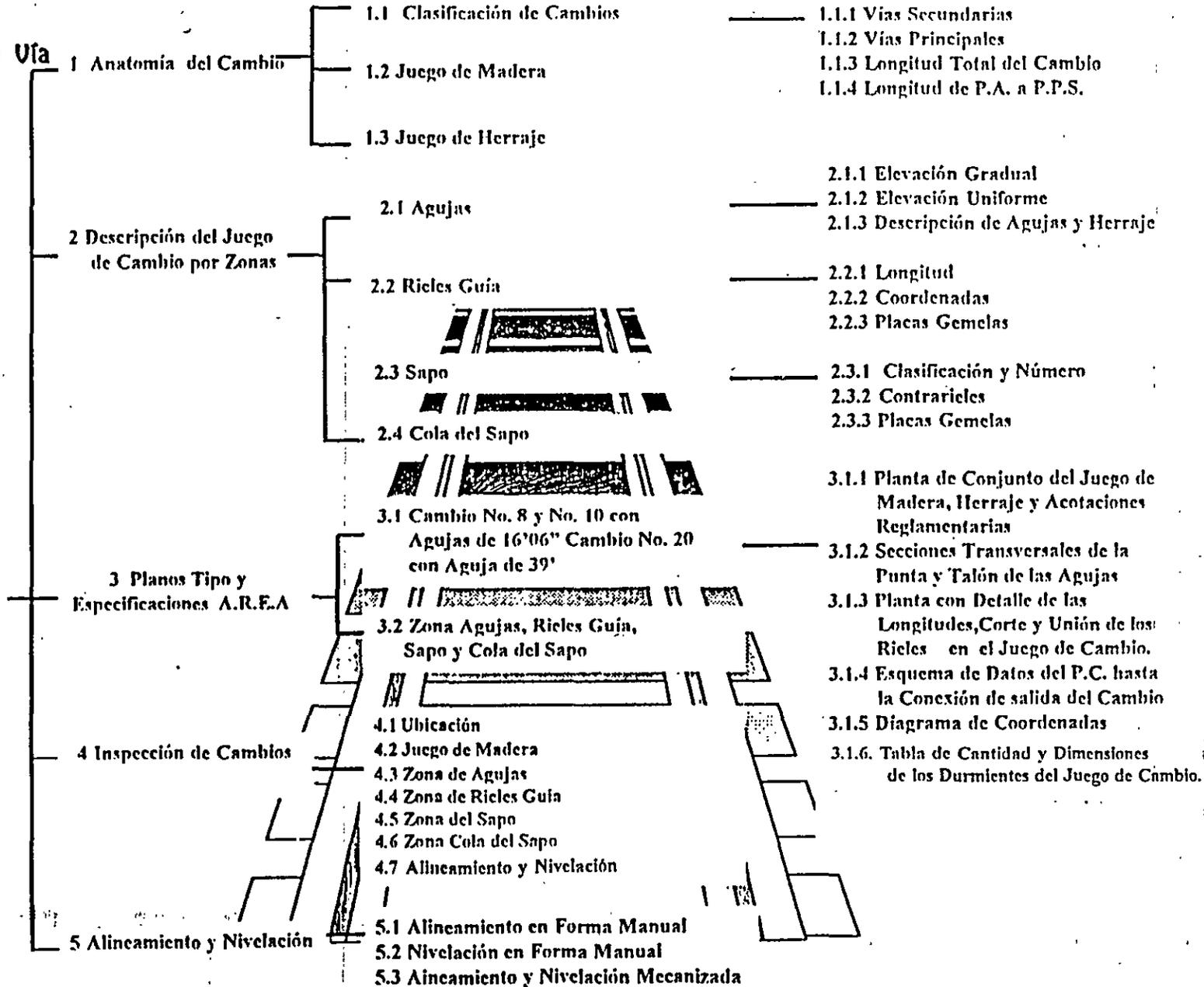
**DURACION:** 40 Hrs.

**HORARIO:** 8:00 A 16:00 Hrs.

**EXPOSITOR:** Instructor técnico del Instituto de Capacitación Ferrocarrilera

**Sinósis  
Cambios de Vía**

**Cambios  
de  
Vía**



## TEMARIO

1. ANATOMIA DEL CAMBIO
2. DESCRIPCION DEL JUEGO DE CAMBIO POR ZONAS
3. PLANOS TIPO Y ESPECIFICACIONES A.R.E.A.
4. INSPECCION DE CAMBIOS
5. ALINEAMIENTO Y NIVELACION DEL JUEGO DE CAMBIO

## DESGLOSE

### 1. Anatomía del Cambio

- 1.1 Clasificación de Cambios
  - 1.1.1 Vías Secundarias
  - 1.1.2 Vías Principales
  - 1.1.3 Longitud total del Cambio
  - 1.1.4 Longitud de P.A. a P.P.S.
- 1.2 Juego de Madera
- 1.3 Juego de Herraje

### 2. Descripción del Juego de Cambio por Zonas

- 2.1 Agujas
  - 2.1.1 Elevación Gradual
  - 2.1.2 Elevación Uniforme
  - 2.1.3 Descripción de Agujas y Herraje
- 2.2 Rieles Guía
  - 2.2.1 Longitud
  - 2.2.2 Coordinadas
  - 2.2.3 Placas Gemelas
- 2.3 Sapo
  - 2.3.1 Clasificación y Número
  - 2.3.2 Contra-Rieles
  - 2.3.3 Placas Gemelas
- 2.4 Cola del Sapo

### 3 Planos Tipo y Especificaciones A.R.E.A:

- 3.1 Cambio No. 8 y 10 con Agujas de 16'06"  
Cambio No. 20 con Agujas de 39'
  - 3.1.1 Planta del Conjunto del Juego de Madera, Herraje y Acotaciones Reglamentarias
  - 3.1.2 Secciones Transversales de la Punta y Talón de las Agujas
  - 3.1.3. Planta con detalle de las longitudes, Corte y Unión de los Rieles en el Juego de Cambio.
  - 3.1.4. Esquema de datos del P.C. hasta la conexión de salida del Cambio.
  - 3.1.5. Diagrama de Coordenadas.
  - 3.1.6. Tabla de cantidad y dimensiones de los durmientes del juego de Cambio.
  
- 3.2 Zona Agujas, Rieles Guía, Sapo y Cola del Sapo.

### 4. Inspección de Cambios

- 4.1 Ubicación
- 4.2 Juego de Madera
- 4.3 Zona de Agujas
- 4.4 Zona de Rieles Guía
- 4.5 Zona del Sapo
- 4.6 Zona Cola del Sapo
- 4.7 Alineamiento y Nivelación

### 5. Alineamiento y Nivelación del Juego de Cambio

- 5.1 Alineamiento en Forma Manual
- 5.2 Nivelación en Forma Manual
- 5.3 Alineamiento y Nivelación Mecanizada

## PRESENTACION

TRANSPORTES FERROVIARIOS MEXICANOS es una Empresa descentralizada del Gobierno Federal, cuya función básica es proporcionar Servicio Público de Transporte, ya sea de carga o de pasajeros a bajo costo, con objeto de contribuir al adecuado funcionamiento de la economía del país, con ésta finalidad de servicio, se ha venido adaptando desde su creación a las condiciones socio-económicas del mismo.

Hecho que no se puede negar ya que los ferrocarriles integraron el territorio Nacional, cambiaron además la Fisonomía del México Revolucionario, al provocar un salto cualitativo y cuantitativo de un país integrado por una economía de autoconsumo, a una economía mercantil que propició el incremento significativo de las exportaciones Mexicanas.

Hoy siguiendo las directrices marcadas en materia de comunicaciones y transportes y consciente de la necesidad de respuesta a los constantes cambios que el entorno nacional e internacional le reclama a TRANSPORTE FERROVIARIO MEXICANO. Dentro de este contexto de cambio estructural la Capacitación, entendida está como un proceso homogéneo y permanente de continuo desarrollo individual y colectivo, juega un papel fundamental para coadyuvar al logro de los objetivos propuestos.

Por tal motivo, el Instituto de Capacitación Ferrocarrilera ha implementado el presente manual del participante "sobre el curso de Cambios" así como de sus acciones, tendiente por un lado a establecer una metodología homogénea y sistematizada en la colocación y conservación de los juegos de cambio y por otro proporcionar los conocimientos necesarios que les permitan hacer frente a las necesidades actuales de la Empresa.

## DEFINICIONES Y NOMENCLATURAS EN UN JUEGO DE CAMBIO

**Escantillón:** Es la distancia entre las caras interiores de los hongos de los rieles 5/8" abajo de la banda de rodamiento medido perpendicularmente al eje de la vía.

**Grado de Curvatura:** Es el ángulo central que subtiende una cuerda de 20 Mts.

**Radio:** Es la distancia del centro de la circunferencia a un punto cualquiera de la misma.

**Subtangente:** Es la distancia entre el punto de intersección de dos tangentes consecutivas.

**Longitud de Curva:** Es la relación que existe entre el ángulo de deflexión y el grado de curvatura multiplicado por la constante 20.

<b>g=</b>	<b>Escantillón de la Vía</b>
<b>N=</b>	<b>Número del Sapo</b>
<b>F=</b>	<b>Angulo del Sapo</b>
<b>A=</b>	<b>Angulo de Inflexión</b>
<b>G=</b>	<b>Grado de Curvatura</b>
<b>R=</b>	<b>Radio de Curvatura</b>
<b>P.C.=</b>	<b>Principio de Curva</b>
<b>P.A.=</b>	<b>Punta de Agujas</b>
<b>P.T.S.=</b>	<b>Punta Teórica del Sapo</b>
<b>P.P.S.=</b>	<b>Punta Práctica del Sapo</b>
<b>L.C.=</b>	<b>Longitud de Curva</b>

## CAMBIOS DE VÍA

### 1. ANATOMIA DEL CAMBIO

Los cambios de vía o conexiones se consideran como los elementos más complicados de la superestructura de la vía, debido a que están integrados por una gran cantidad de componentes y accesorios.

Como definición podemos decir: que los cambios de vía son los elementos viales fundamentales, que sirven para unir o ramificar las vías, posibilitando el paso del equipo rodante de una vía a otra.

## **1.1. Clasificación de cambios**

Los cambios de vía de acuerdo con las normas de la A.R.E.A. están clasificados desde el Núm. 5 hasta el Núm. 20, en los Ferrocarriles Mexicanos actualmente se utilizan los Núms. 8, 10 y 20.

Un juego de cambio básicamente esta compuesto por un juego de madera cuya cantidad de durmientes, longitud y escuadria depende del número del cambio y por un juego de herraje y accesorios los cuales debidamente colocados permiten a los trenes, desviarse de una vía hacia otra.

### **1.1.1 Vías secundarias**

En vías secundarias y/o auxiliares se utilizan cambios Núm. 8, en el cual se desarrollan bajas velocidades del equipo rodante, este juego de cambio se puede colocar en vías de patios en donde es necesario reducir distancias.

### **1.1.2 Vías principales**

En vías principales actualmente se utilizan los cambios Núms. 10 los cuales permiten desarrollar mayor velocidad del equipo rodante al paso sobre ellos.

También se utilizan cambios Núm. 20 en terrenos planos que nos permite desarrollar altas velocidades del equipo rodante.

### **1.1.3 Longitud total del cambio**

La longitud total es la que existe del punto P.A. al eje del último durmiente largo dependiendo del número del cambio y longitud de las agujas.

### **1.1.4 Longitud de P.A. a P.P.S.**

Es la longitud que existe de la punta de agujas a la punta práctica del sapo, depende del número del cambio y longitud de las agujas.

## 1.2 Juego de madera

El juego de madera tiene por objeto conservar la geometría del cambio de vía, así como el escantillón, nivel y alineamiento del herraje y soportar el peso del equipo rodante, distribuyendo las cargas estáticas y dinámicas al balasto.

Todos los durmientes de madera para cambio, son aserrados, para permitir que los elementos que constituyen el herraje asienten perfectamente sobre cada uno de ellos.

En la tabla siguiente se encuentra indicada la cantidad de durmientes, número, escuadría y longitud de acuerdo con el número del cambio; para la colocación y espaciamiento reglamentario, es necesario consultar los planos tipo.

CANTIDAD Y DIMENSIONES DE LOS DURMIENTES				CANTIDAD Y DIMENSIONES DE LOS DURMIENTES				CANTIDAD Y DIMENSIONES DE LOS DURMIENTES			
CAMBIO	NUM PROGRESIVO	ESCUADRÍA	LONGITUD	CANTIDAD	NUM PROGRESIVO	ESCUADRÍA	LONGITUD	CANTIDAD	NUM PROGRESIVO	ESCUADRÍA	LONGITUD
7	1-2	7' 9"	15'	2	1-2	7' 9"	15'	1	1	7' 9"	9' 0"
7	3-9	"	9'	10	3-12	"	8'-6"	2	2-3	"	16'-6"
8	10-18	"	9'-6"	6	13-18	"	9'	10	4-13	"	9' 0"
4	19-22	"	10'	5	19-23	"	9'-6"	1	14	"	11'-6"
3	23-25	"	10'-6"	4	24-27	"	10'	11	15-25	"	9' 0"
2	26-28	"	11'	4	28-31	"	10'-6"	13	26-38	"	9'-6"
4	29-32	"	11'-6"	3	32-34	"	11'	10	39-48	"	10' 0"
2	33-34	"	12'	3	35-37	"	11'-6"	9	49-57	"	10'-6"
1	35	"	12'-6"	2	38-39	"	12'	8	58-65	"	11' 0"
3	36-38	7' 11 1/2"	13'	2	40-41	7' 10"	12'-6"	7	66-72	"	11'-6"
2	39-40	"	13'-6"	2	42-43	"	13'	7	73-79	"	12' 0"
3	41-43	"	14'	3	44-46	"	13'-6"	6	80-85	"	12'-6"
2	44-49	"	14'-6"	3	47-49	"	14'	6	86-91	"	13' 0"
3	46-48	7' 1 1/2"	15'	2	50-51	7' 9"	14'-6"	6	92-97	"	13' 0"
3	49-51	"	16'-6"	4	52-55	"	15'	6	98-103	"	13'-6"
3	52-54	"	16'	3	56-58	"	15'-6"	4	104-109	"	14'-6"
3	55-57	"	16'-6"	4	59-62	"	16'	7	110-116	"	15' 0"
								8	117-122	"	15'-6"
								6	123-125	"	16' 0"
								6	126-134	"	16'-6"

Fig. 2

## 1.3 Juego de herraje

El juego de herraje para cambio está integrado por diversos componentes, dependiendo del tipo de vía en donde se encuentre colocado, es decir: Vía Clásica o Elástica.

A continuación se enlistan las partes que forman un juego de herraje para Vía Clásica.

- Agujas
- Arbol de Cambio (alto o bajo)
- Varillas de Conexión
- Barra de Conexión
- Placa de Escantillón
- Placas Correderas de Elevación Gradual
- Placas de Talón de Agujas
- Bloques de Talón de Agujas
- Silletas de Refuerzo
- Placas Gemelas
- Planchuelas y Tornillería
- Placas para Contra-riel
- Sapo
- Contra-rieles
- Placas de Asiento
- Clavos de Vía

Elementos que integran un juego de herraje para cambio en Vía Elástica:

Agujas

- \* Arbol de cambio alto manual o semiautomático
  - Varillas de conexión
  - Barra de conexión
- \* Placa de escantillón
- \* Placas correderas de elevación gradual
- \* Placas de talón de agujas
  - Bloques de talón de agujas
- \* Silletas de refuerzo
- \* Placas gemelas
  - Planchuelas y Tornillería
- \* Placas para contra-riel
  - Sapo
  - Contra-rieles
  - Placa de hule tipo chevrón
- \* Placa de asiento 5.5 HS
  - Grapillas elástica SR-2
  - Tirafondos

\* NOTA:

Todas las placas y las silletas de refuerzo llevan taladros redondos para fijación con tirafondo.

En vías señalizadas únicamente se sustituyen el árbol de cambio por una máquina de cambio de doble control, las placas de escantillón, varillas de conexión y planchuelas por elementos aislados.

De acuerdo con las normas de la A.R.E.A.

Los elementos y accesorios que no están expuestos al contacto o rozamiento directo con las ruedas del equipo rodante, se fabrican con acero al carbón de grado N-3, no se necesitan pruebas de resistencia física ni tratamiento térmico.

La composición química del acero de grado N-3 es la siguiente:

Carbono	0.45% máximo
Manganeso	1.00% máximo
Fósforo	0.05% máximo
Azufre	0.06% máximo

Los elementos o accesorios de los cambios que tienen contacto directo con las ruedas, están fabricados con acero al carbón de grado H-I, por lo tanto reciben un tratamiento térmico (recocido, normalizado y templado).

La composición química del acero de grado H-I es la siguiente:

Carbono	0.45% mínimo	0.55% máximo
Manganeso		1.00% máximo
Fósforo		0.05% máximo
Azufre		0.06% máximo
Silicio	0.15% mínimo	0.60% máximo

## 2. DESCRIPCION DEL JUEGO DE CAMBIO POR ZONAS

Para facilitar su estudio y comprensión, el Juego de Cambio se ha dividido en 4 zonas:

- ⇒ Agujas
- ⇒ Rieles guía
- ⇒ Sapo
- ⇒ Cola del sapo

De la zona de agujas describiremos lo siguiente:

### 2.1 Agujas

Las agujas son los elementos del cambio que guían a las ruedas del equipo rodante sobre la vía de apoyo o el desvío, se les identifica por el tipo, longitud, calibre y si son izquierdas o derechas.

Existen dos tipos: Elevación gradual y elevación uniforme.

### 2.1.1 Agujas de elevación gradual

Las agujas de elevación gradual se caracterizan porqué tienen una elevación de  $\frac{1}{4}$ " desde la punta hasta antes del talón de la aguja. La longitud del remate depende de la longitud de la aguja.

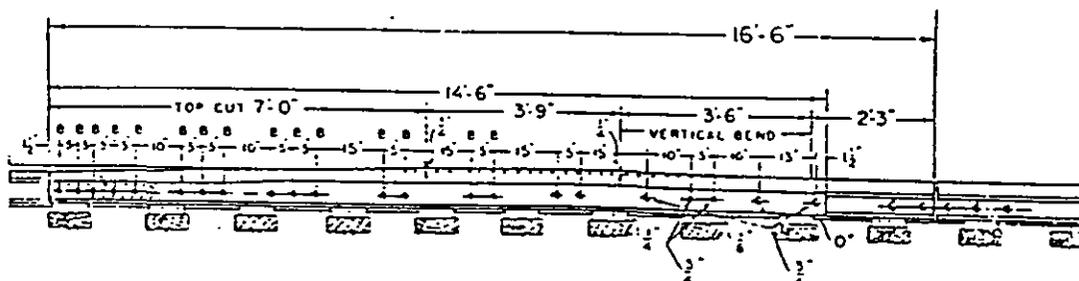


Fig. 3

### 2.1.2 Agujas de elevación uniforme

Las agujas de elevación uniforme tienen una elevación de  $\frac{1}{4}$ " en toda su longitud, rematando a nivel 0" atrás del talón, la longitud del remate depende de la longitud de la aguja.

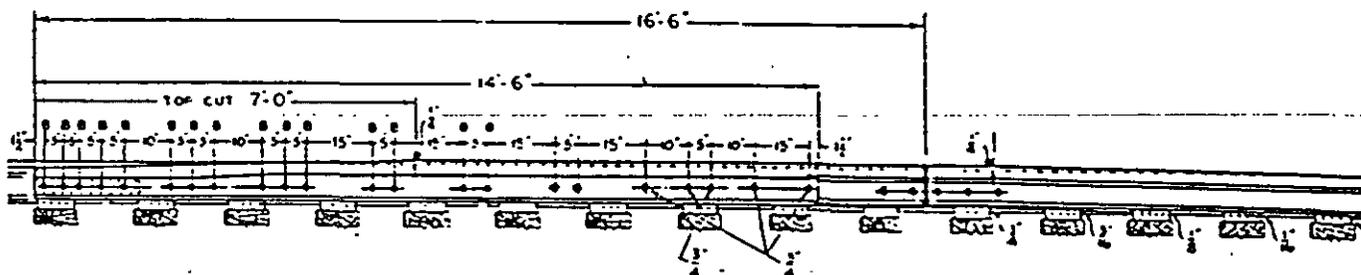


Fig. 4

Ambos tipos de agujas se fabrican con riel de primera clase Alto Carbón (punta azul) debido a que resisten más al desgaste ocasionado por el paso de los trenes

### 2.1.3 Descripción de las agujas y herraje

Respecto a su forma, las agujas pueden ser rectas o curvas, las agujas rectas se emplean en los juegos de cambio Núm. 8 y Núm. 10 y en los cambios Núm. 20 se utilizan agujas alternadas, es decir, una recta y una curva. Las agujas curvas tienen un corte semejante a una "V" invertida, razón por la cual se les conoce como agujas tipo SAMSON, para su colocación requieren de un riel de apoyo especial, maquinado con un rebaje lateral que permita alojar a la aguja curva.

Las agujas rectas tienen un rebaje vertical en el hongo del riel aproximadamente del punto medio de su longitud hacia la punta de la aguja y un doblez y rebaje lateral que permite hacer contacto con el riel de apoyo, se fabrican en diferentes calibres y longitudes. En los cambios Núm. 8 y Núm. 10 se utilizan agujas con longitudes de 16' 06" y en cambios Núm. 20 de 39'.

Además de los tipos de agujas descritas, existen las agujas con: Inserto de Acero Manganeseo lo cual tiene como finalidad prolongar la vida útil de la punta de las agujas. Para determinar si una aguja es izquierda o derecha, pararse frente a las agujas viendo hacia el sapo.

Las partes que integran una aguja son:

- ⇒ Las soleras de refuerzo
- ⇒ El tope o guardapie
- ⇒ Orejas
- ⇒ Tornillería
- ⇒ Remaches

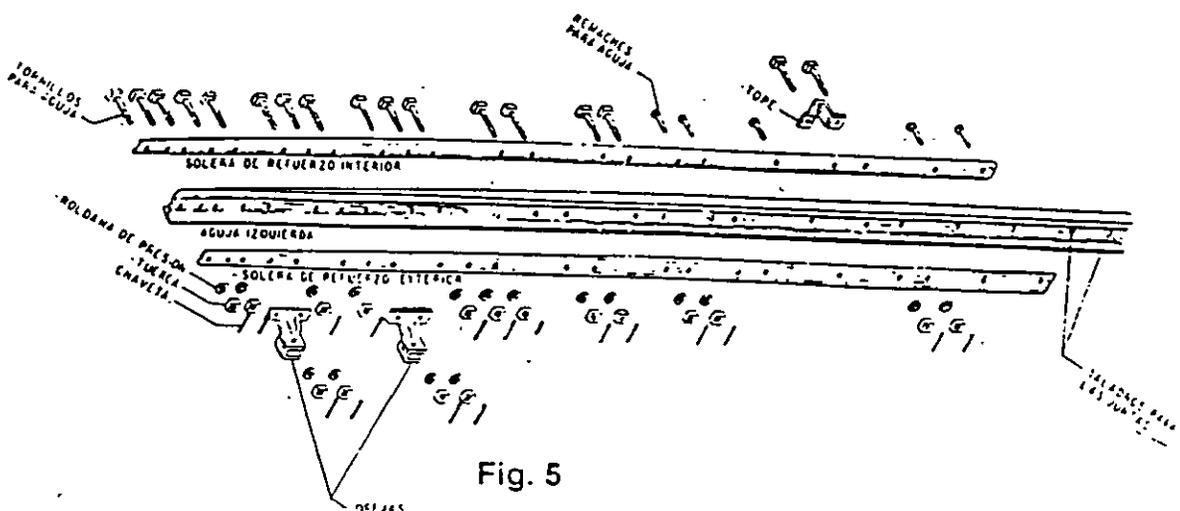


Fig. 5

Los accesorios que a continuación se describen forman parte del juego de herraje necesarios para la colocación de las agujas:

- ⇒ Placas de escantillón
- ⇒ Placas correderas de elevación gradual
- ⇒ Placas de talón
- ⇒ Varillas de conexión
- ⇒ Silletas de refuerzo
- ⇒ Bloques de talón
- ⇒ Barra de conexión
- ⇒ Arbol de cambio manual, semiautomático o automático
- ⇒ Clavos de vía o tirafondos.

#### Placas correderas de elevación gradual

Son piezas maquinadas o troqueladas de acero al carbón de grado "N-3", que se colocan sobre los durmientes comprendidos desde la punta hacia el talón de las agujas, su función es conservar la elevación de las agujas del cambio y proporcionar una superficie de deslizamiento sobre la cual se desplazan las agujas cuando el cambio es accionado, así como mantener a los rieles de apoyo en su posición con relación a los demás elementos del cambio.

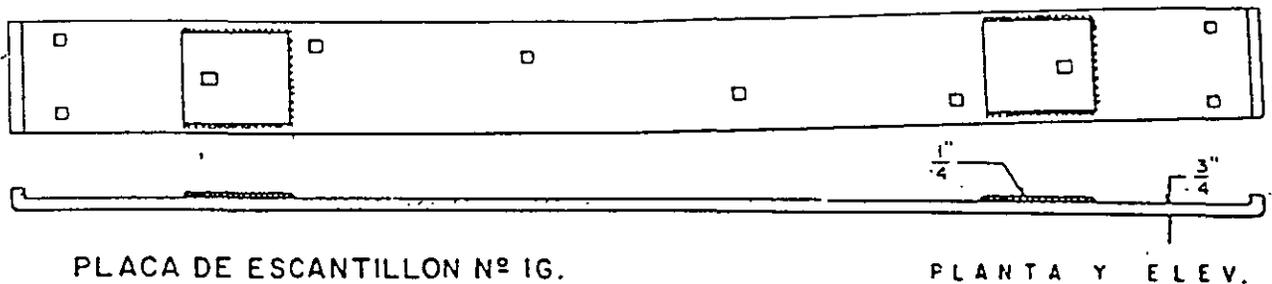
Cuando las placas son maquinadas, éstas son cortadas y rebajadas en su espesor para permitir el apoyo del patín del riel y la elevación de la aguja, también sirven para apoyar en un extremo la silleta de refuerzo.

Cuando las placas son troqueladas, por efecto del troquel se les forma un cojín que permite el apoyo y deslizamiento de la aguja.

#### Placa de escantillón 1G

Las placas de escantillón son piezas sólidas de acero de  $\frac{3}{4}$ " de espesor forjadas o maquinadas, las cuales se colocan en el primer durmiente pedestal del juego de cambio, para mantener correctamente el escantillón en la punta de las agujas. Estas placas tienen un doblez transversal cuyo vértice debe colocarse orientado hacia el sapo, se diferencian de otras por su longitud.

Los extremos de dichas placas tienen un tope de  $\frac{5}{8}$ " de altura, para apoyo de las bases de las silletas de refuerzo, también asientan sobre ellas las bases de los patines de los rieles, a dichas placas se les forma un cojín de  $\frac{1}{4}$ " de espesor a fin de permitan el apoyo y deslizamiento de las agujas, además cuenta con un taladro sobre el cojín de elevación que se utiliza para condenar las agujas.



PLACA DE ESCANTILLON N° 1G.

PLANTA Y ELEV.

Fig. 6

Placa Núm. 1A

Es una pieza de base sólida de  $\frac{3}{4}$ " de espesor, que se coloca a continuación de la placa de escantillón 1G, a esta placa se le agrega un cojín elevador de  $\frac{1}{4}$ " de espesor. En el extremo tiene un tope con altura de  $\frac{5}{8}$ " para apoyo de la silleta, en seguida hay otro tope angular de  $\frac{1}{4}$ " que separa la primera y segunda muesca, en esta última apoya la base del patín del riel, además tiene un taladro que se utiliza para condenar las agujas.

PLACA N° 1A  
 (DE BASE SOLIDA)

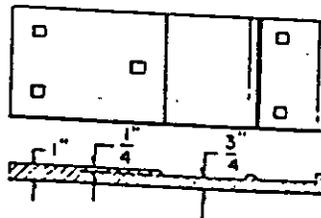


Fig. 7

Placa Núm. 1

Esta placa tiene las mismas características que la 1A, con excepción de que únicamente tiene 4 taladros, 2 en cada extremo.

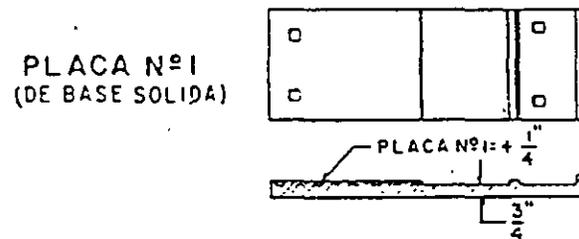


Fig. 8

Placa Núm. 2

Esta placa tiene las mismas características que la Núm. 1, con excepción de que el espesor de  $\frac{1}{4}$ " del cojín elevador es de  $\frac{1}{8}$ ".

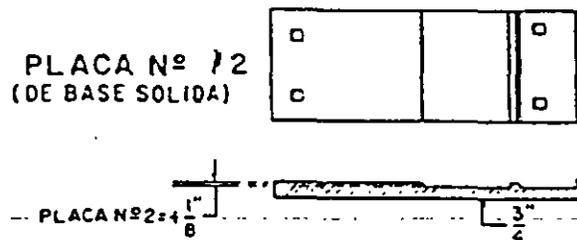


Fig. 9

Placa Núm. 3

Es de base sólida, se coloca después de la placa No. 2, su espesor es de  $\frac{3}{4}$ " y tiene un hombro por el lado exterior para conservar el escantillón de vía, este tope u hombro está colocado poco antes del extremo de la placa y cuenta con 5 taladros para clavos, 3 en un extremo y 2 en el otro, además, es lisa y no tiene cojín elevador.

### Bloques de talón

Los bloques de talón son piezas fundidas de acero al carbón de grado H1, se les identifica como derechos o izquierdos y por el calibre, tienen por objeto mantener la separación reglamentaria del talón de las agujas y los rieles de apoyo del cambio.

Están integrados por una planchuela especial, la cual tiene un dobléz a la mitad de su longitud para permitir el cierre o abertura de las agujas, así mismo esta planchuela está maquinada en la parte exterior de la cabeza para permitir el paso de las cejas de las ruedas y que éstas no se dañen por el dobléz de la planchuela. También tienen una placa tipo "D", la cual se coloca en el riel recto de la vía principal y en el riel de apoyo de la vía del desvío por el lado exterior en la superficie del alma.

Esta placa es una pieza de acero al carbón de grado N-3, taladrada y maquinada para formarle el perfil que queda en contacto con el alma del riel, en el lado contrario o plano en la parte superior de los taladros, lleva una solera soldada para evitar que las cabezas de los tornillos se giren. Incluye también un juego de cuatro tornillos tratados térmicamente, uno de estos es especial, tiene una caña con dos diámetros, el diámetro menor sirve para fijar las tuercas ranuradas y el mayor funciona como separador entre el bloque y la planchuela especial, para asegurarlos se les colocan chavetas.

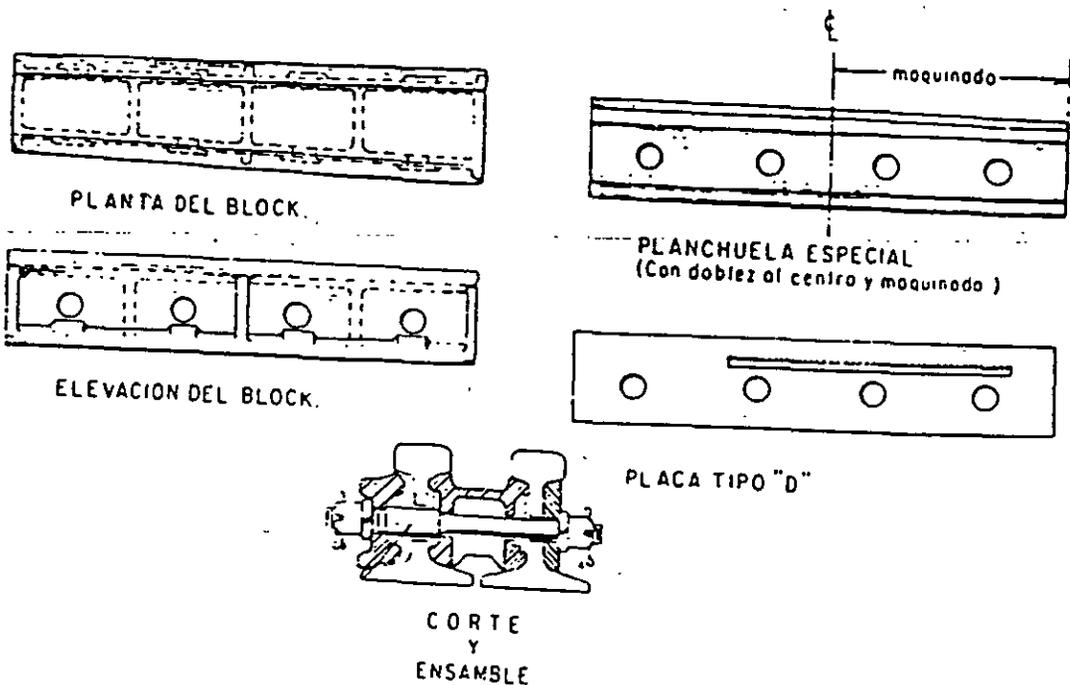


Fig. 14

## Barra de conexión

Es una barra redonda, forjada de acero al carbón de grado N-3, que sirve para unir la varilla de conexión Núm. 1 y el árbol de cambio. En uno de sus extremos tiene una quijada para unir la varilla de conexión y en el otro extremo una horquilla para conectarse con el tornillo de ojo del árbol de cambio, en el caso de los árboles bajos en lugar de horquilla tienen una parte plana o cola para la conexión con el árbol.

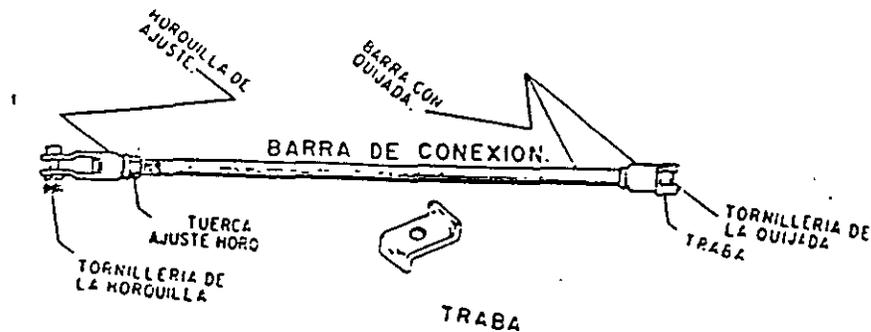


Fig. 15

## Arboles de cambio

El árbol de cambio es un elemento que junto con la barra y varilla de conexión Núm 1 permite accionar las agujas, alineándolas a la vía de apoyo o al desvío.

Los árboles de cambio están clasificados en dos tipos: altos y bajos, los primeros se colocan en vías principales y pueden ser manuales o semi-automáticos, los del tipo bajo se colocan en vías secundarias o auxiliares.

### Arbol de cambio alto

Los árboles de cambio altos, básicamente están integrados por las siguientes partes:



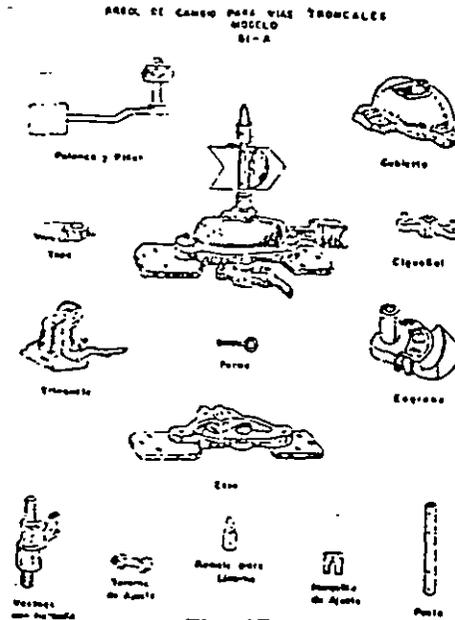


Fig. 17

## 2.2 Rieles guía.

Esta zona se considera desde el talón de las agujas hasta la boca del sapo; los rieles guía sirven como conexión entre el talón de las agujas y la boca del sapo, para dar continuidad al juego de herraje sobre la vía de apoyo o hacia el desvío.

### 2.2.1 Longitud

Existen dos rieles guía uno recto y otro curvo, la longitud de ambos depende de la longitud de las agujas, del sapo y del número del cambio. El riel guía curvo con respecto al guía recto se incrementa en  $2 \frac{1}{2}$ " en el cambio Núm. 8, en el Núm. 10 en 2" y 1" en el Núm. 20.

Si las agujas del cambio, son del tipo de elevación gradual la sujeción de los rieles en esta zona lleva un juego de placas gemelas, las cuales se colocan a partir del talón de las agujas, por pares en cada extremo de los durmientes, iniciando por las del tipo LR sobre la vía de apoyo y por la vía del desvío se colocan en forma invertida, en el resto de la zona se colocan placas de asiento.

### 2.2.2 Coordenadas

Para el alineamiento del riel guía curvo se requieren una serie de puntos coordinados, los cuales están en función del ángulo del sapo y de las agujas, por lo tanto son diferentes para cada número de cambio.

Las coordenadas se miden a partir de la punta de agujas, longitudinal y transversalmente a la vía de apoyo hasta la punta práctica del sapo.

El alineamiento del riel guía recto se efectúa colocándolo a escantillón con respecto al riel de apoyo de la vía principal, desde el talón de las agujas hasta la punta práctica del sapo.

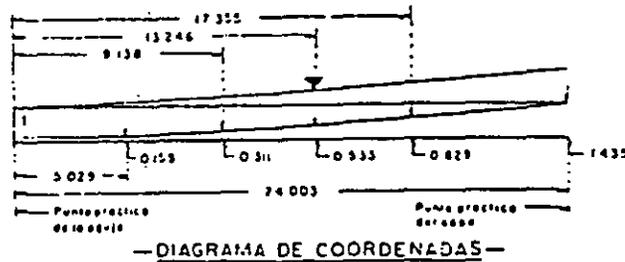
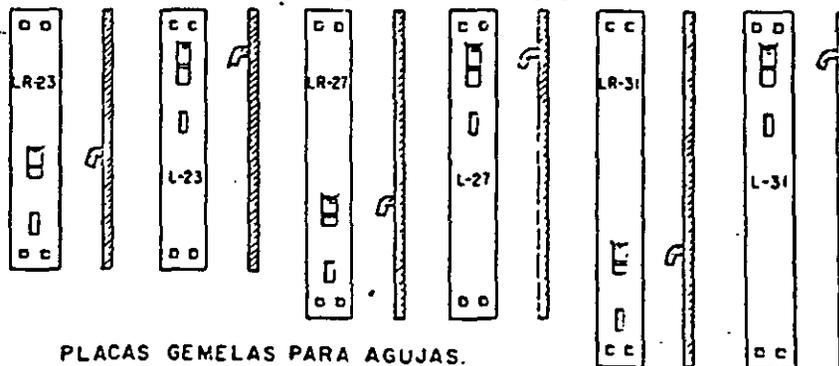


Fig. 18

### 2.2.3 Placas gemelas

Básicamente existen dos tipos las "L" y "LR", se diferencian por la posición del gancho, las del tipo "L" tienen el gancho en un extremo y las "LR" aproximadamente al centro, la altura de los ganchos es de  $\frac{9}{16}$ ".

Las placas gemelas se fabrican con soleras de acero al carbón de grado N-3, se troquelan para formarles un gancho para amarre de los patines de los rieles de la vía principal y guías. Dichas placas tienen una longitud que varía desde 23" hasta 31", cuentan con 4 taladros para clavos 2 en cada extremo y uno rectangular de 2" x  $\frac{3}{4}$ " frente al gancho de amarre, se colocan por pares en forma alternada a partir del talón de agujas en cada extremo de los durmientes iniciando con la LR por el lado de la vía principal y en el otro extremo en forma invertida. La cantidad de placas gemelas depende de la longitud de las agujas.



## 2.3 Sapo

### 2.3.1 Clasificación y número de Sapos

El sapo es el elemento que va colocado en la intersección de los rieles guía curvo del desvío y recto de la vía principal que permite que las cejas de las ruedas del equipo rodante pasen a través de él, en las canales para las cejas de que está provisto.

Los sapos están clasificados en dos grandes grupos: los de fundición y los rígidos atornillados, dentro de la clasificación de los de fundición se encuentran los sólidos de acero manganeso que requieren contra-rieles y los sólidos auto-resguardados con contra-rieles propios.

Dentro de los rígidos atornillados se encuentran los armados con rieles de acero al alto carbón (punta azul), los armados con rieles y corazón de acero manganeso y los de resorte, también armados con rieles estos sapos requieren de contra-rieles.

Los sapos que actualmente se vienen utilizando en los Ferrocarriles Mexicanos, son del número 8, 10 y 20; en calibres de 75 a 136 Lbs/Yda.

#### Sapo sólido de acero manganeso

Este sapo es utilizado en vías principales por su alta resistencia al desgaste y al impacto, es de una sola pieza y no utiliza Tornillería en su cuerpo, excepto en la extensión de la boca y del talón que sirven para atornillar los rieles guía y rieles de salida del sapo por medio de planchuelas.

En la superficie de rodamiento de las alas, tiene una rampa con elevación de  $\frac{1}{8}$ " con la finalidad de proteger la zona de la punta real del sapo de impactos causados por las cejas de las ruedas, la longitud de este tramo varía de acuerdo al número del sapo.



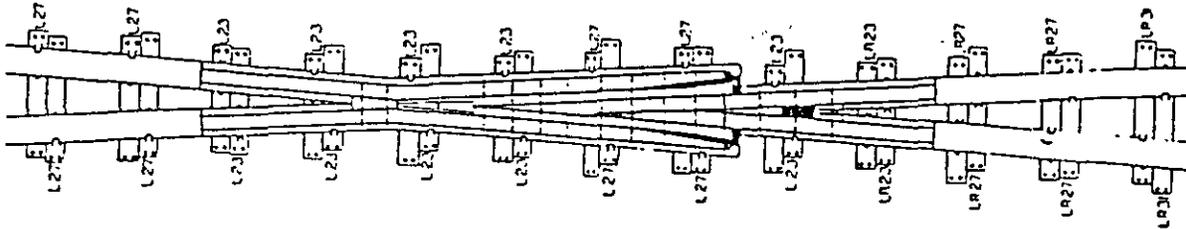


Fig. 22

### Sapo Inserto

El sapo con inserto de acero manganeso se utiliza en vías principales y en patios con tráfico intenso, debido a su alta resistencia que ofrece al desgaste, está armado con rieles de punta azul, corazón de acero manganeso y tornillería con tratamiento térmico, requiere de un empaque de garganta y otros dos en los extremos de las alas donde el riel de las alas está rebajado. El elevador de ruedas está integrado al corazón y se le designa como extensión de la cola, lo remata entre sus patas una cuña de fundición. Este sapo también requiere de contra-rieles.

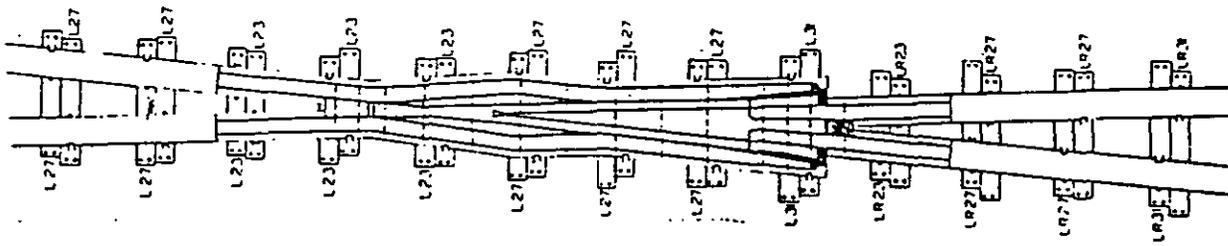


Fig. 23

### Sapo de resorte

El sapo de resorte requiere un mantenimiento constante, se utiliza en vías principales porque forma una continuidad en la banda de rodamiento de la vía principal en el cruce del desvío; esa continuidad la permite el ala móvil del sapo. Esta ala se separa de la punta real del sapo cuando las cejas de las ruedas del equipo rodante son guiadas por el contra-riel, accionando los resortes colocados en una caja que se localiza a  $23\frac{1}{2}$ " ó 43" de la punta práctica para que los trenes entren o salgan de los laderos y permita que el ala móvil regrese a su posición original. Este sapo está en desuso en los Ferrocarriles Mexicanos.

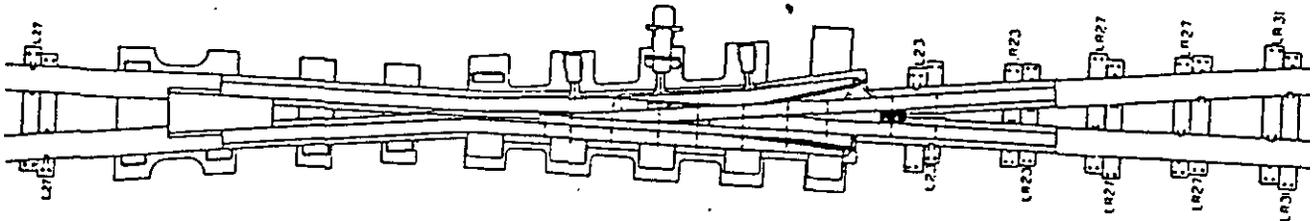


Fig. 24

### 2.3.2 Contra-rieles

Existen dos tipos de contra-rieles: Rectos con extremos maquinados y de acero manganeso. El más utilizado es el contra-riel recto con extremos maquinados, la longitud del maquinado en sus extremos depende de la longitud del contra-riel. También está maquinada el ala del patín del contra-riel, para evitar que tope con el patín del riel donde se apoya.

Los contra-rieles son tramos de rieles de primera clase (punta azul) maquinados, que se utilizan en juegos de dos piezas por cambio, constan de tornillería y de 3 o 4 empaques de fundición en acero de grado N-3, que sirven para mantener la separación de las canales de las cejas formadas por el riel y el contra-riel, para protección de la punta real del sapo.

Las longitudes de los contra-rieles dependen del número del cambio.

La A.R.E.A. recomienda lo siguiente:

- Para sapos núms. 8, 9 y 10, contra-rieles con longitud de 13' 00"
- Para sapos núms. 11, 12, 14 y 15, contra-rieles con longitud de 16' 06"
- Para sapos núms. 16 y 20, contra-rieles con longitud de 20' 00"

En estos ferrocarriles se continúan utilizando las siguientes longitudes de contra-rieles:

Para sapo núm. 8 con agujas de 15' 00", contra-rieles de 8' 03"  
 Para sapo núm. 8 con agujas de 16' 06", contra-rieles de 9' 05" y 13'  
 Para sapo núm. 10 con agujas de 15' 00" y de 16' 06", contra-rieles de 11'  
 Para sapo núm. 20 con agujas de 39' 00", contra-rieles de 11' ó 13'

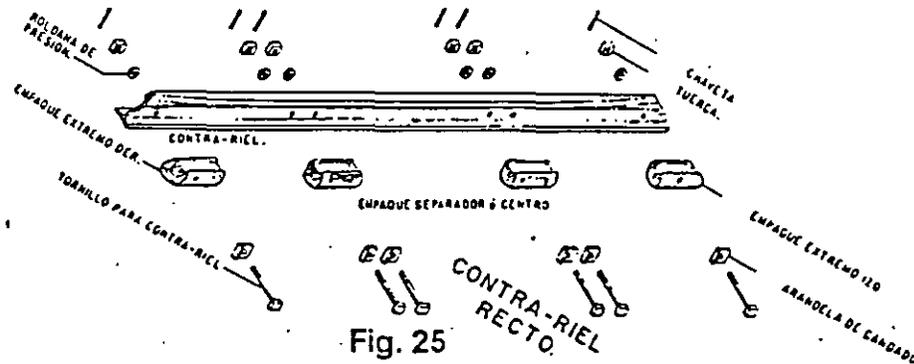


Fig. 25

### Placas para contra-riel

Las placas para contra-riel se obtienen de placas laminadas de acero al carbón de grado "N-3" tienen un espesor de 3/4". Dichas placas pueden ser maquinadas o troqueladas para formarles el hombro, que se localiza poco antes de uno de sus extremos, con objeto de evitar el deslizamiento del patín del contra-riel.

Cuenta con 7 taladros, 3 en un extremo para sujetar al patín del riel, 3 en el hombro de la placa para la sujeción del patín del contra-riel, y el otro taladro se localiza al centro de la placa.

Estas placas se colocan sobre los durmientes en toda la longitud del contra-riel con el fin de mantener elevados los rieles para guardar el nivel de la pisada de las ruedas y al mismo tiempo conservar dichos rieles con el escantillón reglamentario.

PLACA PARA  
CONTRA-RIEL



PLANTA Y ELEV.

Fig 26

### 2.3.3 Placas gemelas

Las placas gemelas se fabrican con soleras de acero al carbón de grado N-3, se troquelan para formarles un gancho para amarre de los patines de los rieles guía recto, curvo y los rieles de salida, así como de los patines de los sapos rígidos atornillados, los de inserto de acero manganeso, los faldones de los sólidos y auto-resguardados de acero manganeso.

Dichas placas tienen una longitud que varía desde 23" hasta 35" con un espesor de 3/4" con un ancho de 4", cuentan con 4 taladros para clavos 2 en cada extremo y uno rectangular de 2" x 3/4" frente al gancho de amarre,

Como se mencionó en el punto 2.2.3 de los rieles guía, existen dos tipos de placas, las "L" y "LR" con una altura en los ganchos de 9/16", en esta zona cuando se trate de sapos sólidos y auto-resguardados se utilizarán además, las del tipo "H" con una altura en el gancho de 15/16".

En los sapos rígidos atornillados y los del tipo inserto, se colocan placas gemelas del tipo "L" desde antes de la boca del sapo hasta aproximadamente el talón y de éste hacia atrás las del tipo "LR".

En los sapos sólidos, se colocan placas del tipo "L" desde antes de la boca del sapo hasta la extensión de la misma, en los faldones del sapo se colocan las del tipo "H", en el talón y extensión del mismo las del tipo "L" y de esta hacia atrás las del tipo "LR".

La cantidad de placas gemelas depende de la longitud, tipo de sapo y calibre del riel.

Se colocan sobre los durmientes, por pares del mismo tipo con los ganchos encontrados, iniciando hacia la boca del sapo por el riel del desvío.

### 2.4 Cola del sapo

La zona de la cola del sapo es la distancia comprendida desde el talón del mismo, hasta el eje del último durmiente largo del cambio, en ella se efectúan las conexiones de los rieles de salida a la vía de apoyo y a la del desvío, por medio de planchuelas y tornillería.

Después de las placas de los contra-rieles y del último par de placas gemelas del sapo se colocan placas de asiento, el espaciamiento de los durmientes está indicado en los planos tipo.

### 3 PLANOS TIPO Y ESPECIFICACIONES A.R.E.A.

En este punto se analizarán detalladamente las Normas y Especificaciones para el Trazo, Colocación e Inspección de los cambios de vía Núms. 8, 10 y 20, de acuerdo con el Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos y las Especificaciones de la American Railway Engineering Association (A.R.E.A.).

#### 3.1 Cambio Núm. 8 y Núm. 10 con agujas de 16' 06" y cambio Núm. 20 con agujas de 39'.

Básicamente los planos tipo del reglamento de conservación de vía y de la A.R.E.A. contienen:

##### 3.1.1 Planta de conjunto que muestra los juegos de madera, herraje y acotaciones reglamentarias.

En esta planta se encuentra numerado el total del juego de madera del cambio, además establece la colocación del eje del primer durmiente pedestal con referencia a la punta de agujas, el cual nos da el inicio para el espaciamiento de eje a eje del juego de madera hasta el último durmiente largo, además establece la colocación del durmiente en la punta práctica del sapo con respecto a su eje.

El herraje que se muestra en esta planta es: las agujas, los rieles guía, el sapo y contra-rieles, rieles de la vía de apoyo y rieles del desvío.

Las acotaciones existentes son:

La longitud del cuatrapeo de las juntas emplanchueladas con respecto a la punta de las agujas.

La distancia de la punta de agujas al vértice del doblez del riel de apoyo.

Longitud de las agujas.

Longitud de P.A. al extremo de la boca del sapo.

- Longitud de P.A. al P.P.S.
- Longitud de P.A. al eje del último durmiente largo.
- Longitud del sapo.
- Distancia del extremo de la boca a la punta práctica del sapo.
- Distancia de la punta práctica del sapo al extremo de la cola.
- En los contra - rieles debe considerarse el adelanto que debe dársele con respecto al P.P.S.
- Distancia del P.P.S. al P.T.S.
- Distancia del P.P.S. al eje del último durmiente largo.
- Distancia del extremo de la cola del sapo al eje del último durmiente largo.

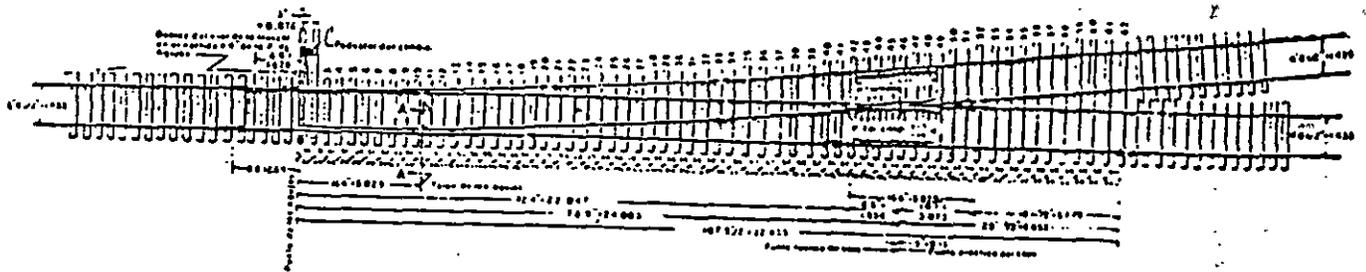


Fig. 27

### 3.1.2 Secciones transversales de la punta y talón de agujas.

#### Sección transversal de la punta de agujas:

- Abertura de la aguja con respecto al riel de apoyo frente a la varilla Núm. 1.
- Altura de la punta de agujas con respecto a la banda de rodamiento del riel de apoyo.
- Espesor de la punta de agujas.
- Elevación del patín de la aguja con respecto al patín del riel de apoyo y
- Altura de la terminación del maquinado de la punta de agujas a la banda de rodamiento del riel de apoyo para permitir el paso de las cejas de las ruedas.

#### Sección transversal del talón de agujas:

Separación del talón de agujas al riel de apoyo y profundidad de la banda de rodamiento al bloque del talón de agujas.

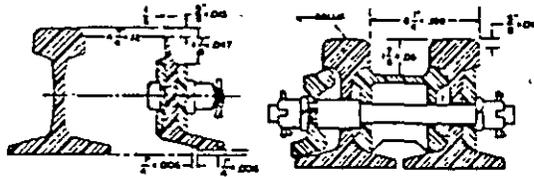


Fig. 28

### 3.1.3 Planta con detalle de las longitudes, corte y unión de los rieles en la zona del cambio.

Los rieles del lado recto de la vía de apoyo deberán ser de una misma longitud a lo largo de todo el juego de cambio, para dar continuidad por la vía de apoyo se colocará una aguja, un riel de longitud estándar y un riel de longitud corta, los cuales forman el riel guía recto, después de este va colocado el sapo, el cual en un extremo de la boca va unido el riel guía recto y en un extremo de la cola va unido un riel estándar para la conexión con el resto de la vía de apoyo, colocación de los rieles por el lado del desvío, primero deberá colocarse un riel de longitud corta para formar el cuatrapeo de la junta emplanchuelada, posteriormente se colocará un riel de longitud estándar a continuación se colocó otro riel de longitud corta para permitir la colocación del contra-riel, después se colocan rieles de longitud estándar hasta la conexión con la vía del desvío, para continuar con la vía del desvío, va colocada una aguja, un riel de longitud estándar y un riel corto, los cuales forman el riel guía curvo, después de este va colocado el sapo, en el cual en uno de sus extremos de la boca va unido el riel guía curvo y en un extremo de la cola va unido un riel estándar para la conexión con la vía del desvío.

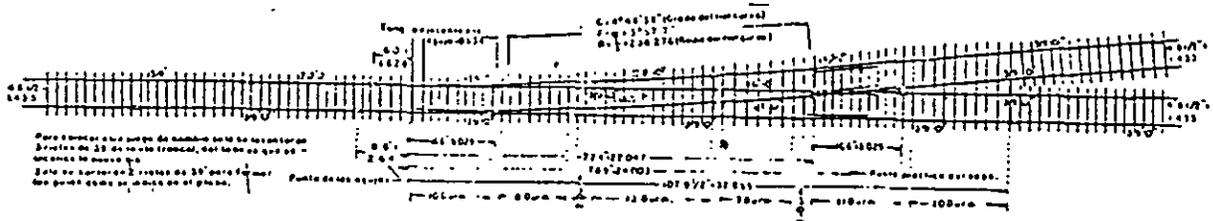


Fig. 29

### 3.1.4 Esquema de datos desde el punto P.C. hasta la conexión de salida del cambio.

En este esquema se muestra el enlace teórico para un ladero de apoyo y los elementos de las curvas para el cambio, así como las longitudes de la punta de agujas sobre el desarrollo y sobre la vía principal al punto de libramiento, para una separación de ejes de vías de 5.00 Mts.

El presente esquema muestra:

El punto P.C.

La distancia del P.C. al P.A.

La distancia del P.A. al P.L. por la vía de apoyo y por la vía del desvío en este punto muestra la distancia entre ejes de vías.

Distancia del P.C. al P.T. longitud de tangente de P.T. a P.C.

Además nos muestra el grado, ángulo, longitud, subtangente y radio de ambas curvas, así como el ángulo del sapo y de las agujas.

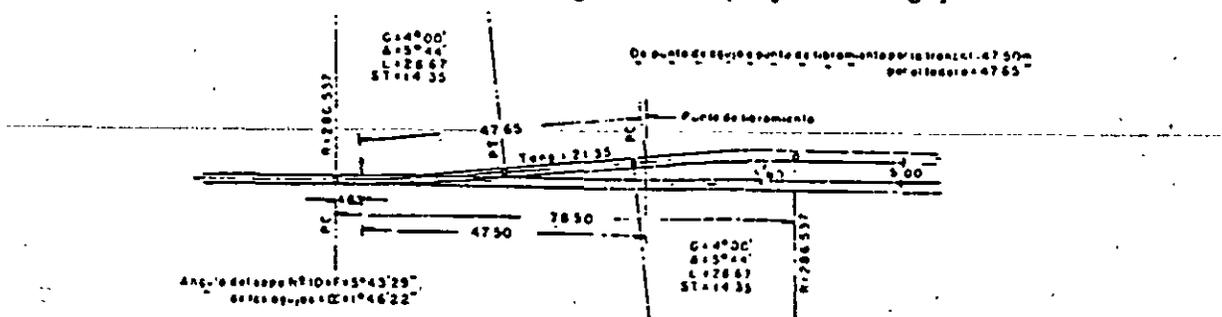


Fig. 30

### 3.1.5 Diagrama de coordenadas.

En el diagrama de coordenadas se observan las diferentes medidas en cada uno de los puntos a partir de la punta de agujas hasta la punta práctica del sapo.

Las distancias longitudinales deben medirse sobre el riel recto de la vía de apoyo y transversales al riel guía curvo.

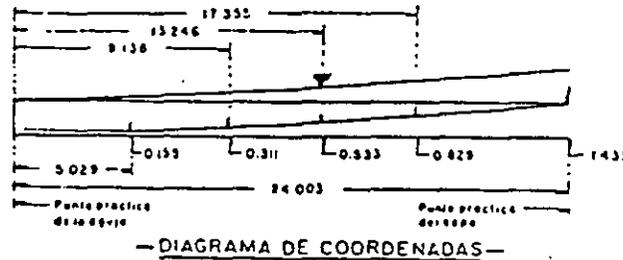


Fig. 31

### 3.1.6 Tabla que muestra la cantidad y dimensiones de los durmientes de un juego de cambio.

La presente tabla muestra: en la primera columna la cantidad de durmientes por grupos de acuerdo a sus dimensiones.

En la segunda columna el número progresivo de los durmientes que se utilizan en el juego de cambio.

En la tercera columna las medidas en pulgadas de la escuadría de los durmientes en el juego de cambio.

En la cuarta columna muestra la longitud en pies y pulgadas de los grupos de durmientes a lo largo de todo el juego de cambio.

CANTIDAD Y DIMENSIONES DE LOS DURMIENTES			
CANTIDAD	NUM PROGRESIVO	ESCUADRÍA	LONGITUD
2	1-2	7 x 9	15'
10	3-12		6-6
4	13-16		9
3	17-23		9-6
4	24-27		10
4	28-31		10-6
5	32-34		11
3	35-37		11-6
2	38-39		12
2	40-41	7 x 10	12-6
2	42-43		13
3	44-46		13-6
3	47-49		14
2	50-51	7 x 9	14-6
4	52-55		15
3	56-58		15-6
4	59-62		16

Fig. 32

### 3.2 Zona de agujas, rieles guía, sapo y cola del sapo.

En este punto se observarán las especificaciones reglamentarias que de acuerdo a la A.R.E.A. deben tener cada una de las zonas del juego de cambio.

Especificaciones en la zona de agujas.

Colocación del primer durmiente pedestal, el cual su eje debe estar referido a la punta de agujas y de este el espaciamiento de eje a eje de los durmientes, hasta el talón de las agujas así como la escuadría y longitud de cada uno de ellos, el orden de colocación de las placas correderas elevadoras y sus silletas de refuerzo, colocación de las placas de talón y los bloques de talón de agujas, longitud y colocación de las varillas de conexión, barra de conexión y árbol de cambio, longitud de las agujas, escantillón de la vía, distancia de P.A. a doblez del vértice, abertura de la punta de agujas frente a la varilla Núm. 1, separación del talón de agujas y distancia del extremo del talón de aguja al tope o guardapié.

Zona rieles guía.

Esta zona se considera desde el talón de agujas hasta el extremo de la boca del sapo.

Espaciamiento de eje a eje de los durmientes, escuadría y longitud desde el talón de agujas hasta el extremo de la boca del sapo, colocación de las placas gemelas y después de estas las placas de asiento, longitud de los rieles que forman los guía recto y curvo así como las coordenadas que se miden longitudinalmente sobre el riel de apoyo y transversalmente al riel curvo.

Zona del sapo.

Colocación del durmiente que va referido a la P.P.S. por lo tanto nos servirá para el espaciamiento de eje a eje de durmientes a ambos lados en toda la zona del sapo, colocación de las placas gemelas en el sapo, longitud total del sapo, longitud de P.P.S. al extremo de la boca del sapo, longitud de P.P.S. al extremo de la cola del sapo, colocación de las placas para contra-riel, longitud total del contra-riel, longitud del adelanto del contra-riel con respecto a al P.P.S. y longitud del P.P.S. al extremo del contra-riel.

Zona de la cola del sapo:

Esta zona se considera desde el extremo de la cola del sapo hasta el eje del último durmiente largo. Espaciamiento de eje a eje de los durmientes, escuadría y longitud correspondientes a dicha zona, además se efectuarán las conexiones de los rieles de salida a la vía de apoyo y a la del desvío con sus respectivas placas de asiento.

#### 4. INSPECCION DE CAMBIOS

Los juegos de cambio son la parte de la vía más complicados, por lo tanto requieren mayor atención y cuidado, por este motivo se deben efectuar inspecciones minuciosas en cada una de las zonas del juego de cambio, para verificar las especificaciones reglamentarias que deben tener de acuerdo a los planos tipo y la A.R.E.A.

Para describir la inspección de este tema se tomará como base un juego de cambio Núm. 10 con sapo rígido atornillado con inserto de acero manganeso y agujas de elevación gradual de 16' 06" recordando que para cada tipo y número varían sus especificaciones.

Para realizar esta actividad es indispensable contar con un reglamento de Conservación de Vía, plano tipo, cinta métrica de 3 mts. y 20 mts., crayón, hilo que se utilizará para el alineamiento y una libreta de campo.

##### 4.1 Ubicación

Es conveniente que para la ubicación de un juego de cambio se realice la localización kilométrica del punto P.C., para esto se debe llevar a efecto un cadenamiento de la placa kilométrica más cercana hasta dicho punto y de este a 4.83 mts. localización del P.A. del cambio, datos que deben estar marcados con pintura en el alma de riel, parándose frente a la punta de agujas se determinará si es derecho o izquierdo, además se observará si es normal o señalizado.

#### 4.2 Juego de Madera

Se verificará la distribución y número de piezas de cada longitud, así como el total de durmientes 62 piezas que debe llevar, se observará el estado físico de cada uno de los durmientes, que no estén astillados, rajados, podridos o que presenten huellas de pisadas de ruedas por descarrilamiento, en si que no estén en malas condiciones que afecten su funcionamiento.

Se inspeccionará el espaciamiento de eje a eje de cada durmiente, poniendo especial atención al primer durmiente pedestal que va referido al P.A. a 3", así como el durmiente que va colocado con respecto al P.P.S. a 4"

Se comprobará la distancia total que ocupa el juego se madera desde el P.A. hasta el eje del último durmiente largo que debe ser de 32.855 Mts.

#### NOTA:

Para efectuar la inspección del herraje del juego de cambio, se requiere primero se limpien cada una de sus partes para detectar posibles grietas o fisuras que pueden poner en peligro el tráfico del equipo rodante.

Para llevar un orden de inspección, el juego de cambio se ha dividido en cuatro zonas, como anteriormente ya lo hemos mencionado que son: la de agujas, rieles guía, sapo y cola del sapo.

---

#### 4.3 Zona de las agujas.

Inicialmente nos pararemos frente a la punta de agujas al centro de la vía y mirando hacia el sapo se puede determinar la postura izquierda ó derecha de cada elemento del juego de cambio, revisando en forma minuciosa los siguientes puntos:

- La distancia para el cuatrapeo de las juntas emplanchueladas, del P.A. al extremo del riel por el lado del cierre de la aguja, debe ser de 6' 00" y por el lado que se da paso a la vía principal debe ser de 8' 08".

- Que la distancia del P.A. al dobléz del vértice, por el riel del desvío debe ser a  $4 \frac{1}{8}$ " . -
  - Que la altura del P.A. con relación a la banda de rodamiento del riel de apoyo sea de  $\frac{5}{8}$ " .
  - Que el espesor del P.A. sea de  $\frac{1}{8}$ " , permitiendo por desgaste un espesor de  $\frac{1}{16}$ " .
  - Que la elevación del patín de la aguja con relación al patín de apoyo sea  $\frac{1}{4}$ "
  - Que la abertura del P.A. a los rieles de apoyo sea de  $4 \frac{3}{4}$ " medido frente a la varilla de conexión Núm. 1.
  - Comprobar que las agujas se apoyen correctamente a los rieles de apoyo desde donde inicia el rebaje lateral hasta el P.A.
  - Que el P.A. no presente fisuras o despostillamiento, comprobar la longitud del inserto de acero manganeso que debe ser de 2' 08" para agujas de 16' 06" .
  - Que las soleras de refuerzo no estén fisuradas o agrietadas, que estén debidamente ajustadas al alma de la aguja por medio de remaches y tornillería con roldanas de presión y sus chavetas.
  - Que las orejas de las agujas no estén agrietadas, ni abocardados sus taladros, que la distancia del P.A. al eje del taladro de la oreja para la varilla Núm. 1 debe ser de 12" y de este eje al eje del taladro de la oreja para la varilla Núm. 2 debe ser de 2' 01" .
- 
- Que el tope o guarda pie de la aguja no este agrietado o fisurado y que este colocado a una distancia de 4' 03" del extremo de talón de la aguja.
  - Que la varilla de conexión Núm. 1 y 2 no estén vencidas, agrietadas ni abocardados sus taladros. Que la varilla Núm. 1 tenga sus dimensiones de 6' 09" de largo, 1" ó  $1 \frac{1}{4}$ " de espesor, 2  $\frac{1}{2}$ " de ancho y  $1 \frac{1}{64}$ " de diámetro de sus taladros.  
Que la varilla Núm. 2, sus dimensiones sean de 4' 00" de longitud, 1" ó  $1 \frac{1}{4}$ " de espesor, 2  $\frac{1}{2}$ " de ancho y  $\frac{19}{64}$ " de diámetro de sus taladros.
  - Que la barra de conexión no presente fisuras, fracturas o vencimientos, que los taladros de la quijada y horquilla no estén abocardados, en esta última su cuerda no este barrida.

- En el árbol de cambio se examinará que la base no este fracturada, que se encuentre debidamente fijada a los durmientes por medio de clavos de vía o de tirafondos, que la cubierta no presente fracturas ni desgaste en las muescas que afecten el ajuste correcto de la palanca o liva, que el collarín este en buenas condiciones y con sus remaches para sujetar la palanca, que el cople que une el vástago con el poste tenga todos sus tornillos bien apretados, que en el extremo del poste tenga su bandera en buenas condiciones, se comprobará que el tornillo con ojo o birlo está en buenas condiciones y que su cuerda no este barrida ya que este nos sirve para el ajuste de las agujas del cambio y que tenga puesto el candado de cambio que debe estar en buenas condiciones.
- Que la placa de escantillón 1G esté colocada en el primer durmiente pedestal, con el vértice en dirección del sapo lo cual permite la salida de los rieles de apoyo así como conservar el escantillón de la vía en el P.A., que no este vencida ni fracturada, que conserve el espesor de  $\frac{1}{4}$ " del cojín elevador permitiendo por desgaste hasta  $\frac{1}{8}$ ".
- Las placas correderas elevadoras Núm. 1A (2 pzas.) con su cojín elevador de  $\frac{1}{4}$ " de espesor, permitiendo por desgaste hasta  $\frac{1}{8}$ " y que no estén vencidas ni fracturadas.
- Las placas correderas elevadoras Núm. 1 (10 pzas.) con su cojín elevador de  $\frac{1}{4}$ " de espesor permitiendo por desgaste hasta  $\frac{1}{8}$ " y que no estén vencidas ni fracturadas.
- Las placas correderas elevadoras Núm. 2 (2 pzas.) con su cojín elevador de  $\frac{1}{8}$ " de espesor que no estén vencidas ni fracturadas.
- Las placas correderas de base sólida Núm. 3 (2 pzas.) que no estén vencidas ni fracturadas.
- Placas de talón de agujas Núm. 4 y 5 (4 pzas.) que no estén vencidas ni fracturadas.
- Silletas de refuerzo (16 pzas.), verificar su calibre sea igual al calibre del riel, colocadas por el lado exterior de los rieles a los cuales deben ajustar y que no estén gastadas, vencidas ni fracturadas.
- En los bloques de talón de agujas, se verificará que estén completos; con sus planchuelas especiales, placas tipo "D" que conserven su tope para las cabezas de los tornillos, que estén completos los tornillos y el birlo con sus tuercas ranuradas y chavetas que no tengan grietas ni fisuras, así como los bloques no presenten huellas de rodamiento de cejas de las ruedas, que la separación del talón de las agujas con respecto a los rieles de apoyo sea de  $6 \frac{1}{4}$ " y que la profundidad a los bloques sea de  $1 \frac{7}{8}$ " con respecto a la banda de rodamiento del hongo de los rieles de apoyo y talón de las agujas.

#### 4.4. Zona de los rieles guía

Verificar las coordenadas, midiendo longitudinalmente sobre el riel recto de la vía de apoyo y transversalmente al riel guía curvo sean las reglamentarias, apoyándose con el plano tipo o con el cursor de cambios, longitud de los rieles guía, para el riel guía recto es de 55' 10" (17.018 Mts.) esta longitud la forman un riel de 39' y una pieza de 16' 10" y el riel guía curvo es de 56' 00" (17.068 Mts.) esta longitud la forman un riel de 39' y una pieza de 17' 00", revisar la colocación de las placas gemelas que debe ser en el siguiente orden, después del talón de agujas por el riel recto de la vía de apoyo van colocadas por pares iniciando con una "LR" 23 y enseguida una "L" 23 (3 juegos), continuando con el mismo orden "LR" 27 y "L" 27 (4 juegos) y por último "LR" 31 y "L" 31 (2 juegos) y por el riel de apoyo de la vía del desvío se colocarán las mismas cantidades pero en forma invertida, o sea iniciando con una "L" 23 enseguida una "LR" 23.

#### 4.5 Zona del sapo.

- Verificar que la distancia del P.A. al P.P.S. sea de 24.003 Mts.
- Medir la longitud total del sapo
- Verificar que la superficie de rodamiento en las alas no tengan desgaste mayor de  $1\frac{3}{4}$ " especialmente en la zona que queda frente al P.P.S.
- Observar que las canales de cejas no presenten fisuras o huellas de rodamiento de cejas y que la profundidad y ancho sea de  $1\frac{7}{8}$ ".
- Que la separación en la boca del sapo sea de  $7\frac{3}{16}$ " y tolerando  $\pm \frac{1}{8}$ ".
- Deberá checarsse el espesor del P.P.S. que es de  $\frac{1}{2}$ ", que éste no esté despuntado o fracturado.
- Que el elevador de ruedas tenga su altura de  $\frac{1}{8}$ " y tolerando por desgaste hasta  $\frac{1}{16}$ ".
- Que la separación en la cola del sapo sea de  $12\frac{5}{8}$ " y tolerando  $\pm \frac{1}{8}$ ".
- Se verificará la colocación de las placas gemelas que debe ser en el orden siguiente:

- Se colocan placas gemelas "L" 27 (2 juegos) antes del extremo de la boca del sapo, "L" 23 (3 juegos) desde el extremo de la boca hasta antes del P.P.S., "L" 27 (3 juegos) del P.P.S. hasta antes del extremo de las alas del sapo, "L" 23 (1 juego) colocadas antes del extremo de la cola, y por último "LR" 27 (2 juegos) colocadas después del extremo de la cola, y por último "LR" (1 juego).
- Medir la longitud del contra-riel que debe ser de 11'00", donde su medio longitudinal estará en función para dar el adelanto que debe ser de 19" hacia el P.A. con respecto al P.P.S.
- Observar que la separación del riel y contra-riel sea de 1 7/8" permitiendo por desgaste hasta 2" de separación.
- Que las canales de cejas y los empaques no se encuentren agrietados además se verificará que las tuercas se encuentren debidamente apretadas a los tornillos.
- Que las placas de los contra-rieles se encuentren completas (16 piezas) y que no estén vencidas.

#### 4.6 Zona de la cola del sapo

En esta zona se verificará la conexión de los rieles del juego de cambio y del sapo con los extremos de los rieles de la vía de apoyo y la vía del desvío.

Se recomienda que desde el P.C. y a lo largo de todo el juego de cambio se verifique el escantillón de la vía que debe ser de 1.435 Mts.

Se verificará que las planchuelas y placas de asiento no estén vencidas ni fracturadas y que la tornillerías este completa y bien apretada así como los clavos de vía o tirafondo se encuentren bien asentados y no haya faltantes.

#### 4.7 Alineamiento y Nivelación

**Alineamiento:** Debe observarse que el riel recto de la vía principal no presente defectos de línea o codos, el cual se observará en ambos rieles del juego de cambio, si el defecto de línea se observa en un solo riel debe verificarse el escantillón de la vía ya que dicho defecto sería por vía abierta, se tendrá especial atención para determinar si es defecto de línea o por vía abierta.

Nivelación: En un juego de cambio se debe observar que no existan defectos de desnivel en los rieles de la vía de apoyo y del desvío, los cuales se pueden detectar visualmente o con el apoyo de la niveleta y el nivel de vía.

## 5. ALINEAMIENTO Y NIVELACION DEL JUEGO DE CAMBIO

A los cambios de vía se les ha considerado como la parte más débil de la vía debido a la gran cantidad de elementos y accesorios que lo integran así como la diversidad de medidas reglamentarias y especificaciones que deben cumplirse en cada una de las zonas para ofrecer seguridad y eficiencia a la operación de los mismos y al tráfico de los trenes.

Los cambios de vía normalmente se encuentran colocados en terrenos a nivel y en pendientes suaves, tal es el caso de los patios, cortavías, laderos y espuelas.

Para efectuar el alineamiento y nivelación de los juegos de cambio, previamente se deben alinear y nivelar los tangentes de la vía de apoyo contiguas a los cambios.

El alineamiento y nivelación de los juegos de cambio se efectúan en forma manual o mecanizada.

### 5.1 Alineamiento en forma manual.

Para realizar el alineamiento en el juego de cambio en forma manual primero se alinea el riel recto de la vía de apoyo, enseguida el riel guía curvo de acuerdo con las coordenadas específicas para el núm. de cambio y longitud de las agujas el resto de los rieles se alinean poniéndolos a escantillón con respecto a los rieles mencionados, por la vía del desvío se alinean desde el sapo hasta el último durmiente largo del juego de cambio. Cuando se efectúa el alineamiento del juego de cambio desde el P.A. hasta el último durmiente largo se debe ligar con el alineamiento de los rieles de las tangentes extremas de la vía de apoyo.

Para ejecutar este trabajo manualmente se requiere de un buen número de trabajadores con sus respectivas barretas de línea o bien se utilizarán gatos de vía dependiendo de la magnitud del defecto por corregir.

## 5.2 Nivelación en forma manual.

Antes de llevar a cabo la nivelación del juego de cambio se debe colocar el balasto al 100% limpio entre los cajones de los durmientes, procediéndose a su nivelación en forma manual utilizando para esto una niveleta, la que se coloca en un punto de los rieles extremos de la vía de apoyo que conserve su nivel correcto, iniciando la nivelación desde el punto P.C. sobre la vía de apoyo hasta el último durmiente largo, ligando el nivel con las tangentes extremas.

El nivel longitudinal del riel recto de la vía de apoyo se da con la niveleta y simultáneamente con el nivel de vía, en forma transversal a intervalos de cuartos de riel, se da el nivel del otro riel de la vía de apoyo.

Para la nivelación de la vía del desvío, se toma como referencia el nivel de la vía de apoyo.

El calzado de los durmientes pedestales se hará en toda su longitud, excepto en el centro de la vía en la cual el balasto queda embodegado.

El calzado de los durmientes en la zona de agujas se hará a partir de sus extremos, hasta 40 centímetros del riel hacia dentro de la vía, quedando embodegado en el centro.

En la zona de los rieles guía, el calzado de los durmientes se efectuará en toda su longitud.

En la zona del sapo y cola del sapo el calzado de los durmientes se efectuará desde los extremos hasta 40 centímetros del riel hacia dentro de la vía, además se calzarán los durmientes en la zona donde se apoya el sapo y los rieles del desvío, en los centros de las vías el balasto quedará embodegado.

El calzado se hará simultáneamente en las caras laterales de los durmientes de tal manera que los trabajadores lo hagan por parejas.

## 5.3 Alineamiento y nivelación mecanizado

El alineamiento y nivelación de cambios mecanizado se efectúa con maquinaria de vía (Multicalzadora-alineadora para cambios). Esta máquina alinea y nivela simultáneamente, cuenta con un sistema de gatos hidráulicos que por medio de ganchos sujetan al patín o al hongo de los rieles para deslizar el juego de cambio lateralmente hacia donde requiera centrarlo dejándolo alineado, simultáneamente efectúa el levante necesario para nivelar, además cuenta con un sistema que permite ajustar los grupos de bateo longitudinal y/o transversalmente al espaciamiento de los durmientes en los juegos de cambio, pudiendo independizar la operación de los grupos de bateo para efectuar el calzado de los durmientes.

---

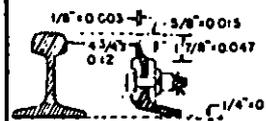
Cuando la maquinaria efectúa estos trabajos en el juego de cambio, primero los ejecuta sobre la vía de apoyo ligándola con las tangentes extremas y después efectúa los trabajos sobre la vía del desvío.

Terminados los trabajos de alineamiento y nivelación ya sea en forma manual o mecanizada se procede al revestimiento de la vía en todo el juego de cambio con el balasto, el cual debe quedar a 1 ½" abajo del patín de los rieles, dándole la sección reglamentaria en forma trapezoidal.



CAMBIO # 10  
ANCHA  
348'-2.8  
Con Safo y Aguja  
de 16' 6".

**TIPO DE CAMBIO # 10 CON SAPO Y AGUJA DE 16'6"  
CON RIEL DE 39' PARA VIA ANCHA DE 1.435M.**



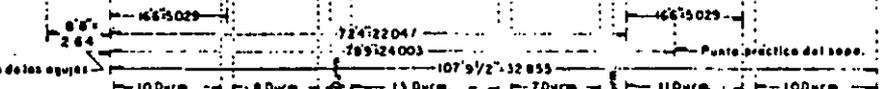
ABERTURA DE LA  
AGUJA EN LA BA-  
RADE CONEXION



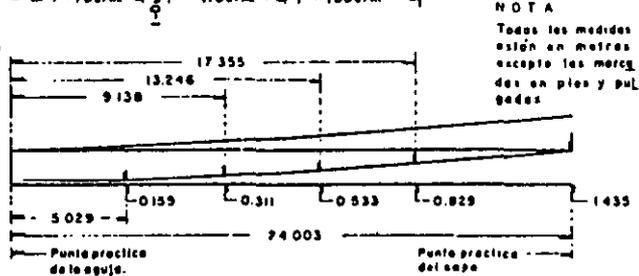
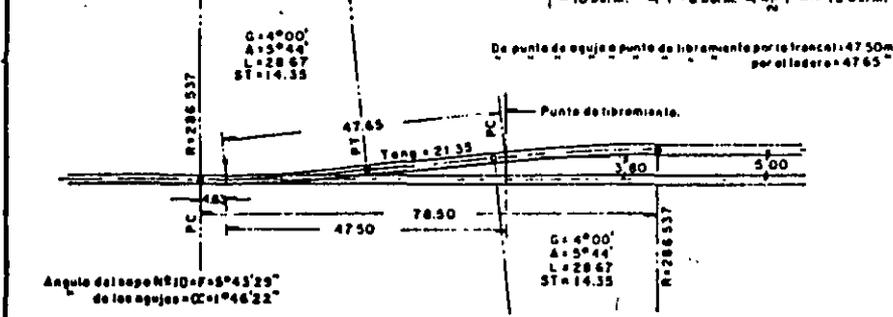
SECCION A-A  
SEPARACION DEL  
TALON DE AGUJA



Para colocar este juego de cambio solo se inventarán  
3 rieles de 39' de la vía troncal, del lado en que se  
localice la nueva vía.  
Solo se cortarán 2 rieles de 39' para formar  
los guías como se indica en el plano.



Numero de durmientes en un juego para cambio completo = 62 piezas  
Volumen de madera en un juego = 3873.625 pies BM = 339.860 m<sup>3</sup> a base de pulgadas  
de gruesa.



NOTA  
Todas las medidas  
están en metros  
excepto las marcas  
de los pies y pul-  
gadas.

— DIAGRAMA DE COORDENADAS —

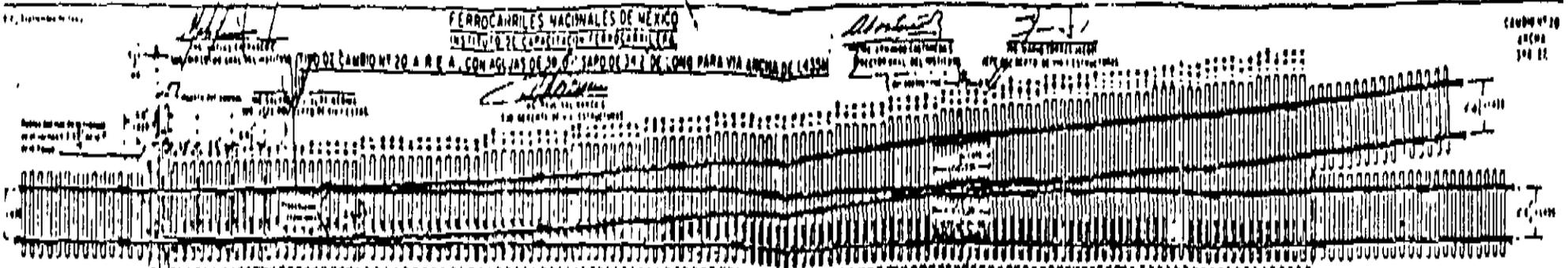
Dir. J. M. Mariché B.

Calculado: *Z. V. Urueta*  
Ing. JARCO URUETA S.  
Revisado: *Humberto Lopez*  
Ing. HUMBERTO LOPEZ

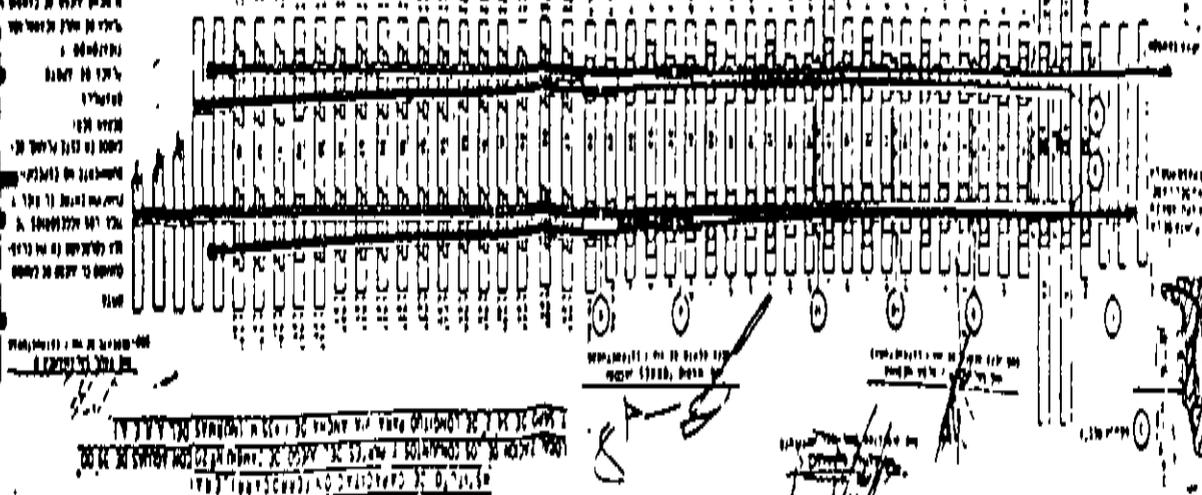
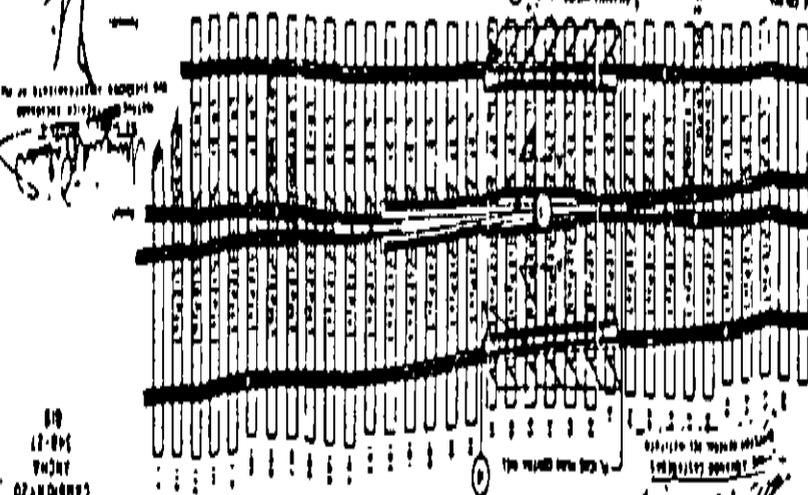
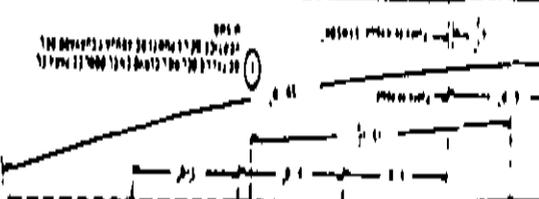
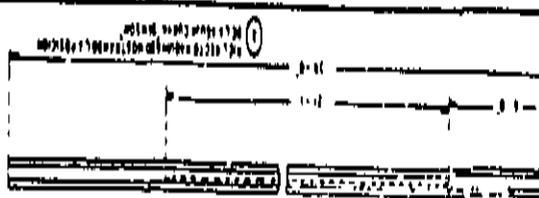
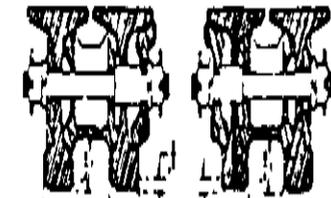
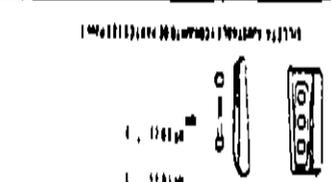
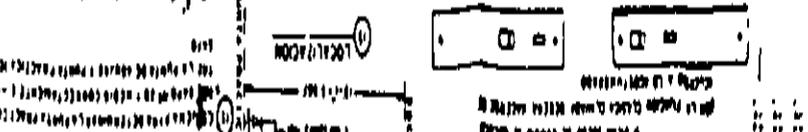
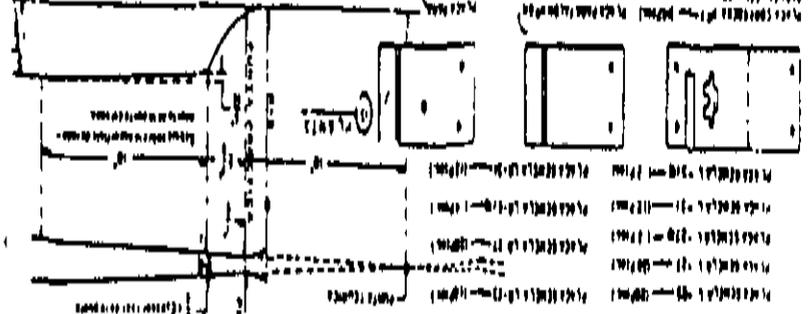
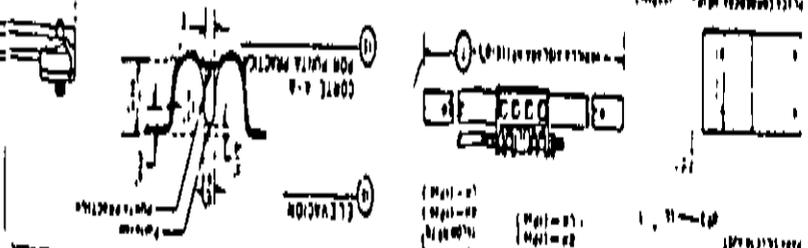
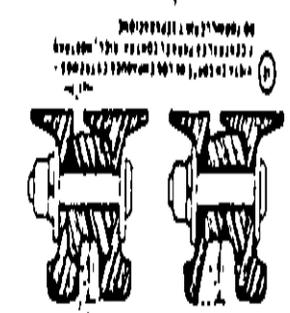
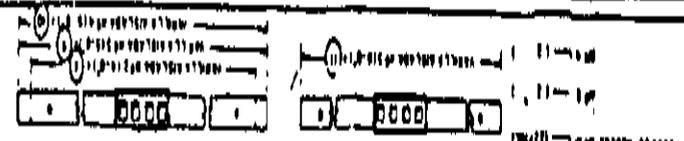
APROBADO Por la Secretaría  
de Comunicaciones y Transportes  
Oficio N° 6001 del 23 de Abril de 1944  
El Director General de  
Ferrocarriles en Operación  
*Roberto Atala R.*  
ING. ROBERTO ATALA R.

CANTIDAD Y DIMENSIONES DE LOS DURMIENTES			
CANTIDAD	NUM PROGRESIVO	ESCUADRIA	LONGITUD
2	1-2	7' 8"	15'
10	3-12	"	9'-6"
6	13-18	"	9'
5	19-23	"	9'-6"
4	24-27	"	10'
4	28-31	"	10'-6"
3	32-34	"	11'
3	35-37	"	11'-6"
2	38-39	"	12'
2	40-41	7' 10"	12'-6"
2	42-43	"	13'
3	44-46	"	13'-6"
3	47-49	"	14'
2	50-51	7' 8"	14'-6"
4	52-55	"	15'
3	56-58	"	15'-6"
4	59-62	"	16'

TIPO DE CAMBIO N° 20 A R.R.A. CON AGUJAS DE 50' DE SAPOL DE 34 1/2' DE LONG PARA VIA ANCHA DE 1.435M



- 1. 0+00
- 2. 0+10
- 3. 0+20
- 4. 0+30
- 5. 0+40
- 6. 0+50
- 7. 0+60
- 8. 0+70
- 9. 0+80
- 10. 0+90
- 11. 1+00
- 12. 1+10
- 13. 1+20
- 14. 1+30
- 15. 1+40
- 16. 1+50
- 17. 1+60
- 18. 1+70
- 19. 1+80
- 20. 1+90
- 21. 2+00
- 22. 2+10
- 23. 2+20
- 24. 2+30
- 25. 2+40
- 26. 2+50
- 27. 2+60
- 28. 2+70
- 29. 2+80
- 30. 2+90
- 31. 3+00
- 32. 3+10
- 33. 3+20
- 34. 3+30
- 35. 3+40
- 36. 3+50
- 37. 3+60
- 38. 3+70
- 39. 3+80
- 40. 3+90
- 41. 4+00
- 42. 4+10
- 43. 4+20
- 44. 4+30
- 45. 4+40
- 46. 4+50
- 47. 4+60
- 48. 4+70
- 49. 4+80
- 50. 4+90
- 51. 5+00
- 52. 5+10
- 53. 5+20
- 54. 5+30
- 55. 5+40
- 56. 5+50
- 57. 5+60
- 58. 5+70
- 59. 5+80
- 60. 5+90
- 61. 6+00
- 62. 6+10
- 63. 6+20
- 64. 6+30
- 65. 6+40
- 66. 6+50
- 67. 6+60
- 68. 6+70
- 69. 6+80
- 70. 6+90
- 71. 7+00
- 72. 7+10
- 73. 7+20
- 74. 7+30
- 75. 7+40
- 76. 7+50
- 77. 7+60
- 78. 7+70
- 79. 7+80
- 80. 7+90
- 81. 8+00
- 82. 8+10
- 83. 8+20
- 84. 8+30
- 85. 8+40
- 86. 8+50
- 87. 8+60
- 88. 8+70
- 89. 8+80
- 90. 8+90
- 91. 9+00
- 92. 9+10
- 93. 9+20
- 94. 9+30
- 95. 9+40
- 96. 9+50
- 97. 9+60
- 98. 9+70
- 99. 9+80
- 100. 9+90
- 101. 10+00
- 102. 10+10
- 103. 10+20
- 104. 10+30
- 105. 10+40
- 106. 10+50
- 107. 10+60
- 108. 10+70
- 109. 10+80
- 110. 10+90
- 111. 11+00
- 112. 11+10
- 113. 11+20
- 114. 11+30
- 115. 11+40
- 116. 11+50
- 117. 11+60
- 118. 11+70
- 119. 11+80
- 120. 11+90
- 121. 12+00
- 122. 12+10
- 123. 12+20
- 124. 12+30
- 125. 12+40
- 126. 12+50
- 127. 12+60
- 128. 12+70
- 129. 12+80
- 130. 12+90
- 131. 13+00
- 132. 13+10
- 133. 13+20
- 134. 13+30
- 135. 13+40
- 136. 13+50
- 137. 13+60
- 138. 13+70
- 139. 13+80
- 140. 13+90
- 141. 14+00
- 142. 14+10
- 143. 14+20
- 144. 14+30
- 145. 14+40
- 146. 14+50
- 147. 14+60
- 148. 14+70
- 149. 14+80
- 150. 14+90
- 151. 15+00
- 152. 15+10
- 153. 15+20
- 154. 15+30
- 155. 15+40
- 156. 15+50
- 157. 15+60
- 158. 15+70
- 159. 15+80
- 160. 15+90
- 161. 16+00
- 162. 16+10
- 163. 16+20
- 164. 16+30
- 165. 16+40
- 166. 16+50
- 167. 16+60
- 168. 16+70
- 169. 16+80
- 170. 16+90
- 171. 17+00
- 172. 17+10
- 173. 17+20
- 174. 17+30
- 175. 17+40
- 176. 17+50
- 177. 17+60
- 178. 17+70
- 179. 17+80
- 180. 17+90
- 181. 18+00
- 182. 18+10
- 183. 18+20
- 184. 18+30
- 185. 18+40
- 186. 18+50
- 187. 18+60
- 188. 18+70
- 189. 18+80
- 190. 18+90
- 191. 19+00
- 192. 19+10
- 193. 19+20
- 194. 19+30
- 195. 19+40
- 196. 19+50
- 197. 19+60
- 198. 19+70
- 199. 19+80
- 200. 19+90
- 201. 20+00
- 202. 20+10
- 203. 20+20
- 204. 20+30
- 205. 20+40
- 206. 20+50
- 207. 20+60
- 208. 20+70
- 209. 20+80
- 210. 20+90
- 211. 21+00
- 212. 21+10
- 213. 21+20
- 214. 21+30
- 215. 21+40
- 216. 21+50
- 217. 21+60
- 218. 21+70
- 219. 21+80
- 220. 21+90
- 221. 22+00
- 222. 22+10
- 223. 22+20
- 224. 22+30
- 225. 22+40
- 226. 22+50
- 227. 22+60
- 228. 22+70
- 229. 22+80
- 230. 22+90
- 231. 23+00
- 232. 23+10
- 233. 23+20
- 234. 23+30
- 235. 23+40
- 236. 23+50
- 237. 23+60
- 238. 23+70
- 239. 23+80
- 240. 23+90
- 241. 24+00
- 242. 24+10
- 243. 24+20
- 244. 24+30
- 245. 24+40
- 246. 24+50
- 247. 24+60
- 248. 24+70
- 249. 24+80
- 250. 24+90
- 251. 25+00
- 252. 25+10
- 253. 25+20
- 254. 25+30
- 255. 25+40
- 256. 25+50
- 257. 25+60
- 258. 25+70
- 259. 25+80
- 260. 25+90
- 261. 26+00
- 262. 26+10
- 263. 26+20
- 264. 26+30
- 265. 26+40
- 266. 26+50
- 267. 26+60
- 268. 26+70
- 269. 26+80
- 270. 26+90
- 271. 27+00
- 272. 27+10
- 273. 27+20
- 274. 27+30
- 275. 27+40
- 276. 27+50
- 277. 27+60
- 278. 27+70
- 279. 27+80
- 280. 27+90
- 281. 28+00
- 282. 28+10
- 283. 28+20
- 284. 28+30
- 285. 28+40
- 286. 28+50
- 287. 28+60
- 288. 28+70
- 289. 28+80
- 290. 28+90
- 291. 29+00
- 292. 29+10
- 293. 29+20
- 294. 29+30
- 295. 29+40
- 296. 29+50
- 297. 29+60
- 298. 29+70
- 299. 29+80
- 300. 29+90
- 301. 30+00
- 302. 30+10
- 303. 30+20
- 304. 30+30
- 305. 30+40
- 306. 30+50
- 307. 30+60
- 308. 30+70
- 309. 30+80
- 310. 30+90
- 311. 31+00
- 312. 31+10
- 313. 31+20
- 314. 31+30
- 315. 31+40
- 316. 31+50
- 317. 31+60
- 318. 31+70
- 319. 31+80
- 320. 31+90
- 321. 32+00
- 322. 32+10
- 323. 32+20
- 324. 32+30
- 325. 32+40
- 326. 32+50
- 327. 32+60
- 328. 32+70
- 329. 32+80
- 330. 32+90
- 331. 33+00
- 332. 33+10
- 333. 33+20
- 334. 33+30
- 335. 33+40
- 336. 33+50
- 337. 33+60
- 338. 33+70
- 339. 33+80
- 340. 33+90
- 341. 34+00
- 342. 34+10
- 343. 34+20
- 344. 34+30
- 345. 34+40
- 346. 34+50
- 347. 34+60
- 348. 34+70
- 349. 34+80
- 350. 34+90
- 351. 35+00
- 352. 35+10
- 353. 35+20
- 354. 35+30
- 355. 35+40
- 356. 35+50
- 357. 35+60
- 358. 35+70
- 359. 35+80
- 360. 35+90
- 361. 36+00
- 362. 36+10
- 363. 36+20
- 364. 36+30
- 365. 36+40
- 366. 36+50
- 367. 36+60
- 368. 36+70
- 369. 36+80
- 370. 36+90
- 371. 37+00
- 372. 37+10
- 373. 37+20
- 374. 37+30
- 375. 37+40
- 376. 37+50
- 377. 37+60
- 378. 37+70
- 379. 37+80
- 380. 37+90
- 381. 38+00
- 382. 38+10
- 383. 38+20
- 384. 38+30
- 385. 38+40
- 386. 38+50
- 387. 38+60
- 388. 38+70
- 389. 38+80
- 390. 38+90
- 391. 39+00
- 392. 39+10
- 393. 39+20
- 394. 39+30
- 395. 39+40
- 396. 39+50
- 397. 39+60
- 398. 39+70
- 399. 39+80
- 400. 39+90
- 401. 40+00
- 402. 40+10
- 403. 40+20
- 404. 40+30
- 405. 40+40
- 406. 40+50
- 407. 40+60
- 408. 40+70
- 409. 40+80
- 410. 40+90
- 411. 41+00
- 412. 41+10
- 413. 41+20
- 414. 41+30
- 415. 41+40
- 416. 41+50
- 417. 41+60
- 418. 41+70
- 419. 41+80
- 420. 41+90
- 421. 42+00
- 422. 42+10
- 423. 42+20
- 424. 42+30
- 425. 42+40
- 426. 42+50
- 427. 42+60
- 428. 42+70
- 429. 42+80
- 430. 42+90
- 431. 43+00
- 432. 43+10
- 433. 43+20
- 434. 43+30
- 435. 43+40
- 436. 43+50
- 437. 43+60
- 438. 43+70
- 439. 43+80
- 440. 43+90
- 441. 44+00
- 442. 44+10
- 443. 44+20
- 444. 44+30
- 445. 44+40
- 446. 44+50
- 447. 44+60
- 448. 44+70
- 449. 44+80
- 450. 44+90
- 451. 45+00
- 452. 45+10
- 453. 45+20
- 454. 45+30
- 455. 45+40
- 456. 45+50
- 457. 45+60
- 458. 45+70
- 459. 45+80
- 460. 45+90
- 461. 46+00
- 462. 46+10
- 463. 46+20
- 464. 46+30
- 465. 46+40
- 466. 46+50
- 467. 46+60
- 468. 46+70
- 469. 46+80
- 470. 46+90
- 471. 47+00
- 472. 47+10
- 473. 47+20
- 474. 47+30
- 475. 47+40
- 476. 47+50
- 477. 47+60
- 478. 47+70
- 479. 47+80
- 480. 47+90
- 481. 48+00
- 482. 48+10
- 483. 48+20
- 484. 48+30
- 485. 48+40
- 486. 48+50
- 487. 48+60
- 488. 48+70
- 489. 48+80
- 490. 48+90
- 491. 49+00
- 492. 49+10
- 493. 49+20
- 494. 49+30
- 495. 49+40
- 496. 49+50
- 497. 49+60
- 498. 49+70
- 499. 49+80
- 500. 49+90
- 501. 50+00
- 502. 50+10
- 503. 50+20
- 504. 50+30
- 505. 50+40
- 506. 50+50
- 507. 50+60
- 508. 50+70
- 509. 50+80
- 510. 50+90
- 511. 51+00
- 512. 51+10
- 513. 51+20
- 514. 51+30
- 515. 51+40
- 516. 51+50
- 517. 51+60
- 518. 51+70
- 519. 51+80
- 520. 51+90
- 521. 52+00
- 522. 52+10
- 523. 52+20
- 524. 52+30
- 525. 52+40
- 526. 52+50
- 527. 52+60
- 528. 52+70
- 529. 52+80
- 530. 52+90
- 531. 53+00
- 532. 53+10
- 533. 53+20
- 534. 53+30
- 535. 53+40
- 536. 53+50
- 537. 53+60
- 538. 53+70
- 539. 53+80
- 540. 53+90
- 541. 54+00
- 542. 54+10
- 543. 54+20
- 544. 54+30
- 545. 54+40
- 546. 54+50
- 547. 54+60
- 548. 54+70
- 549. 54+80
- 550. 54+90
- 551. 55+00
- 552. 55+10
- 553. 55+20
- 554. 55+30
- 555. 55+40
- 556. 55+50
- 557. 55+60
- 558. 55+70
- 559. 55+80
- 560. 55+90
- 561. 56+00
- 562. 56+10
- 563. 56+20
- 564. 56+30
- 565. 56+40
- 566. 56+50
- 567. 56+60
- 568. 56+70
- 569. 56+80
- 570. 56+90
- 571. 57+00
- 572. 57+10
- 573. 57+20
- 574. 57+30
- 575. 57+40
- 576. 57+50
- 577. 57+60
- 578. 57+70
- 579. 57+80
- 580. 57+90
- 581. 58+00
- 582. 58+10
- 583. 58+20
- 584. 58+30
- 585. 58+40
- 586. 58+50
- 587. 58+60
- 588. 58+70
- 589. 58+80
- 590. 58+90
- 591. 59+00
- 592. 59+10
- 593. 59+20
- 594. 59+30
- 595. 59+40
- 596. 59+50
- 597. 59+60
- 598. 59+70
- 599. 59+80
- 600. 59+90
- 601. 60+00
- 602. 60+10
- 603. 60+20
- 604. 60+30
- 605. 60+40
- 606. 60+50
- 607. 60+60
- 608. 60+70
- 609. 60+80
- 610. 60+90
- 611. 61+00
- 612. 61+10
- 613. 61+20
- 614. 61+30
- 615. 61+40
- 616. 61+50
- 617. 61+60
- 618. 61+70
- 619. 61+80
- 620. 61+90
- 621. 62+00
- 622. 62+10
- 623. 62+20
- 624. 62+30
- 625. 62+40
- 626. 62+50
- 627. 62+60
- 628. 62+70
- 629. 62+80
- 630. 62+90
- 631. 63+00
- 632. 63+10
- 633. 63+20
- 634. 63+30
- 635. 63+40
- 636. 63+50
- 637. 63+60
- 638. 63+70
- 639. 63+80
- 640. 63+90
- 641. 64+00
- 642. 64+10
- 643. 64+20
- 644. 64+30
- 645. 64+40
- 646. 64+50
- 647. 64+60
- 648. 64+70
- 649. 64+80
- 650. 64+90
- 651. 65+00
- 652. 65+10
- 653. 65+20
- 654. 65+30
- 655. 65+40
- 656. 65+50
- 657. 65+60
- 658. 65+70
- 659. 65+80
- 660. 65+90
- 661. 66+00
- 662. 66+10
- 663. 66+20
- 664. 66+30
- 665. 66+40
- 666. 66+50
- 667. 66+60
- 668. 66+70
- 669. 66+80
- 670. 66+90
- 671. 67+00
- 672. 67+10
- 673. 67+20
- 674. 67+30
- 675. 67+40
- 676. 67+50
- 677. 67+60
- 678. 67+70
- 679. 67+80
- 680. 67+90
- 681. 68+00
- 682. 68+10
- 683. 68+20
- 684. 68+30
- 685. 68+40
- 686. 68+50
- 687. 68+60
- 688. 68+70
- 689. 68+80
- 690. 68+90
- 691. 69+00
- 692. 69+10
- 693. 69+20
- 694. 69+30
- 695. 69+40
- 696. 69+50
- 697. 69+60
- 698. 69+70
- 699. 69+80
- 700. 69+90
- 701. 70+00
- 702. 70+10
- 703. 70+20
- 704. 70+30
- 705. 70+40
- 706. 70+50
- 707. 70+60
- 708. 70+70
- 709. 70+80
- 710. 70+90
- 711. 71+00
- 712. 71+10
- 713. 71+20
- 714. 71+30
- 715. 71+40
- 716. 71+50
- 717. 71+60
- 718. 71+70
- 719. 71+80
- 720. 71+90
- 721. 72+00
- 722. 72+10
- 723. 72+20
- 724. 72+30
- 725. 72+40
- 726. 72+50
- 727. 72+60
- 728. 72+70
- 729. 72+80
- 730. 72+90
- 731. 73+00
- 732. 73+10
- 733. 73+20
- 734. 73+30
- 735. 73+40
- 736. 73+50
- 737. 73+60
- 738. 73+70
- 739. 73+80
- 740. 73+90
- 741. 74+00
- 742. 74+10
- 743. 74+20
- 744. 74+30
- 745. 74+40
- 746. 74+50
- 747. 74+60
- 748. 74+70
- 749. 74+80
- 750. 74+90
- 751. 75+00
- 752. 75+10
- 753. 75+20
- 754. 75+30
- 755. 75+40
- 756. 75+50
- 757. 75+60
- 758. 75+70
- 759. 75+80
- 760. 75+90
- 761. 76+00
- 762. 76+10
- 763. 76+20
- 764. 76+30
- 765. 76+40
- 766. 76+50
- 767. 76+60
- 768. 76+70</



CARRON 20  
196-27  
88

FERRONTERIAS NACIONALES DE MEXICO  
MEXICO, D.F.  
DISEÑADO POR: [Signature]  
REVISADO POR: [Signature]



---

## Procedimientos de Conservación de Puentes

## INDICE

### INTRODUCCION

1. INSPECCION DE PUENTES Y ALCANTARILLAS
  - A) V I A
    - Alineamiento y posición de la vía respecto al puente
    - Estado y sujeción de riel
  - B) CUBIERTA
    - Estado de los Durmientes
    - Condiciones de los Guardarrieles
    - Existencia y condición de los Guardarrieles
    - Condiciones de andadores, pasamanos y refugios
    - Condiciones de la cubeta balastada
  - C) LECHO DEL RIO O DE LA CORRIENTE
    - Erosión y socavación
    - Cambio de alineamiento
    - Enrocamientos
    - Azolves
  - D) SUBESTRUCTURA
    - Mampostería y concreto
    - Cilindros
    - Caballetes de concreto
    - Torres de viaducto
    - Subestructuras de madera
  - E) APOYOS
    - Condiciones de anclaje de la superestructura
    - Funcionamiento
    - Posición de los apoyos
    - Condiciones de los componentes del organismo de apoyo
    - Movimiento de apoyos al paso de la carga viva
  - F) SUPERESTRUCTURAS
    - Metálicas
    - Concreto
    - Madera
    - Rieles Empatinadas

- G) ARCOS Y BOVEDAS
  - Condiciones Generales
  - Mampostería y Concreto
  
- 2. ORDENES DE PRECAUCION
  - A) DEFINICIÓN
  - B) ESTABLECIMIENTO Y CANCELACION DE ORDENES DE PRECAUCION
  - C) ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA SEGURIDAD DE TRAFICO DE TRENES
  
- 3. MANTENIMIENTO DE PUENTES FERROVIARIOS
  - A) PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO
    - Cuadro de necesidades por obra

## I. INTRODUCCION

En el área de puentes hay tres actividades que tienen liga y mas aún, una genera a las otras, dichas actividades son:

La inspección de puentes, las órdenes de precaución y el mantenimiento de puentes.

La inspección se formula para establecer una base uniforme para determinar las condiciones físicas de la estructura, la orden de precaución se implanta si en dicha inspección se detecta algún defecto en uno de los elementos de la estructura que ponga en riesgo su estabilidad, así mismo de la inspección se formulan los programas de mantenimiento de las estructuras.

### A) VIA

Superficie de la vía sobre el puente y en los accesos.

Investigar si existen golpes de nive, su posición, magnitud y causa probable que los produjo.

**- ALINEAMIENTO Y POSICION DE LA VÍA CON RESPECTO AL PUENTE**

Se observarán si existen desalojamientos, su valor y causa probable que los produjo.

**- ESTADO Y SUJECION DEL RIEL**

Observar si los rieles están vencidos o desgastados en sus extremos de modo que provoquen golpear la junta, y en general su estado físico. Investigar si existen clavos sobresalidos o sueltos si las placas de asiento conservan su posición, si la sujeción cuando se trata de durmientes de concreto está correcta.

### B) CUBIERTA

**- ESTADO DE LOS DURMIENTES**

Observar si existen durmientes en malas condiciones por podredumbre, rotura, rajadura, cuántos son, de qué escuadría y si forman grupos.

**- CONDICIONES DE LOS GUARDARRIELES**

Observar si existen y en qué condiciones se encuentran. Si no existen guardarrieles, ver si los durmientes están recoridos o abanicados.

**- EXISTENCIA Y CONDICIONES DE LOS CONTRARRIELES**

Observar si no existen, si faltan tramos y si están bien sujetos al durmiente.

**- CONDICIONES DE ANDADORES, PASAMANOS Y REFUGIOS**

Establecer las condiciones de la madera y conexiones en tarimas barandales, etc.

- *CONDICIONES DE LA CUBETA BALASTADA*

En el caso de losas de concreto o travesaños prefabricados. Observar si la sección del balasto es suficiente y el balasto de tamaño reglamentario.

**C) LECHO DEL RIO O DE LA CORRIENTE**

- *EROSION Y SOCAVACION*

Investigar si se presentan fenómenos de erosión de sólidos. Modificación de la sección del cauce respecto a la última inspección. Determinar la cuantía de la socavación y la localización de las zonas más afectadas.

- *CAMBIO DE ALINEAMIENTO*

Observar si el curso de la corriente ha sufrido alguna modificación en su dirección respecto a la inspección anterior.

- *ENROCAMIENTO*

verificar si ha habido ataque en enrocamientos. Si han desaparecido enrocamientos de protección colocados en años anteriores.

- *ASOLVES*

Observar si existe depósito de sólidos y forma en que afecte al puente o a la alcantarilla. Determinar el por ciento del área hidráulica obstruida por el azolve.

**D) SUBESTRUCTURA**

- *ASENTAMIENTOS*

Observar si existen asentamientos en estribos y pilas, magnitud de los asentamientos y si los asentamientos son diferentes en una misma pila o estribo, tendencia de los asentamientos.

- *SOCAVACION LOCAL EN PILAS Y ESTRIBOS*

Investigar si las zapatas de cimentación apoyan en la totalidad de su superficie o si existen partes de las zapatas en voladizo. Localización de socavaciones y estimación del por ciento del área que no apoya en el lecho del río.

- *PERDIDA DE MATERIAL DE PILAS Y ESTRIBOS EN LA ZAPATA DE CIMENTACION O CUERPOS*

Pérdida ocasionada por rotura de zapatas debido a socavación, formación de cavemas o huecos por desgaste de la subestructura. Precisar la localización y magnitud de las pérdidas en relación con la sección original.

- *CONDICIONES DE PILOTES DE CIMENTACION*

Estado de los pilotes de madera, concreto o fierro, pérdida de sección por efecto de ataque de organismo o corrosión.

**- INTEGRIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA, VERTICALIDAD; MOVIMIENTOS TRANSVERSALES U HORIZONTALES, INCLINACION**

Observar si el material de pilas y estribos está sano o si presenta agrietamientos, cuarteaduras o desprendimientos. Indicar la localización, dirección y magnitud de las grietas. Determinar si las pilas o estribos han perdido verticalidad, dirección del desplome o talud del desplome. Observar si la infraestructura ha sufrido desalojamientos, indicar el sentido y magnitud de los mismos.

**- CUARTEADURAS Y AGRIETAMIENTOS EN CUERPOS**

Observar si existen cuarteaduras o agrietamientos, su localización, dirección y magnitud. Revisar si hay agrietamientos en la junta de cuerpos y aleros de estribos.

**- DESLIZAMIENTOS Y SACUDIMIENTOS**

Huellas de deslizamientos y evidencias de movimientos anormales de la subestructura al paso de trenes.

**- CONDICIONES DE CORONAS, MAMPOSTERÍA Y CONCRETO**

Observar si existen cuarteaduras, agrietamientos, desprendimientos o aplastamiento sobre todo en la zona de apoyo. Si el acero de refuerzo está descubierto y oxidado.

**- CILINDROS**

• **Condiciones de Cilindros de Cimentación**

Observar si existen hundimientos, si los hundimientos son diferenciales en un mismo cilindro o con respecto a otro cilindro que forme parte de una pila o estribo. Si existen agrietamientos, cuarteaduras o desprendimientos; sentido y magnitud de las grietas.

• **Condiciones del Cabezal de los Cilindros**

Observar si el cabezal está desnivelado, cuarteado o agrietado, magnitud y dirección de las grietas. Rotura de pedestales o siluetas en la zona de los apoyos.

**- CABALLETES DE CONCRETO**

• **Condiciones de los Pilotes o Columnas**

Observar asentamientos diferenciales, roturas por choques de cuerpos arrastrados por la corriente, agrietamientos. Acero de refuerzo descubierto, corroído o roto.

• **Condiciones de los Cabezales**

Observar si el cabezal está desnivelado o tiende a girar. Observar si existen roturas, agrietamientos, aplastamientos.

• **Movimiento al Paso de Tren**

Observar si bajo el efecto de carga viva se presentan desplazamientos o sacudimientos anormales en algún pilote o en el caballete.

#### - TORRES DE VIADUCTO

- **Condiciones del Conjunto**  
Observar si subsiste la verticalidad y rectitud de los miembros.
- **Zapatas**  
Revisar en las zapatas de mampostería cualquier evidencia de asentamiento o volteamiento.
- **Condiciones de Anclaje**  
Observar si funcionan los pernos de anclaje, estado de las tuercas, corrosión y doblamiento de los pernos.
- **Rigidez del Conjunto**  
Verificar la rectitud de los contraventeos, roturas, corrosión y agrietamiento de las conexiones.

#### - PILOTES METALICOS Y ATAGUIAS

- **Condiciones del Conjunto**  
Revisar si los pilotes o ataguías funcionan de conjunto, si sus conexiones no están sueltas o corroídas, si las ataguías no están desengargoladas.
- **Condiciones de los Elementos**  
Revisar el estado de corrosión de cada elemento, así como deformaciones, roturas o agrietamientos.

#### - SUBESTRUCTURAS DE MADERA

- **Condiciones de los Pilotes**  
Verificar si existe podredumbre o cavidades, especialmente en las zonas en contacto con cabezales y soleras, en zonas a nivel del terreno, o de la superficie del agua. Se investigará mediante sonido por golpeo con martillo, sondeando en caso de duda. Se observará si hay evidencia de termitas, taredos, navalis, u otros organismos destructivos. Investigar si existen pilotes rotos por efecto de falla o choque, o si presentan rajaduras, marcas o indicios de fatiga.
- **Condiciones de Cabezales y Soleras**  
Investigar como en el caso de los pilotes la sanidad de la madera y especialmente aplastamiento o roturas en zonas de apoyo de traveses o largueros.

## E) APOYOS

### - *CONDICIONES DE ANCLAJE DE LA SUPERESTRUCTURA*

Observar si existen organismos de apoyo o si la estructura está bloqueada con madera.

### - *FUNCIONAMIENTO*

Verificar la limpieza de la zona de los apoyos. Observar que los apoyos cumplan las funciones para las que se diseñaron, que el apoyo fijo no permita desplazamientos y que el móvil no esté restringido en su desplazamiento longitudinal, por el mal estado del mismo organismo o por algún obstáculo ajeno al apoyo.

### - *POSICION DE LOS APOYOS*

Verificar si los organismos de apoyo están desalojados de su posición correcta, dirección y sentido del desalojamiento. Observar si existen mecedoras volcadas o semivolcadas, cajas de roles descuadradas, placas deslizantes salidas. Investigar la causa.

### - *CONDICIONES DE LOS COMPONENTES DEL ORGANISMO DE APOYO*

Observar si existen placas corroídas, rotas o sueltas, rodillos corroídos, sueltos, caídos, salidos o atravesados, elementos de sujeción de rodillos corroídos o rotos. Pernos de anclaje corroídos doblados, degollados. Falta de tuerca en los pernos de anclaje. Perno de apoyo corroído, desgastado o roto.

### - *MOVIMIENTO DE APOYOS AL PASO DE LA CARGA VIVA*

Observar si el asiento de la superestructura es defectuoso y produce golpeteo al paso del tren.

## F) SUPERESTRUCTURA

### - *METALICAS*

#### • *Condiciones Generales*

*Posición de la estructura*

Observar si no ha sufrido algún desalojamiento transversal o longitudinal.

*Rectitud de la estructura*

Observar posibles deformaciones anormales a lo largo de la estructura.

*Condiciones de anclaje de las estructuras.*

Observar si el funcionamiento de la estructura es normal en lo que se refiere a libertad de expansión en apoyos móviles y anclaje correcto en apoyos fijos.

#### • *Trabes de Alma Llena de Paso Superior y Largueros*

Revisar si tiene agujeros provocados por corrosión, si existe pandeo en la placa, si presenta agrietamientos en los extremos cerca de los apoyos.

*Condiciones de los patines*

Verificar si los ángulos maestros están corroídos, agrietados o doblados. Observar si sus entreplacas están corroídas o agrietadas sobre todo en el patín inferior. Observar si existen agrietamientos o corrosiones en la sección del patín donde principia o termina una cubreplaca parcial.

#### *Atiesados y contraventeos*

Verificar si existen agrietamientos o pandeo en atiesadores, si las placas de contraventeo están rotas o corroídas, si los ángulos de contraventeo están doblados o corroídos.

#### *Condiciones de las conexiones*

Revisar si los remaches están corroídos, flojos o degollados. Verificar si en las conexiones de largueros con piezas de puente tienen remaches degollados, ángulos desgarrados.

#### • *Trabes de Paso a Través*

##### *Vigas principales*

Se harán las mismas observaciones que en trabes de paso superior; revisando además la zona de la placa de alma en las conexiones con las piezas de puente.

#### • *Armaduras Articuladas*

##### *Condiciones de las barras de ojo*

Observar si las barras de ojo no están desprendidas, rotas o agrietadas, examinar el efecto de la corrosión en la zona del ojo superior, ojo inferior y parte recta de la barra. Verificar si la barra de ojo está doblada, flexionada o floja, y si al paso del tren recobra completamente su rectitud, si tiene movimiento exagerado al sacudirla con las manos, si produce sonido en las conexiones al sacudirla. Examinar si los ojos de la barra están abocardados, si tienen desgaste y holgura.

##### *Condiciones de los miembros compuestos*

Examinar los efectos de la corrosión en cada elemento componente del miembro, así como roturas y agrietamientos. Observar si el miembro están pandeado, la dirección y la posible causa del pandeo. Revisar las condiciones de la celosía en cuanto a: corrosión, roturas, pandeo, checando si existen tramos del miembro donde ya no funcione la celosía, y los elementos componentes del miembro trabajen aisladamente. Verificar el estado de los remaches por corrosión de las cabezas, degollamiento o soltura. Revisar en especial la conexión en los postes de las piezas de puente colgantes y las cuerdas inferiores cerca del apoyo.

##### *Articulaciones*

Observar si el pemo conserva su posición correcta o si está sobresalido o desviado en sentido horizontal o vertical. Revisar si el pemo presenta agrietamientos o fisuras, checar el desgaste en el pemo debido a corrosión o a rozamiento, estimando el por ciento de la pérdida de la sección más afectada. Verificar si faltan tuercas o separadores.

#### • *Piezas de Puente*

##### *Condiciones de las conexiones, patines y placa de alma*

Iguales observaciones que para largueros con atención especial a la investigación de agrietamientos en el alma o en cartabones para la conexión de la pieza de puente a las vigas principales o armaduras, así como a degollamiento de remaches en esa conexión.

*Rectitud y perpendicularidad de la pieza de puente*

Se observará si la pieza de puente conserva la normal, respecto a las vigas principales y armaduras, y si presenta pandeo en sentido del eje de la vía.

*Miembros concurrentes*

Revisar si algún miembro tiene agujeros producidos por corrosión particularmente en almas de las cuerdas, tomapuntas y postes. Revisar si existe algún miembro suelto o agrietado. Verificar el porcentaje de área perdida por corrosión en los miembros y la holgura en los agujeros de conexión en el perno.

*Contraventeo y portales*

Observar si faltan miembros de contraventeo y portal o si existe alguno suelto, si el pandeo de algún miembro es excesivo.

Revisar los miembros en lo referente a corrosión, roturas, fisuras. Revisar en las placas de conexión los efectos de corrosión, roturas y agrietamientos.

Revisará el estado de los remaches de las conexiones.

• *Armaduras Soldadas y Remachadas*

*Miembros principales*

En miembros soldados o laminados, revisar el efecto de la corrosión en todos ellos y en particular en placas de alma de cuerdas inferior y superiores, que permitan acumulación de agua. Revisar el efecto de corrosión en aristas afiladas de ángulos y patines de viguetas laminadas.

Observar si existen golpes, roturas o fisuras en los miembros y si alguno presenta pandeo, investigar la causa.

Observar si existe corrosión o fisuras en los cordones de soldaduras y en especial en empalmes de miembros sujetos a tensión como cuerdas inferiores, diagonales y postes de piezas de puente colgantes.

*Placas de nudo*

Observar si la corrosión ha producido agujeros en la placa o el porcentaje de área perdida, si existen grietas o fisuras a partir de los agujeros de los remaches, si la placa está doblada o pandeada.

Revisar si los remaches están flojos, degollados o corroidos.

Revisar los cordones de soldadura en caso de conexiones soldadas, examinando corrosión y agrietamiento.

*Contraventeo y portales*

Revisar en particular los efectos de corrosión en miembros que tengan placa interrumpida o celosis y en miembros donde sea posible la acumulación de agua.

• *Condiciones Generales*

*Posición de la estructura*

Observar si ha sufrido algún desalojamiento longitudinal o transversal.

*Rectitud de la estructura*

Observar si existen deformaciones anormales a lo largo de la estructura.

*Condiciones de anclaje*

Verificar si el anclaje de la estructura es suficiente y si los apoyos funcionan en su posición correcta.

• *Losas y Trabes Monolíticas*

*Condiciones del concreto*

Observar si existen roturas o agrietamientos en la estructura. Investigar si la causa es golpe o fatiga.

*Condiciones del acero de refuerzo*

Observar si existen aceros de refuerzo expuestos por roturas o agrietamientos o por desprendimiento de recubrimientos. Examinar si el acero está corroído, roto o fisurado.

*Condiciones de los drenes*

Revisar la eficiencia del sistema de drenaje.

• *Losas y Trabes Formadas por Elementos Precolados*

*Trabajo de conjunto*

Observar si no existe ningún elemento suelto o desplazado longitudinal o transversalmente. Verificar la efectividad del sistema de sujeción entre los elementos.

*Condiciones del concreto*

Observar si existen roturas o agrietamientos e investigar su causa. En trabes presforzadas examinar posibles agrietamientos en el alma, patín inferior de trabes simplemente apoyadas, fisuras en zonas de anclaje del presfuerzo longitudinal o transversal.

*Condiciones del acero*

Observar si existen aceros de refuerzo expuesto a oxidación o rotura. Revisar si existen cables o alambres de presfuerzo sujetos a corrosión.

*Condiciones de drenaje*

Verificar que los drenes funcionen adecuadamente.

• *Condiciones Generales*

*Posición de la estructura*

Observar si existe desalojamiento longitudinal o transversal.

*Rectitud de la estructura*

Observar si existen deformaciones anormales a lo largo de la estructura.

*Condiciones de anclaje*

Verificar si existen anclajes o si existen piezas sueltas con movimiento en los apoyos al paso de la carga viva, si la longitud del apoyo es suficiente.

- *Largueros de Madera*

*Condiciones de la madera*

Revisar la sanidad de la madera, si no hay evidencia de organismo destructores de madera, si no existen zonas podridas o con cavidades, si existen rajaduras a lo largo o aplastamiento en la zona de apoyo.

Observar si existen defectos originales y evidencia de fatiga.

*Condiciones de la conexiones*

Revisar si faltan pernos o tornillos, o si éstos están sueltos o salidos, si existen separadores.

Revisar en especial el anclaje en juntas de traveses de largueros sin cuatrapeo.

- *RIELES EMPATINADOS*

- *Condiciones Generales*

Posición de los traveses.

Observar si existen corrimientos en sentido longitudinal y transversal y si los rieles se conservan empatinados o existen algunos salidos.

Posición de las traveses

Observar si existen corrimientos en sentido longitudinal y transversal y si los rieles se conservan empatinados o existen algunos salidos.

Apariencia

Observar si las fechas no son exageradas en el centro de los claros.

Anclaje

Verificar si el sistema de anclaje funciona adecuadamente para impedir corrimientos y en especial cuando los rieles no están cuatrapeados.

- *Condiciones de los Rieles*

Observar si existen rieles corroídos, rotos o agrietados.

G) **ARCOS Y BOVEDAS**

- *CONDICIONES GENERALES*

Observar si se mantiene la geometría del arco o son visibles deformaciones.

Revisar si los muros, parapeto, conservan su nivel correcto o si se observan desniveles o desplomes.

- **ARCOS Y BOVEDAS DE MAMPOSTERÍA O CONCRETO CICLOPEO**

- *Condiciones de los Materiales*

Observar el estado de la mampostería o el concreto, si existen desprendimientos, cavidades, si el mortero de las juntas de mampostería no está desintegrado.

- *Agrietamientos*

Observar si existen cuarteaduras o agrietamientos y definir la dirección de las grietas.

## II.- ORDENES DE PRECAUCIÓN

Las órdenes de precaución pueden ser restrictivas o informativas. Las órdenes de precaución restrictivas son las disposiciones que se establecen para reducir la velocidad de los trenes en un sitio o tramo de la vía que por sus condiciones físicas no permite la operación normal de los trenes señalada en los horarios.

Las órdenes de precaución informativas son las que se establecen para advertir de alguna situación anormal que pudiera significar algún riesgo a la operación de los trenes.

Las órdenes de precaución son medidas temporales y su colocación debe ser con buen criterio del empleado para no dañar innecesariamente al tráfico de trenes.

Las órdenes de precaución deben ser establecida de acuerdo a la siguiente indicación:

- 1) Debe definirse perfectamente el sitio o tramo que queda protegido con la orden, fijando claramente placas kilométricas y centros de postes, así como la vía o vías cubiertas. La cobertura de la orden de precaución debe incluir una distancia mínima de 200 m. antes y después del sitio o tramo afectado para que los trenes no frenen bruscamente en dicho tramo o sitios defectuosos.
- 2) Debe especificarse la velocidad a que se reduce la operación de los trenes, teniendo en cuenta que no sea inferior a la mínima de operación de las locomotoras y que sea la velocidad que garantice la seguridad del tráfico de trenes, en función de las condiciones estructurales que en ese momento presente el tramo de vía afectado.
- 3) Se debe indicar con detalle la causa por la que se limita la velocidad de los trenes.
- 4) Cuando por algún motivo, no sea posible cancelar alguna orden de precaución en un corto o mediano plazo, es necesario solicitar al área de Transportes se boletines, esto en tanto no se realicen los trabajos de renovación integral o de conservación intensiva, del tramo de vía afectado.
- 5) Es necesario registrar la fecha de colocación e la orden de precaución, así como la fecha probable de su cancelación.
- 6) El personal de Vía y Estructuras, encargado del tramo donde se hay establecido una orden de precaución, deberá darle un seguimiento continuo hasta su cancelación; cuando la causa se hay eliminado se deberá también verificar que la orden de precaución se hay anulado en el registro de la oficina de despacho.
- 7) El personal de vía calificado deberá tener como primera prioridad la eliminación de las ordenes de precaución del tramo a su cargo. Al cancelar una orden de precaución deberá tenerse cuidado de retirar las banderas que indican la restricción de la velocidad en el tramo y restablecer la velocidad autorizada en los horarios.

- 8) En trabajos de rehabilitación y conservación de tramos de vía, el personal de vía deberá proteger el tráfico de trenes de acuerdo con lo que señala el Reglamento de Conservación de Vía para los Ferrocarriles Mexicanos (Reglas 99 y 627).
- 9) En vías recién niveladas o reconstruidas, el personal de conservación de vía deberá vigilar el paso de los primeros trenes a velocidad reducida, observando que no se produzcan cambios en la geometría de la vía, a menos que la vía haya sido estabilizada dinámicamente por medio de un estabilizador dinámico. En ese caso, los 2 primeros trenes se podrán operar a la velocidad que indique el horario, cuando sea menor de 40 km./h., siendo esta el límite. Los trenes siguientes podrán circular a la velocidad marcada en el horario.
- 10) Los cambios, por ser los puntos más delicados de la vía, deberán ser objeto de cuidado especial, colocándose ordenes de precaución cuando su funcionamiento no sea el adecuado por desajustes o piezas dañadas de acuerdo con la Regla 608 del Reglamento de Conservación de Vía.

### III.- ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA SEGURIDAD DEL TRAFICO DE TRENES CON EL ESTABLECIMIENTO DE LAS ORDENES DE PRECAUCIÓN CORRESPONDIENTES.

Tabla A.- Colocación de ordenes de precaución provisionales, en vías inspeccionadas por el carro detector de defectos internos de riel "SPERRY".

Tabla B.- Colocación de ordenes de precaución provisionales, por trabajos de vía.

Tabla C.- Colocación de ordenes de precaución provisionales, por defectos geométricos de la vía, marcados por el carro registrador geométrico de vía.

Tabla D.- Colocación de ordenes de precaución provisionales, por reparación de estructuras.

Tabla E.- Colocación de ordenes de precaución provisionales, por defectos en estructuras.

**TABLA A**  
**APLICACION TEMPORAL DE RESTRICCIONES DE VELOCIDAD SOBRE LA VIA POR MEDIO DE**  
**INSPECCIONES REALIZADAS CON CAPROS DETECTORES DE DEFECTOS DE RIELES**

DEFECTO		ACCION CORRECTIVA QUE SE DEBE REALIZAR
DESCRIPCION	MAGNITUD	
FISURA TRANSVERSAL	20% o MENOR (Pequeño)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL DENTRO DE LOS SIGUIENTES 5 DIAS
FISURA TRANSVERSAL	21% - 40% (Mediano)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION DESPUES DE ESTA ACCION. PROCEDER A 30 KM/H. REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTE 2 DIAS
FISURA TRANSVERSAL	41% - 100% (Grande)	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
FISURA COMPUESTA	20% o MENOR (Pequeño)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 5 DIAS.
FISURA COMPUESTA	21% - 40% (Mediano)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION, DESPUES PROCEDER A 30 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 2 DIAS
FISURA COMPUESTA	41% - 100% (Grande)	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL. REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
FRACTURA DE DETALLE	20% o MENOR (Pequeño)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION, DESPUES PROCEDER A 30 KM/H. MAXIMO SEGUN EL CASO. REEMPLAZAR EL RIEL DENTRO DE LOS 2 DIAS SIGUIENTES.
FRACTURA DE DETALLE	21% - 40% (Mediano)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION, DESPUES PROCEDER A 30 KM/H. REEMPLAZAR EL RIEL DENTRO DE LOS 2 DIAS SIGUIENTES.
FRACTURA DE DETALLE	41% - 100% (Grande)	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE.

TABLA A (CONT.)
   
 APLICACION TEMPORAL DE RESTRICCIONES DE VELOCIDAD SOBRE LA VIA POR MEDIO DE
   
 INSPECCIONES REALIZADAS CON CARROS DETECTORES DE DEFECTOS DE RIELES.

DEFECTO		ACCION CORRECTIVA QUE SE DEBE REALIZAR
DESCRIPCION	GRADO	
FRACTURA POR PATINADURAS, SOLDADURA DEFECTUOSA	20% o MENOR (Pequeno)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KM/H. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION. DESPUES PROCEDER A VELOCIDAD NORMAL. REEMPLAZAR EL RIEL DENTRO DE LOS 5 DIAS SIGUIENTES.
FRACTURA POR PATINADURAS, SOLDADURA DEFECTUOSA	21% - 40% (Mediano)	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION. REEMPLAZAR EL RIEL DENTRO DE LOS 2 DIAS SIGUIENTES.
FRACTURA POR PATINADURAS, SOLDADURA DEFECTUOSA	41% - 100% (Grande)	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL. REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
GRIETAS EN EL HONGO EN SENTIDO HORIZONTAL o VERTICAL	0" - 2"	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 40 KM/H. REEMPLAZAR EL RIEL DENTRO DE LOS SIGUIENTES 15 DIAS.
GRIETAS EN EL HONGO EN SENTIDO HORIZONTAL o VERTICAL	2" - 4"	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KM/H. REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 5 DIAS.

TABLA A (CONT.)  
 APLICACION TEMPORAL DE RESTRICCIONES DE VELOCIDAD SOBRE LA VIA POR MEDIO DE INSPECCIONES REALIZADAS CON CARROS DETECTORES DE DEFECTOS DE RIELES

DEFECTO		ACCION CORRECTIVA QUE SE DEBE REALIZAR
DESCRIPCION	GRADO	
GRIETAS EN EL HONGO EN SENTIDO HORIZONTAL O VERTICAL	4° o MAYOR	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
GRIETAS EN EL HONGO EN SENTIDO HORIZONTAL O VERTICAL	RUPTURA EN EL HONGO DEL RIEL	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
GRIETAS EN EL ALMA Y RIEL ENTUBADO SEPARACION ENTRE EL HONGO Y EL ALMA	0° - 1/2°	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 40 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 15 DIAS
GRIETAS EN EL ALMA Y RIEL ENTUBADO SEPARACION ENTRE EL HONGO Y EL ALMA	1/2° - 3°	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 5 DIAS
GRIETAS EN EL ALMA Y RIEL ENTUBADO, SEPARACION ENTRE EL HONGO Y EL ALMA	3° o MAYOR	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE.
GRIETAS EN EL ALMA Y RIEL ENTUBADO, SEPARACION ENTRE EL HONGO Y EL ALMA	RUPTURA EN EL HONGO DEL RIEL	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE.
GRIETAS EN LOS ORIFICIOS DEL RIEL EN JUNTAS EMPLANCHUELADAS	0° - 1/2°	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 40 KM/H REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 5 DIAS.

TABLA A (CONT.)
   
 APLICACION TEMPORAL DE RESTRICCIONES DE VELOCIDAD SOBRE LA VIA POR MEDIO DE
   
 INSPECCIONES REALIZADAS CON CARROS DETECTORES DE DEFECTOS DE RIELES

DEFECTO		ACCION CORRECTIVA QUE SE DEBE REALIZAR
DESCRIPCION	MAGNITUD	
GRIETAS EN LOS ORIFICIOS DEL RIEL EN LAS JUNTAS EMPLANCHUELADAS	1/2" - 1 1/2"	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KMH REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 3 DIAS.
GRIETAS EN LOS ORIFICIOS DEL RIEL EN LAS JUNTAS EMPLANCHUELADAS	1 1/2" o MAYOR	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KMH REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE.
GRIETAS EN LOS ORIFICIOS DEL RIEL SOLDADO	MAYOR DE 1/2"	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KMH. REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE.
GRIETAS EN LOS ORIFICIOS.	RUPTURA QUE LLEGA HASTA EL HONGO DEL RIEL	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
RUPTURA EN EL PATIN DEL RIEL	0" -6"	RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KMH. HASTA QUE SE COLOQUEN Y ATORNILLEN LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION  REEMPLAZAR EL RIEL EN LOS SIGUIENTES 2 DIAS
RUPTURA EN EL PATIN DEL RIEL	6" o MAYOR	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE.
RUPTURA ORDINARIA	TOTAL	ASIGNAR A PERSONAL CALIFICADO PARA QUE SUPERVISE LOS MOVIMIENTOS DE LOS TRENES SOBRE EL RIEL REEMPLAZAR EL RIEL INMEDIATAMENTE
RIEL DAÑADO	PARCIAL	COLOCAR LAS PLANCHUELAS DE PROTECCION EN LOS SIGUIENTES 15 DIAS. RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 30 KMH. HASTA QUE SE COLOQUEN LAS PLANCHUELAS. DESPUES PROCEDER A 40 KMH MAXIMO. PROGRAMAR EL CAMBIO DEL RIEL

**TABLA B**  
 APLICACION TEMPORAL DE RESTRICCIONES DE VELOCIDAD PARA EFECTUAR TRABAJOS SOBRE LA VIA

TIPO DE TRABAJO	TEMPERATURA MAXIMA DEL RIEL EN EL DIA	DURACION MINIMA Y VELOCIDAD MAXIMA SOBRE LA RESTRICCION PARA ESTABILIZAR LA VIA DESPUES DE HABER TERMINADO LOS TRABAJOS.
COLOCACION DE RIEL EN CURVAS Y SUSTITUCION DE RIEL DEFECTUOSO	CUALQUERA	1 TREN A UNA VELOCIDAD DE 25 KM/H SI LA VIA ESTA CORRECTA, SE PODRA AUTORIZAR LA VELOCIDAD MAXIMA
RENOVACION DE DURMIENTES AISLADOS Y EN GRUPOS DESGUARNECIDO Y NIVELACION	40°C Y MAYOR	20 TRENES A UNA VELOCIDAD DE 30KM/H. SI LA VIA CONTINUA CORRECTA SE PODRA AUTORIZAR LA VELOCIDAD MAXIMA.
	24°C - 39°C	10 TRENES A 30KM/H SI LA VIA CONTINUA CORRECTA SE PODRA AUTORIZAR LA VELOCIDAD MAXIMA
	23°C Y MENOR	5 TRENES A UNA VELOCIDAD DE 30 KM/H. SI LA VIA ESTA CORRECTA, ENTONCES SE PODRA AUTORIZAR LA VELOCIDAD MAXIMA.
NIVELACION CON ESTABILIZADOR DINAMICO	CUALQUERA	SI LA VIA ESTA CORRECTA, ENTONCES SE PODRA AUTORIZAR LA VELOCIDAD MAXIMA

TABLA B (CONT.)
   
 APLICACION TEMPORAL DE RESTRICCIONES DE VELOCIDAD PARA EFECTUAR TRABAJOS SOBRE LA VIA

TIPO DE TRABAJO	TEMPERATURA MAXIMA DEL RIEL EN EL DIA	DURACION MINIMA Y VELOCIDAD MAXIMA SOBRE LA RESTRICCION PARA ESTABILIZAR LA VIA DESPUES DE HABER TERMINADO LOS TRABAJOS
DESGUARNECIDO EN TRAMOS CORTOS Y EN GRANDES LONGITUDES SIN NIVELACION	CUALQUIERA	2 TRENES A UNA VELOCIDAD DE 15 KM/H SI LA VIA ESTA CORRECTA, PROCEDER A 25 KM/H. HASTA QUE SE EFECTUEN TRABAJOS DE NIVELACION
JUNTAS DISPAREJAS ENTRE RIELES HASTA CON 1/4" DE DIFERENCIA DE ALTURAS	CUALQUIERA	30 KM/H
JUNTAS DISPAREJAS ENTRE RIELES HASTA CON 3/16" DE DIFERENCIA DE ALTURAS	CUALQUIERA	40 KM/H
JUNTAS DISPAREJAS ENTRE RIELES HASTA 1/4" POR EL LADO DE ESCANTILLON	CUALQUIERA	15 KM/H.
JUNTAS DISPAREJAS ENTRE RIELES HASTA 3/16" POR EL LADO DE ESCANTILLON	CUALQUIERA	40 KM/H.

TABLA C  
 RESTRICCIONES TEMPORALES DE VELOCIDAD POR DEFICIENCIAS EN LA GEOMETRÍA DE LA VÍA DETECTADAS CON EL CARRO REGISTRADOR  
 (DRE 514)

MEDICIONES EFECTUADAS CON EL CARRO PARA ANALIZAR LA GEOMETRÍA DE LA VÍA	SIN ORDEN DE PRECAUCIÓN		PASAJEROS 50 KM/H / CARGA 30 T/MH	
	DE	HASTA, INCLUYENDO	MAYOR DE	HASTA, INCLUYENDO
ALINEAMIENTO EN 10 m.	0"	20 mm.	21 mm.	25 mm.
ESCANTILLON ABIERTO EN TANGENTE	0"	20 mm.	21 mm.	25 mm.
ESCANTILLON ABIERTO EN CURVA	0"	25 mm.	26 mm.	30 mm.
ESCANTILLON CERRADO	0"	12 mm.	* N/A.	N/A.
NIVELACION (JUNTAS BAJAS)	0"	22 mm.	23 mm.	35 mm.
DISCREPANCIA DE SOBRE ELEVACION	0"	22 mm.	23 mm.	35 mm.
NIVEL TRANSVERSAL EN TANGENTE	0"	25 mm.	26 mm.	35 mm.
DEFICIENCIAS EN ALABEO DE 3.50 m.	0"	25 mm.	26 mm.	35 mm.
DEFICIENCIA EN ALABEO DE 18.90 m.	0"	35 mm.	36 mm.	55 mm.
HUNDIMIENTO EN LA NIVELACION	0"	22 mm.	23 mm.	35 mm.
DEFICIENCIA DE NIVEL EN CAMBIO	0"	14 mm.	15 mm.	22 mm.

\* NO SE APLICA

TABLA C (CONT.)  
 RESTRICCIONES TEMPORALES DE VELOCIDAD POR DEFICIENCIAS EN LA GEOMETRIA DE LA VIA, DETECTADAS CON EL CARRO REGISTRADOR (DRESINA).

DEFICIENCIAS EFECTUADAS CON UN VEHICULO PARA ANALIZAR LA GEOMETRIA DE LA VIA	PASAJEROS 30 KM/H. / CARGA 20 KM/H		15 KM/H.		FUERA DE SERVICIO
	MAYOR DE	HASTA, INCLUYENDO	MAYOR DE	HASTA, INCLUYENDO	MAYOR DE
ALINEAMIENTO EN 10 m	35 mm.	50 mm.	50 mm.	75 mm.	75 mm.
ESCANTILLON ABIERTO EN TANGENTE	25 mm.	30 mm.	30 mm.	35 mm.	35 mm.
ESCANTILLON ABIERTO SOBRE CURVA	30 mm.	32 mm.	32 mm.	35 mm.	35 mm.
ESCANTILLON CERRADO	N/A	N/A	N/A	N/A	12 mm.
NIVELACION (JUNTAS BAJAS)	35 mm.	45 mm.	45 mm.	50 mm.	50 mm.
DISCREPANCIA DE SOBRE ELEVACION	35 mm.	50 mm.	50 mm.	65 mm.	65 mm.
NIVEL TRANSVERSAL TANGENTE	35 mm.	50 mm.	50 mm.	65 mm.	65 mm.
IRREGULARIDADES ALABEO DE 3.50 m	* N/A	N/A	N/A	N/A	35 mm.
ALABEO DE 18.00 m.	N/A	N/A	N/A	N/A	55 mm.
HUNDIMIENTO EN LA NIVELACION	35 mm.	40 mm.	40 mm.	50 mm.	50 mm.
DEFICIENCIA DE NIVEL EN CAMBIOS	22 mm.	25 mm.	25 mm.	32 mm.	32 mm.

\* NO SE APLICA

**TABLA D**  
**RESTRICCIONES TEMPORALES DE VELOCIDAD PARA EFECTUAR**  
**REPARACIONES SOBRE ESTRUCTURAS.**

TIPO DE TRABAJO	TEMPERATURA DE RIEL	VELOCIDAD MAXIMA RESTRICTIVA
PREPARACION PARA LA CONSTRUCCION DE UN PUENTE	CUALQUIERA	20 KM/H
RECONSTRUCCION O REPARACION DE LA SUB ESTRUCTURA	CUALQUIERA	15 KM/H
INSTALACION O REPARACION DE LA SUPERESTRUCTURA	CUALQUIERA	15 KM/H
NUEVA ESTRUCTURA DE VIA CON CUBETA BALASTADA	CUALQUIERA	10 TRENES A UNA VELOCIDAD DE 15 KM/H DESPUES PROCEDER CON LOS 10 TRENES A 30 KM/H.
NUEVA ESTRUCTURA DE VIA ( CUBIERTA ABIERTA SIN AJUSTAR)	CUALQUIERA	15 KM/H. HASTA QUE LA CUBIERTA Y TODA LA TORNILLERIA RELACIONADA SEA FLUADA CON SEGURIDAD
REEMPLAZO DE DURMIENTES EN PUENTES CON CUBIERTA ABIERTA	MENOR DE 38°C	30 KM/H. HASTA QUE TODA LA TORNILLERIA RELACIONADA SEA FLUADA CON SEGURIDAD
	38°C o MAYOR	15 KM/H. HASTA QUE TODA LA TORNILLERIA RELACIONADA SEA FLUADA CON SEGURIDAD
REEMPLAZO DE LARGUEROS	CUALQUIERA	15 KM/H. HASTA QUE TODA LA TORNILLERIA RELACIONADA O REMACHES SE FIJEN CON SEGURIDAD
REEMPLAZO DE CASEZALES	CUALQUIERA	15 KM/H. HASTA QUE TODA LA TORNILLERIA RELACIONADA SEA FLUADA CON SEGURIDAD
COLOCACION DE PILOTES Y CONTRA VENITEO	CUALQUIERA	15 KM/H. HASTA QUE TODA LA TORNILLERIA RELACIONADA SEA FLUADA CON SEGURIDAD
EXCAVACION Y COLOCACION DE MUERTOS	CUALQUIERA	10 TRENES A UNA VELOCIDAD DE 15 KM/H. DESPUES PROCEDER CON LOS 10 TRENES A 30 KM/H.

NOTA : LOS TRENES SEÑALADOS ANTERIORMENTE SON TRENES DE CARGA PARA FINES DE ESTABILIZACION.  
 € TRENES DE PASAJEROS SE CONTARAN COMO UN TREN DE CARGA .

TABLA D (CONT.)
   
 RESTRICCIONES TEMPORALES DE VELOCIDAD PARA EFECTUAR
   
 REPARACIONES SOBRE ESTRUCTURAS.

TIPO DE TRABAJO	TEMPERATURA DE RIEL	VELOCIDAD MAXIMA RESTRICTIVA
REEMPLAZO DEL GUARDA BALASTO	CUALQUIERA	15 KM/H. HASTA QUE SE TERMINE LA INSTALACION
REEMPLAZO DE MIEMBROS Y ELEMENTOS DE ACERO	CUALQUIERA	15 KM/H. HASTA QUE SE TERMINE LA INSTALACION
EXCAVAR Y CONSTRUIR ALCANTARILLAS INCLUYENDO LOS TRABAJOS PARA RELLENAR		CUANDO EL TRABAJO ESTE TERMINADO PASAR 10 TRENES A UNA VELOCIDAD DE 15 KM/H. DESPUES PROCEDER CON LOS 10 TRENES A 30 KM/H.

NOTA : LOS TRENES SENALADOS ANTERIORMENTE SON TRENES DE CARGA. PARA FINES DE ESTABILIZACION, 6 TRENES DE PASAJEROS SE CONTARAN COMO UN TREN DE CARGA.

**TABLA E**  
**RESTRICCIONES TEMPORALES DE VELOCIDAD POR DEFECTOS EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE DEFECTO		ACCION CORRECTIVA
TRES DURMIENTES CONSECUTIVOS EN PUENTES METALICOS QUE DEBEN SER REEMPLAZADOS		RESTRINGIR LA VELOCIDAD A UN MAXIMO DE 25 KM/H HASTA QUE LAS CONDICIONES SEAN CORREGIDAS
LARGUEROS ROTOS EN TRIPLEX		<p>EN EL CASO DE UN LARGUERO ROTO RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H HASTA QUE SE REEMPLAZE O SE COLOQUE OTRO LARGUERO DE APOYO O AUXILIAR</p> <p>EN EL CASO DE DOS LARGUEROS ROTOS SUSPENDER EL TRAFICO HASTA QUE DICHOS LARGUEROS SEAN REEMPLAZADOS O SE COLOQUEN OTROS DE APOYO O AUXILIARES</p>
LARGUEROS ROTOS EN CUADRUPLEX		<p>EN EL CASO DE 2 LARGUEROS ROTOS, RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H. HASTA QUE DICHOS LARGUEROS SEAN REEMPLAZADOS O SE COLOQUEN OTROS DE APOYO O AUXILIARES</p> <p>EN EL CASO DE 3 LARGUEROS ROTOS SUSPENDER EL SERVICIO HASTA QUE DICHOS LARGUEROS SEAN REEMPLAZADOS O SE COLOQUEN OTROS DE APOYO O AUXILIARES</p>
LARGUEROS ROTOS EN QUINTUPLEX		<p>EN EL CASO DE 2 LARGUEROS ROTOS, RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 25 KM/H. HASTA QUE DICHOS LARGUEROS SEAN REEMPLAZADOS O SE COLOQUEN OTROS DE APOYO O AUXILIARES</p> <p>EN EL CASO DE 3 LARGUEROS ROTOS, RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 15 KM/H HASTA QUE DICHOS LARGUEROS SEAN REEMPLAZADOS O SE COLOQUEN OTROS DE APOYO O AUXILIARES</p> <p>EN EL CASO DE 4 LARGUEROS ROTOS SUSPENDER EL SERVICIO DEL PUENTE HASTA QUE DICHOS LARGUEROS SEAN REEMPLAZADOS O SE COLOQUEN OTROS DE APOYO O AUXILIARES</p>
CUALQUIER TIPO DE DEFECTO EN LOS CABEZALES Y PILOTES		RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 25 KM/H HASTA QUE LAS CONDICIONES SEAN CORREGIDAS, O BIEN SE EFECTUE UNA INSPECCION POR PERSONAL CALIFICADO PARA MODIFICARLA.



TABLA E (CONT.)  
RESTRICCIONES TEMPORALES DE VELOCIDAD POR DEFECTOS EN ESTRUCTURAS

TIPO DE DEFECTO		ACCION CORRECTIVA
TRABES DE ACERO. DAÑOS EN MIEMBROS CRITICOS		SUSPENDER EL SERVICIO DEL PUENTE HASTA QUE SE REALICEN LOS TRABAJOS DE REEMPLAZO O SE INSPECCIONE POR PERSONAL CALIFICADO PARA SITUAR LA ORDEN DE PRECAUCION CORRESPONDIENTE.
DAÑOS EN LOS COMPONENTES DE CONCRETO		RESTRINGIR LA VELOCIDAD A 25 KM/H. HASTA QUE LAS CONDICIONES SEAN CORREGIDAS, O BIEN SE EFECTUE UNA INSPECCION POR PERSONAL CALIFICADO PARA MODIFICARLA.
SUB-ESTRUCTURA DE ACERO. DAÑOS EN LOS COMPONENTES CRITICOS		SUSPENDER EL SERVICIO DEL PUENTE HASTA QUE SE REALICEN LOS TRABAJOS DE REEMPLAZO O SE INSPECCIONE POR PERSONAL CALIFICADO PARA SITUAR LA ORDEN DE PRECAUCION CORRESPONDIENTE.

EN EL MES DE MAYO DEL AÑO 2000. FERROSUR, S.A. DE C.V., DECIDIO REVISAR SUS PRINCIPALES PUENTES DE ARMADURA PUES ESTOS YA TIENEN MUCHOS AÑOS CONSTRUIDOS, DE ELLOS DESTACA EL PUENTE -PAPALOAPAN- QUE SOBRE EL RIO DEL MISMO NOMBRE Y EN UNA LONGITUD DE 328 M., LO CRUZA MEDIANTE 6 ESTRUCTURAS, CINCO DE ELLAS DE TIPO "PRATT" DE 51.86 M. Y UNA ESPECIAL GIRATORIA DE 68.38 M. QUE CUANDO SE CONSTRUYO POR EL AÑO 1900, HACE MAS DE 100 AÑOS, SE PENSO DARIA PASO A EMBARCACIONES QUE REMONTARIAN EL RIO.

SE REVIJO LA SUBESTRUCTURA, DESDE EL FONDO DEL RIO PARA DETECTAR DESVIACIONES, ASENTAMIENTOS O ROTURAS QUE PUDIERAN AFECTAR A LAS PILAS Y LOS- ESTRIBOS, DESDE SU CIMENTACION HASTA LAS CORONAS Y SUPERFICIES DE APOYO, ESPECIAL ENFASIS SE REQUIRIO EN LA PILA No. 2 PUES ESTA PRESENTABA ROTURAS EN EL CUERPO DE LA PILA Y LA CORONA QUE CAUSABA A SIMPLE VISTA TEMOR DE UN COLAPSO.



DESPRENDIMIENTO DE  
CONCRETO ESQUINA DE-  
RECHA EN LADO NORTE  
DE LA PILA No.2



DAÑOS EN LA PILA No.2 PUENTE "PAPALOAPAN".

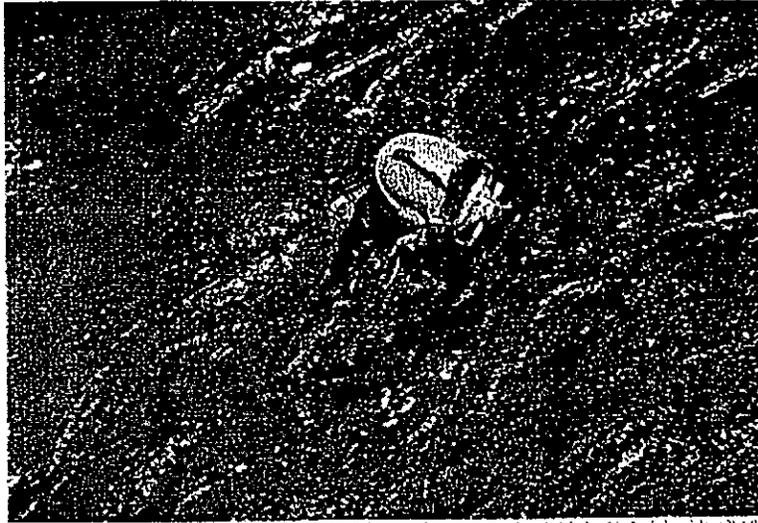
CON BUZOS ESPECIALISTAS Y EQUIPO DE BUCEO CON SUMINISTRO DE AIRE DESDE LA SUPERFICIE Y CASCO QUE PERMITE LA COMUNICACIÓN VERBAL CON EL SUPERVISOR, SE LLEVO A CABO UNA INSPECCION MINUCIOSA DE LA PARTE BAJO EL AGUA DE LAS PILAS, LOS REPORTES DEL PERSONAL DE BUCEO, NO MOSTRARON QUE BAJO DEL NIVEL DEL AGUA EXISTIERAN SOCAVACIONES NI DESPLOMES DE NINGUNA INDOLE.

#### PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACTIVIDADES CON EQUIPO Y PERSONAL DE BUCEO

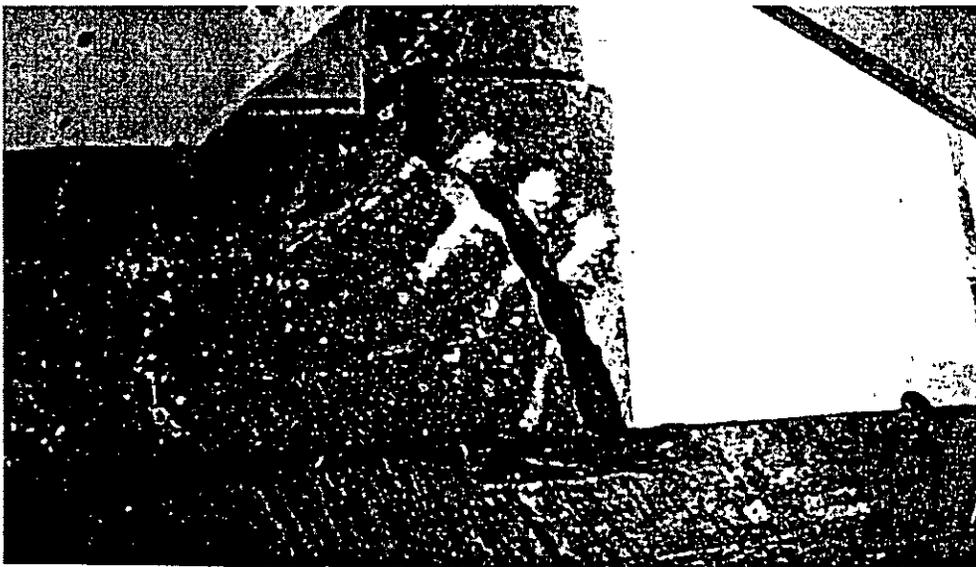
*APLICA A CADA UNO DE LOS PUENTES DONDE FUE NECESARIO REALIZAR ACTIVIDADES SUBACUATICAS.*



SE PROCEDE AL ACOPLAMIENTO Y CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS DE BUCEO



DEL ESTUDIO POR MEDIO DEL ESCLEROMETRO NOS MOSTRO UN CONCRETO QUE POR LO VIEJO HA ADQUIRIDO UNA GRAN DUREZA ALREDEDOR DE  $F'c = 400 \text{ Kg/Cm}^2$  PERO QUE QUIZA ESTE CRISTALIZADO Y POR LO TANTO FACILMENTE SUJETO A AGRIETAMIENTOS PUES ADEMAS PARECE QUE SU ARMADO ES MUY PRECARIO. LA INSPECCION VISUAL NOS MOSTRO EN LA PILA No.2 DAÑOS MUY PROFUNDOS EN LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO DE LA PILA Y EN LA CORONA DE LA MISMA QUE SE HAN MAGNIFICADO DESPUES DEL SISMO DE INTENSIDAD 70 RITCHER QUE SUCEDIO EL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1999, ADEMAS EL TRAFICO DE TRENES SE HA INCREMENTADO EN FRECUENCIA Y PESO, OCACIONANDO QUE ESTAS GRIETAS HAYAN IDO AVANZANDO PELIGROSAMENTE.

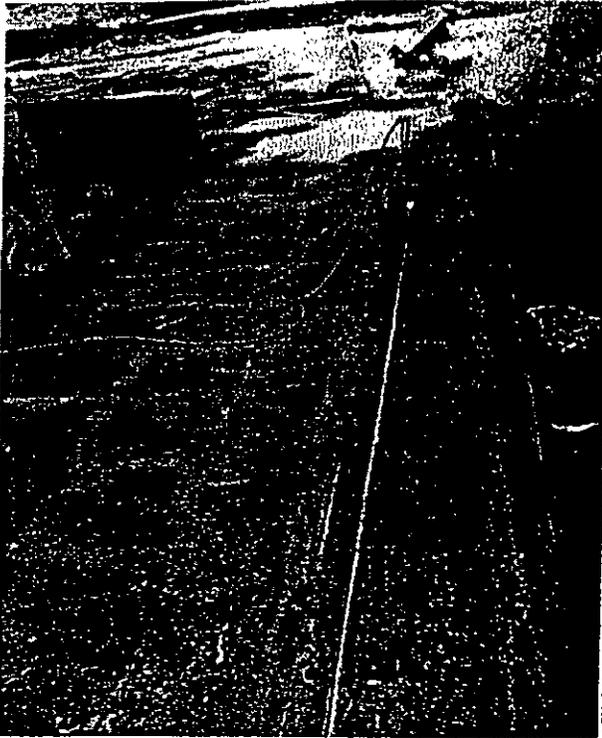


DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO BAJO  
PLACA DE ASIENTO DE ARMADURA 3

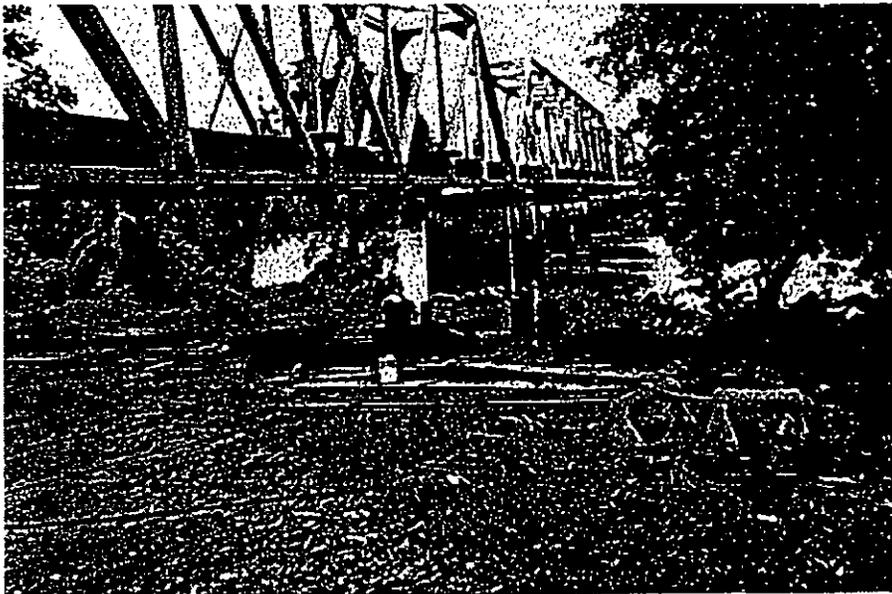


GRIETA EN PLANTA  
LOCALIZADA ENTRE ARMADURA 2 Y 3

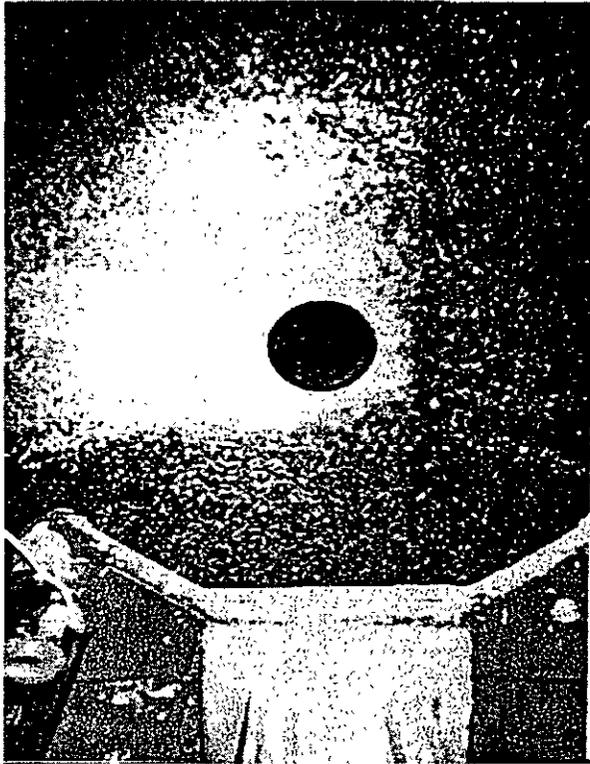
DE LA UBICACION DE LA PILA A 100 M. DE LA MARGEN Y A 13 M. DEL NIVEL DEL AGUA, INDICABA QUE SU REPARACION CONVENCIONAL, (DEMOLIENDOLA Y RECONSTRUYENDOLA) RESULTARA UNA OPCION MUCHO MUY CARA, SE PROPUSO Y FERROSUR ACEPTO, REFORZARLA EXTERIORMENTE, POR MEDIO DE ZUNCHOS DE PLACA DE 1/2" DE ESPESOR Y ANCHO DE 40 CM. QUE ABRAZAN EN CUATRO OCACIONES EL CUERPO DE LA PILA Y TAMBIEN ALREDEDOR DE LA CORONA DONDE SE COLOCARON DOS ZUNCHOS ADICIONALES DE ANGULO DE 3' x 1/2", PARA MANTENER ESOS ZUNCHOS EN SU LUGAR Y TENER EN SU TRABAJO CLAROS MAS PEQUEÑOS, SE REALIZARON PERFORACIONES EN EL CONCRETO, ATRAVESANDOLO EN LOS LUGARES SEÑALADOS Y EN UNA LONGITUD DE 2.50 M. CON UN DIAMETRO DE 2", QUE PERMITIO FIJAR MEDIANTE UNA FLECHA DE ACERO REDONDO DE 1 1/2' DE DIAM. ROSCADO EN SUS EXTREMIDADES Y APRETADO CON TUERCAS Y ARANDELAS SOLIDAMENTE AL ZUNCHO AL CUERPO DE LA PILA, SE RELLENO LA SEPARACION DEL METAL CON EL CONCRETO CON UN MARTERO EXPANSOR QUE ASEGURO LA TOTAL ADHERENCIA DEL ZUNCHO A LA CORONA.



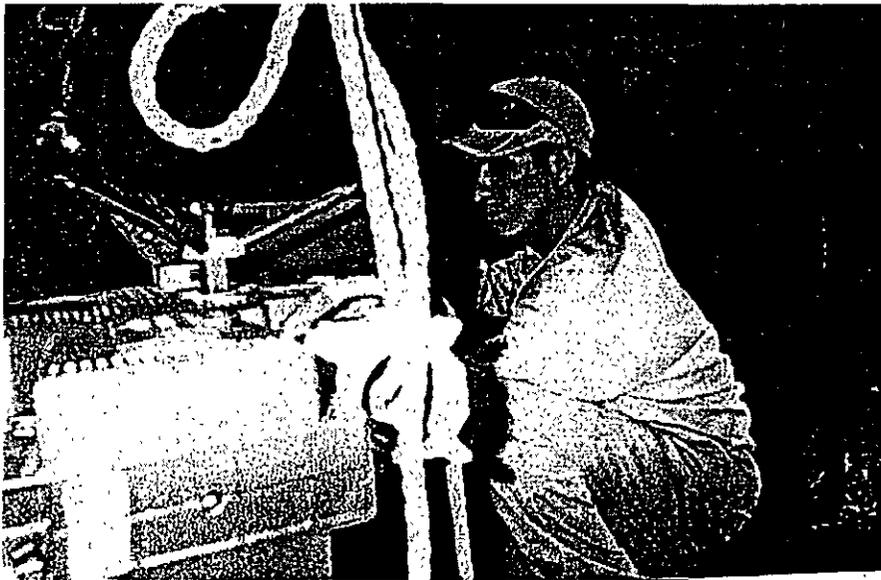
CORTE DE LA PLACA DE ZUNCHO.



SE APRECIA EL DOBLADO DE LOS ZUNCHOS PARA  
AJUSTARSE A LAS ESQUINAS



PERFORACIONES.



PERFORADORA EN OPERACIÓN.

ZUNCHOS, PROCESO DE  
CONSTRUCCION.

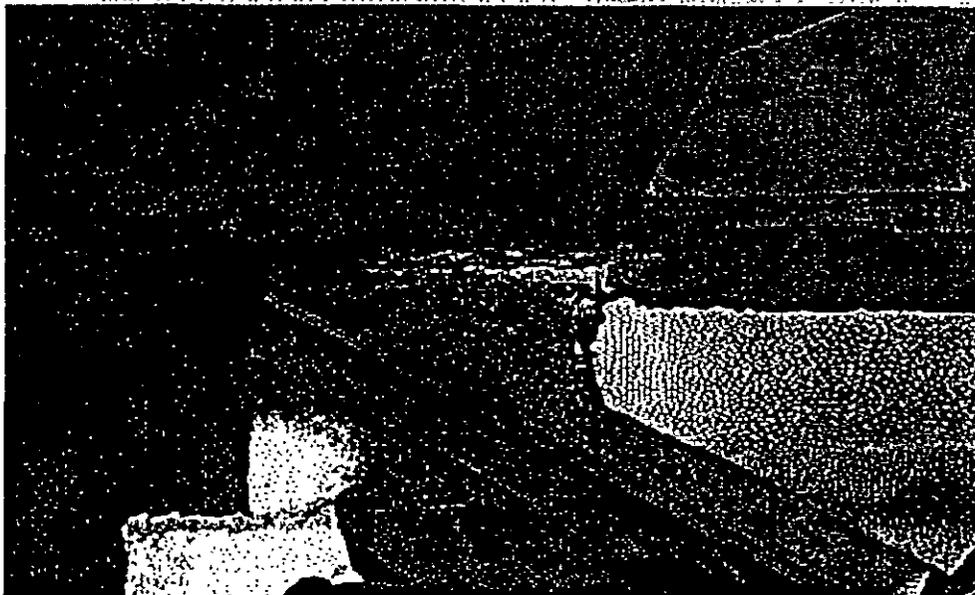


LOS DAÑOS EN LAS DEMAS PILAS SON MUCHO MENORES EN ALGUNAS YA APRECIABLES, POR ESO SE CONSIDERO ADECUADO REFORZAR LAS CORONAS DE LAS MISMAS.

SE LLEVO A CABO UNA MINUCIOSA INSPECCION VISUAL Y APOYADOS CON LA UTILIZACION DE LIQUIDOS PENETRANTES, SE ENCONTRARON DIVERSOS DANOS EN LAS ARMADURAS; COMO MATERIAL EN MAL ESTADO, PROVOCADO POR CORROSION SEVERA EN ALTO GRADO, EN CONEXIONES DE PIEZAS DE PUENTE, CON LARGUEROS, CON ATEZADORES DE LARGUEROS, UNIONES DE NODOS DE CUERDAS Y CONTRAVENTEOS, PIEZAS DE PLACAS DE APOYO, SOLDADURAS ROTAS Y FALTANTES, ETC., DE TODO LO CUAL SE HIZO UN REGISTRO PARA CONTROL DE SU POSTERIOR REPARACION.

## DAÑOS ENCONTRADOS CON LIQUIDOS PENETRANTES

### ARMADURA No.5

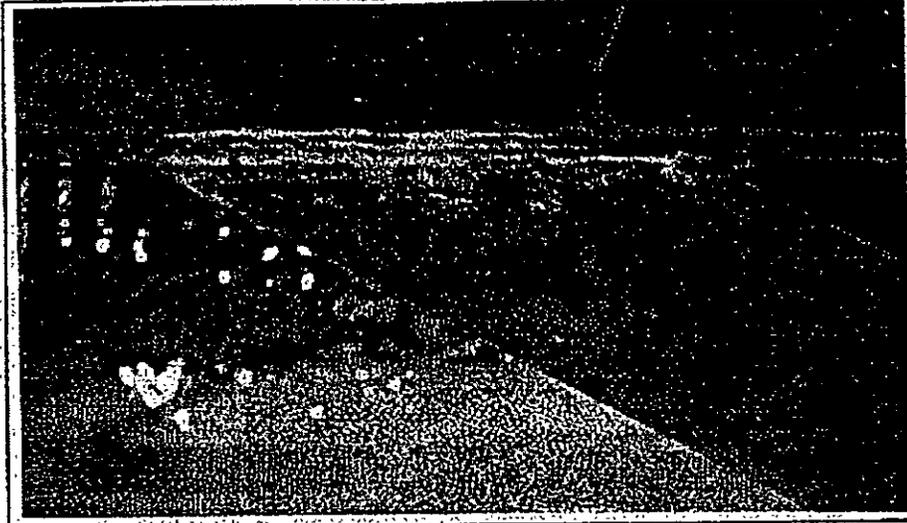


OP 4

PLACA DESGASTADA POR CORROSION.

---

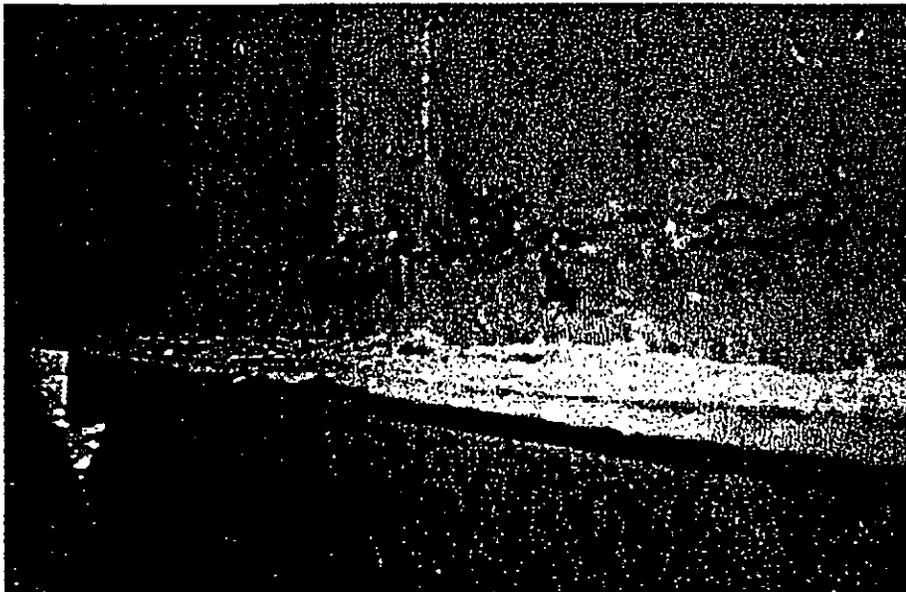
**DAÑOS ENCONTRADOS CON LIQUIDOS PENETRANTES**



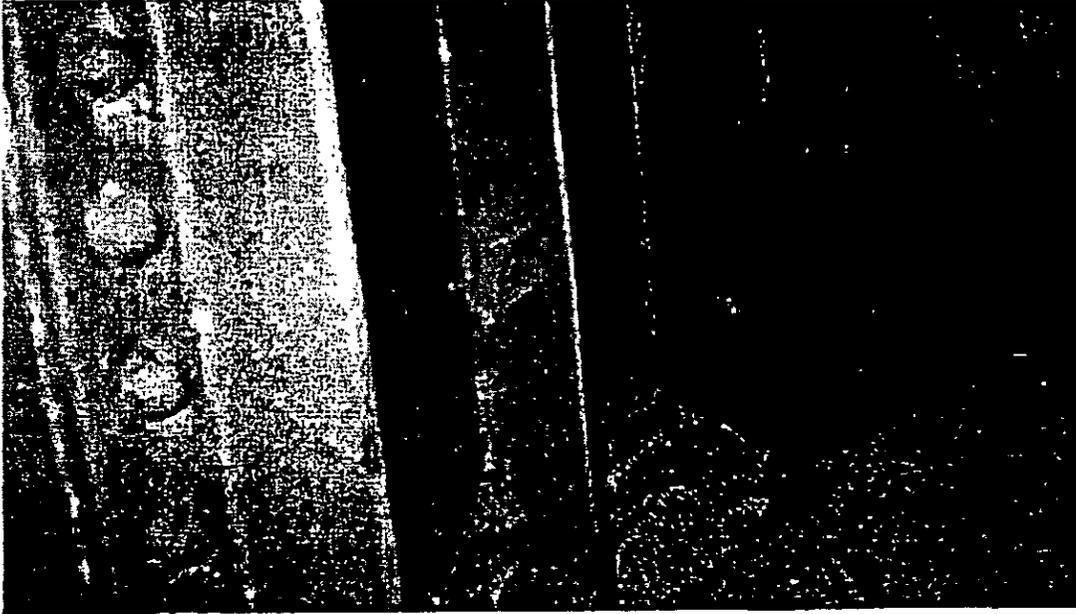
OP 6

SOLDADURA INSPECCIONADA LARGUERO IZQUIERDO  
INTERNO CUADRADO.

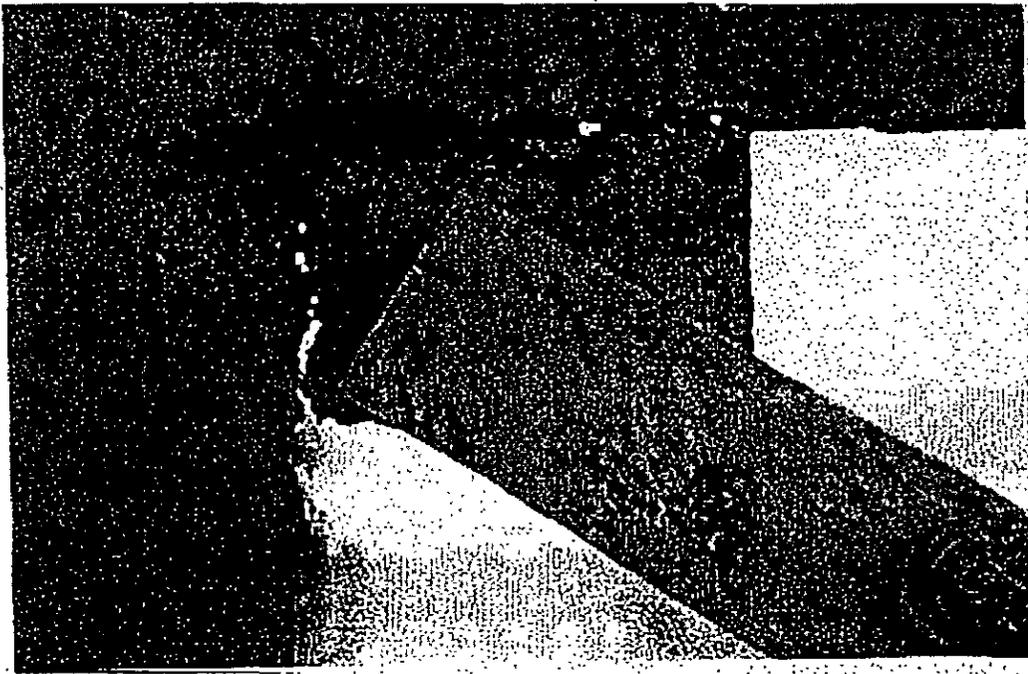
**DAÑOS EN LARGUEROS**



**DAÑOS EN LARGUEROS**



**DAÑOS EN LARGUEROS**



---

**DAÑOS ENCONTRADOS CON LIQUIDOS PENETRANTES**

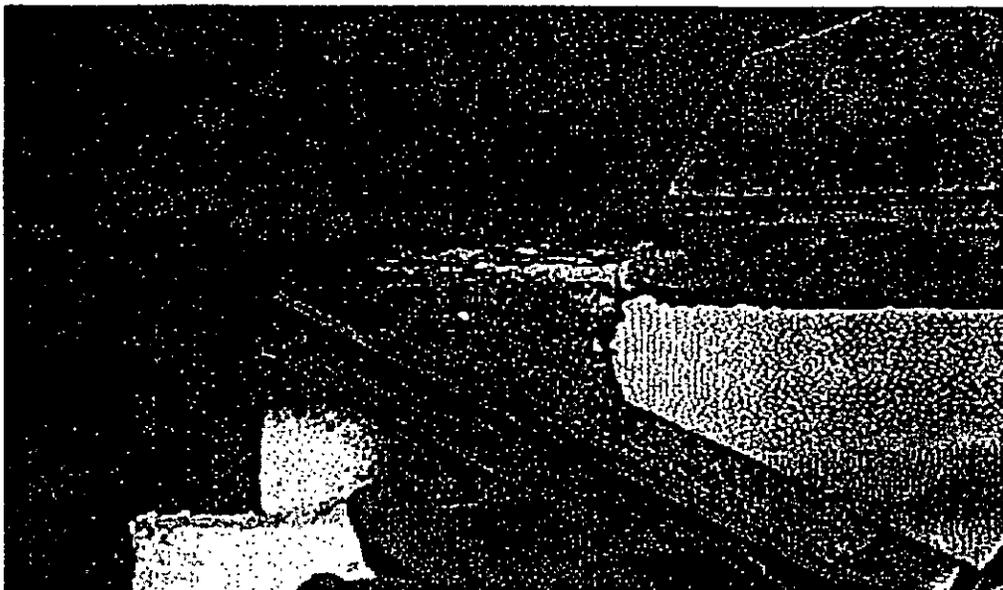
**FP 3**

**GRIETA EN SOLDADURAS DE ANGULARES**



**FP 2**

**GRIETA EN SOLDADURA DE PLACA CON VIGA**



SE LLEVO A CABO LA REPARACION EN LA SIGUIENTE FORMA:

a).- SE CAMBIO MATERIAL DAÑADO POR MATERIAL NUEVO ASTM A-36 SOLDANDOLO CON UN CORDON DE FONDEO DE 6010 EN DIAMETROS DE 1/8" Y 5/32" Y CORDON DE ACABADO CON 7018 EN 1/8" Y 5/32" Y EN PLACAS DE 1" DE ESPESOR SE UTILIZARON DIAMETROS DE 3/16".

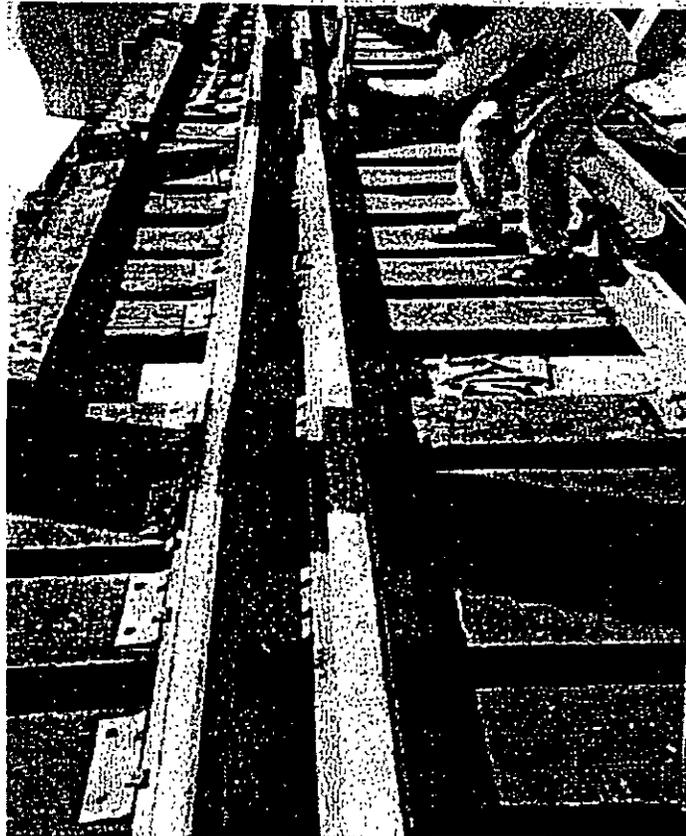
b).- REPARACION DE SOLDADURAS; SE VACIARON CORDONES EN MAL ESTADO USANDO ELECTRODOS DE CORTE CHAMFERTRODE DE 1/4" DE DIAMETRO A 300 AMPS. LIMPIANDO POSTERIORMENTE RESIDUOS CON DISCO DE DESBASTE, APLICANDOSE NUEVOS CORDONES CON EL MISMO PROCEDIMIENTO DE CORDON DE FONDEO DE 6010 Y ACABADO 7018 EN DIAMETROS DE 1/8" A 3/16".

c).- SOLDADURA FALTANTE: SE APLICARON CORDONES NUEVOS SIEMPRE USANDO 6010 DE CORDON DE FONDEO Y 7018 DE CORDON DE ACABADO EN DIAMETROS DE 1/8" A 3/16" SEGÚN LOS ESPESORES DEL ACERO A SOLDAR.

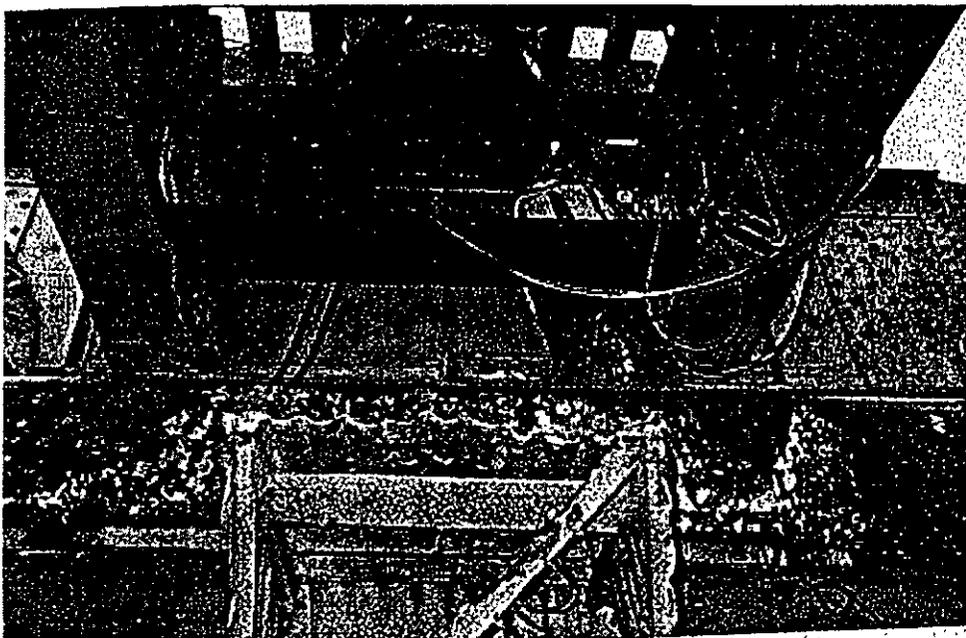


REPARACION DE PIEZA CON  
CORDON DE SOLDADURA

## COLOCACION DE PLACAS NUEVAS



## ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE SOLDADURA



LA REPARACION DE LA ESTRUCTURA METALICA SE EFECTUO UTILIZANDO 15 MAQUINAS TIPO TRANSFORMADOR CON RECTIFICADOR DE SILICIO CON CORRIENTE TRIFASICA PROPORCIONADA POR UN MOTOGENERADOR AUTONOMO DIESEL Y POR UN TRANSFORMADOR ALQUILADO POR LA C.F.E., 8 EQUIPOS DE OXICORTE, 3 MAQUINAS SEMIAUTOMATICAS DE CORTE PARA BISELAR JUNTAS, EQUIPOS DE MANIOBRAS, TIRFORS, DIFERENCIALES, GATOS HIDRAULICOS, EQUIPOS DE SEGURIDAD, ETC.

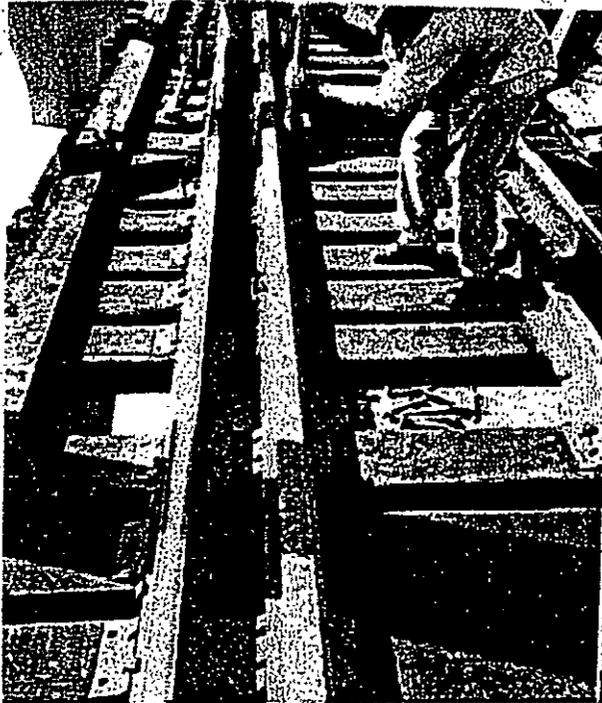
AL FINAL SE LIMPIARON LAS ESTRUCTURAS, RETIRANDO PINTURA SUELTA, RESIDUOS DE OXIDO, POLVO Y DEMAS IMPURESAS Y APLICANDOLES PINTURA INTERSEAL 670 HS COLOR NARANJA DE LA CIA. MEXICANA DE PINTURAS INTERNATIONAL

IGUALMENTE CON LA CUBIERTA DEL PUENTE SE REALIZO UN DIAGNOSTICO ELABORADO DESPUES DE UNA INSPECCION FISICA DETALLADA CON PERSONAL ESPECIALISTA, CON ESTO SE HIZO EL REGISTRO RESPECTIVO Y SE LLEVO A CABO LA REPARACION CORRESPONDIENTE, RETIRANDO EL MATERIAL EN MAL ESTADO, LIMPIANDO Y REPONIENDO EL MATERIAL FALTANTE O EN MAL ESTADO, DANDO EL ESCANTILLON REGLAMENTARIO Y CORRIGIENDO ALINEAMIENTOS.

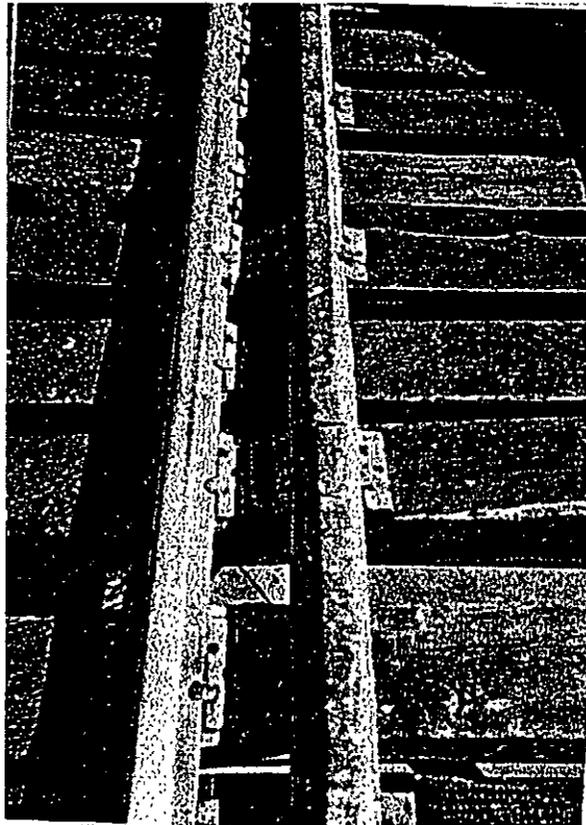
FOTOS Nos. 24, 25 Y 26 RELEVO DE DURMIENTES, RECLAVADO.



RELEVO DE DURMIENTES  
EN CUBIERTA



RECLAVADO DE  
DURMIENTES EN CUBIERTA





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS INSTITUCIONALES** CI-117

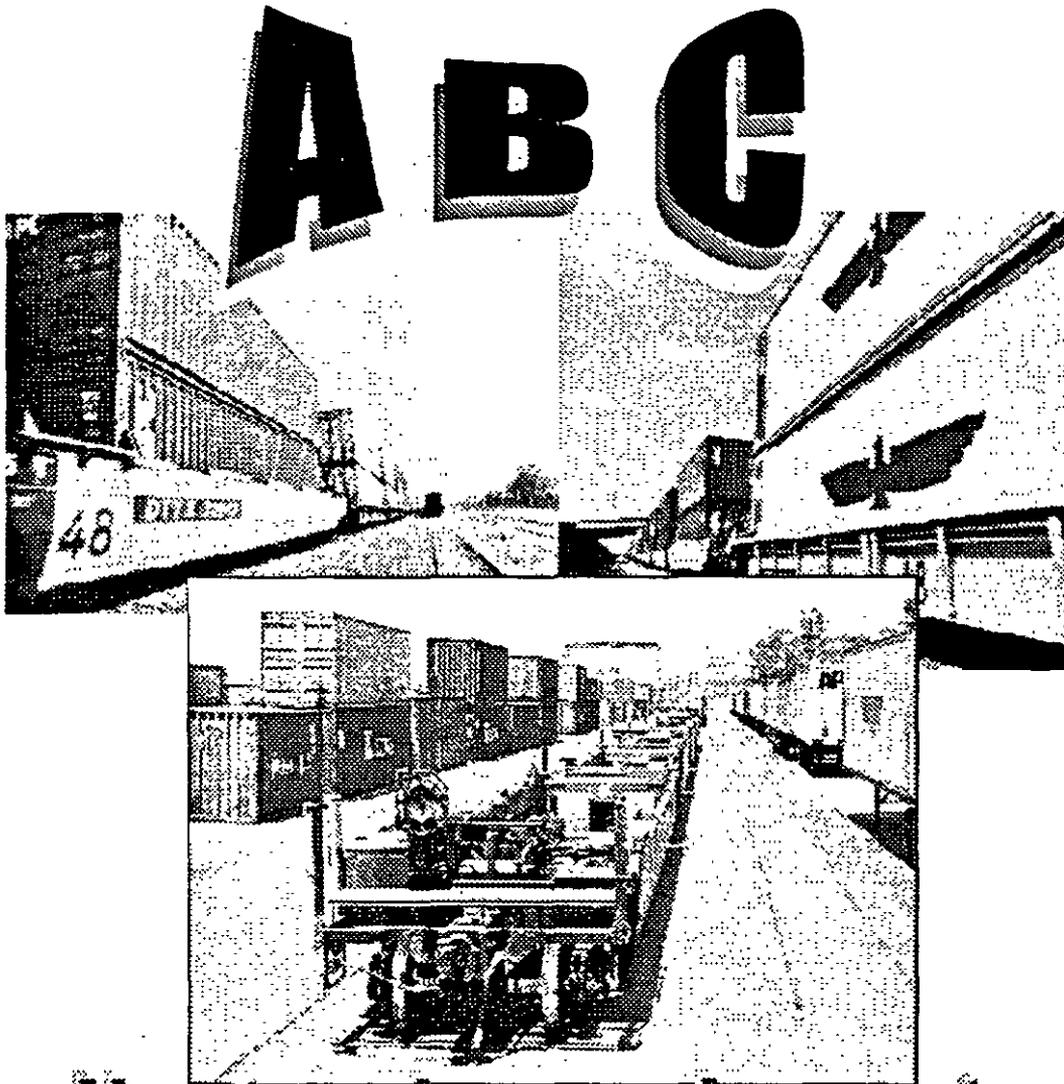
### **DIPLOMADO EN OPERACIÓN FERROVIARIA**

**MOD. IV MANTENIMIENTO Y REVILITACIÓN DE VIA**

**Del 22 al 24 de noviembre de 2001**

## ***APUNTES GENERALES***

**Coord.: Lic. Leopoldo González  
Palacio de Minería  
Noviembre/2001**



**Ilustraciones de partes  
componentes de  
Coches y Carros**

## **INTRODUCCION**

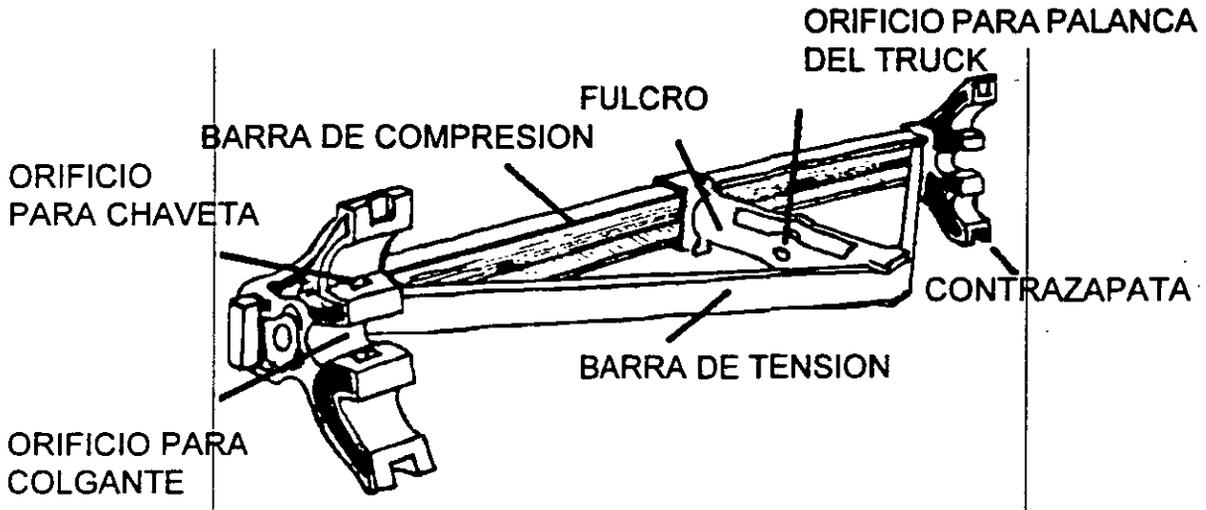
Este manual de ilustraciones ha sido preparado como una guía para el personal ferroviario dedicado a la operación y supervisión de las diferentes unidades de arrastre con que cuenta la flotilla actual de los Ferrocarriles:

Las ilustraciones que aparecen en el contenido deben considerarse como ayuda para el personal en formación y actualización; incluye datos relativos de componentes, diagramas y sistemas de los equipos que utilizan las unidades de arrastre con la finalidad de lograr la facilidad de la enseñanza - aprendizaje.

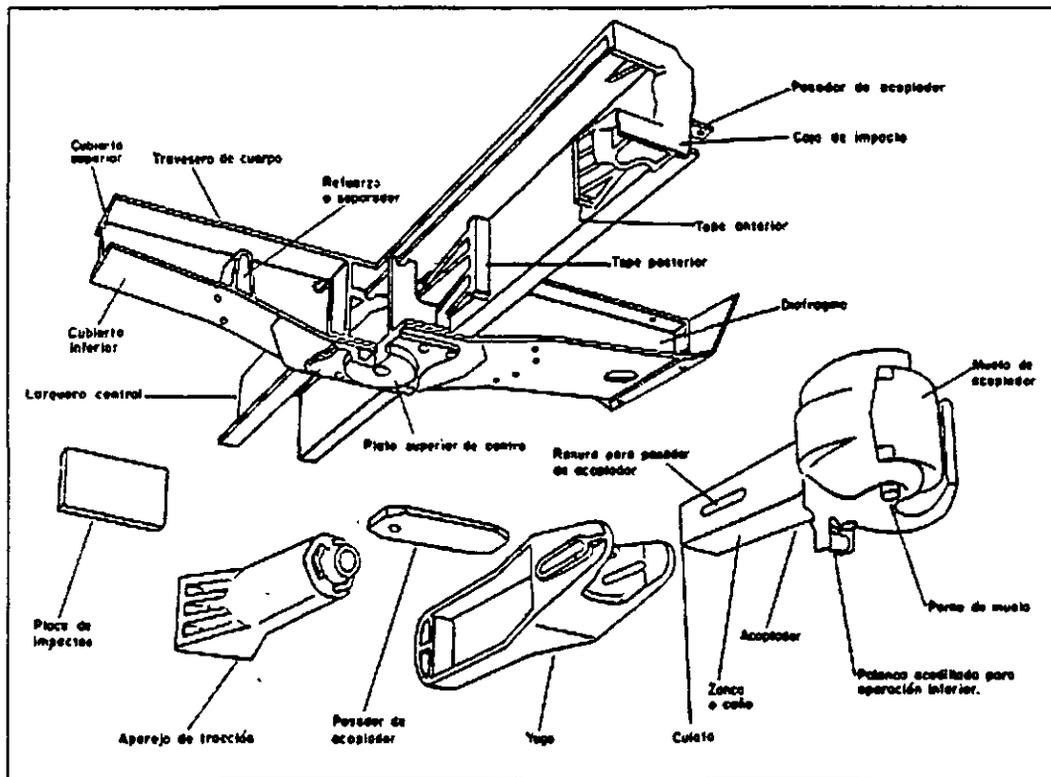
## **OBJETIVO GENERAL**

Que los participantes desempeñen las habilidades necesarias en la operación de las unidades tractivas, de arrastre y los frenos de aire, con funciones de vigilar y coordinar los movimientos encomendados a sus actividades que permita responder a situaciones durante la jornada con eficiencia y seguridad.

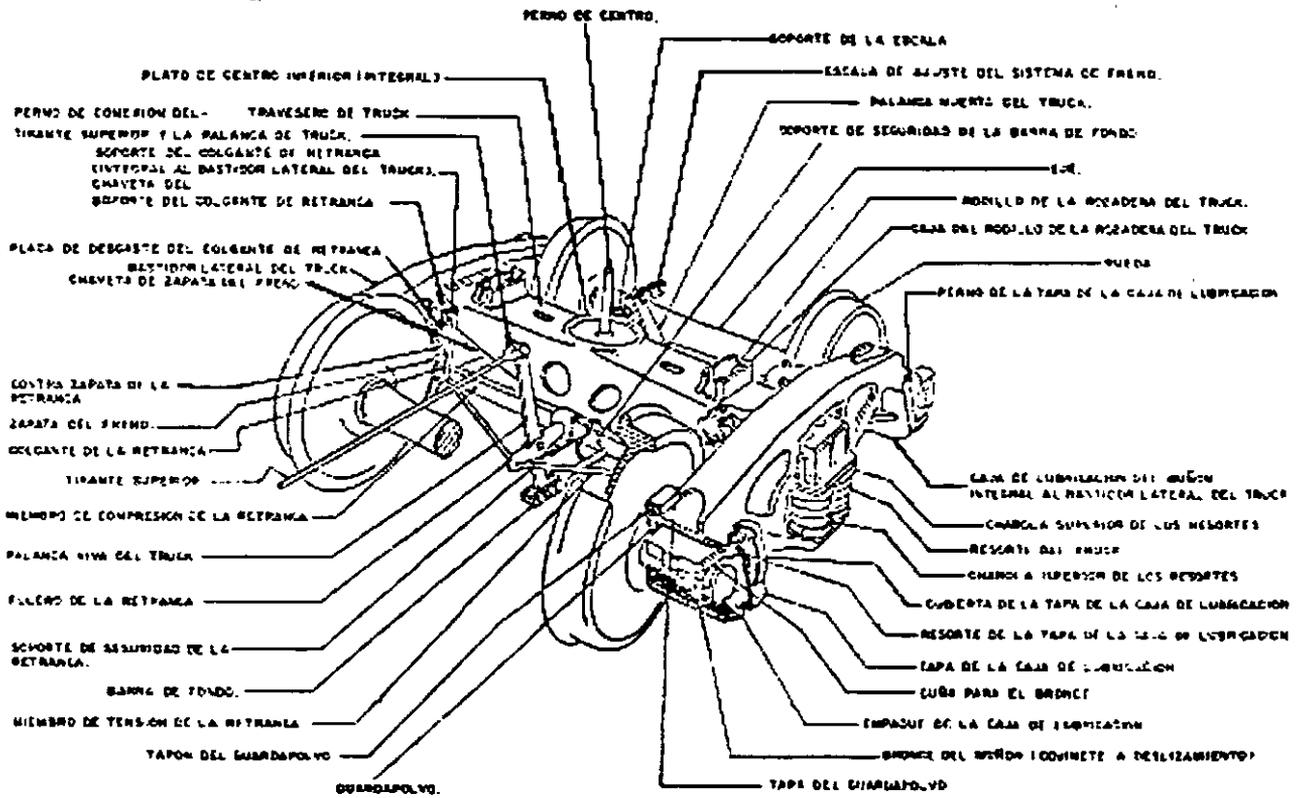
### RETRANCA



### APAREJO DE TIRO

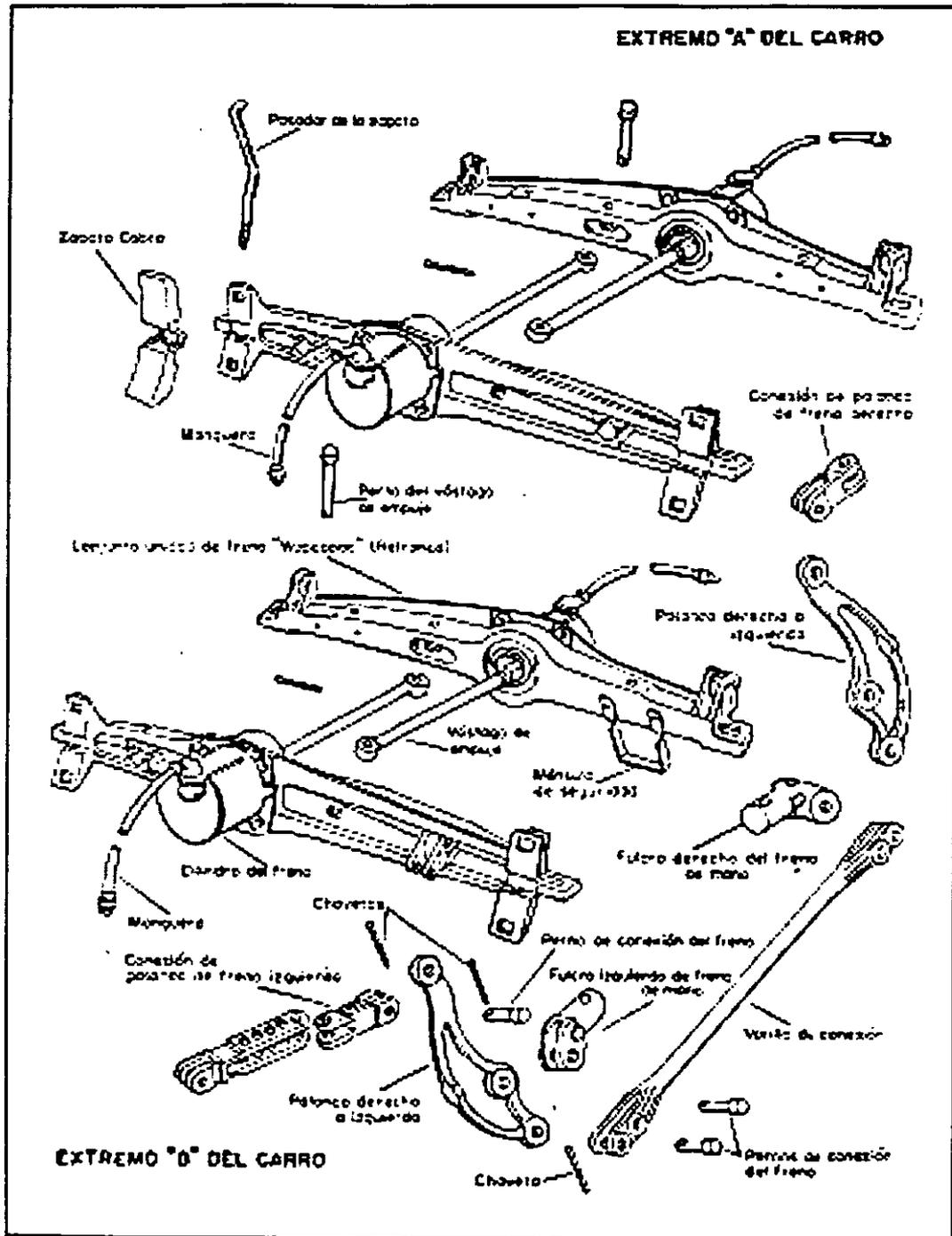


## TRUCKS PARA CARROS DE CARGA

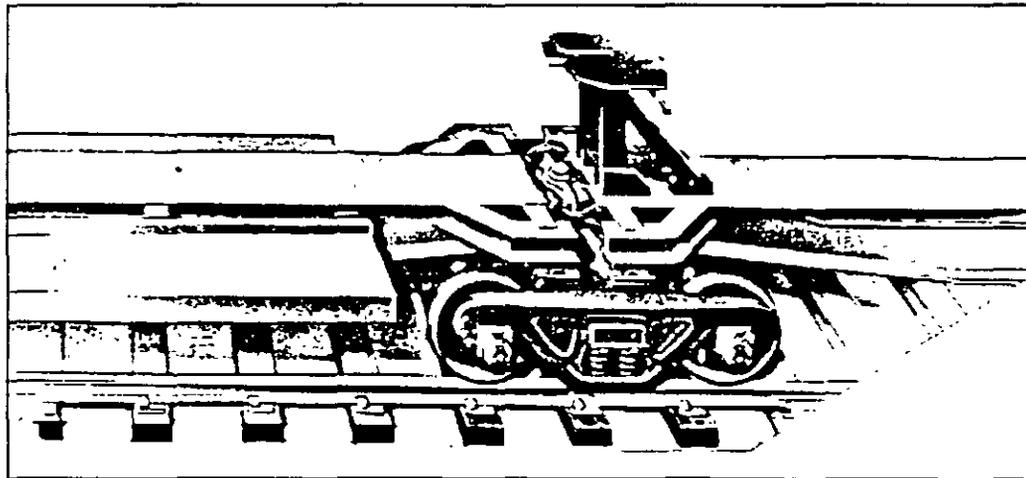
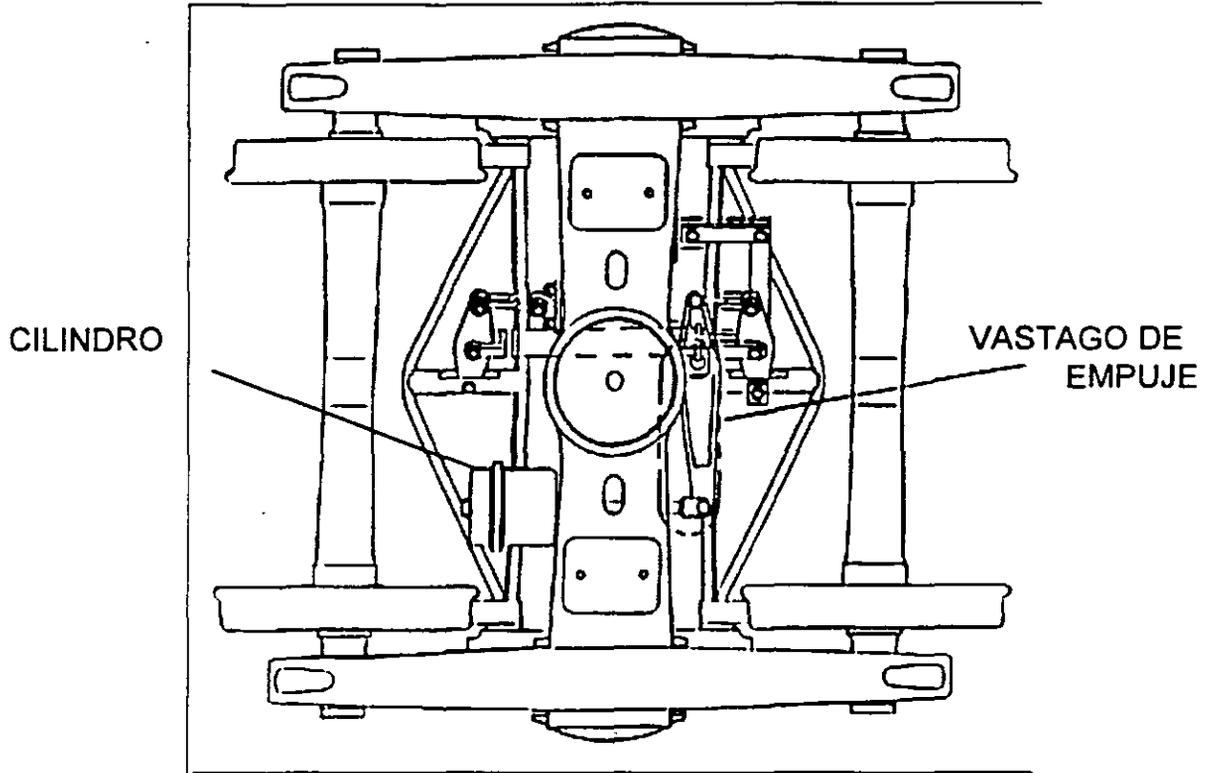




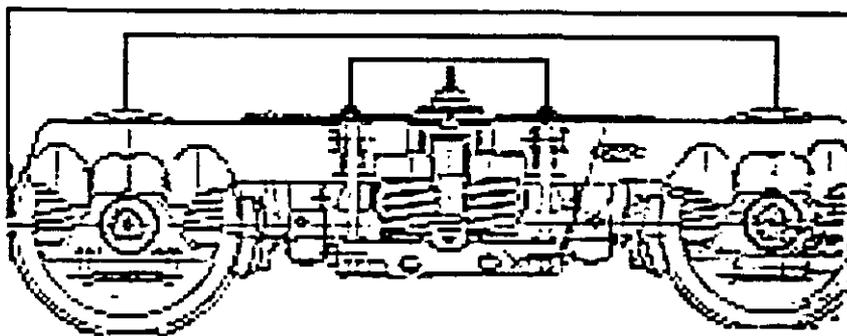
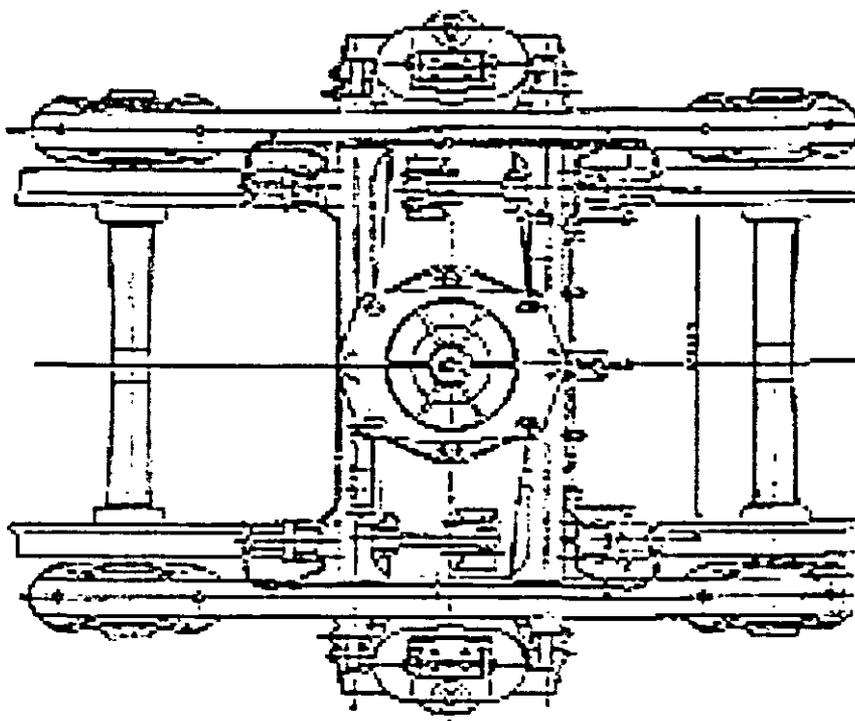
### CONJUNTO DE FRENO "WABCOPAC" PARA CARROS DE CARGA

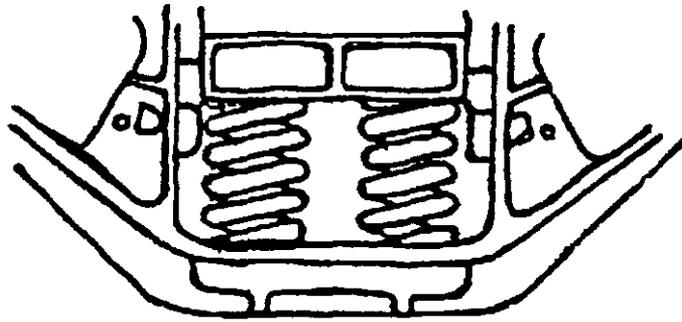


### TRUCK ARTICULADO

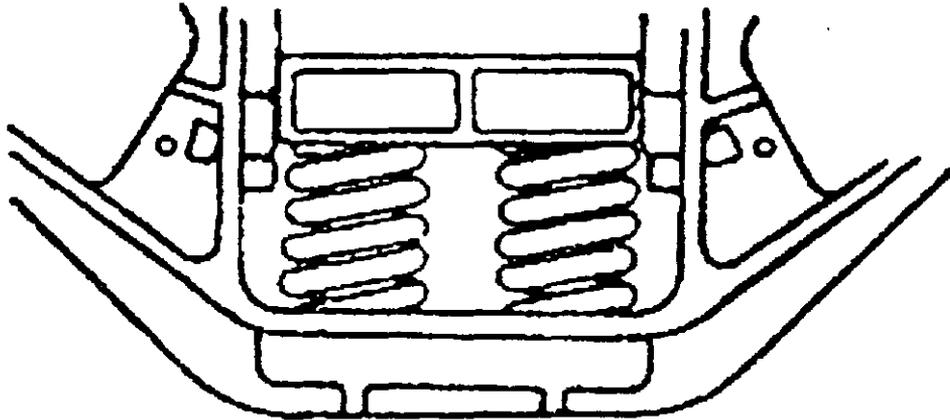


## TRUCK KINKI PARA COCHE DE PASAJEROS

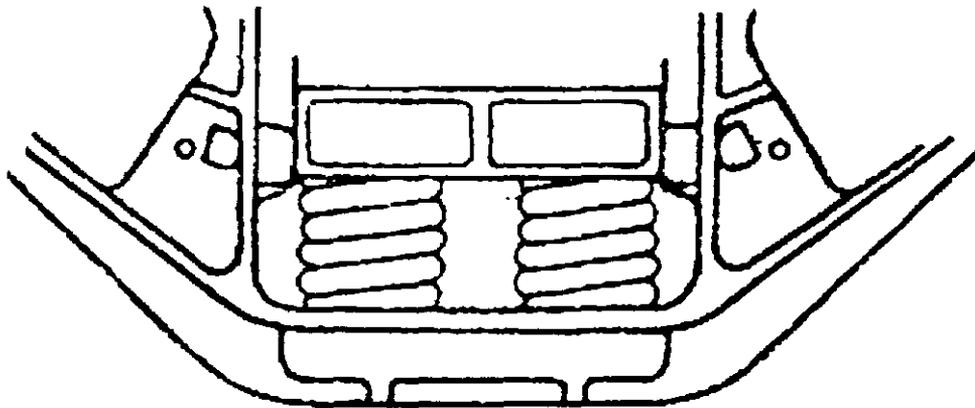




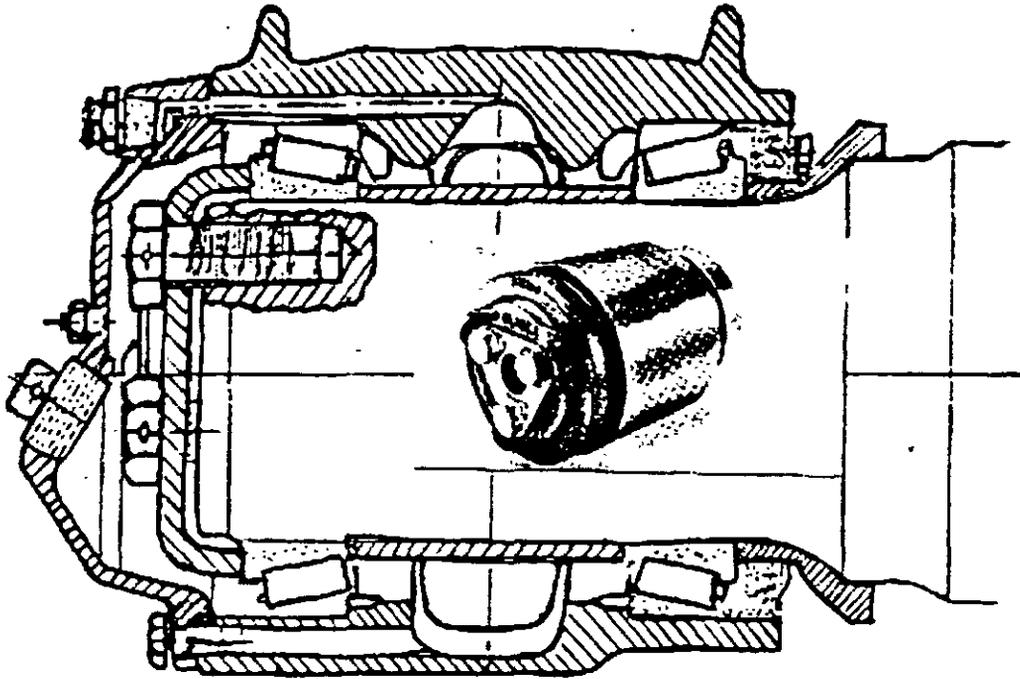
TRUCK SIN CARGA



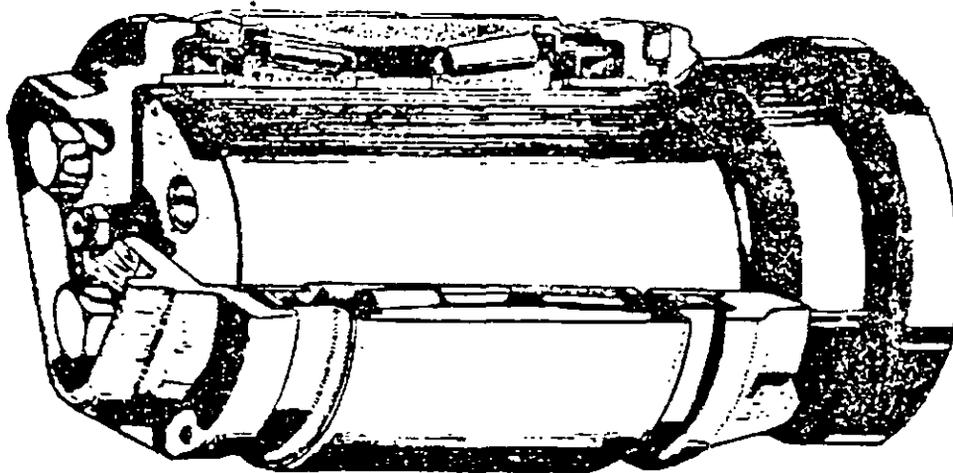
TRUCK CON CARGA NORMAL



TRUCK SOBRECARGADO



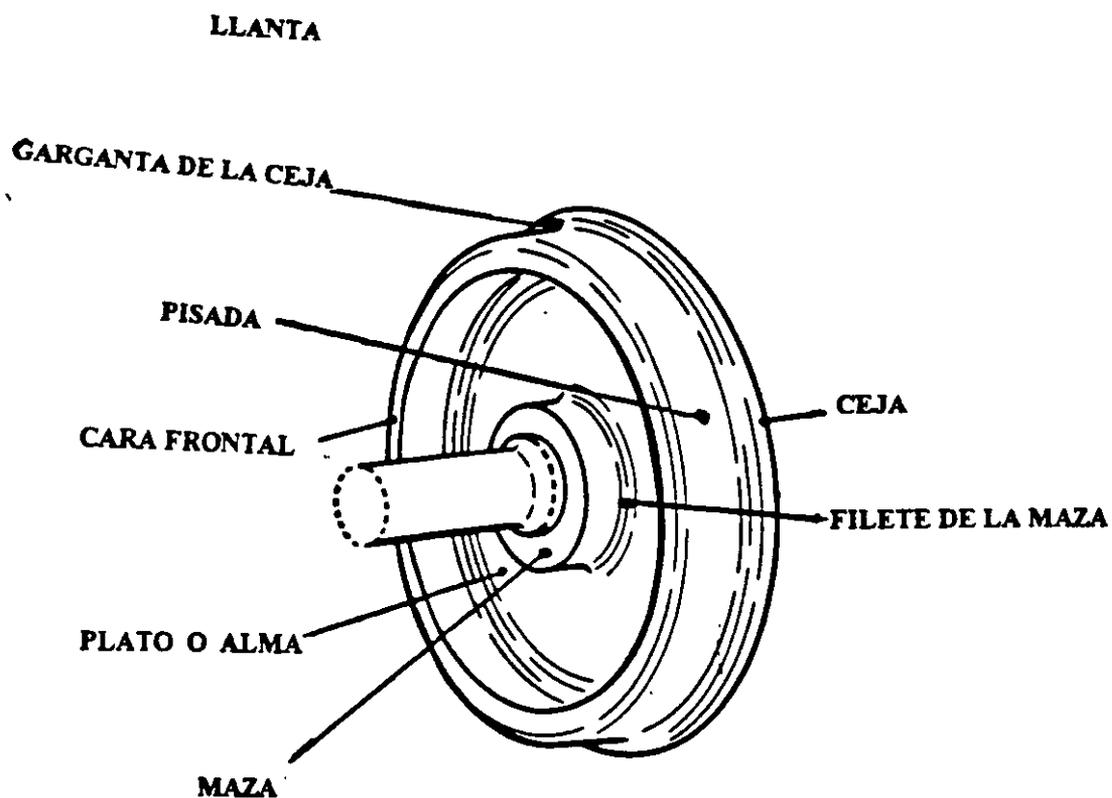
**TIPO DE CAJA QUE PUEDE TENER RODILLOS CONICOS O CILINDRICOS**



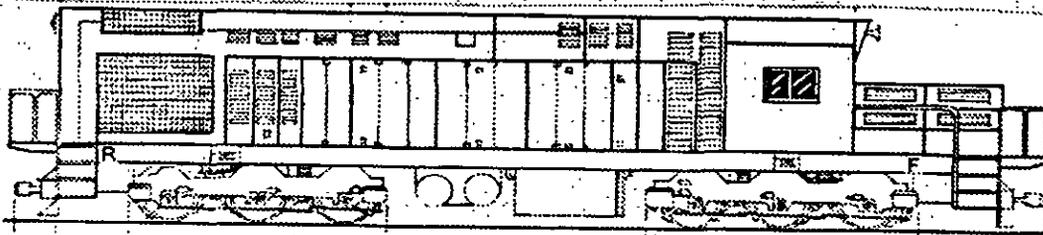
**TIPO CON TAPA DE EXTREMO ROTATORIA, QUE PUEDE TENER RODILLOS CONICOS O CILINDRICOS**



### Partes Principales de la Rueda



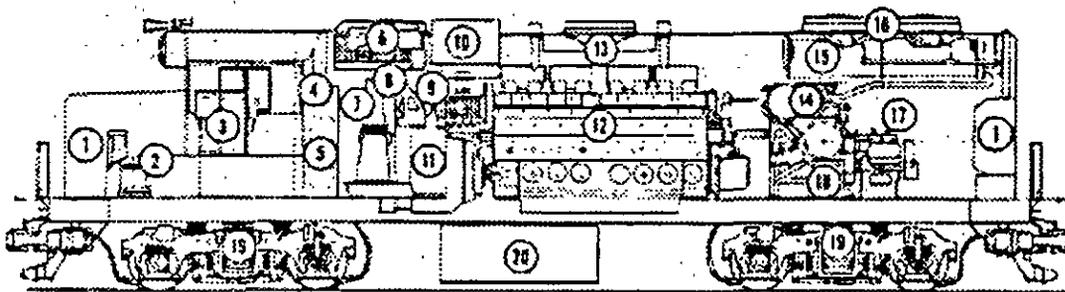
## 1. ANATOMIA DE UNA LOCOMOTORA DIESEL ELECTRICA



**Nota:** Las letras que figuren en los extremos de la locomotora significa lo siguiente:

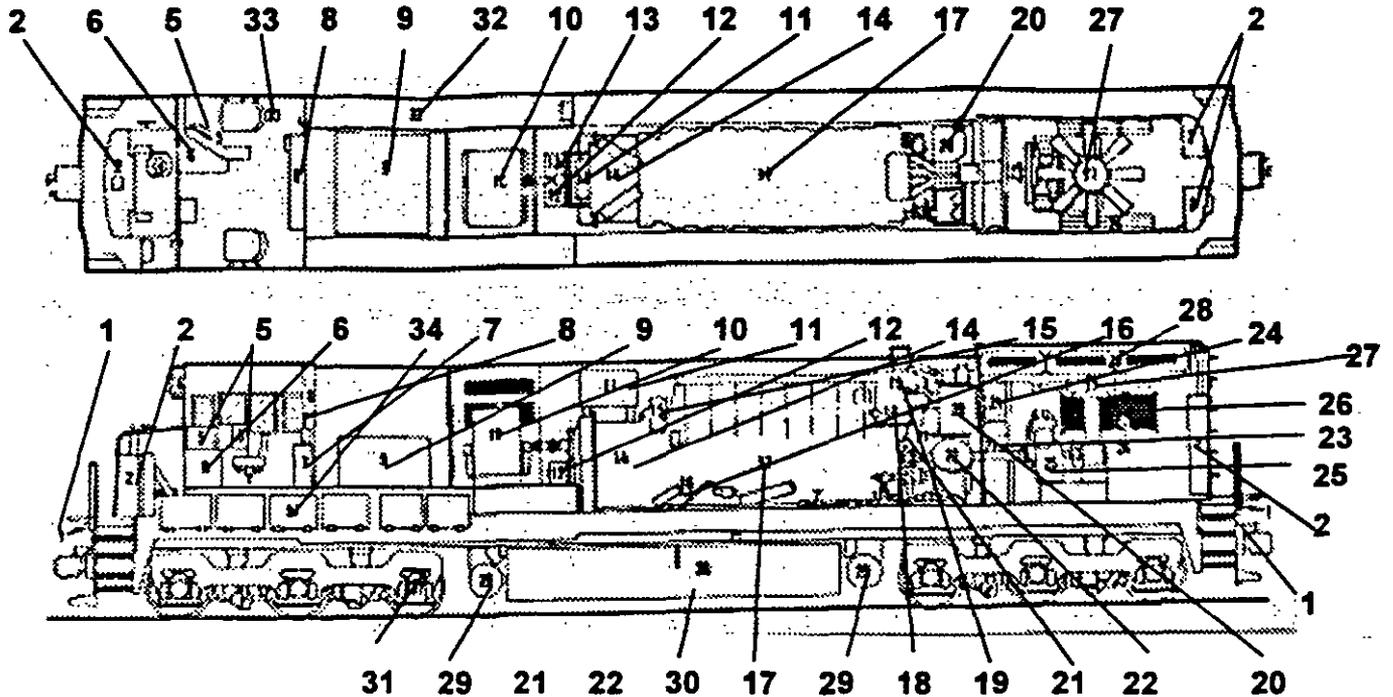
- F = Frente (parte delantera).
- R = Atras (parte posterior).

### ANATOMIA DE LOCOMOTORA E.M.D.



18773

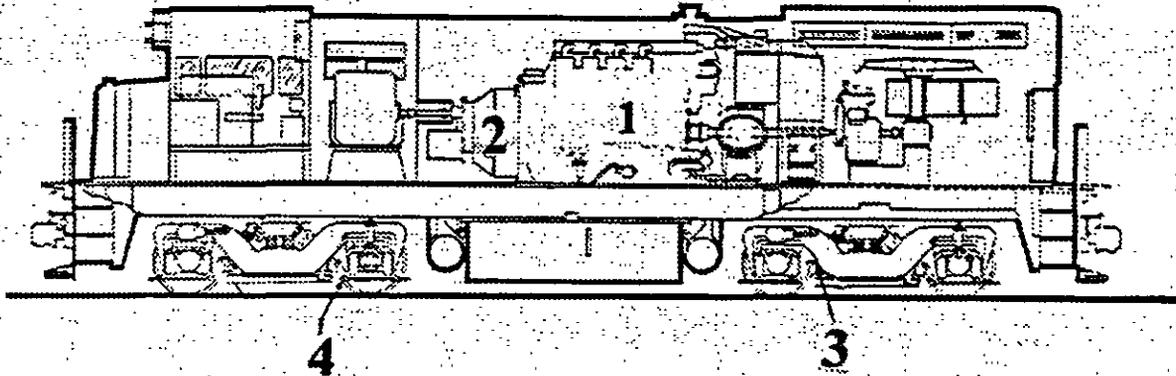
- |   |                               |   |
|---|-------------------------------|---|
| 1. Arenero                              | 8. Ventilador del generador   | 15. Radiadores                            |
| 2. Bateria                              | 9. Generador Auxiliar         | 16. Ventilador Enfriamiento de Radiadores |
| 3. Pedestal de Control                  | 10. Filtro de Aire del Motor  | 17. Compresor de Aire                     |
| 4. Gabinete Eléctrico                   | 11. Generador Principal       | 18. Gabinete C.A.                         |
| 5. Filtro de Aire en Gabinete Eléctrico | 12. Motor Diesel 16-645E      | 19. Trucks                                |
| 6. Ventilador Filtro de Inercia         | 13. Ventilador Freno Dinámico | 20. Tanque de Combustible                 |
| 7. Ventilador Motor de Tracción         | 14. Bastidor de Equipo        |   |



- |  |  |
|--|--|
| 1. Conectores para Operación en Múltiple             | 19. Turboalimentador   |
| 2. Caja de Arena                                     | 20. Tanque de Agua   |
| 3. Toilet (cuando se usa)                            | 21. Enfriador de Lubricante  |
| 4. Farola y Cajas para Número                        | 22. Filtro de Lubricante   |
| 5. Controles de Operación                            | 23. Filtros de Aire del Motor Diesel (Tipo Inercia)                        |
| 6. Calentador de la Cabina                           | 24. Purificadores del Aire del Motor Diesel (de baño de aceite o de papel) |
| 7. Enfriador de Agua (cuando se usa)                 | 25. Compresor de Aire  |
| 8. Tablero de Control del Motor Diesel               | 26. Parrilla del freno Dinámico  |
| 9. Balasto o Generador de Vapor                      | 27. ventilador del radiador  |
| 10. Abanico para Ventilación de Equipos              | 28. Radiador   |
| 11. Rectificador                                     | 29. Depósito de Aire   |
| 12. generador Auxiliar                               | 30. Tanque de Combustible  |
| 13. Excitador  | 31. Alternador del Eje   |
| 14. Generador de Tracción                            | 32. Batería (lado derecho)   |
| 15. Gobernador                                       | 33. Equipo de Frenos de Aire (lado derecho)                                |
| 16. Bomba de Transferencia del Combustible y Colador | 34. Compartimiento del Equipo de Control (lado izquierdo)                  |
| 17. Motor Diesel                                     |  |
| 18. Interenfriador                                   |  |

**1.1. Partes básicas de una locomotora Diesel Eléctrica.**

1. Motor Diesel.
2. Generador principal.
3. Motores de tracción.
4. Ruedas motrices.



### 1.2 Motor Diesel: Función que desempeña.

Los motores diesel son de combustión interna o de explosión.

El motor diesel produce energía mecánica mediante la combustión que se efectúa en el interior de sus cilindros, para impulsar al generador principal y a los aparatos auxiliares.

La energía mecánica del motor diesel, impulsa al generador principal, convirtiendo esta en energía eléctrica que por cables la envía a los motores de tracción para que giren sus armaduras y por impulso mecánico de los engranes del piñón y la corona darle tracción a las ruedas. Figura 1.2.A.

Hay motores con los conjuntos de los cilindros en línea o en V.

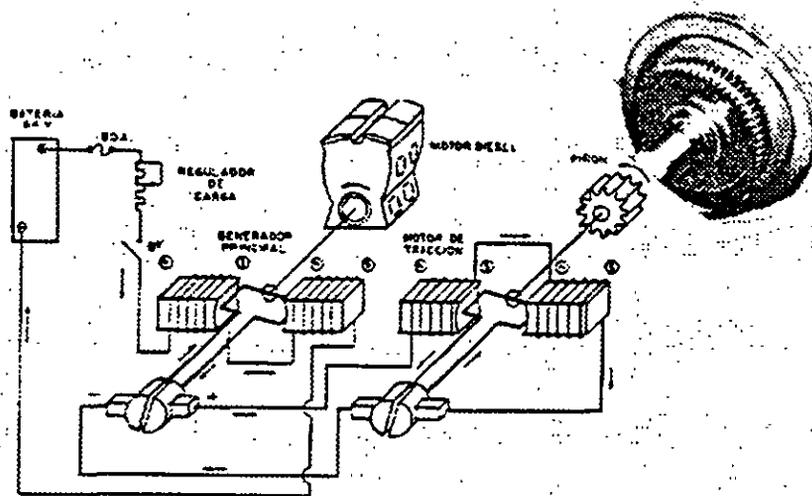
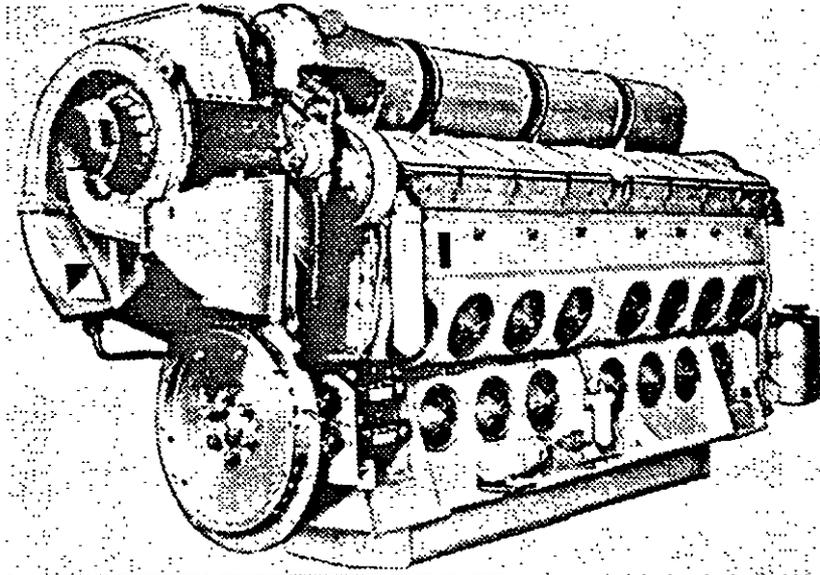


Figura 1.2.A.

## MOTOR DIESEL



Todos estos motores son en V, de 228 mm de diámetro por 267 mm de carrera, ciclo de cuatro tiempos, turbo sobre-alimentado y de simple efecto, con una cámara de combustión abierta e inyección sólida.

La velocidad del motor varía de 350 rpm en vacío a 1050 rpm a la velocidad de régimen. estas velocidades están controladas por un regulador electro-hidráulico (Gobernador).

Se requieren dos revoluciones o cuatro carreras de un pistón para completar un ciclo de trabajo, en otros motores son dos carreras del pistón y una vuelta del cigüeñal.

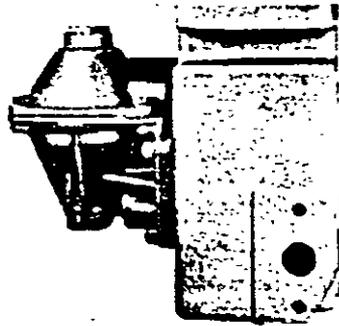
El orden de sucesos en el ciclo del motor es el siguiente: En la primera carrera descendente o carrera de aspiración, el aire es introducido en el cilindro; el ascenso del émbolo durante el segundo tiempo comprime a este aire elevando gradualmente su temperatura. Inmediatamente antes del fin del tiempo de compresión, se produce la inyección del combustible. El combustible es encendido por la temperatura del aire comprimido. La subsiguiente combustión aumenta la presión interior del cilindro y fuerza al émbolo en su segunda carrera descendente o tercer tiempo del pistón. En el cuarto tiempo los gases quemados son expulsados por la acción combinada del ascenso del émbolo y por la acción de barrido del aire impulsado por el turbo alimentador, expulsando los gases del interior del cilindro, para iniciar un nuevo ciclo. (Figura 1.2.B.)



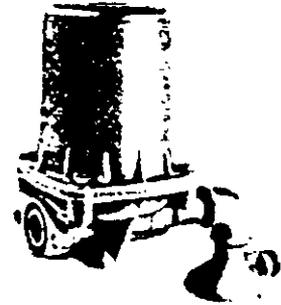
**PEDESTAL EQUIPO DE FRENO  
DE AIRE 26-C CON VALVULA  
DE CONTROL 26-C.**



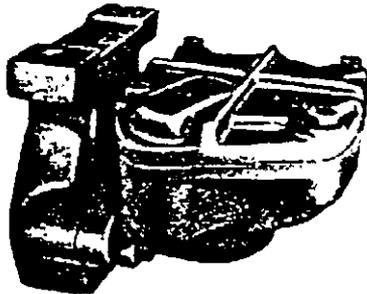
**VALVULA DE SEGURIDAD**



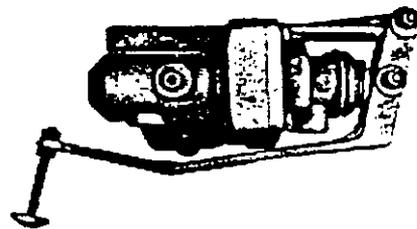
**VALVULA DE SERVICIO  
RAPIDO B1**



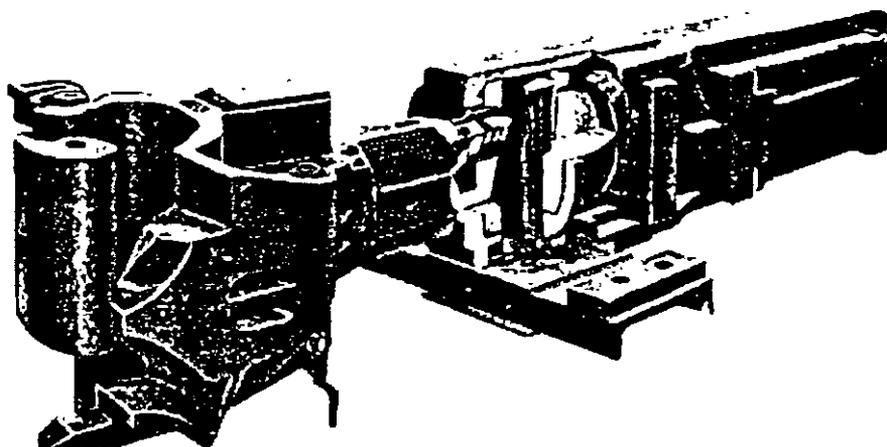
**VALVULA DE  
DESCARGA EN  
EMERGENCIA.**



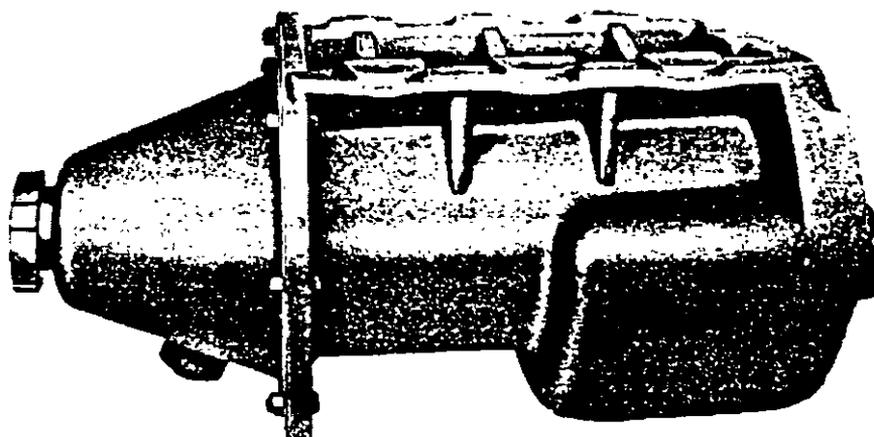
**VALVULA PROPORCIONAL DE CARGA P-1**



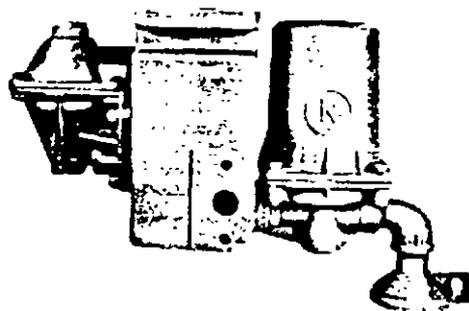
**VALVULA PERCEPTIVA  
DE CARGA S-1**



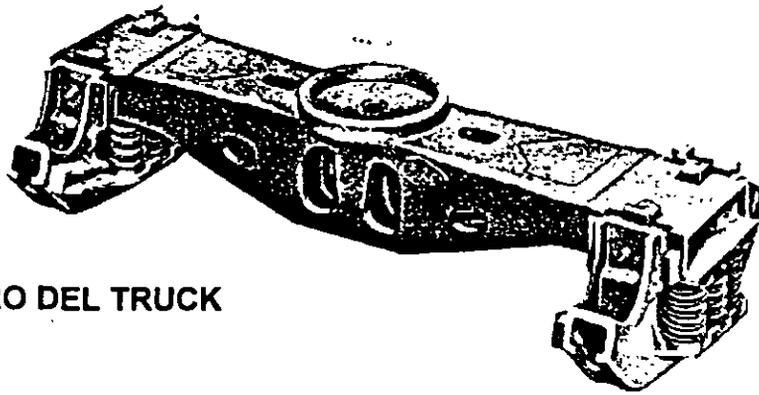
APAREJO DE TIRO



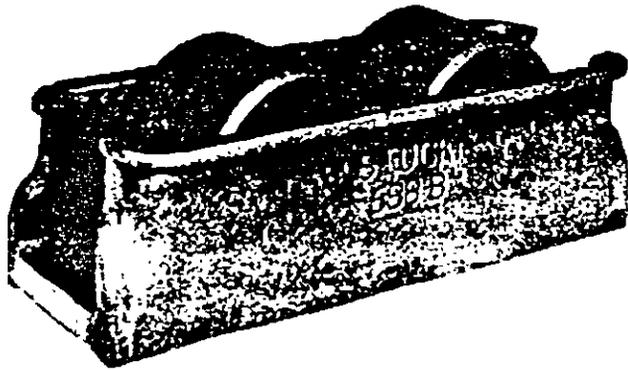
CILINDRO DEL FRENO



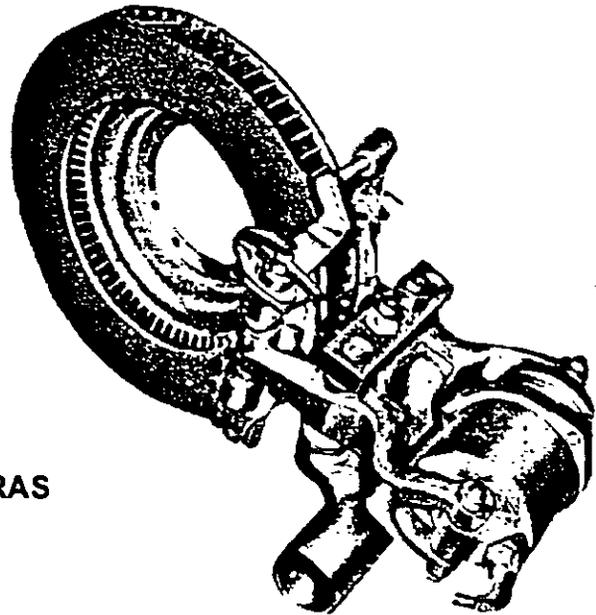
VALVULA RELEVADORA DE REDUCCION A-1



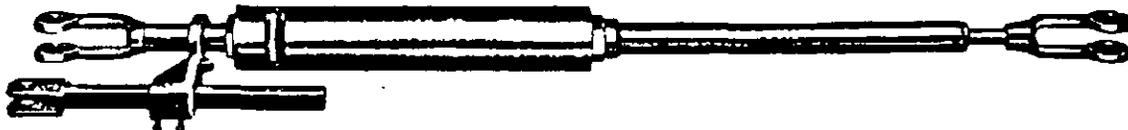
TRAVESERO DEL TRUCK



CAJA CON RODILLOS DE LAS ROSADERAS

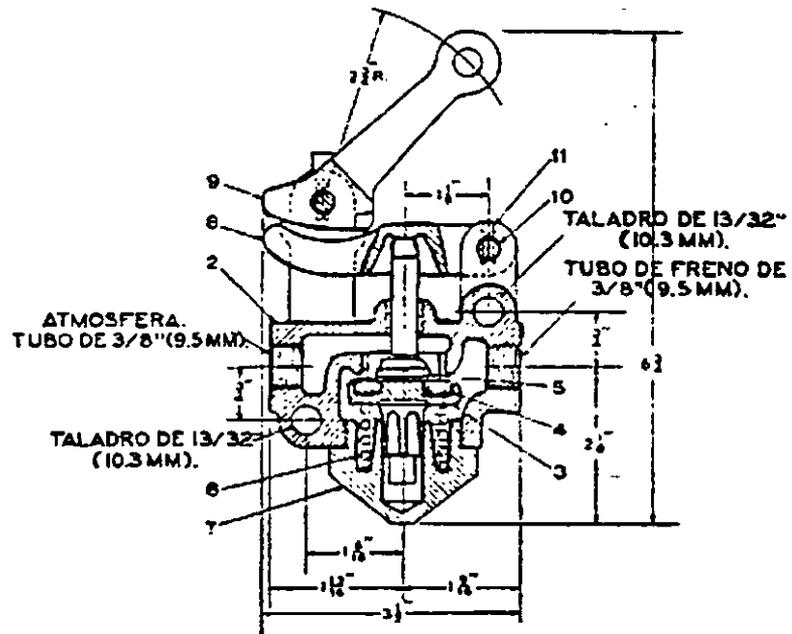
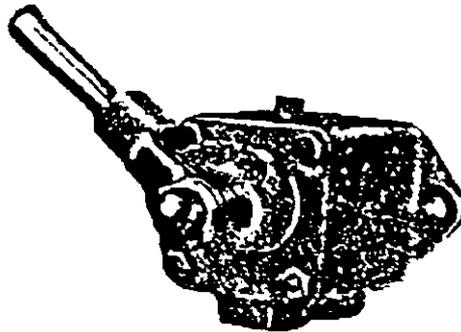


TAMBOR DE FRENO DE DISCO

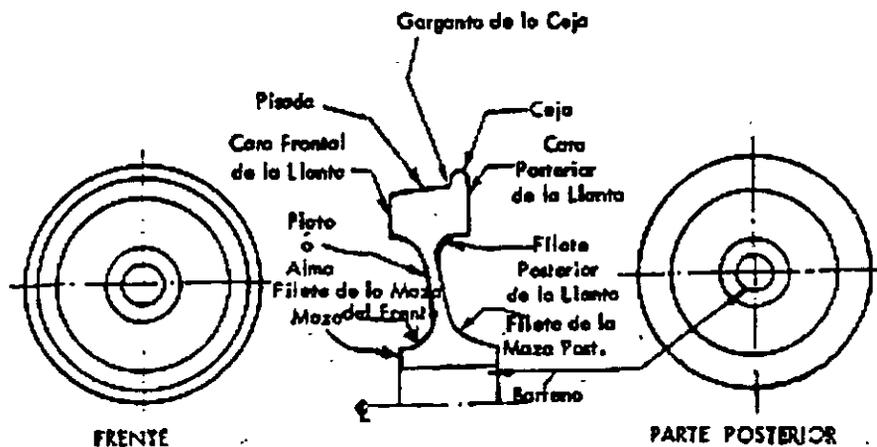


AJUSTADOR AUTOMATICO DEL FRENO DJ

### VALVULA DE CABOOSE TIPO "A-1"



### VALVULA DEL CONDUCTOR B-3-A



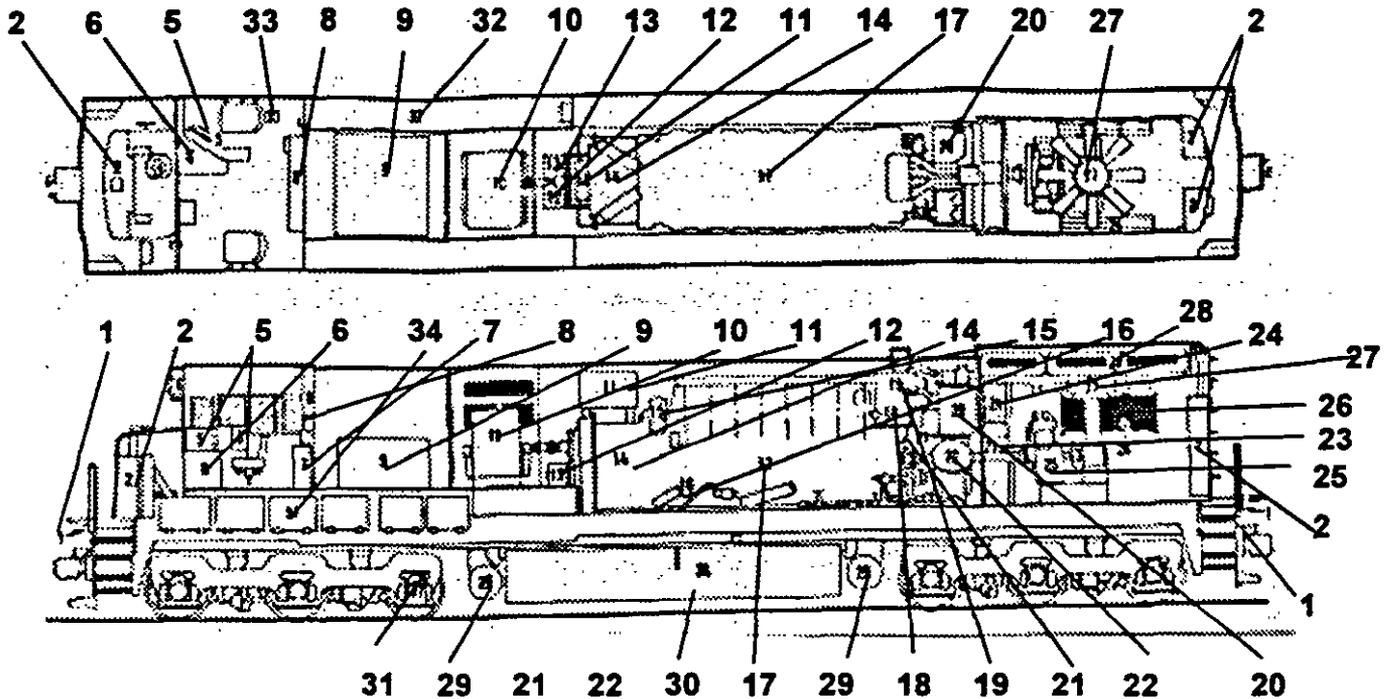
- A. Collar de Extremo
- B. Muñón
- C. Asiento para el Guardapolvo
- D. Asiento para la Rueda
- E. Collar del Asiento para la Rueda
- F. Cuerpo
- G. Extremo Cónico

### NOMBRES DE LAS PARTES DE LAS RUEDAS Y DE LOS EJES

### ABREVIACIONES USUALES

MRE - Manual de Ruedas y Ejes.

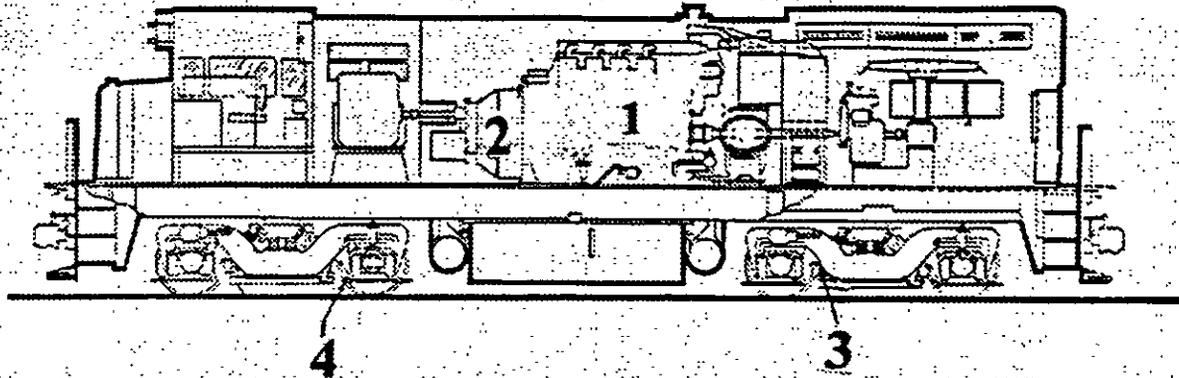
RIEA - Reglas para intercambio de Equipo de Arrastre



- |  |  |
|--|--|
| 1. Conectores para Operación en Múltiple             | 19. Turboalimentador   |
| 2. Caja de Arena                                     | 20. Tanque de Agua   |
| 3. Toilet (cuando se usa)                            | 21. Enfriador de Lubricante  |
| 4. Farola y Cajas para Número                        | 22. Filtro de Lubricante   |
| 5. Controles de Operación                            | 23. Filtros de Aire del Motor Diesel (Tipo Inercia)                        |
| 6. Calentador de la Cabina                           | 24. Purificadores del Aire del Motor Diesel (de baño de aceite o de papel) |
| 7. Enfriador de Agua (cuando se usa)                 | 25. Compresor de Aire  |
| 8. Tablero de Control del Motor Diesel               | 26. Parrilla del freno Dinámico  |
| 9. Balasto o Generador de Vapor                      | 27. ventilador del radiador  |
| 10. Abanico para Ventilación de Equipos              | 28. Radiador   |
| 11. Rectificador                                     | 29. Depósito de Aire   |
| 12. generador Auxiliar                               | 30. Tanque de Combustible  |
| 13. Excitador  | 31. Alternador del Eje   |
| 14. Generador de Tracción                            | 32. Bateria (lado derecho)   |
| 15. Gobernador                                       | 33. Equipo de Frenos de Aire (lado derecho)                                |
| 16. Bomba de Transferencia del Combustible y Colador | 34. Compartimiento del Equipo de Control (lado izquierdo)                  |
| 17. Motor Diesel                                     |  |
| 18. Interenfriador                                   |  |

**1.1. Partes básicas de una locomotora Diesel Eléctrica.**

1. Motor Diesel.
2. Generador principal.
3. Motores de tracción.
4. Ruedas motrices.



### 1.2 Motor Diesel: Función que desempeña.

Los motores diesel son de combustión interna o de explosión.

El motor diesel produce energía mecánica mediante la combustión que se efectúa en el interior de sus cilindros, para impulsar al generador principal y a los aparatos auxiliares.

La energía mecánica del motor diesel, impulsa al generador principal, convirtiendo esta en energía eléctrica que por cables la envía a los motores de tracción para que giren sus armaduras y por impulso mecánico de los engranes del piñón y la corona darle tracción a las ruedas. Figura 1.2.A.

Hay motores con los conjuntos de los cilindros en línea o en V.

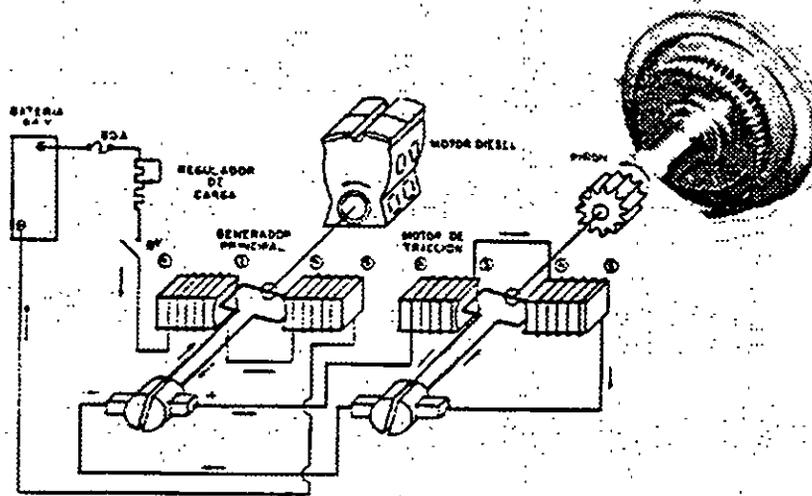
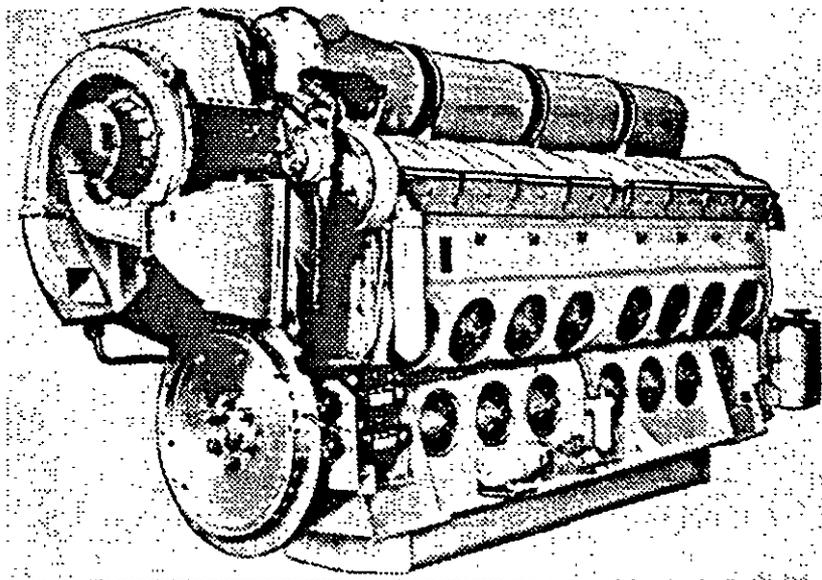


Figura 1.2.A.

## MOTOR DIESEL



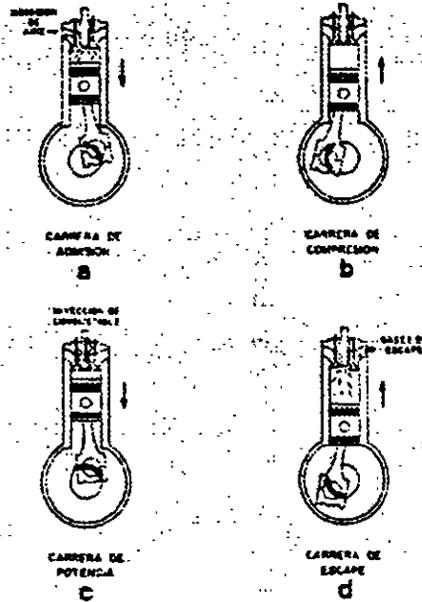
Todos estos motores son en V, de 228 mm de diámetro por 267 mm de carrera, ciclo de cuatro tiempos, turbo sobre-alimentado y de simple efecto, con una cámara de combustión abierta e inyección sólida.

La velocidad del motor varía de 350 rpm en vacío a 1050 rpm a la velocidad de régimen. estas velocidades están controladas por un regulador electro-hidráulico (Gobernador).

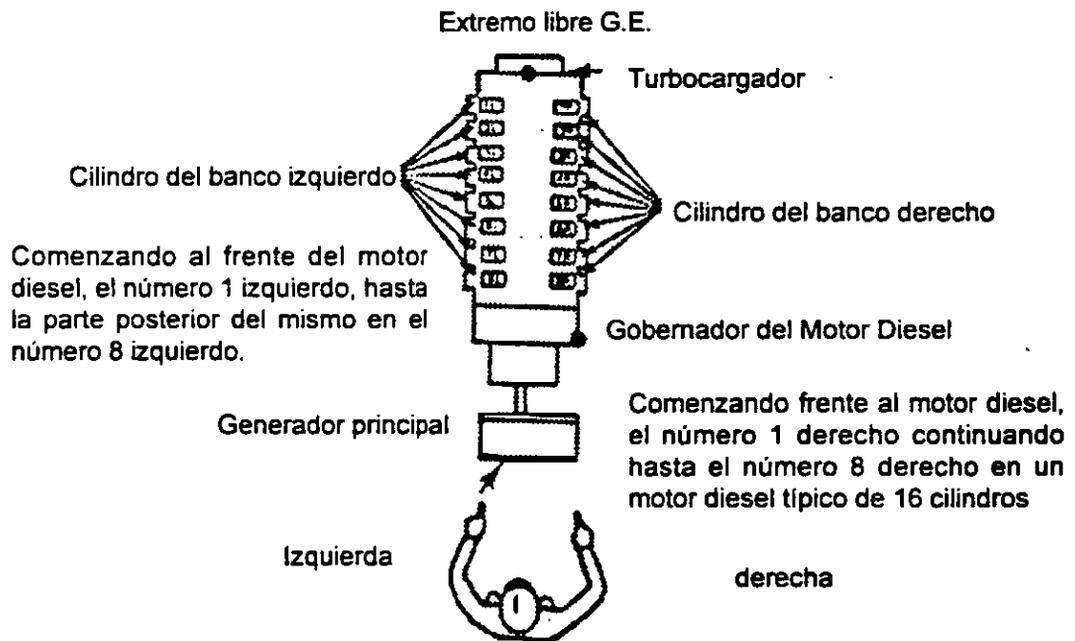
Se requieren dos revoluciones o cuatro carreras de un pistón para completar un ciclo de trabajo, en otros motores son dos carreras del pistón y una vuelta del cigüeñal.

El orden de sucesos en el ciclo del motor es el siguiente: En la primera carrera descendente o carrera de aspiración, el aire es introducido en el cilindro; el ascenso del émbolo durante el segundo tiempo comprime a este aire elevando gradualmente su temperatura. Inmediatamente antes del fin del tiempo de compresión, se produce la inyección del combustible. El combustible es encendido por la temperatura del aire comprimido. La subsiguiente combustión aumenta la presión interior del cilindro y fuerza al émbolo en su segunda carrera descendente o tercer tiempo del pistón. En el cuarto tiempo los gases quemados son expulsados por la acción combinada del ascenso del émbolo y por la acción de barrido del aire impulsado por el turbo alimentador, expulsando los gases del interior del cilindro, para iniciar un nuevo ciclo. (Figura 1.2.B.)

### CICLOS DE OPERACION EN MOTORES DIESEL



Ciclo de Cuatro Tiempos  
Figura 1.2.B.



Identificación de los Extremos del Motor Diesel

## APARATOS AUXILIARES

El motor diesel proporciona la potencia necesaria para mover el equipo auxiliar de la locomotora. Así como la potencia que requiere el generador principal para la tracción figura 1.3.A.

Los aparatos auxiliares reciben movimiento del motor por medio de flechas y engranes figura 1.3.A.

En el extremo libre

- Bomba de agua.
- Radiador y ventilador.
- Bomba de lubricante.
- Compresor.
- Turbocargador.
- Gobernador (en locomotoras EMD).

Extremo toma de fuerza

- Generador principal.
- Ventilador de enfriamiento del equipo eléctrico (opcional)
- Filtro de aire de admisión.
- Generador Auxiliar.
- Generador Excitador (alternador).
- Gobernador de control del Motor Diesel (en locomotoras G.E.).

## APARATOS AUXILIARES

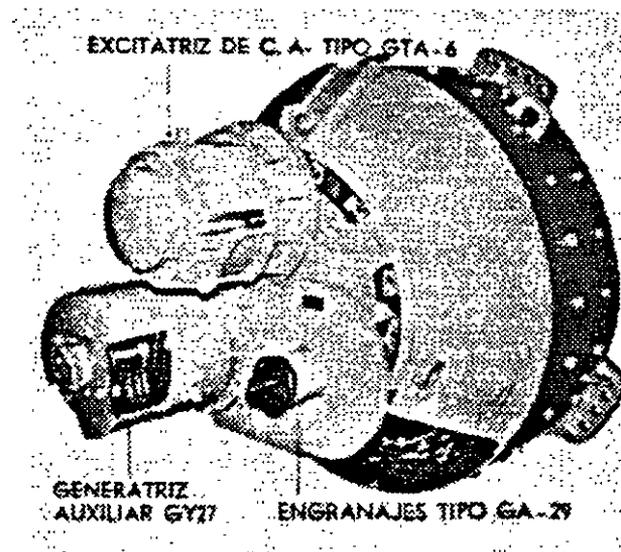


Figura 1.3.A.

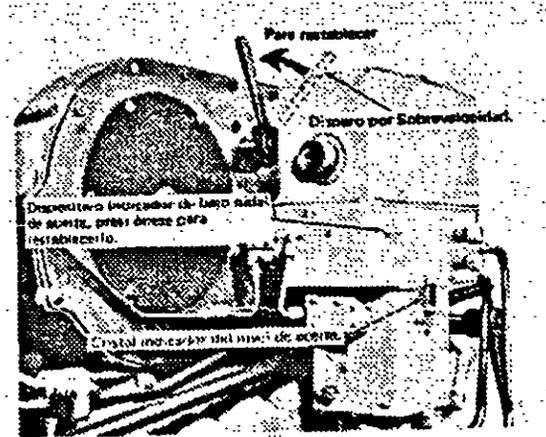


Figura 1.3.A.

### 1.3 Motores de Tracción

Los motores de tracción convierten la energía eléctrica que reciben del generador principal en energía mecánica, misma que transmite a las ruedas por medio del piñón y la corona para que la locomotora desarrolle fuerza de tracción. Figura 1.3.B.

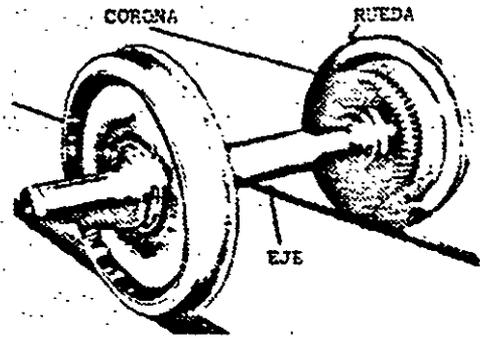
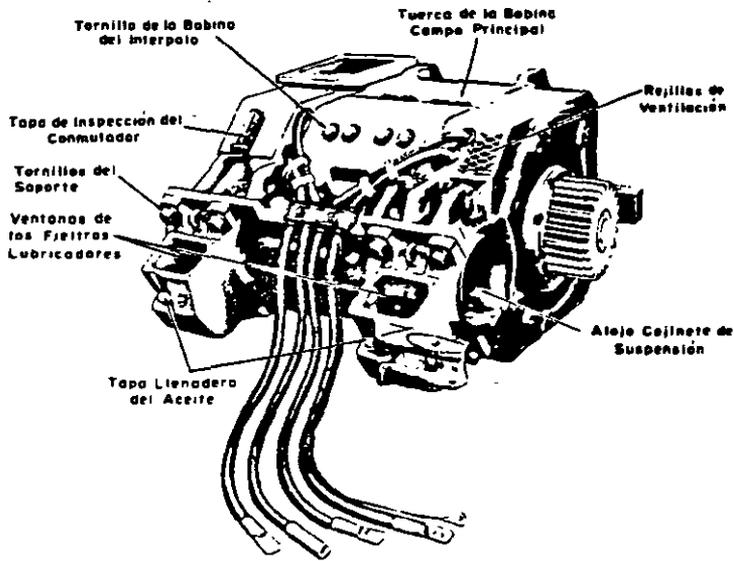


Figura 1.3.B.

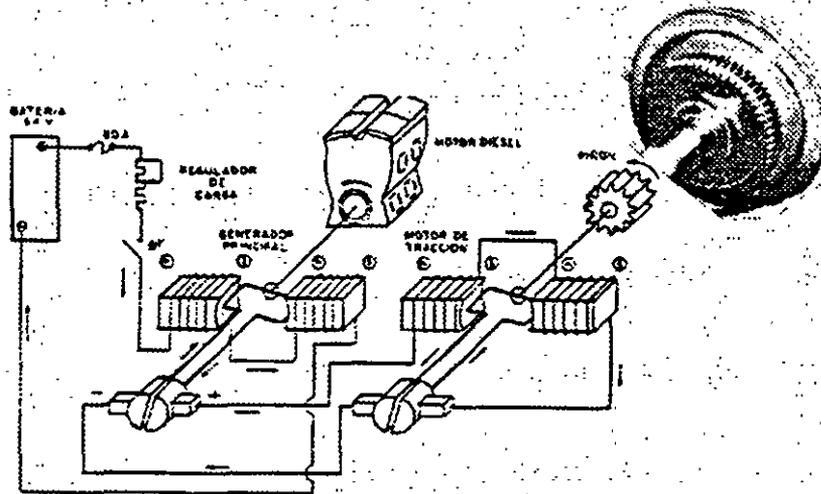
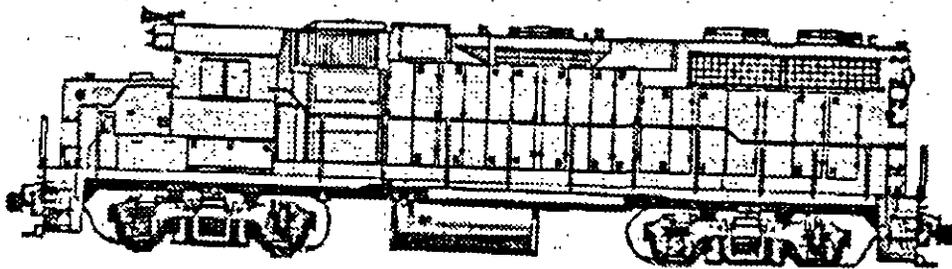


Figura 1.3.B.

## 1.4 ESTRUCTURA

### Locomotora General Electric o EMD



La estructura de la locomotora esta compuesta principalmente por:

1. Plataforma.
2. Cabina.
3. Compartimiento del motor diesel.

#### PLATAFORMA

La plataforma esta formada por viguetas y placas de acero, que soportan la cabina y el Compartimiento del motor diesel.

#### CABINA

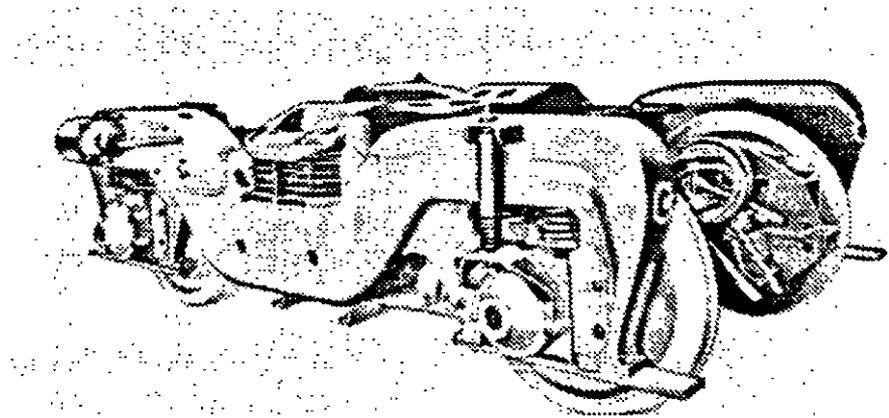
En esta se localizan, el pedestal de control del maquinista, gabinetes eléctricos, tableros de control del motor diesel y accesorios del equipo de frenos de aire.

#### COMPARTIMIENTO DEL MOTOR DIESEL

En este se localizan, el motor diesel, el generador principal y los aparatos auxiliares.

## 1.5 Trucks

Los trucks soportan el peso de la locomotora, absorben los golpes de vía y los movimientos laterales, llevan consigo a los motores de tracción y los aparejos del freno, son de dos o tres pares de ruedas, sus partes componentes son:



1. Muelles
2. Ataguía
3. Caja de engranes (tolva)
4. Ducto de aire de enfriamiento
5. Conjunto a rodillos o caja motriz
6. Aparejo de freno
7. Cilindro de freno
8. Placas de desgaste
9. Plato y perno de centro
10. Pedestales
11. Travesero de truck
12. Bastidor lateral
13. Resortes del truck
14. Rozaderas del truck

## 2. SISTEMAS

### 2.1 Admisión de aire

### 2.2 Combustible

### 2.3 Lubricación

### 2.4 Enfriamiento.

Los motores diesel para su funcionamiento y protección están dotados de cuatro sistemas elementales que son: admisión de aire, de combustible, lubricación y enfriamiento.

## 4.2 INTERPRETACION DEL PANEL Y TABLEROS DE CONTROL

- \* Interruptor de Control del Motor EC.
- \* Interruptor de Control Farolas.
- \* Interruptor de Incomunicar Motores de Tracción.

### 4.3 Descripción del Tablero de Interruptores Térmicos.

Están fabricados de plomo, estaño, cadmio o bismuto y se calibran para fundirse durante su operación a una temperatura entre 60° y 130° grados C.

Los interruptores térmicos o magnéticos su función específica es la de proteger a los aparatos a él conectados, en caso que la intensidad de la corriente alcance un límite peligroso. Es un dispositivo de protección que abre su circuito cuando se presenta una sobrecarga, figura 4.2.

Manera de restablecer:

Estos accionan como interruptores de tipo palanca (codillo) para abrir los circuitos manualmente. Hay dos tipos de interruptores: Magnéticos y Térmicos. Figura 4.2

El interruptor Magnético se restablece moviéndolo a la posición CONECTADO (ON) figura 4.2

El interruptor térmico se restablece moviéndolo a la posición FUERA (OFF), y enseguida a la posición de CONECTADO (ON), después de transcurrir un minuto para permitir que se enfríe el elemento térmico, figura 4.2

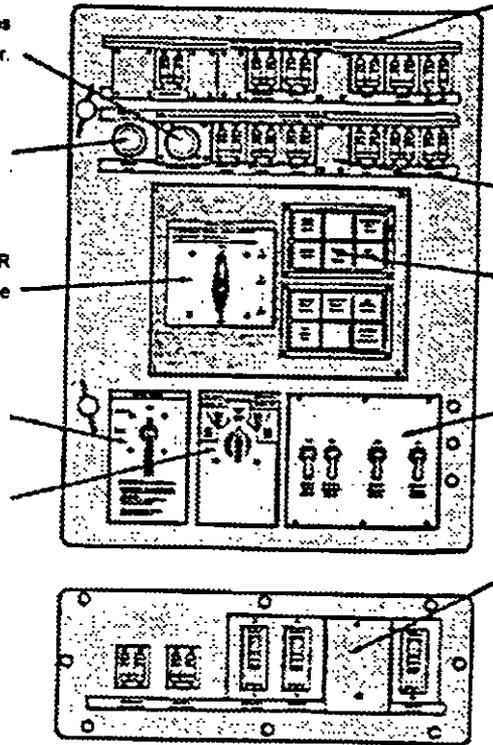
**PULSADOR DE REPOSICION DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE** También reposiciona los diodos calientes, filtro de aire del motor y averías del motor.

**PULSADOR DE PASADA DEL MOTOR**  
Para el Motor Diesel

**INTERRUPTOR DE AISLAMIENTO DEL MOTOR**  
Utilizado para aislar el Motor que se sospecha tiene una puesta a tierra

**INTERRUPTORES DE CONTROL DEL MOTOR DIESEL**

**INTERRUPTOR DE CONTROL DE LOS FOCOS DE UM**



**INTERRUPTORES AUTOMATICOS SUPERIORES**  
Deberán estar conectados cuando la unidad este en cabeza y pueden estar desconectados cuando la unidad este en cola.

**NOTA:** A temperaturas bajas, el calentador del tanque del inodoro (si tiene) deberá dejarse conectado para evitar la congelación.

**INTERRUPTORES AUTOMATICOS INFERIORES**  
Deberán estar conectados cuando la unidad este funcionando.

**PANEL DE INDICACION DE AVERIAS** Las averías de funcionamiento en el sistema de la locomotora iluminarán las partes correspondientes del panel, ver la figura 9 para una explicación de las señales de aviso y acciones correctivas.

**PANEL DE INTERRUPTORES DE ILUMINACION**

**PANEL DE INTERRUPTORES AUTOMATICOS**

Figura 4.1

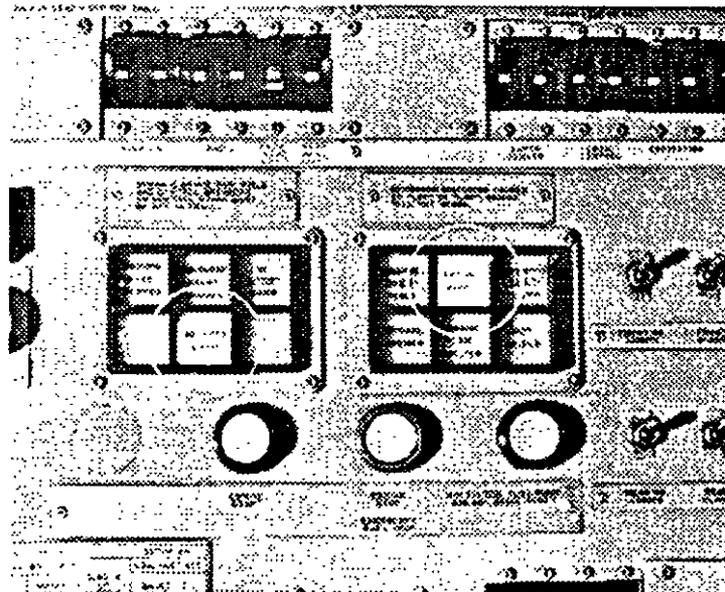


Figura 4.2

\* **Filtro de Aire del Motor Diesel** - Indica que los filtros de aire del motor diesel están tapados o muy sucios y deben reemplazarse. Cuando se presenta esta falla, cesa la potencia de tracción y la velocidad del motor regresará a holgar. La campana de alarma sonará por 30 segundos. Accione el botón de Restablecer el Filtro de Aire, situado en el tablero de Control del Motor (EC) para restaurar la operación normal después de corregirse la falla.

\* **Diodos calientes** - Indica que la temperatura de funcionamiento de uno o más de los tableros rectificadores han excedido los límites. La campana de alarma sonará por 30 segundos, la potencia cesará, y la velocidad del motor retornará a holgar.

Los sensores de la temperatura en los tableros rectificadores se restablecerán automáticamente cuando estos se enfrien. Oprima el botón de Restablecer Diodos Calientes, situados en el tablero de Control (EC) para restaurar el funcionamiento normal.

### ***Tablero de Control del Maquinista***

Es un pedestal de control del puesto del operador que cuenta con los instrumentos necesarios de ajuste y vienen calibrados de fabrica, los amperímetros y manómetros se pueden cambiar sin ningún ajuste, pero se requiere de una persona especializada en mantenimiento, por esta razón se debe observar constantemente en dichos indicadores el funcionamiento de los diferentes sistemas, mecánico y equipo eléctrico, ver figura 4.C.

El tablero esta dispuesto de manera que, el personal operativo esté en condiciones de reportar cualquier falla al personal de conservación para dar un mejor servicio a la locomotora.

Este tablero de control cuenta con varias palancas que se utilizan para darle propulsión, dirección, frenado y adherencia a la locomotora.

El tablero de control del maquinista viéndolo de frente, la lectura de sus instrumentos se leen de izquierda a derecha o viceversa, donde en cada uno de ellos aparece una leyenda con su respectivo nombre, consta de manómetros, interruptores y palancas, que son los siguientes, figura 4.C.

## ANATOMIA DEL TABLERO DE CONTROL DEL MAQUINISTA



Figura 4.C.

### **Palancas de control de propulsión:**

\* **Del regulador (acelerador).** Es una palanca que tiene movimiento de derecha a izquierda con ocho posiciones gradualmente, incrementa las revoluciones del motor diesel de acuerdo como se vaya abriendo esta palanca, independientemente de que la carga aumente debido a que la inyección de combustible se dosifica en mayor cantidad, figura 4.C.

\* **Inversor (cambio de marcha).** Esta palanca tiene un interruptor, que efectúa cambios de manera que invierta la dirección en que fluye la corriente por los campos de los motores de tracción, para invertir el sentido de la rotación de la armadura, y consecuentemente la dirección del movimiento de la locomotora, figura 4.C.

### **Palancas de control para freno:**

#### **\* Freno Dinámico.**

El maquinista controla la aplicación del freno dinámico por medio de la palanca de frenado dinámico localizada en el pedestal de control. La palanca de frenado dinámico controla la cantidad del esfuerzo del frenado. Una vez que se ha alcanzado la posición de frenado máxima, el freno se regula automáticamente para obtener el mayor esfuerzo de frenado posible a cualquier velocidad sin acción manual.

La palanca de frenado dinámico, debe moverse lentamente a través de la gama de frenado. Si la corriente de frenado aumenta rápidamente, deje de mover la palanca (no la regrese), hasta que la corriente se estabilice. Cualquier maniobra que se realice con objeto de reducir la corriente de frenado probablemente causará una condición de oscilación. La operación y efecto del frenado dinámico sobre el tren, es semejante al efecto que causa el freno de aire independiente de la locomotora: el esfuerzo de frenado se aplica solamente a la locomotora. Las mismas precauciones deben tomarse para evitar que se estire o se recoja el juego muerto del tren.

\* **Válvula automática.** Su función es controlar los frenos del tren y la locomotora, tiene seis posiciones en su cuadrante y son; afloje, reducción mínima, servicio, supresión, sacar manija y emergencia, figura 4.C.

\* **Válvula independiente.** Esta ubicada abajo de la manija del freno automático, tiene dos posiciones, afloje y aplicación plena. Afloje sirve para aflojar los frenos de la locomotora y aplicación plena para aplicar el freno a su máxima potencia, entre estas posiciones está la zona de aplicación gradual manteniendo presión en el cilindro de freno conforme se va avanzando hasta aplicación plena, se oprime hacia abajo en otras se lleva a afloje para desalojar de manera gradual o total la presión del cilindro del freno de la o las locomotoras por cualquier aplicación del freno automático.

- \* **Válvula de arenamiento.** Válvula neumática para el arenamiento rueda - riel y mejora de la adherencia, figura 4.C.
- \* **Válvula de limpiaparabrisas.** Válvula neumática para el funcionamiento de los limpiadores de vidrios.
- \* **Válvula de silbato.** Válvula neumática que tiene como función llamar la atención a larga distancia de la gente y personal encargado de movimientos en patios de acuerdo con el reglamento de transportes, figura 4.C.
- \* **Válvula de la Campana.** Deberá activarse antes de darle propulsión a la locomotora, al hacer movimientos en los patios, al aproximarse a los cruceros a nivel (si los hay) y en otros puntos prevenidos por el Reglamento Interno de Transportes, figura 4.C.

## 5. DISPOSITIVOS DE PROTECCION DEL MOTOR DIESEL E INSTRUMENTOS DE PRECISION.

### 5.1 Dispositivos de Sobrevelocidad.

En los motores diesel, el dispositivo de sobrevelocidad se encuentra en su lado derecho cerca del extremo posterior, al operar hace que se detenga la marcha del motor diesel, en algunos salta el botón restaurador exhibiendo su banda roja, en otros la palanca de control manual se mueve hacia adentro y además se exhiben dos espiras, de color rojo del resorte del eslabón de sobrevelocidad (ver figura 5.1).

Este dispositivo opera cuando el motor diesel trabaja a una velocidad superior A 1050 R.P.M., en Locomotoras G.E. y en Locomotoras E.M.D. a más de 900 RPM.

Para restablecerlo debe oprimirse el botón restaurador o la palanca de sobre - velocidad.

**Nota:** El restablecimiento de cualquier dispositivo debe hacerse hasta que el motor diesel este completamente detenido.

## 7.4 Posiciones de la Válvula Automática

\* **Válvula Automática.** Controla el funcionamiento de los frenos del tren y de la locomotora, con su sistema de mangueras acopladas y sus llaves angulares abiertas desde la locomotora hasta la última unidad de arrastre, tiene seis posiciones en su cuadrante.

**AFLOJE:** Su función es cargar el tubo del freno con presión de los depósitos principales y aflojar los frenos del tren.

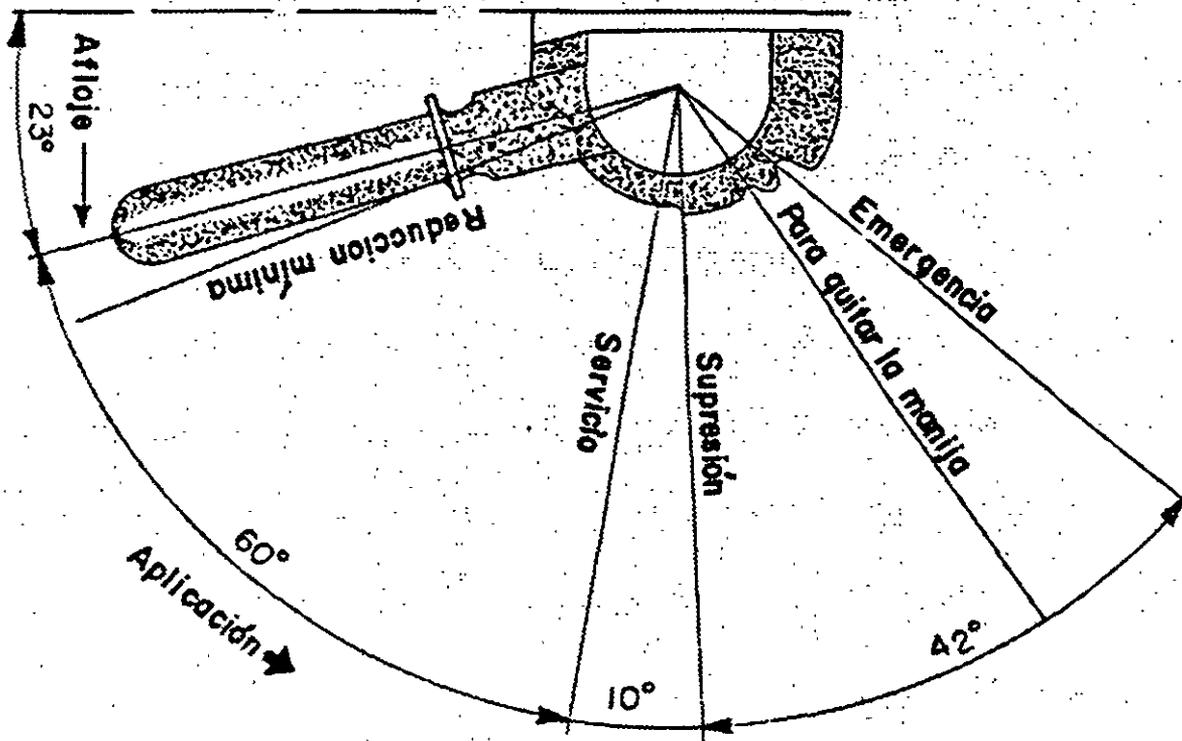
**REDUCCION MINIMA:** Esta posición se establece colocando la manija de la válvula del freno, contra la primera muesca del cuadrante. Se obtiene una ligera aplicación de servicio que como resultado de una reducción de 6 a 8 libras por pulg<sup>2</sup> en el tubo de freno.

**SERVICIO:** Se usa para hacer reducciones graduales de la presión del tubo de freno, para aplicar los frenos del tren y de la locomotora en grado de servicio, con mayor presión.

**SUPRESION:** Esta posición se utiliza para recuperar las condiciones normales de operación, cuando se origina una violación a los dispositivos de seguridad, ya sea por exceder la velocidad máxima o soltar el pedal, originando que opere el "PCS". Para cortar la potencia y sancionando con una aplicación plena de servicio sin control. Para restablecer esta condición lleve la manija automática a esta posición, espere a que apague la luz del "PCS", y mueva la manija a la posición de afloje.

**SACAR MANIJA:** Además de que en esta posición puede quitarse debe usarse la palanca ubicándola en ésta, para el manejo de locomotoras guiadas en múltiple, remolcadas y ayudadoras.

**EMERGENCIA:** Cuando amerite obtener una aplicación rápida y con mayor presión de los frenos del tren y de la locomotora, use esta posición, ya que establece un conducto amplio y directo para la descarga del tubo del freno hacia la atmósfera, como su nombre lo dice para salvar vidas o intereses, y para restablecerla se espera un tiempo de un minuto a minuto y medio.



Cuadrante de la Válvula Automática

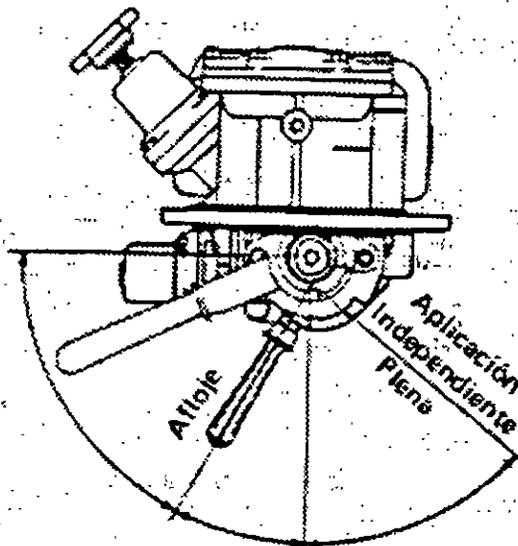
## 7.5 Posiciones de la Válvula Independiente.

La manija del freno independiente está ubicada abajo de la manija del freno automático. Esta manija tiene dos posiciones, afloje y aplicación plena. Entre estas dos posiciones, está la zona de aplicación, puesto que es un freno de auto-recubrimiento, el cual se puede aplicar gradualmente como se requiera.

**Afloje:** Se utiliza para aflojar los frenos de la locomotora autónomos a los del tren. La opresión hacia abajo de la manija de esta válvula independiente, cuando se encuentra en posición de afloje, origina el afloje de cualquier aplicación del freno automático en los cilindros de la o las locomotoras.

**Aplicación Plena:** En esta posición la aplicación puede graduarse conforme al movimiento de la manija en el cuadrante, hasta la aplicación plena o total que es extremo derecho.

Controla la aplicación de los cilindros del freno de la locomotora muy independientemente de los del tren.



Cuadrante de la Válvula Independiente



## 7.6 Preparación de Válvulas y Componentes en Locomotoras Solas y en Múltiple.

Antes de iniciar el viaje o jornada, las tripulaciones de locomotora deben realizar una inspección detallada del equipo de frenos de aire a su cargo, con el objeto de comprobar el arreglo de la locomotora sola, o si se va acoplada en múltiple, como locomotora muerta o en servicio de ayuda. Para lo cual el arreglo de palancas y accesorios es de acuerdo a la siguiente tabla.

TIPO DE SERVICIO	VALVULA AUTOMATICA	VALVULA INDEPENDIENTE	VALVULA DE INCOMUNICAR EL TUBO DEL FRENO	LLAVE DE LOCOMOTORA MUERTA	LLAVES	
					DOS POSICIONES	MUERTA
<b>ARREGLO DE LOCOMOTORA SOLA</b>						
GUIA	AFLUJE	APLICACION O AFLUJE	CARGA	CERRADA	ABIERTA	GUIA O MUERTA

LOCOMOTORA MUERTA	POSICION DE QUITAR LA MANILLA	APLICACION O AFLUJE	INCOMUNICAR	ABIERTA	ABIERTA	GUIA O MUERTA
<b>ARREGLO DE LOCOMOTORAS EN MULTIPLE</b>						
GUIA	AFLUJE	APLICACION O AFLUJE	CARGA	CERRADA	ABIERTA	GUIA O MUERTA
GUIADA	POSICION DE QUITAR LA MANILLA	APLICACION O AFLUJE	INCOMUNICAR	CERRADA	CERRADA	GUIADA B O 2B.O GUIADA 2A
LOCOMOTORA MUERTA	POSICION DE QUITAR LA MANILLA	APLICACION O AFLUJE	INCOMUNICAR	ABIERTA	ABIERTA	GUIA O MUERTA
<b>ARREGLO DE LOCOMOTORAS AYUDADORAS</b>						
AYUDADORA	POSICION DE QUITAR LA MANILLA	APLICACION O AFLUJE	INCOMUNICAR	CERRADA	ABIERTA	GUIA O MUERTA