

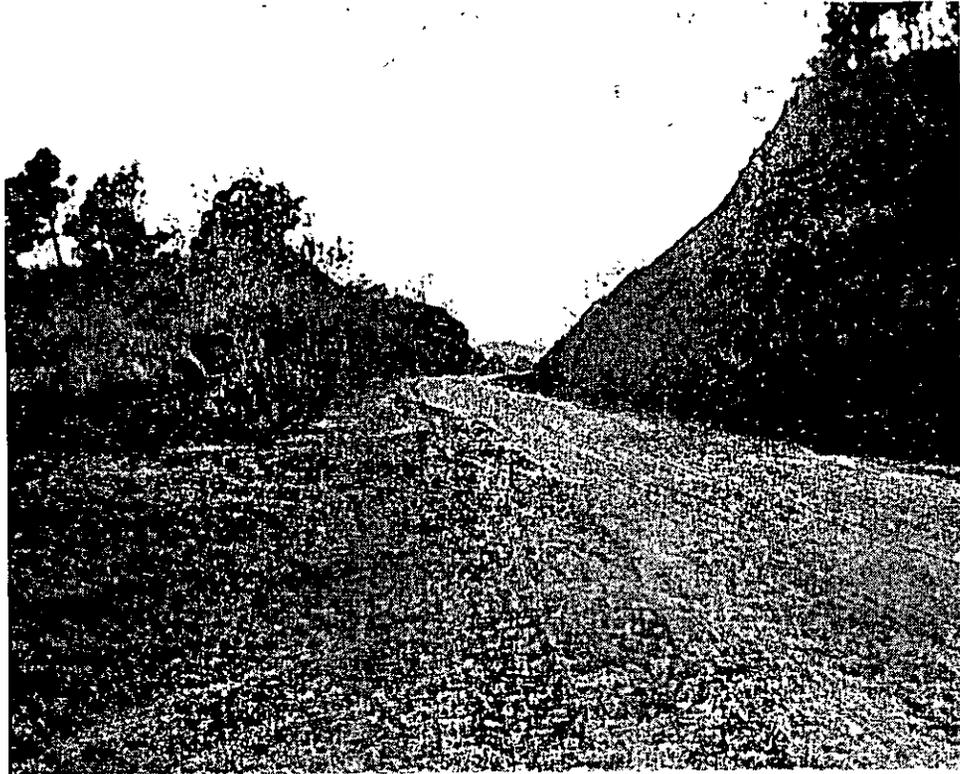
# **PROYECTO GEOTECNICO APLICADO A LAS VIAS FERREAS.**

- 1. Introducción.**
- 2. Antecedentes de la geotecnia en la construcción de las vías férreas.**
- 3. Situación actual de la geotecnia en las vías férreas.**
- 4. Antecedentes geotécnico para el proyecto definitivo.**

**M. En C. Ernesto Antonio Chavez Villagrana**



UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES  
INSTITUTIONAL RESEARCH CENTER  
DIWATA, CALOOCAN CITY, METRO MANILA





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE CAPACITACIÓN FERROVIARIA  
DIPLOMA EN OPERACIÓN FERROVIARIA

# PROYECTO GEOTECNICO APLICADA A LAS VIAS FERREAS

DIPLOMA EN OPERACIÓN FERROVIARIA

M. en C. Ernesto Antonio Chavez Villagrana



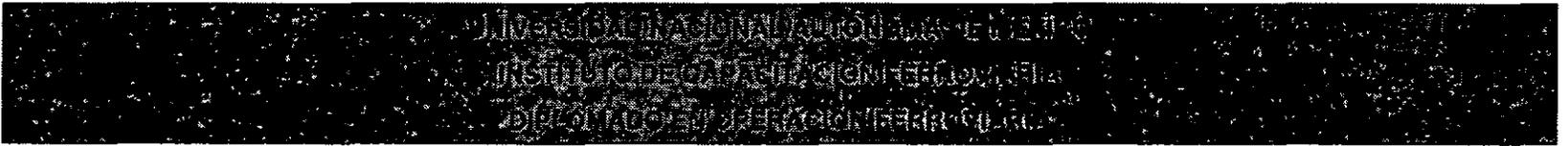
## INTRODUCCION

Las vías férreas tienen un amplio campo de la ingeniería donde la geotecnia ha logrado participar de manera muy importante en proyectos de ingeniería en ferrocarriles. Sin embargo los problemas que se tienen en la actualidad y las perspectivas de desarrollo que se han venido dando en el aspecto tecnológico en forma radical, se establece la necesidad en este medio de transporte de aportar cada vez mas la aportación de conocimientos y mejores soluciones en cada momento en este periodo de transformación no únicamente en el funcionamiento mecánico sino en los muchos rublos de la infraestructura ferroviaria.

En el campo de la geotecnia se tiene avances en el conocimiento de las características y comportamiento del subsuelo, resultado de las investigaciones de las diversas disciplinas que intervienen en esta especialidad, como son : la geología, la mecánica de los suelos y la mecánica de las rocas:

Debido a esta dinámica de la aplicación de la geotecnia a las vías férreas a permitido actualmente obtener una información confiable, para la elaboración de inmejorables pobleomos que tienen como finalidad disminuir los problemas durante la etapa de construcción y reducir el mantenimiento en la operación de la vía.

Los problemas que se han presentado durante las etapas de construcción y operación, así como soluciones utilizadas la intervención y aplicación de la geotecnia hacia primordial, donde se han analizado los esfuerzos que se presentan en las vías así como su distribución en las diversas capas que constituyen la sección estructural. En relación con la calidad de los materiales se hace referencia a los requerimientos mínimos que deben cumplir estos.



## INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico hoy ha permitido también en el campo de la geotecnia avances significativos en el conocimiento de las características y comportamiento del subsuelo. Las disciplinas que intervienen en esta especialidad como son: la geología, mecánica de los suelos y la mecánica de las rocas, debido a esta dinámica, la aplicación de la geotecnia a las vías férreas a permitido una información confiable para obtener mejores alternativas de solución para los proyectos de construcción y mantenimiento de las vías férreas, con la finalidad de disminuir los problemas durante la operación de la vía.

Los problemas que se presentan durante las etapas de construcción y operación son analizadas para aplicar soluciones adecuadas. Entre los estudios que se realizan son los esfuerzos que se presentan en las vías férreas, así como la distribución en la diversas capas que constituyen la sección estructural.



## LA APLICACIÓN DE LA GEOTECNIA EN LAS VIAS FERREAS

- La construcción de las vías férreas en México se inicia en 1850, con la ruta México- Veracruz vía Córdoba. En esta época las brigadas de localización seleccionaban el trazo de la vía, procediendo de inmediato a la etapa de construcción y sobre la marcha se establecen las recomendaciones que incluyen la selección de los bancos de materiales, la inclinación de los taludes de las secciones en corte y terraplén. Los coeficientes de variación volumétrica y bandeo no se utilizaban ya que la curva masa no se efectuaba como en la actualidad. La mecánica de suelos se inicia esporádica su aplicación de la geotecnia a la mitad de este siglo a la partir del desarrollo en México.
- Los ferrocarriles que aplican la geotecnia son precisamente los ferrocarriles del Sureste y del Chihuahua al Pacífico, siguiendo en 1965 las vías México-Querétaro y al acortamiento Querétaro-San Luis Potosí en su tramo Viborillas-Villa de Reyes, recibiendo la información geotecnia, ya como resultado de una metodología sistemática y con la suficiente anticipación a la etapa de construcción. Permitiendo realizar análisis con mejores elementos y toma de decisiones importantes a fin de reducir los problemas durante la etapa de la ejecución de las obras.
- La geotecnia nuevamente participa en nuevos proyectos construcción en el periodo de modernización del Sistema Ferroviario nacional y en enlaces y rectificaciones de nuevas vías férreas en las que se destacan las siguiente :
- Corondiro Lázaro Cárdenas con 200 Kms.
- México Veracruz la nueva ruta del Mexicano que comprende Los Reyes Pue.-Ciudad Mendoza, Ciudad Mendoza-Sumidero, Sumidero-Fortín, Fortín- Peñuela, Peñuela-Potrero, Potrero-Paso de Macho Ver. Con 138 Kms



- Proyecto de el libramiento Salinas-Laguna Seca, como parte del proyecto integral de la vía férrea Guadalajara-Monterrey iniciando en el km. 7+260 al 126+515, construido en el Estado de San Luis Potosí.
- Sayula-Ciudad Guzmán, en una distancia de 35 kms entre estados poblaciones en el Estado de Jalisco, desvío de la vía Manzanillo- Guadalajara.
- Pinto-Bocas de la Vía Férrea México-Nuevo Laredo, con tramo del desvío de 14 el proyecto contemplo dos vías paralelas sobre una misma terraceria.
- Proyecto de Vía Férrea México-Querétaro en dos jefaturas de responsabilidad de construcción, el primer tramo de 122 Kms entre Buenevista DF-Aragón y el segundo tramo Aragón-Querétaro con 123 Kms.
- Proyecto de Ajuno-Calzontzin este desvío ubicado en el Estado de Michoacán y otros muchos proyectos para mejorar la infraestructura de la vía en el país.
- La geotecnia interviene en diferentes etapas de los proyectos antes mencionados considerando los los estudios preliminares, en donde se analizan las diversas alternativas hasta los estudios definitivos que requieren del conocimiento detallado del subsuelo en el que se alojara la vía férrea. Así como la localización de los bancos de materiales para las diferentes capas en su construcción la estructura de la vía y también se consideran los estudios para puentes, túneles y obras de drenaje.



## PROYECTO DEFINITIVO Y LOS ESTUDIOS PREVIOS DE GEOTECNIA

Las actividades que se desarrollan para la ejecución de los estudios geotérmicos en vías férreas donde se presentan características particulares contemplándose los siguientes aspectos :

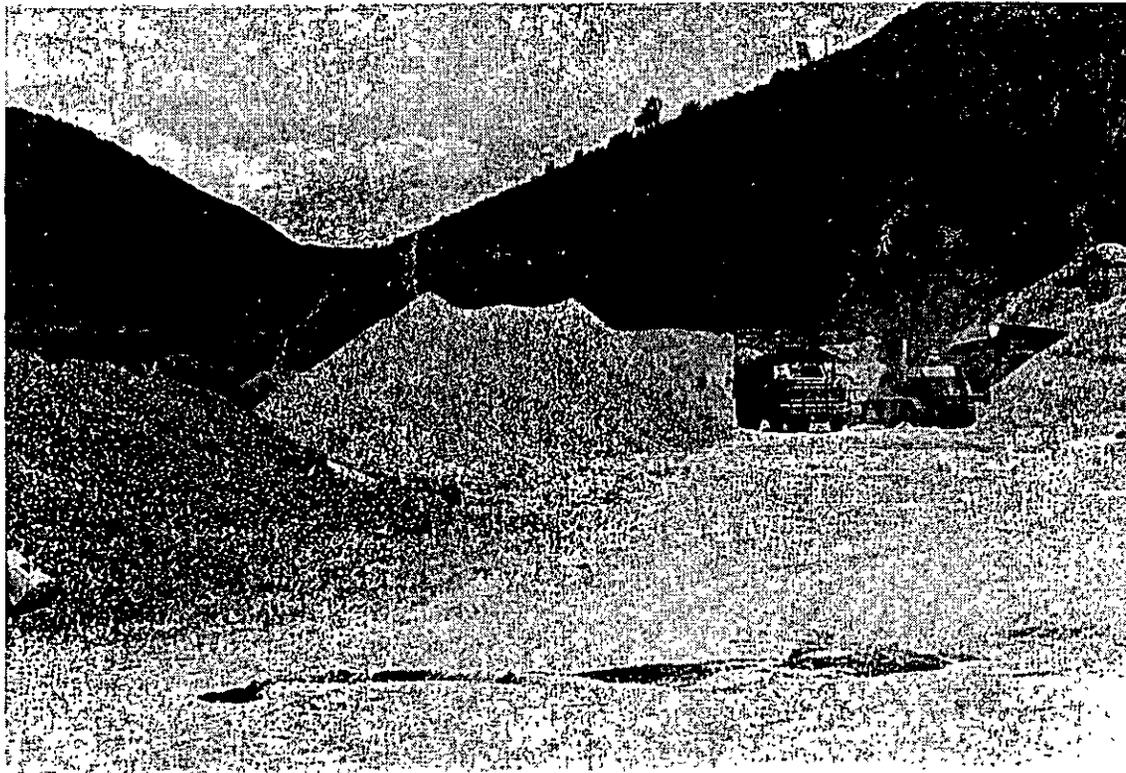
- Recopilación de toda la información que existe tanto del proyecto de la zona como de la ubicación donde se propone el trazo de la vía.
- Reconocimiento de la zona en estudios para elaborar el programa de exploración y muestreo a lo largo del trazo donde se ejecutarán los trabajos, localización y ubicación de los bancos de materias para las diversas capas que constituye la estructura de la vía.
- Trabajos de laboratorio representan un aspecto fundamental ya que en base a los resultados obtenidos, se puede establecer la naturaleza de los suelos lo que permite prever su comportamiento en la obra.
- La integración de la información obtenida en las etapas precedentes requiere procesos de retroalimentación, los cuales se realizan en función de las características particulares de cada proyecto.
- Las recomendaciones y observaciones geotécnicas lo que proporcionara la información suficiente y confiable sobre la línea del proyecto, de los bancos de préstamo , y la relacionada con el drenaje.
- La información que se debe tener es la zonificación estratigráfica, características de los suelos y rocas ,tratamiento conveniente. Las recomendaciones para la utilización del material de acuerdo a su calidad, coeficientes de variación volumétrica para los diversos grados de compactación, clasificación de presupuesto, taludes, en corte y terraplén, localización de zonas problemáticas.



- La información de las obras de drenaje donde se refieren en dos tipos los principales como son las obras menores y las obras complementarias, en el primer caso se requiere conocer el tipo del material para apoyo de la cimentación, la capacidad de carga admisible, la profundidad del desplante, la erosión del sitio. Así como los tipos de arrastre de la corriente, para el segundo caso tiene particular importancia la importancia la necesidad de ubicación de las obras de protección, como son los bordillos, cunetas, lavaderos drenes subterráneos que incrementaran la vida útil de la obra y reduciendo enormemente la conservación de la vía cuando este puesta en operación.
- Un estudio geotécnico es un proceso sistemático que permite obtener información muy amplia con respecto a un proyecto, por lo que su ejecución debe estar coordinada por ingenieros de amplia experiencia.
- Los trabajos se deben realizar considerando de una manera muy importante el aspecto económico sin sacrificar la calidad del estudio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE CAPACITACIÓN FERROVIARIA  
DIPLOMADO EN OPERACIÓN FERROVIARIA





## LA ESTRUCTURA DE LAS VÍAS Y LA APLICACIÓN DE LA GEOTECNIA.

- La aplicación de a geotecnia nos permite conocer los componentes de su estructura y describir los diferentes elementos que intervienen, su función, limitaciones y en general los diversos aspectos que permiten analizar de una manera mas objetiva el comportamiento mecánico de una vía.
- La sección de una vía la forma los siguientes elementos como son: Riel, Durmiente, Balasto, Sub-balasto, Sub-Rasante, Terraplén, Terreno de cimentación.
- **Figura que muestra la sección típica de su estructura.**

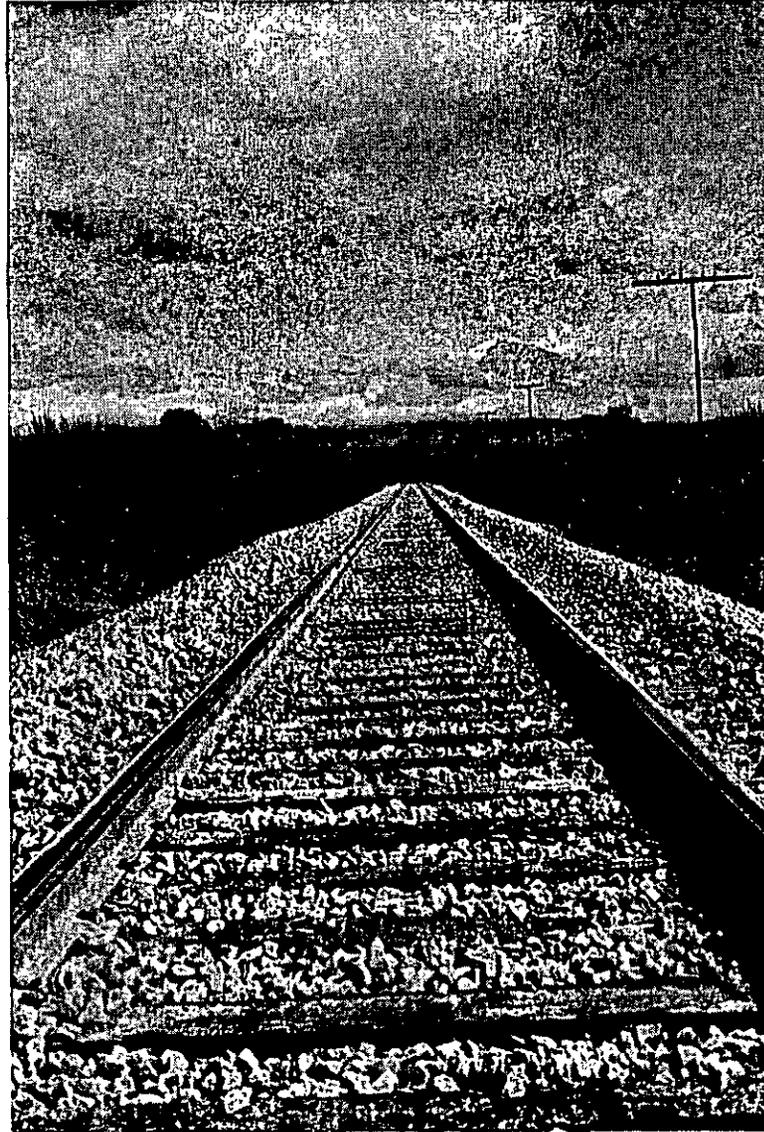
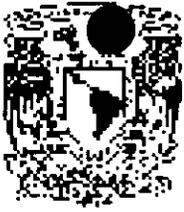


## LOS ASPECTOS IMPORTANTES DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA.

- El riel .- Tiene la función de resistir los esfuerzos que recibe del equipo rodante y transmitirlos a su vez a los otros elementos de la vía, sirviendo como guía a las ruedas del equipo de arrastre.
- Durmiente.- Constituyen a través de los elementos de sujeción y unión del riel con cada uno de los elementos perpendiculares en una secuencia reglamentaria, tiene como función :
  - Servir de apoyo a los rieles, restringiendo su movimiento y evitando desplazamiento en nivelación, separación, e inclinación, la distribución de las cargas de los rieles hacia el balasto.
  - Mantener la estabilidad de la vía en el plano horizontal el sentido longitudinal y transversal.
  - En el plano vertical los esfuerzos estáticos del peso propio y los cambios de temperatura se incrementan a los esfuerzos dinámicos del tren que también debe de resistirlos. El material esta constituido de concreto armado, madera tratada.
- Balasto.- Esta formada de una capa de piedra triturada la cual se apoyan los durmientes tienen varias funciones :
  - Recibe las cargas que le transmite los durmientes y las distribuye hacia las capas inferiores
  - Estabiliza vertical, longitudinal y lateralmente la vía. Permite en la etapa de renivelación se recupere la geometría de la vía en sentido vertical y horizontal.
  - Permite amortiguamiento mediante su comportamiento elástico ante las acciones del equipo rodante. Facilita el drenaje de las aguas de la lluvia debido a su alta permeabilidad



- **SUB-BALASTO.-** Es una capa intermedia entre la cara inferior del balasto y la cara superior de la sub-rasante esta compuesto de material seleccionado sin tratamiento previo a su utilización. Tiene como función :
  - Evitar la incrustación del balasto en las terracerías.
  - Impedir las partículas finas asciendan de las terracerías hacia el balasto.
  - Proteger la parte superior de las terracerías de la acción del agua
  - Recibir los esfuerzos del balasto y distribuirlos hacia las terracerías.
- Los materiales deberán cumplir con las características de resistencia al esfuerzo cortante.
- El tamaño de sus partículas con una buena graduación se tendrán mejor trabazón de los granos incrementándose su resistencia.
- **SUB - RASANTE.-** Es la capa superior de la terracería sirve apoyo al sub-balasto
- El material que comúnmente lo constituye es de suelos.
- Las funciones que debe cumplir es de recibir los esfuerzos que le trasmite el sub-balasto y distribuirlos hacia las terracerías.
- **TERRAPLEN.-** Es la estructura que tiene como fin el proporcionar apoyo a la superestructura de la vía evitando deformaciones excesivas que pongan en peligro la estabilidad de la estructura férrea
- La resistencia al esfuerzo cortante.
- Otro factor importante de la infraestructura de la vía lo generan las deformaciones producidas por la plasticidad de los materiales inducidos por los cambios de humedad





- **TERRENO DE CIMENTACIÓN.**- Este último elemento de la vía el cual resulta de mayor importancia que las anteriores ya que se trata del terreno natural donde se apoya todo el conjunto sujeto a todos los esfuerzos mencionados.
- Es especial importancia conocer la estratigrafía del subsuelo buscando sus características de los suelos para conocer el aspecto de su naturaleza constitutiva y el estado en que se encuentra.
- En base a esta información se podrá predecir su posible comportamiento de la vía ante las sollicitaciones de la obra.
- En caso de que la capacidad de soporte del suelo sea menor que las cargas producidas por la vía se deberán estudiar los mecanismos para el mejoramiento de las propiedades del terreno natural ya sea a través de estabilizaciones mecánicas o químicas.
- **CONTROL DE CALIDAD.**- Durante la etapa de la construcción se debe cumplir el de referente a la supervisión a cuya actividad corresponde vigilar los procedimientos y materiales por utilizar en la obra, verificando que se cumplan las especificaciones del proyecto.
- Las actividades de la supervisión tiene como objetivo la revisión de los materiales reúnan las características específicas.
- Para realizar el control de calidad se requiere conocer los procedimientos de construcción, los fundamentos de la geotecnia y el funcionamiento de las vías.



## LA GEOTECNIA APLICADA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCION Y OPERACIÓN.

- En esta etapa se requiere su intervención permanente, en virtud de la problemática que se presenta, la cual tiene diversos aspectos que no siempre se contemplan inicialmente.
- Durante la etapa de construcción llegan a presentarse cambios importantes que no fueron considerados durante el estudio del proyecto y que ocasionan problemas a la obra por lo tanto sus consecuencias se convierten en atrasos a los programas de trabajo, los cuales se revierten en el aspecto económico, incrementando el costo inicial y algunas veces llegan a poner en peligro la estabilidad de la vía los motivos que generan estos cambios son los siguientes:
  - Exploración y muestreo insuficiente en cortes.
  - Terreno de cimentación poco resistente.
  - Laderas inestables.
  - Localización de nuevos bancos.
  - Obras de drenaje complementarias.
- Los problemas geotérmicos en la etapa de la operación.- Es debido a las características en las que se desarrolla esta etapa, los problemas que ocurren en las vías férreas no son del conocimiento general, restringiéndose la información básica al personal que interviene en su operación. Así como a la que tiene a su cargo los trabajos de mantenimiento de vía.



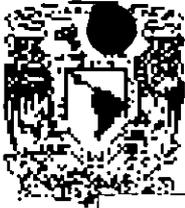
## LOS PRINCIPALES PROBLEMAS GEOTECNICOS.

- Comportamiento de la infraestructura.- Conociendo la estructuración de la vía se puede establecer el mecanismo del funcionamiento que se presenta y los efectos que tiene considerando el terraplén como el apoyo de la estructura de la vía, debe cumplir con dos características fundamentales como son: ofrecer la resistencia adecuada a las sollicitaciones a la que se vera sujeto y evitar las deformaciones excesivas. En este aspecto tiene particular importancia la naturaleza del material que constituye la infraestructura, ya que en el caso de los suelos granulares normalmente se tiene esta condición la cual no se presenta de la misma forma en los suelos finos. Estos terraplenes con estas tipos de suelos son los que presentan mayores problemas
- En las vías férreas las sollicitaciones son generadas por el tipo de vehículos que transita, las cargas que se manejan, la velocidad, la cantidad de trafico todo estos conceptos son los que provoca que los esfuerzos sean puntuales y repetidos por lo que además tienen esfuerzos estáticos y dinámicos causados por los impactos y las vibraciones que se presentan en forma cíclica.
- Los mayores problemas a la operación de la vía por las propiedades particulares que tienen entre ellas se puede citar, la baja resistencia al esfuerzo cortante, deformidad excesiva, inestabilidad volumétrica ante la presencia de agua, desplazamiento de partículas finas en suelos saturados ante los impactos causados en la estructura de la vía los efectos como son : Deformaciones, asentamientos diferenciales, que cambian la geometría de la vía, la incrustación de la capa de balasto, apoyo irregular de los durmientes, movimientos ascendentes de los suelos finos hacia el balasto, provocando su contaminación, también se tienen manifestaciones de expansión.



## ESTABLIZACION DE TALUDES EN LOS CORTES.

- Taludes de los cortes. Uno de los problemas que se tiene durante la operación de la vía son provocados por la intempererización de los suelos y rocas en los provoca caídos sobre la vía, desde un graneo de los suelos hasta el desprendimiento de grandes fragmentos, los cuales ponen en peligro la vía, esto se presenta en zonas de rocas fracturadas ya sea por su historia geológica o constructiva, lo cual se incrementa estos caídos por la temperatura del clima, que incide en el proceso principalmente el agua, con manifestaciones de precipitación pluvial escurrimiento helada.
- La solución de este tipo de problemas requiere desarrollar un procedimiento detallado en la valorización de los aspectos económico, de programación de los trabajos, la cantidad de mano de obra y etapas de estabilización.
- Una vez que se ha realizado el análisis correspondiente se puede decidir la solución a emplear, siendo la mas utilizada las siguientes: túneles falsos, muros alcancías, de contención, concreto lanzado, anclajes, abatimientos, bermas, georedes ancladas, mamposterías.



## **BALASTO**

- **DEFINICION, FUNCION Y SU IMPORTANCIA.**
- **LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DEL BALASTO.**
- **PRINCIPALES TIPOS DE ROCAS QUE SE UTILIZAN COMO BALASTO.**
- **PROCESO DE OBTENSION, PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN COMO BALASTO.**
- **COLOCACION DE BALASTO EN LA VIA.**
- **PROCEDIMIENTO PARA LA COLOCACION DEL BALASTO EN LA VIA.**
- **DESCARGA DISTRIBUCION Y COLOCACIÓN DE BALASTO.**
- **PROCEDIMIENTOS DE CALZADO,ESPEORES Y EQUIPOS MECANIZADOS .**
- **ESTIMACIONES.**
- **PRECIO UNITARIO EN LAS ESTIMACIONES.**



## DEFINICION, FUNCION Y SU IMPORTANCIA.

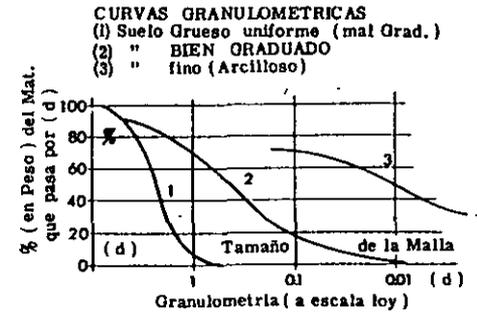
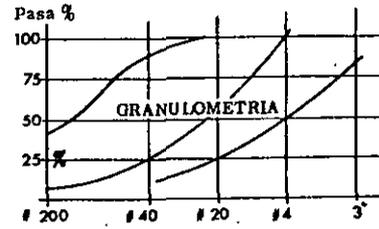
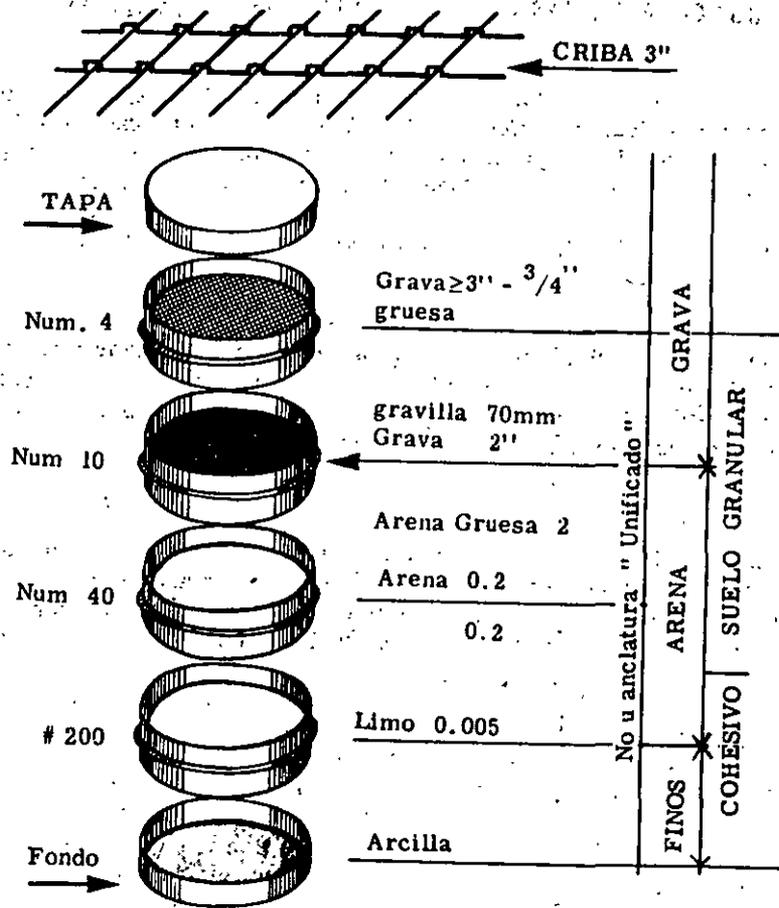
- **El balasto** es un material pétreo, triturado, suficientemente sano y resistente que permite apoyar adecuadamente los durmientes y que se coloca sobre la capa de sub-balasto que forma la corona de la terracería.
- **Función.-** Existen varias funciones asignadas a este material entre las que se destacan las siguientes:
  - **Recibe las cargas** que le transmite los durmientes, distribuyéndolas hacia las capas inferiores de la sección estructural de la vía.
  - **Estabiliza** verticalmente, longitudinal, y transversal de la vía.
  - **Permite amortiguamiento** mediante su comportamiento elástico, ante las acciones del equipo rodante.
  - **Facilita el drenaje**, producto principalmente de la precipitación pluvial debido a su alta permeabilidad.
  - **Se logra facilidad para realizar los trabajos** de alineamiento y nivelación.
- **La importancia del balasto** nos ayuda a evitar accidentes, permite mayores cargas, mayores velocidades, da mayor confort a los trenes, alarga la vida de la superestructura.



## LAS PRUEBAS DE LABORATORIO DEL BALASTO

Las pruebas de laboratorio a las que se somete el balasto son las siguientes :

- **Composición granulométrica.**- De acuerdo a las especificaciones del AREA alojada en una Tabla.
- **Peso volumétrico seco suelto.**
- **Peso volumétrico seco compacto.**
- **Densidad.**
- **Absorción.**-No deberá exceder de 16 litros de agua / m<sup>3</sup>
- **Forma de la partícula.** Tener como mínimo 60 % de peso de partículas angulosas y 75 % de las partículas de peso deberán tener dos o mas caras formadas por la fracturas de la piedra
- **Intemperismo.**
- **Durabilidad.**
- **Desgaste.**- Máxima cuarenta por ciento determinado por la prueba de laboratorio llamado los ángeles.
- **Resistencia a la compresión.**- La resistencia máxima a la compresión simple debe ser de 700 Kg / cm<sup>3</sup> y mínimo 350 Kg / cm<sup>2</sup>
- **Clasificación Geológica.**
- **Principales características.**- Los valores que se obtengan en el laboratorio de Mecánica de los suelos nos proporcionara como resultado saber la sanidad del material, permite mayor apoyo del durmiente propiciando una mejor estabilidad de la vía,lograr el mejor acomodo y compactado del balasto.

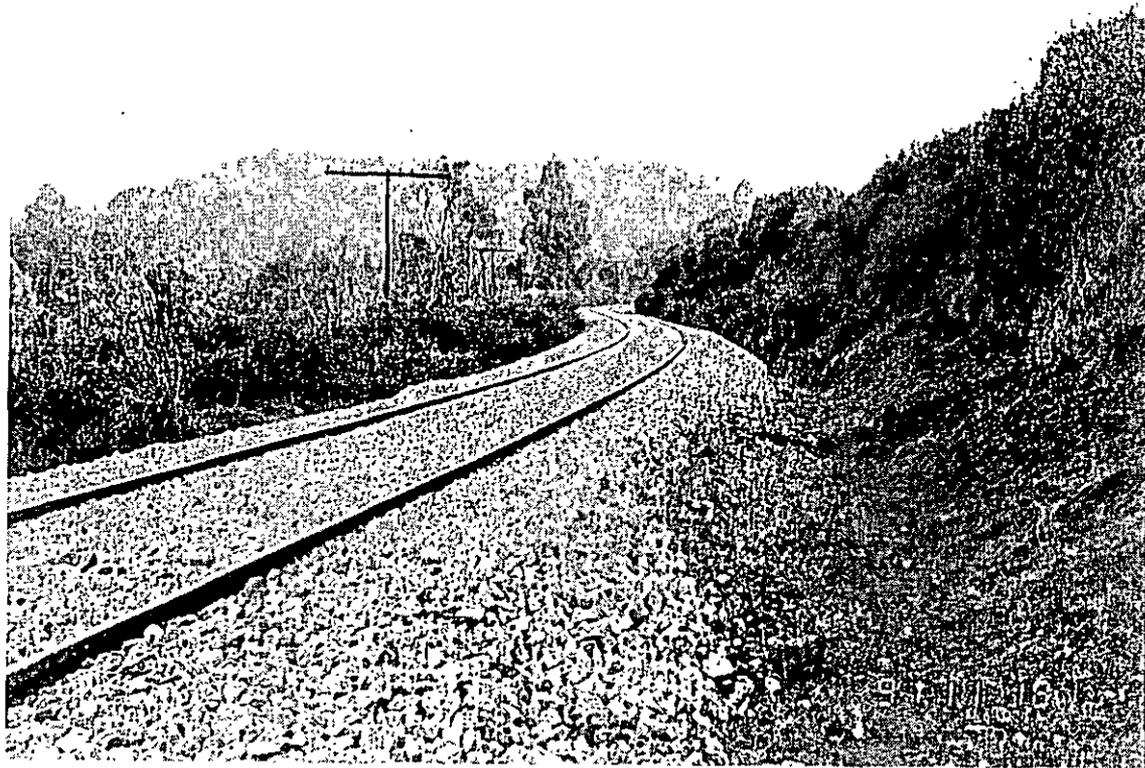
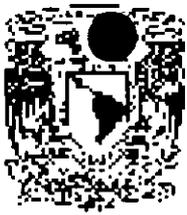




## PRINCIPALES TIPOS DE ROCAS QUE SE UTILIZAN COMO BALASTO

### Tipos de materiales.-

- **Piedra Natural.-** Generalmente se encuentra en forma natural en mantos de roca alojados en cerros o depósitos de aluvión, podrá emplearse en su estado natural cuando su fragmentación sea tal, que no requiera trituración de ninguna índole y solo se requiere de cribado.
- **Piedra triturada.-** Los materiales que se seleccione para la obtención de balasto provendrán de mantos rocosos depósitos de pepena deberá proceder a la trituración total según se requiera y cribado de tal manera que el resultado este compuesto de partículas duras, permeables, durables y libre de sustancias deletéreas y partículas perjudiciales.
- **Grasa de Fundición .-** Material producido del desecho en forma mas o menos vitrificada procedente de los hornos para la reducción de los minerales y se utiliza como balasto con amplias ventajas a los materiales pétreos, debido a su dureza proporciona menor anclaje y tiene mayor durabilidad, el material una vez triturado deberá ser cribado para sujetarse a las especificaciones de granulometría a que deben sujetarse los materiales para balasto, cuyo tamaño deberá ser del No. 4, 4A y que pase la malla de 64 mm ( 2 - 1/2 " ) los porcentajes de retenidos son de acuerdo a una tabla recomendada por el AREA.
- **Screening .-** Material de trituración y clasificación de la piedra de los números 5 y 57 que pasa la malla de 38.1 mm con los porcentajes retenidos de acuerdo a tabla.
- **Polvo.-** Material resultante de la trituración y clasificado de la piedra que pase la malla de 4.76 mm.





## PROCESO DE OBTENSIÓN , PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN COMO BALASTO.

**El proceso de obtención** del material pétreo se puede clasificar en tres tipos que son las siguientes :

- **Trituración Completa.**- En la cual se requiere perforación, carga, tronado, trituración primaria y secundaria, cribado, transporte, almacén y cargadura a las tolvas Balasteras.
- **Trituración Parcial.**- En la cual la trituración primaria y secundaria o únicamente la secundaria, cribado, transporte, almacén y cargadura.
- **Sin trituración.**- Cuando el material únicamente se requiere cribar, transporte, almacén y cargar.

**Las propiedades Físicas** de los materiales que se utilizan como balasto deberán reunir los requisitos siguientes sin recurrir a pruebas de laboratorio solamente a la vista y con una alta experiencia empírica y profesional.

- **Tamaño.**- deberá ser menor de 76 mm (3") y mayor de 38.1 mm (1 1/2")
- **Peso Volumétrico** mayor de 1,100 Kg / m<sup>3</sup>.
- **Forma** .- Mas de 60 % de partículas angulosas y menor de un 30 % de partículas planas.
- **Limpieza libre** de sustancias contaminantes (Tierra principalmente).



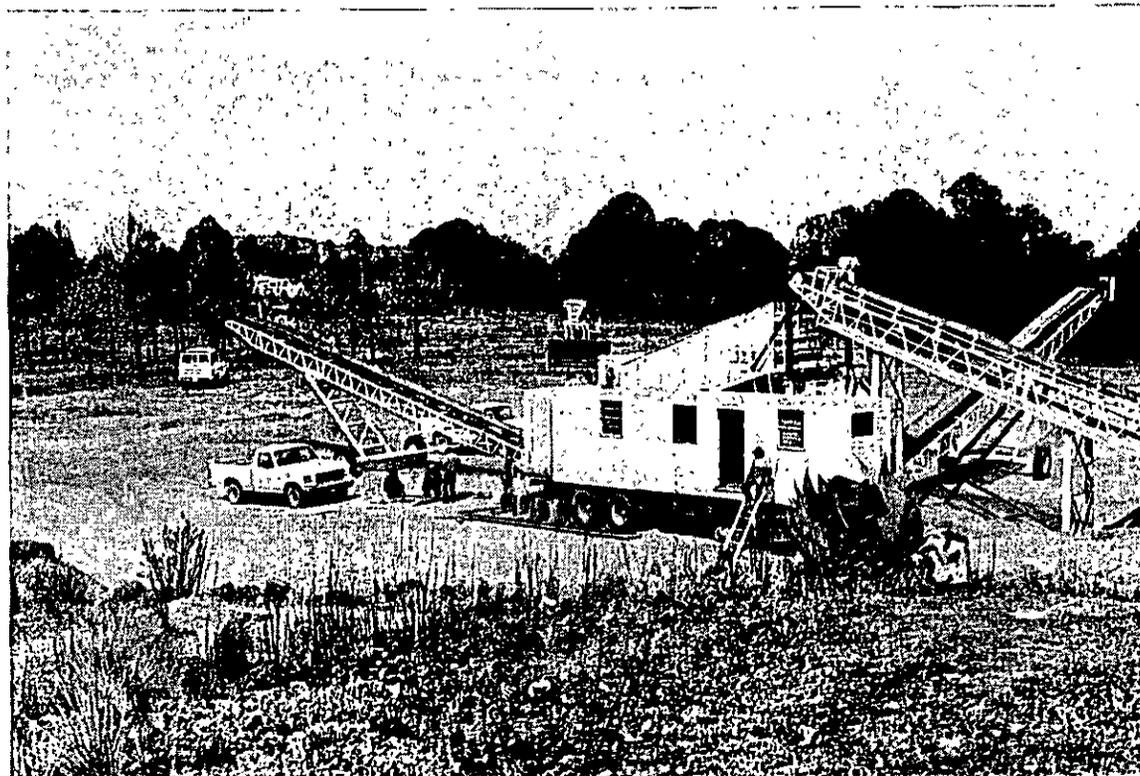
## COLOCACION DE BALASTO EN LA VIA

### MANEJO .-

- El balasto deberá ser manejado en la planta productora de tal manera que se mantenga limpio y libre de materias extrañas, este material se cargara en tolvas balasteras estas estarán en condiciones de transito y con el volumen establecido en el contrato.
- **Deberá obtenerse muestras de balasto** para determinar tanto la granulometría como las otras propiedades físicas por lo menos cada 10,000 m<sup>3</sup> de material procesado o bien cuando lo requiera el contratante
- **Muestras representativas de balasto.**-Cada una de las muestras representativas deberán pesar por lo menos 50 kgs.
  - **Figura donde se muestra las sección reglamentaria**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE CAPACITACIÓN FERROVIARIA  
DIPLOMADO EN OPERACIÓN FERROVIARIA





## PROCEDIMIENTO PARA LA COLOCACION DEL BALASTO EN LA VIA

**La ubicación del banco** deberá localizarse lo más cercano al lugar de su colocación con la finalidad de tomarlo en cuenta para la oferta al otorgar el contrato, considerando la distancia de acarreo y no solo el precio unitario del material.

### PREPARACIÓN PARA EL BALASTADO.

- Antes de recibir el balasto, se preparará la cama de la vía ampliando el terraplén o el corte de acuerdo con la sección reglamentaria.
- Deberá aprovecharse el balasto existente lo máximo posible, siempre y cuando este reúna las condiciones requeridas del material.

**Condiciones del balasto.**-Se quitará todo el material que no reúna las condiciones arriba del lecho de los durmientes, antes de distribuir el balasto nuevo.

•Al rebalastar es preferible elevar la vía sobre el balasto viejo, siempre que éste se encuentre razonablemente limpio, o bien que pueda limpiarse con los bieldos o mecánicamente utilizando la desguarnecedora en todo caso, esta es recomendable porque limpia el balasto de la tierra y materias extrañas que no permiten el drenaje adecuado. El polvo y el balasto viejo que no pueda limpiarse se espaciará sobre la banqueta del terraplén cuando esta sea escasa de modo que la cama quede uniforme.

•**Verificación de perfiles al rebalastar** se pondrá estacas de línea y nivel tal como lo indique el ingeniero encargado de los trabajos, cuando se requiera verificar los perfiles se tomaran niveles sobre la superficie de rodamiento del riel (hongo ).



## DESCARGA DISTRIBUCION Y COLOCACIÓN DE BALASTO

**Puntos fijos.**-El cuidado que deberá tener en los túneles y aproches de los puentes como puntos fijos, bajo estructuras elevadas y en andenes es fijar la rasante.

Una vez aprobado el perfil se tenderá una línea de estacas para las tangentes y para el el riel interior de las curvas antes de descajonar la vía, para descargar el balasto las estacas se colocan a una separación longitudinal de 20 metros.

### **DESCARGA Y DISTRIBUCION.-**

Se realiza mediante tolvas generalmente de descarga inferior, deberá ser cuidadosamente vigilada para que la cantidad de balasto descargada sea la necesaria y el trabajo se realice con el mínimo de movimiento del material y equipo. En Ningún caso deberá desperdiciarse el balasto tirandolo en los taludes del terraplén.

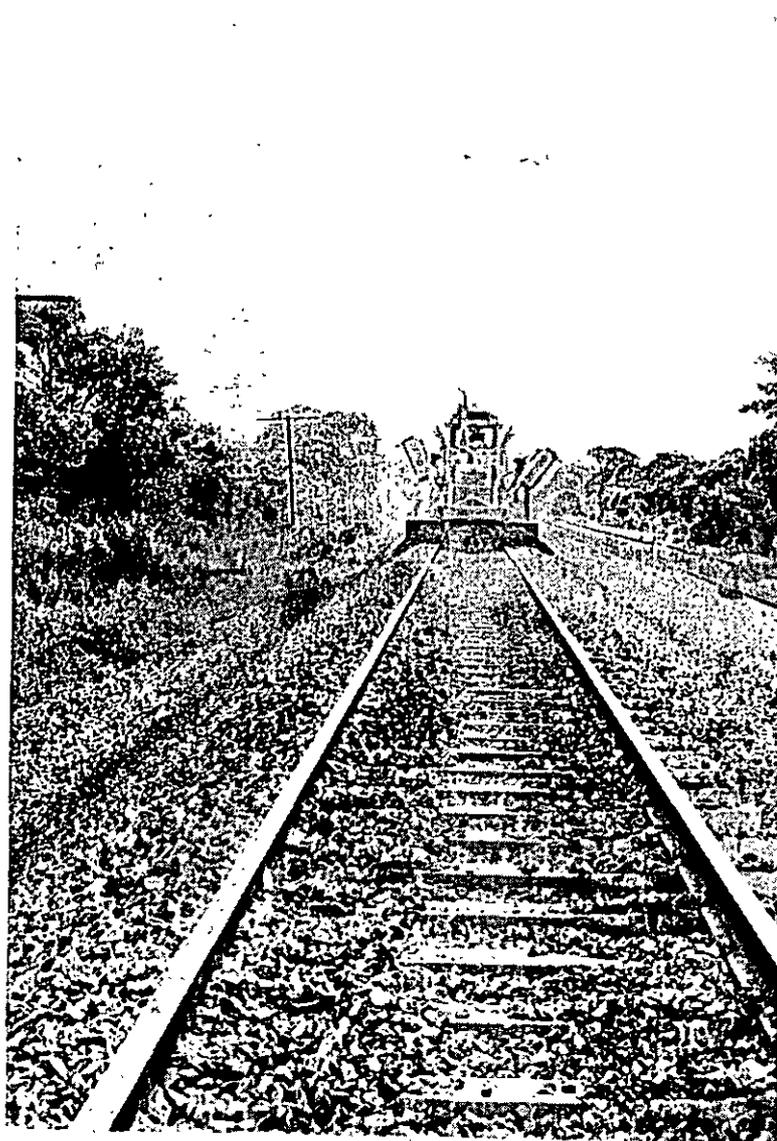
### **COLOCACION.**

El balasto al ser colocado no deberá mezclarse con la tierra, cuanto se trate de balasto de piedra triturada este se manejará con bieldos para su mantenimiento de la vía.

**Sección reglamentaria.**- Después de que se haya levantado la vía y dado él escantillón, la línea y la nivelación correcta, deberá revestirse la vía a la sección reglamentaria conservándose siempre uniforme, llenándose todos los cajones dando forma a las banquetas, alineando y acordonando el balasto, cuando se trate mecánicamente con lo realizara la reguladora.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE CAPACITACIÓN FERROVIARIA  
ESPECIALIDAD EN OPERACIÓN FERROVIARIA





## PROCEDIMIENTOS DE CALZADO, ESPEORES Y EQUIPOS MECANIZADOS .

### **CALZADO DE DURMIENTES.**

- **Embodegado.-** Se calzará desde la cabeza del durmiente hasta 40 centímetros adentro del riel, el espacio central debe llevar balasto sin calzar, solamente acomodado.
- **Zona de calzado.-** Debajo de los rieles deberá calzarse perfectamente. La cabeza del durmiente hasta abajo del riel.
- **Procedimiento de calzado.-** Cuando es manual se realiza con calzadores trabando simultáneamente en las dos caras del durmiente de tal forma que los trabajadores de vía lo hagan por parejas.
- **Calzado con maquinaria automáticas.-** Estas se regirán por las instrucciones que en particular proporcionan los manuales y el ingeniero encargado de los trabajos.

### **ESPEORES.**

- La sección de balasto se ajustará a la especificada en los planos o instrucciones relativas al tipo de durmientes de madera, concreto y tipo de tráfico y otras características existentes.

### **EQUIPOS ESPECIALES.**

- Los equipos especiales que se utilizan para los trabajos relacionadas con el balasto son la reguladora, perfiladora de balasto, desguarnecedora-criadora de balasto, Compactadora de cajones,estabilizador dinámico de vía.



## ESTIMACIONES

- **ESTIMACIONES.**
- **Los inspectores o supervisores de balasto.-** Serán los encargados de la recepción y estimación del balasto.
- Los contratistas deberán dar todas las facilidades necesarias a estos, teniendo entrada libre a la planta de producción durante el ejercicio del contrato. A fin de que pueda comprobar que el balasto es de producido y cargado de acuerdo a las especificaciones.
- **Suspensión de cargadura.** El material que se esta cargando no reúne las características especificadas el inspector de balasto o persona comisionada, notificará por escrito al contratista, la suspensión de la cargadura hasta que se corrija la anomalía o falla.
- **Pago del material.-** Se pagará por unidad de metro cúbico en tolvas de ferrocarril, las cuales han sido cubicadas y marcadas en su interior, cuando alguna tolva no tenga las marcas estas deberán ser cubicadas por el ingeniero o las personas designadas, por lo tanto el contratista esta obligado a enrasar perfectamente cada una de las tolvas que cargue al limite especificado y así facilitar la aparición de la medida.
- **Cuando por necesidades del servicio** se requiera que el material se reciba en almacén, el volumen se determinará por medio de levantamiento topográfico, debiendo presentarse las secciones transversales y los números generadores autorizados por el ingeniero que designe el área responsable de la recepción del balasto, en este caso, el contratista se hará depositario del almacén hasta que se cargue el material.



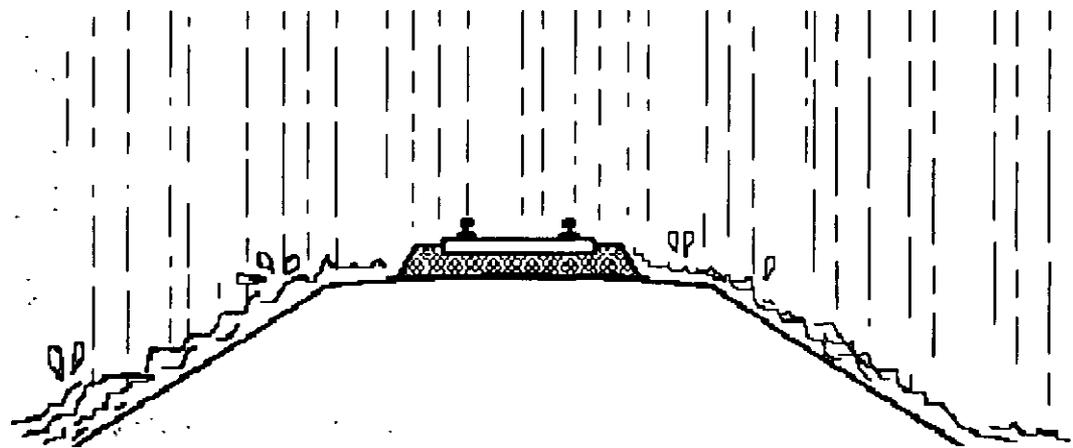
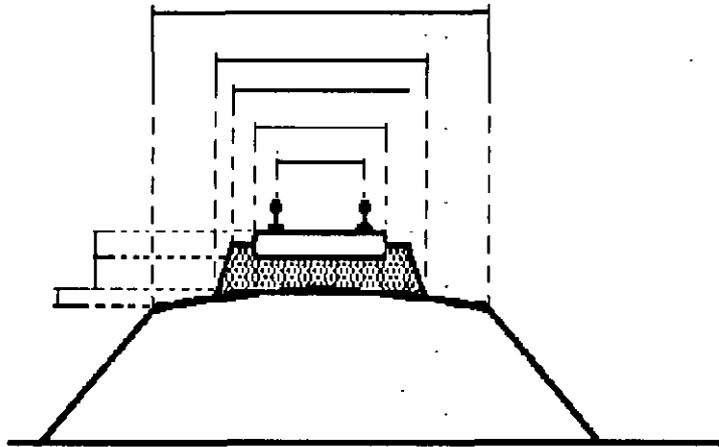
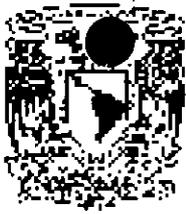
## PRECIO UNITARIO EN LAS ESTIMACIONES.

### PRECIO UNITARIO.

- **Maniobras de producción.**- Desde la apertura de banco, su explotación, trituración primaria y secundaria, de así requerirse su cribado, clasificación y almacenamiento.
- **Todos los movimientos.**- Acarreos de material hasta el almacén o hasta las tolvas de ferrocarriles.
- **Maniobras.**- Las maniobras de cargadura a bordo de las tolvas de ferrocarriles.

### LA FORMACIÓN DE LOS ALMACENES-

- **Excedentes de producción .-** Por lo general la producción del balasto screening casi siempre es superior al volumen que se retira en tolvas, lo cual obliga a los contratistas a depositar en almacén los excedentes de la producción.
- normalmente la producción de balasto y screening, se realiza mediante la explotación de mantos de rocas alojados en cerros o lomeríos, los cuales debido a la topografía, es difícil disponer de superficies adecuadas y suficientemente grandes que permitan depositar los materiales en almacenes de poca altura. Debido a esto, por lo general los almacenes llegan a tener mas de 4.00 metros de altura.
- Los materiales al ser colocados en almacenes sufren segregación, la cual se incrementa con el aumento de altura de los mismos.
- Para que los vehículos puedan depositar los materiales en los almacenes se requiere construir rampas.





## **METODOLOGIA PARA EL PROYECTO GEOMETRICO DE VIAS FERREAS.**

- **INFORMACION PRELIMINAR PARA EL PROYECTO. GEOMETRICO DE VÍAS FERREAS ESTUDIOS PRELIMINARES. ANTES DE PROYECTAR.**
- **ELECCION DE LA RUTA.**
- **EL DESARROLLO DE VARIAS ALTERNATIVAS.**
- **LOS ESTUDIOS DE FOTOGRAMETRIA.**
- **ETAPA DE ESTUDIOS DE LOS ANTEPROYECTOS.**
- **LA ELEBORACION DE LOS ANTEPROYECTOS.**
- **TRAZO PRELIMINAR Y TRABAJOS DE CAMPO.**
- **EL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL.**
- **PROYECTO DEFINITIVO.**
- **PROYECTO DE SUB-RASANTE.**
- **MOVIMIENTO DE TERRACERIAS.**



## INFORMACION PRELIMINAR PARA EL PROYECTO GEOMETRICO DE VÍAS FERREAS.

En las primeras etapas se hace un planteamiento general para la determinación de los conceptos básicos que intervienen en los estudios de rutas ferroviarias y que son las siguientes.

### CLASE DE VIA.-

El Estudio económico de una vía en proyecto tiene como origen, la obtención del tonelaje que es factible mover en cada tramo, en un horizonte de 30 años y en función de este volumen se determinará la clase de vía por construir de acuerdo a la siguiente clasificación:

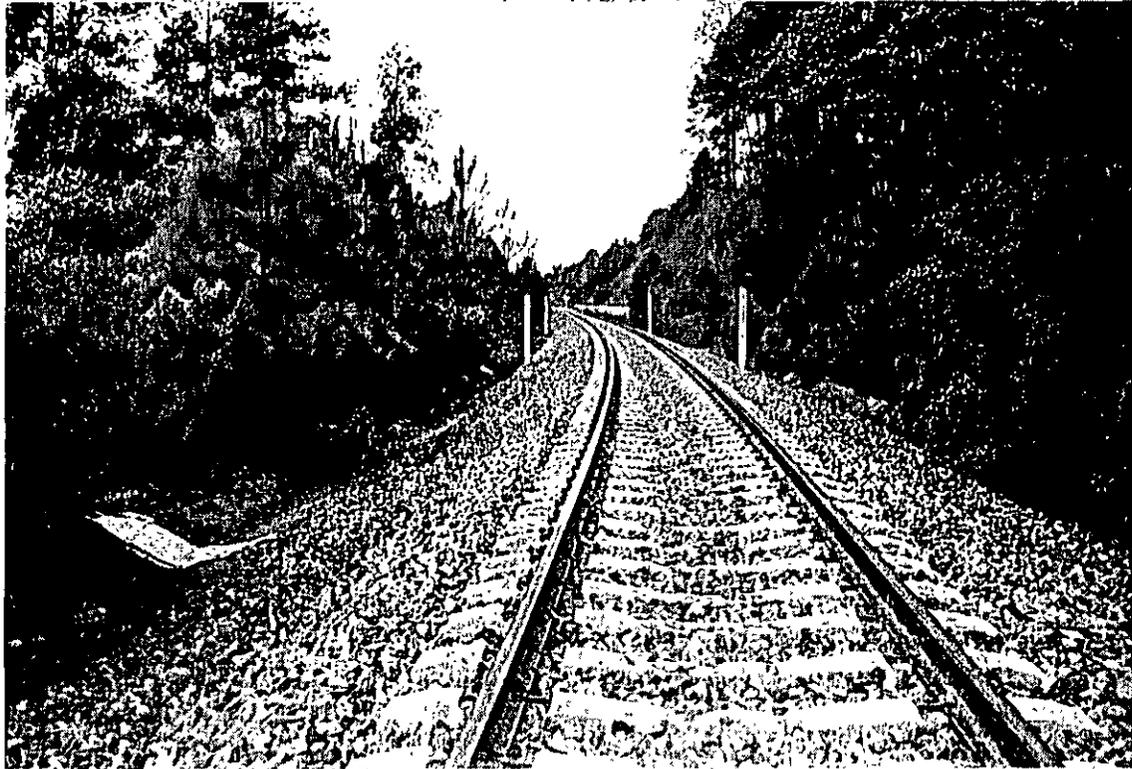
**CLASE A.-** Para un tránsito anual superior a 10 millones de toneladas brutas.

**CLASE B .-** Para tránsito anual variable entre los 5 y 10 millones de toneladas brutas.

**CLASE C .-** Para un tránsito anual a 5 millones de toneladas brutas.

El criterio para determinar el tonelaje bruto por mover durante cierto periodo varia con el tipo de vía por proyectar siendo estos:

1.- Cuando se trata de proyectar vías de ferrocarril que unan centros generadores de cargas servidos por vías férreas en operación, la determinación de tonelaje bruto se reduce a la recopilación de estadísticas de movimiento de carga, elaboradas por empresas en operación y mediante métodos gráficos o analíticos, se determina la evolución de tonelaje para un periodo de 30 años, sin dejar de considerar la influencia de los planes regionales de desarrollo económico, el tonelaje así obtenido expresado en millones de toneladas, nos permite el primer elemento para la calificación de la vía a proyectar.





## ESTUDIOS PRELIMINARES ANTES DE PROYECTAR

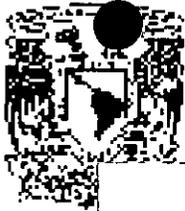
### LA DETERMINACIÓN DEL TONELAJE .

Es factible de transportar por una nueva vía que cruza regiones no comunicadas, por ferrocarril, se obtiene mediante los estudios de tonelaje inducido determinándose así a la carga que se mueve por otras vías de comunicación, como puede ser carretera, fluvial, marítima o aérea y que se pueda desviar al ferrocarril en proyecto.

3.- Finalmente cuando se trata del proyecto de un ferrocarril que no participa de tonelaje inducido, la determinación de la carga a mover se logra mediante la evaluación de la producción agropecuaria de la zona de influencia del ferrocarril que se proyecta y del posible incremento de la producción, debido al mejoramiento de la agricultura o a la apertura de los nuevos sistemas de riego e industriales. Asimismo cuando se pretende extraer la producción minera de una región, la determinación de la carga por transportar estará en función de la producción de acero programada y del consumo del carbón mineral necesario para procesar esa producción.

**PUNTOS ABLIGADOS.-** La siguiente información que debe tener el proyectista, son los puntos abrigados que debe tocar el ferrocarril en proyecto, estos pueden ser puertos, poblaciones, cruces de ríos, conexiones, con vías de ferrocarril en operación, para ello se debe obtener en primera instancia cartas topográficas de la región a escala 1: 50,000 con curvas de nivel a cada 10 o 20 mts., sobre estas se marcarán las posibles rutas a estudiar.

**INFORMACION GEOLOGICA .-** la tercera información estará encargada a investigar las características geológicas del terreno en la zona del proyecto, si estas no conducen a soluciones técnicas y económicas favorables obligará al proyectista a variar parcial o totalmente la ubicación de las rutas.



## ELECCION DE LA RUTA

- Determinados la clase de la vía y los puntos obligados, se procede a estudiar sobre cartas topográficas a escala 1:50,000 y fotografías aéreas, todas las alternativas que ofrezcan posibilidades de alojar el proyecto. En el desarrollo de la elección de ruta es importante tomar en cuenta instalaciones adicionales como son estaciones, patios y laderos de encuentro, considerando siempre tener una pendiente máxima de 0.15 % independiente que la vía principal tenga pendiente o no.
- Con la puntualización previa de los requisitos por cubrir, es posible para dar el primer paso para elegir la ruta mas adecuada para la nueva vía. Esta acción presentó la necesidad de recorrer en múltiples ocasiones por tierra y aire los terrenos de los puntos por unir. Fruto de esa minuciosa investigación de campo, fue elaborada de cartas geográficas, dibujadas en pequeña escala, las cuales contemplarán toda la información referente a la hidrología, orografía y geología de la zona así como la ubicación de los diferentes asentamientos humanos y las vías de comunicación existente. El análisis de la información acumulada deberán corroborar las ventajas del buen trazo de las vías.
- También el aspecto morfológico deberá estudiarse en relación a los agentes que dieron origen a montañas, lomeríos, y llanuras de una misma región, puesto que estos pueden comportarse de diferente manera, el análisis de estas zonas originadas por intrusión, vulcanismo, plegamiento o fallamiento de las zonas de llanura de lava de pie de monte, dunas lacustres y costeras. De acuerdo con las características de cada unidad geomórfica se tendrá especial cuidado en definir con laderas inestables, tendiente a deslizarse, zonas inundables o zonas lacustres de mala calidad de materiales.



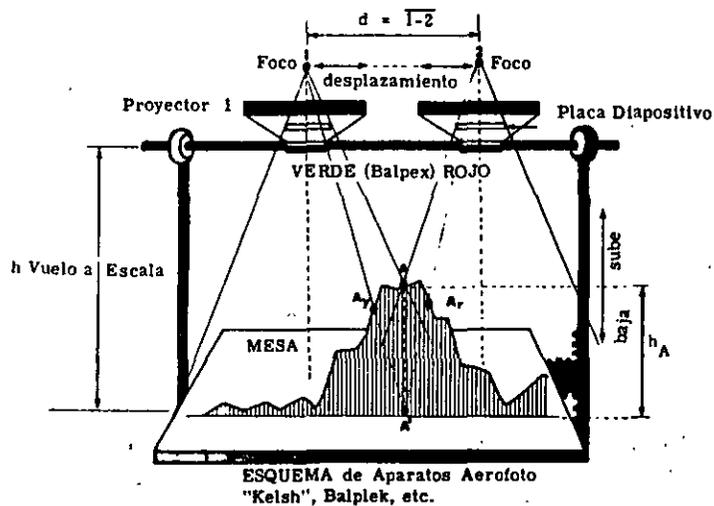
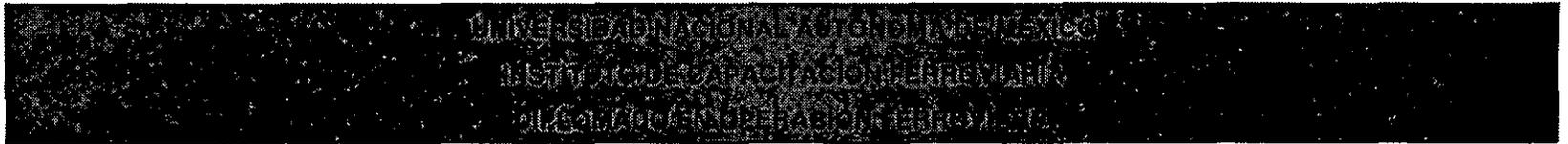
## EL DESARROLLO DE VARIAS ALTERNATIVAS.

- **Del estudio de las rocas y suelos a nivel de rutas se establecen diferentes zonas,** cuyo análisis de arabilidad y de taludes influyen en forma determinante en el proyecto económico, principalmente de cortes, túneles y terraplenes, esta zonas con dominio de rocas, zonas de rocas fracturadas e intemperizadas o zonas de suelos de mala calidad para cimentación de terraplenes.
- **La interpelación entre la morfología, clima, rocas y suelos.-** Determina la densidad y configuración del drenaje, existiendo varios factores que intervienen en el análisis del drenaje y que deben ser atendidos en estas etapas, desde aquellos arroyos con cauces poco definidos hasta ríos importantes, cauces divagantes, pasando por aquellos que tiene erosión remontante o de los que escurren sobre calizas donde hay sumideros.
- **La delimitación de la red hidrográfica.-** también importante porque nos determinará las cuencas, datos de estabilidad de cauce, características de las márgenes y materiales acarreados, ocupan una región muy importante para elegir los sitios de creces mas apropiados.
- **Desarrollo de varias alternativas.-** Con la posibilidad de alojar el trazo, normalmente y garantizar un buen proyecto suelen estudiarse de tres a cuatro alternativas incluso con diferentes características geométricas las que comparen entre si tomando en cuenta los siguientes factores:
- **Costo de construcción.-** longitud de la vía, características topográficas del terreno, drenaje, túneles, viaductos y puentes

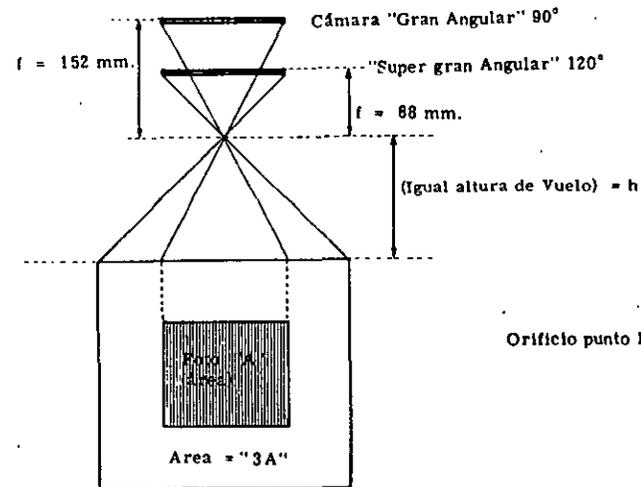


## LOS ESTUDIOS DE FOTOGRAMETRIA

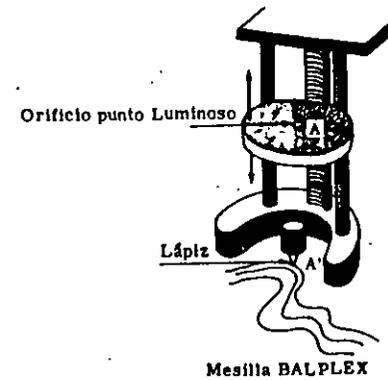
- **Costo directo de operación.**- Distancia, pendiente probable, ascenso-descenso, sumatoria de deflexiones.
- **Accesibilidad al mercado del transporte.**- Distancia, tiempo, comparadas con otro tipo de modo de transporte entre puntos servidos, curvatura.
- La elección de los estudios topográficos y de cartografía son importantes tomando en cuenta las características de los suelos y de las rocas ya que estos influirán directamente a los costos de construcción, si los cortes no resultan estables, constantemente se tendrá que estar limpiando las cunetas que se tendrá un mantenimiento permanente, o bien puede presentarse derrumbes que interrumpan las operaciones de los trenes pudiendo tener accidentes.
- **Los estudios suficientes de hidrología** regional para que en la ruta elegida quede bien resuelto el drenaje de lo contrario puede suceder que las obras de drenaje serán insuficiente provocando, asolvamientos, deslaves y destrucción de terraplenes con las consecuencias de interrupciones que redundan en grandes perjuicios operativos en los puentes pueden incluso presentarse fallas por socavación
- **Elaboración de anteproyectos.**- En esta etapa de estudios es imprescindible usar el método de anteproyecto sobre aerofotografías y restitución fotogramétrica.
- **La fotogrametría** como técnica de apoyo sirve para plasmar en planos las características topográficas de un terreno fotografiado desde el aire.



Con Movimiento de Subir o Bajar y Desplazamientos entre los proyectores, se restituye (a Escala) el Vuelo, haciendo posible la configuración Allimétrica (vease punto "A") que representa al - P. Luminoso-Trazador de Curvas de Nivel.



Diferentes Resultados en Area Cubierta, altura, Escala y Costos entre  $f = 152$  y  $f = 88$  mm.





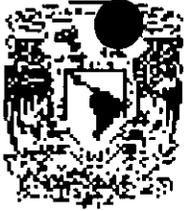
## ETAPA DE ESTUDIOS DE LOS ANTEPROYECTOS

- **El efecto estereoscópico.**- Se logra al proyectar simultáneamente fotografías tomadas desde distintos puntos de vista permiten corregir errores de interpretación ocasionadas por la perspectiva parcial, el resultado es una aproximación bastante aceptable de la realidad.
- **El procedimiento generalmente usado es obtener fotografías aéreas.**- La escala 1:50,000 que cubren una faja de 11 kms de ancho por línea de vuelo y con los cuales se puede restituir planos topográficos a escala 1:10,000 con curvas de nivel vertical de 10 metros.
- En caso que la faja donde se aloje la línea esté suficientemente definida. Las fotografías pueden tomarse a escala 1:25,000 que cubre 5.5 Kilómetros de terreno por cada línea de vuelo y permite restituir planos topográficos a escala 1:5,000 con curvas de nivel a una equidistante vertical de 5 metros.
- **En los planos de restitución fotogramétrica** se realizan los anteproyectos, llevando entre los puntos obligados la línea "pelo de tierra" con la pendiente y curvatura elegidas. Al ir desarrollando la "línea de tierra" se deberá realizar simultáneamente el trazo con su respectivo cadenamamiento, a base de tangentes unidas por curvas circulares simples, pero cuidando de dejar entre las tangentes de suficiente longitud para el desarrollo de las curvas espirales de transición, considerando que aproximadamente la mitad de la espiral estará sobre la curva circular y la otra mitad sobre la tangente.



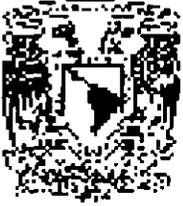
## LA ELEBORACION DE LOS ANTEPROYECTOS

- **El Alineamiento vertical deberá ajustar a las siguientes condiciones mínimas.**- tanto de pendiente, ascenso y descenso, el número de PIV, el espesor mínimo de terraplenes de terreno plano sea de 1.00 metro, el terreno plano predominen los terraplenes sobre los cortes, las laderas con pendiente transversal igual o mayor 30 ° se eviten los terraplenes que requieran muros de retención.
- Se esta obligado a cumplir también que la pendiente máxima en zonas Ladero y estaciones será de 0.15 %, dentro de un túnel debe haber pendiente de signo contrario, en un corte no deberá haber pendientes de signo contrario.
- **Una vez elaborados los anteproyectos se cuantificarán los volúmenes** de terracerias, túneles y puentes que multiplicado por sus precios unitarios obtendremos los costos de construcción de cada anteproyecto; así mismo se obtendrán los costos directos de operación mediante la cuantificación de la distancia, pendiente, ascenso descenso y sumaria de las deflexiones. Sobre los planos detallados de ambas rutas se plantearon diversas posibilidades de trazo. En unas se buscará acortar la distancia de recorrido, en otros, la mayor economía de ejecución.
- Entre los grupos de alternativas se escoge una de ellas la que mayores ventajas de desarrollo presenten, los exámenes deberán ser mas concienzudos, primero complementando las propuestas buscando el perfeccionamiento de los detalles, después se compararan todas las características de cada proposición.



## TRAZO PRELIMINAR Y TRABAJOS DE CAMPO

- **Proyecto geométrico.**-En la elaboración del proyecto geométrico es muy importante tomar en cuenta el costo inicial, o sea el costo de la construcción de la vía férrea y el costo de la operación del ferrocarril, ya que no necesariamente el costo inicial mas bajo es el que nos da el costo de operación mas bajo, una terraceria, en un tiempo muy corto, problemas de saturación, asentamientos y erosiones que harán que el balasto se contamine, la vía pierda su alineamiento vertical y horizontal, ocasionando la rotura de los durmientes, sobre todo los de concreto, severo desgaste de los rieles y del equipo rodante, igualmente un trazo con fuerte pendiente y curvatura, ocasionara un desgaste excesivo de los rieles y del equipo rodante y además de requerir una gran cantidad de equipo tractivo que operará a baja velocidad. Por lo tanto deberá elegirse un trazo y especificarse una cantidad de las terracerias y de la superestructura de la vía a fin de que sus costos de operación y mantenimiento sean los más bajos.
- **Trazo preliminar.**- El conjunto de actividades que se realizan tanto en campo como en gabinete y cuya finalidad es optimizar en un anteproyecto los volúmenes de terreno previamente establecido.
- **Trabajos de campo.**- Se ejecuta el trazo de la poligonal abierta mediante medidas estadimétricas por medio de otros métodos de mayor precisión, la cual se estaca generalmente a cada 20 metros.
- **Nivelación de la poligonal .-** Se realiza con nivel montado registrando elevaciones a cada 20 metros estableciendo bancos a cada 500 metros con elevación aproximada al milímetro.

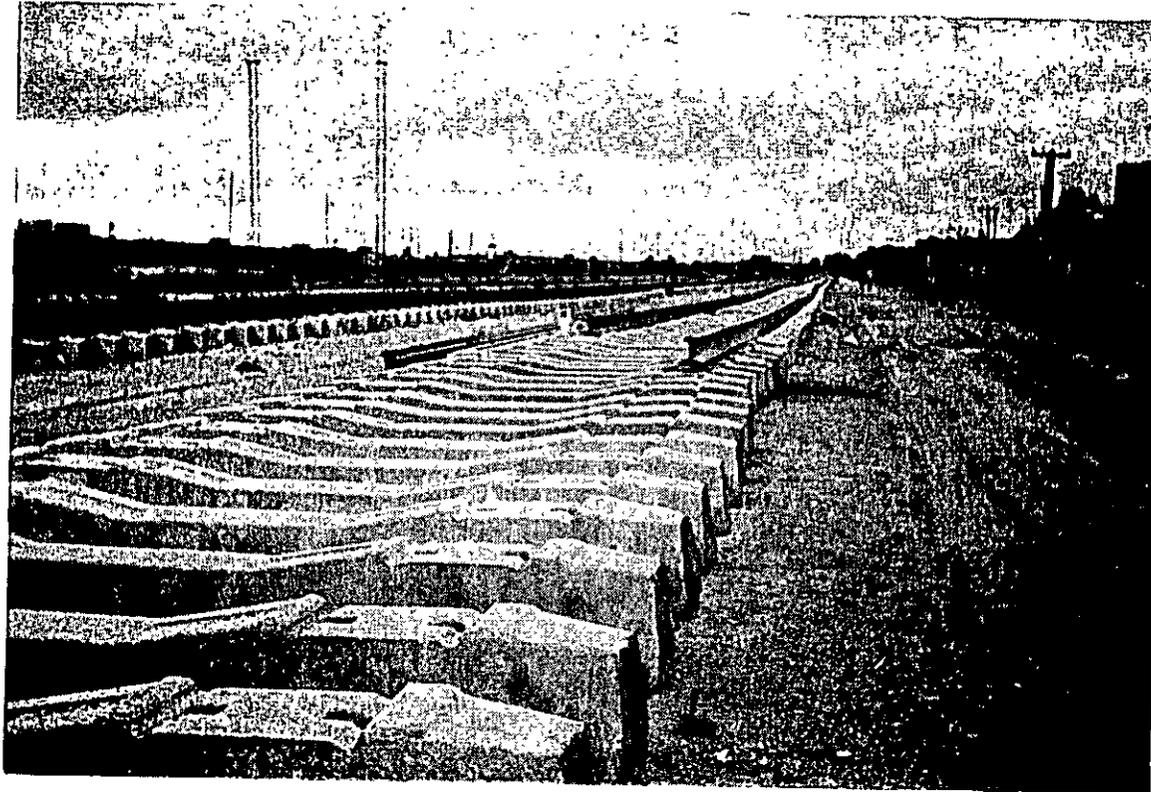


## EL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL

- **Secciones transversales.**- Se levanta a la poligonal con una extensión de 100 metros, con toda la información obtenida de los trabajos de campo.
- **Se elabora un plano** a escala 1:2,000 donde se alojan su cadenamamiento, rumbos de las tangentes, deflexiones, curvas de nivel a cada dos metros, coordenadas, bancos de nivel, etc.
- Con estos planos se estudian las posibilidades de línea dentro de la faja topografiada bajo los lineamientos siguientes:
- **El trazo de la línea en planta.**- Con el trazo preliminar estudiado por lo que la faja de terreno natural configurada en esta etapa tendrá el desarrollo longitudinal y la anchura suficiente para las condiciones geométricas establecidas como son pendientes y curvaturas que llevaran al proyecto definitivo
- El trazo de la línea en planta será con base en tangentes y curvas circulares simples, dejando entre curva y curva una tangente equivalente a la clotoide o espiral que se considere para el proyecto definitivo esto garantizara la longitud suficiente para proyectar los espirales de salida y entrada entre las curvas contiguas. Se calcularán todos los elementos de las curvas circulares PI, rumbos deflexiones analíticamente en función de coordenadas cartesianas.
- **Perfil.**- Conforme se va realizando el trazo en planta se ira deduciendo el perfil sobre papel milimétrico transparente a escala horizontal 1:4.000 y vertical 1:200 para que este se proyecte la línea de la sub-rasante, con la pendiente establecida la cual deberá considerar la compensación por curvatura horizontal por todos los factores que intervienen en los elementos del tren en su movimiento, se reducen a razón de 0.05 % por cada grado de curvatura.



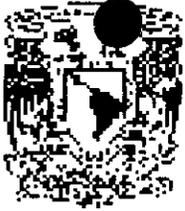
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE CARACTERIZACIÓN FERROVIARIA  
DIPLOMADO EN OPERACION FERROVIARIAS





## PROYECTO DEFINITIVO

- **Trazo.-** Con la información obtenida en el anteproyecto o trazo preliminar, se realiza el trazo definitivo, mediante tangentes, curvas circulares, curvas espirales, el cual queda estacado a cada 20 metros y en los PC, PCC, PSC, PT y PST.
- **Para El control angular del trazo se realizan orientaciones astronómicas** a cada 5 kilómetros de cuatro series con aproximación a 30 segundos, asimismo todos los puntos que lo definen, tales como PC,PT y PST quedan reverenciados a puntos inamovibles o mojoneras de concreto.
- El trazo ejecutado se presenta en escala 1:2,000 en película indeformable, en la cual se indican: el eje del trazo con kilometrajes a cada 100 metros y al centímetro en los puntos que lo definen, rumbos de las tangentes, datos de las curvas circulares y espirales, planimetría, altimetría y toponimia, en una faja no menor a 200 metros; límite de propiedades, cruces de carretera, vías férreas, caminos, indicando su destino y esviajes, líneas de energía eléctrica, telegráficas, telefónicas, ríos, arroyos y ductos con sus respectivos esviajes.
- **Nivelación.-** Conforme se va realizando el trazo se debe ir ejecutando una nivelación diferencial dando cotas a cada 20 metros y detallando los cruces de ríos, caminos, canales, así mismo se fijan bancos de nivel a cada 500 metros.
- **Secciones transversales.-** Las secciones transversales del terreno natural se obtienen a cada 20 metros, seccionando lo suficiente a cada lado del eje del trazo y en todos aquellos puntos intermedios en que el terreno accidentado presente cambios notables, con respecto a las estaciones completas de 29 metros que le anteceden o preceden.

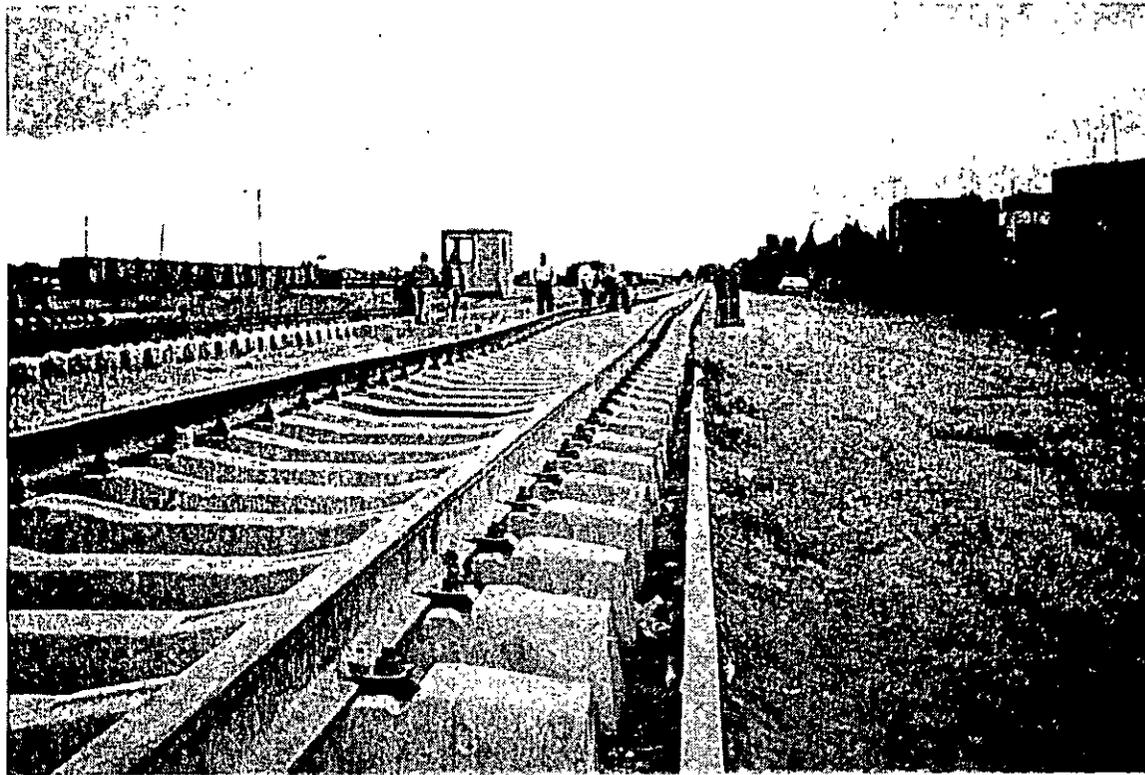


## PROYECTO DE SUB-RASANTE

- **Obras de drenaje.-** Con los datos de trazo y nivelación se determinan los ejes y las elevaciones de los escurrimientos, arroyos con sus respectivo esviaje, posteriormente en planta topográficas se delimitan su cuencas respectivas y mediante métodos estadísticos o fórmulas empíricas, se calculan los gastos que por ellos drenan finalmente y en función de dicho gasto se determina el tipo y dimensión recomendable por cada obra.
- **Subrasante.-** Para el proyecto de la subrasante y habiendo dibujado el perfil del terreno natural (por el eje del trazo) se procede a estudiar la posición definitiva de la subrasante para lo cual deberá considerar: La compensación de las pendientes por curvatura horizontal y túneles colchones mínimos de obra de drenaje, rasantes obligadas sobre puentes, en cruces , vías de comunicación, pendientes máximas en laderos, espesores mínimos de terraplén, cortes, limites económicos entre corte y túnel y entre terraplén,viaducto,finalmente la compensación de terracerias.
- **Secciones de construcción.-** Se inicia a proyectar con el cálculo de las sobreelevaciones en las curvas horizontales, tomando en cuenta la sobreelevación máxima a nivel de terracerias es del cuatro por ciento completando el excedente con balasto la cual es normalmente de diez por ciento. A las secciones proyectadas se les determina el área correspondiente de cada estrato que la conforman mismas que son utilizadas para la elaboración de la ordenada de la curva masa.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS  
INSTITUTO DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA  
DIPLOMADO EN OPERACIONES FERROVIARIAS





## MOVIMIENTO DE TERRACERIAS.

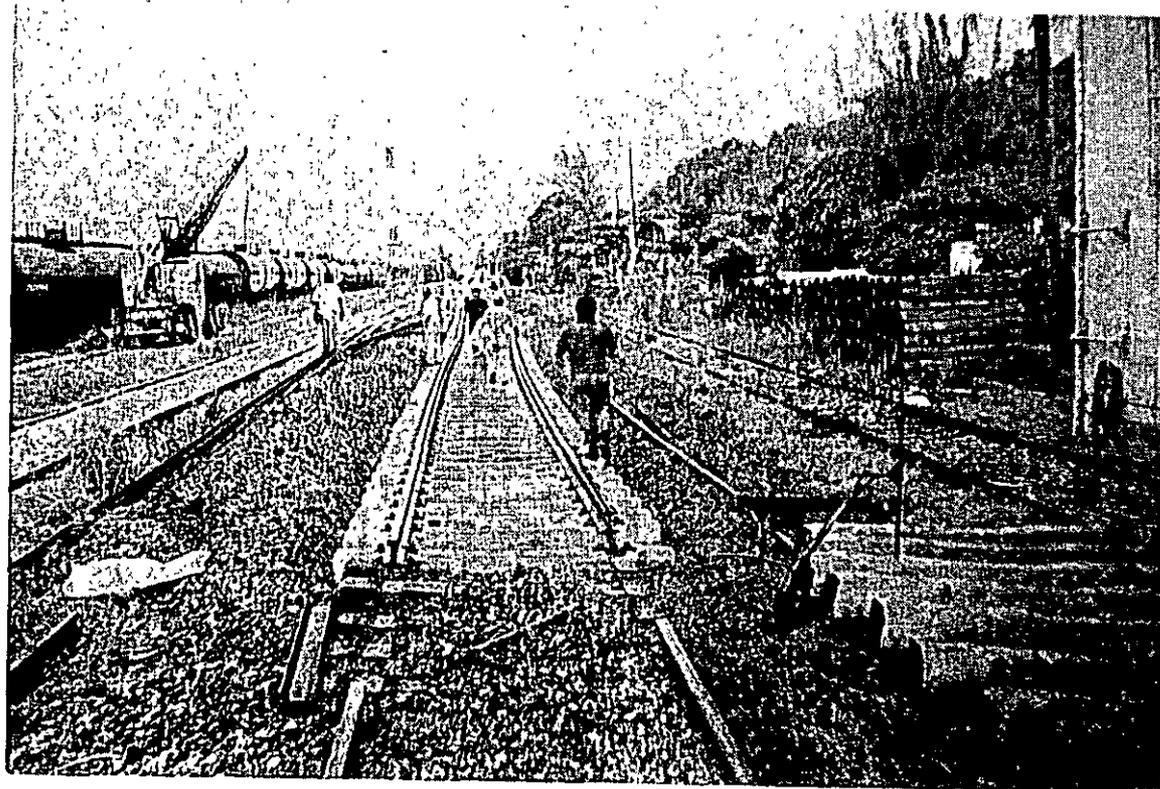
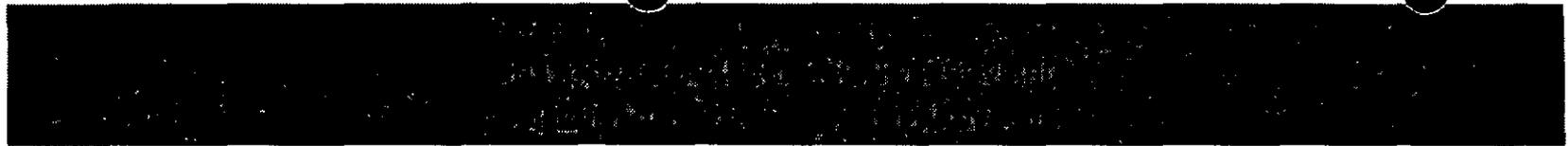
- **Movimiento de terracerias.-** Con los resultados del proceso anterior se obtiene diagramas de masa a escala conveniente en correspondencia con el perfil para proceder a estudiar las posiciones mas económicas de las compensaciones generales y auxiliares de acuerdo con los precios unitarios del tabulador y las especificaciones definidas, dichas posiciones se calculan los movimientos de terracerias en rangos establecidos.
- **Finalmente los planos y datos que se proporcionan para la construcción son:**
  - **La planta topográfica** con el trazo del eje y sus datos de alineamiento horizontal y referencias.
  - **Perfil del terreno natural** con la línea subrasante proyectada, datos del alineamiento vertical, información de los bancos de nivel, obras de drenaje, estructuras mayores, curva-masa, sobreacarreos , bancos de préstamo y resumen de cantidades de obra.
  - **Secciones de construcción** indicando el cadenamamiento y espesor del corte o terraplén de cada estación eje trazo y proyecto, ancho de la cama y corona, taludes de corte, terraplén, bermas , estratos que conforman la sección con sus respectivas áreas.
  - **Proyecto de drenaje** menor proporcionado por cada obra; funcionamiento hidráulico, plano constructivo y resumen de cantidad de obra.
  - **proyectos de las obras complementarias** como son los patios de clasificación y despacho, estaciones con el criterio de que al cliente desea que la carga sea transportada en el menor tiempo posible.



UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
COLLEGE OF ENGINEERING







## Temario

1. *Estudio Comparativo de la Vía Clásica y Elástica.*
  - 1.1 Elementos que la componen.
  - 1.2 Fijaciones o sujetaciones doblemente elástica.
  - 1.3 Análisis comparativo.
2. *Temperaturas*
  - 2.1 Diferentes temperaturas en el riel.
  - 2.2 Riel compensado. liberado o en equilibrio térmico.
3. *Durmientes*
  - 3.1 Función y clasificación de los durmientes.
  - 3.2 Especificaciones y dimensiones.
  - 3.3 Aspectos de colocación.
4. *Fijación doblemente elástica.*
  - 4.1 Tipos de fijación.
  - 4.2 Generalidades.
  - 4.3 Colocación y apretado de las grapas y grapillas elásticas.
5. *Liberación de largos rieles soldados.*
  - 5.1 Etapas de trabajo para la liberación de los L.R.S.
6. *Conservación de la vía elástica.*
  - 6.1 Puntos especiales a vigilar.
  - 6.2 Conservación de la vía elástica y de los L.R.S.
  - 6.3 Verificación del apretado de las fijaciones.
  - 6.4 Cambio de durmientes y balasto.
  - 6.5 Nivelación en general.
  - 6.6 Alineamiento de la vía.
  - 6.7 Rotura de riel.
  - 6.8 Precauciones particulares.

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VIA CLASICA Y ELASTICA

### I. Definiciones.

#### Vía Elástica:

Es la vía que esta constituida de largos tramos de riel soldado (L.R.S.) convenientemente fijados a durmientes de concreto o madera entallada mediante un sistema adecuado de fijación doblemente elástica que evita el deslizamiento y flexión de los rieles y amortigua sus vibraciones e impactos al paso de los trenes.

#### Elementos que la componen:

- a) Riel
- b) Soldadura de riel a tope (en planta).  
aluminotérmica (de campo).
- c) Fijación elástica riel-durmiente.
- d) Durmientes madera o  
concreto
- e) Balasto.
- f) Trazo de vía y rectificación.

#### Riel ordinario

Es el riel común utilizado en Ferrocarriles que tiene una longitud que varia entre los 39' (11.88 mts.) y 78' (23.77 mts.) de cualquier calibre y que para formar la vía se unen entre si por medio de planchuelas.

#### Riel largo

Es el que tiene una longitud mayor de 117' (35.66 m.) de cualquier calibre y se obtiene de soldar dos o mas rieles ordinarios.

#### Riel continuo o L.R.S.

(Largos rieles soldados) es el que se obtiene de soldar entre si por cualquier procedimiento, varios tramos de riel largo, lográndose rieles sin juntas de longitud que varían de 250 mts. o mayores.

### **Fijación o sujeción doblemente elástica.**

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

### **Vía Clásica**

Es la vía con juntas constituida de rieles ordinarios sujetos a durmientes de madera mediante clavos de vía y para formarla es necesario unir los rieles entre si por medio de planchuelas.

### **Elementos que la componen**

- a) Riel ordinario.
- b) Planchuela y tornillos de vía.
- c) Clavos de vía.
- d) Placas de asiento.
- e) Durmientes de madera.
- f) Trazo de vía y rectificación.

### **Vías sin juntas**

Son las vías cuyos rieles "largos" han sido para formar barras o tramos de gran longitud (L.R.S.) en las que en su parte central no experimentan movimiento por efectos de las dilataciones o contracciones originadas por los cambios de temperatura.

### **Longitud de la vía sin juntas.**

Los L.R.S.: podrán tener cualquier longitud estando solo limitados por:

- a) Cambios de vía.
- b) Pasos a nivel: donde se prescribe que la junta emplachuelada mas próxima deberá quedar cuando menos a 150 mts. del paso a nivel.

## **Consecuencias Económicas**

### **Gastos de conservación**

La vía elástica proporciona una fuerte economía no solo por gastos de conservación y renovación de la misma, sino por una gran disminución de los impactos y balanceos a que esta sujeto el equipo rodante.

Las vías recientemente colocadas exigen durante su periodo de estabilización muchos cuidados, ajustes rectificaciones y nivelaciones en especial, los cuales son sensibles iguales tanto en la vía clásica como en la elástica.

En la conservación, la vía elástica ha conseguido sobre la vía clásica economías mínimas de un 30% y en ocasiones de hasta un 75%.

Si sometemos una vía elástica y una clásica al mismo tráfico, después de que haya pasado el periodo de estabilización podremos observar que:

a) La vía clásica pone de manifiesto su debilidad por una marcada desnivelación en las juntas, defecto que va agravándose cada vez con mayor rapidez y que da lugar a fuertes choques al paso de los trenes.

Las juntas de la vía clásica exigen intervenciones a corto plazo y se hacen mas continuas conforme mayor edad tiene la vía.

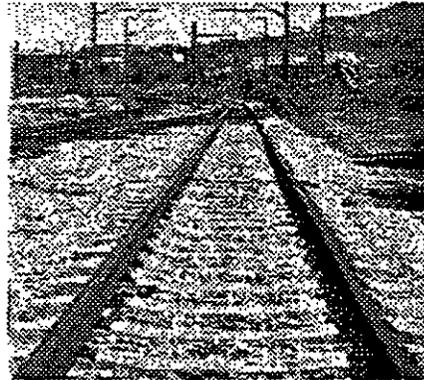
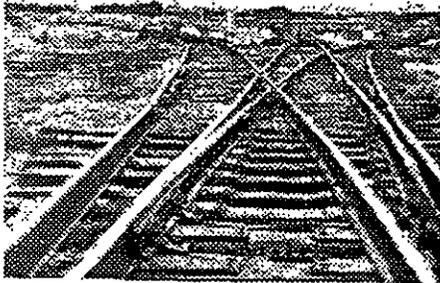
b) El comportamiento de la vía elástica es distinto, sus defectos de nivelación toman una forma muy alargada por lo cual evolucionan con gran lentitud, asimismo afectan muy poco sobre el movimiento de los trenes y su confort, por lo anterior la corrección de estos defectos puede ser con programas a largo plazo, guiados por coches de control con registradoras automáticas.

### **Análisis Comparativo**

La simplificación en las operaciones de conservación incluso en vías con rieles antiguos rehabilitados mediante soldadura, justifica economías realizadas del orden del 60% y aun hasta del 75% en relación a una vía clásica con planchuelas que hayan envejecido.

El costo de construcción de una vía elástica moderna con durmientes de madera o concreto puede considerarse en la mayoría de los casos como justificada a pesar de la mayor inversión inicial que se requiere ya que este tipo de vía (elástica) tiene en comparación con la vía clásica una fuerte disminución en el costo anual de la vía.

Además los costos por mano de obra de tendido y armado de vía elástica con durmientes de concreto pueden ser abatidos considerablemente mediante el empleo de sistemas mecanizados o semi-mecanizados.



## **Temperaturas**

Siempre que se trate de temperaturas se entenderá, que se han medido en un trozo o tramo de riel de 30 cms. de longitud dotado en su interior de un termómetro o sobre el riel largo soldado, de preferencia con dos termómetros provisto de imanes que se colocaran en el alma del riel del costado que no reciban directamente los rayos del sol, las lecturas no se efectuaran antes de haber transcurrido 15 minutos de su colocación. (figura N°1).

### **Temperaturas del riel**

Es la temperatura que presenta el riel en el momento en que se observa y debe medirse en el interior del mismo por medio de termómetros.

### **Temperatura de equilibrio o media del riel**

Es la temperatura promedio obtenida entre las temperaturas máximas y mínimas que alcanzan los rieles en la región geográfica donde se va a construir la vía elástica, es la temperatura del riel al pasar de compresión a tensión, en consecuencia donde el riel no presenta ningún esfuerzo.

### **Temperatura de colocación**

Es la temperatura que rige en los dos rieles en el momento de fijarlos a los durmientes, en la práctica no es posible disponer siempre de la temperatura media, por lo que se ha fijado una tolerancia para la colocación de los largos rieles soldados de  $\pm 11^{\circ}\text{C}$ . con respecto a la temperatura media.

Ejemplo:      Temperatura media =  $25^{\circ}\text{C}$   
 $25^{\circ}\text{C} + 11^{\circ}\text{C} = 36^{\circ}\text{C}$        $25^{\circ}\text{C} - 11^{\circ}\text{C} = 14^{\circ}\text{C}$

### **Temperatura de liberación**

Cuando un riel de gran longitud ha sido fijado o colocado a una temperatura distinta a la de colocación, debe procederse tan pronto sea posible a volverlo a colocar o fijar a la temperatura media o muy próxima a esta.

La tolerancia o grama de temperatura es de  $\pm 7^{\circ}\text{C}$  con respecto a la temperatura media para la fijación definitiva de los rieles.

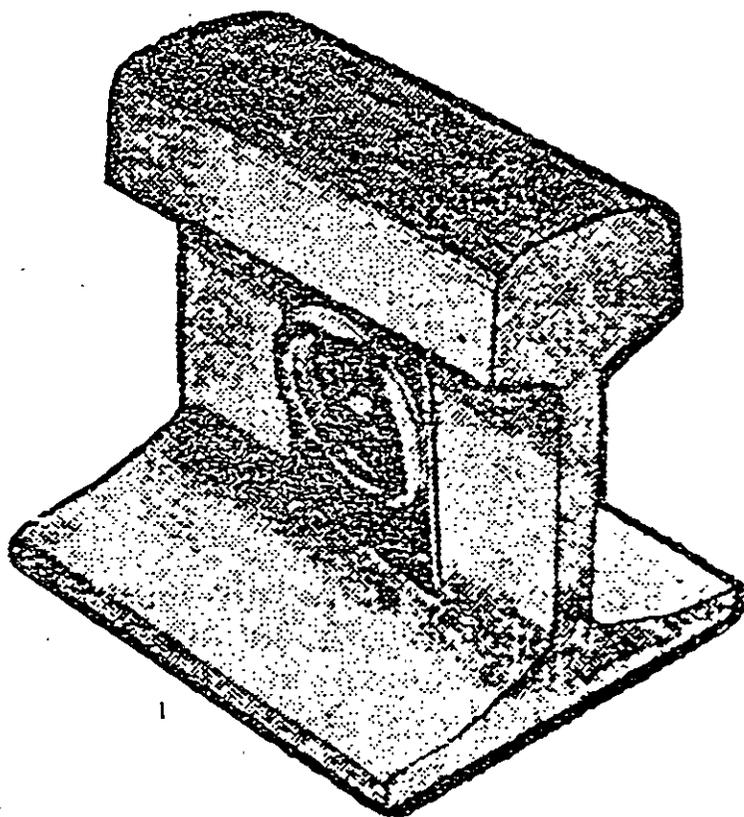
Ejemplo:      Temperatura media  $25^{\circ}\text{C}$   
 $25^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C} = 18^{\circ}\text{C}$        $25^{\circ}\text{C} + 7^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{C}$

### **Riel compensado, liberado o en equilibrio térmico**

Es el riel que ha sido fijado en el momento que tiene su longitud y posición correspondiente a la temperatura de liberación y esta apoyado sobre rodillos de madera que nada impida su libre movimiento al ser golpeado ligeramente en su alma con un martillo de cobre, obteniendo su posición y longitud de equilibrio térmico, con esto los esfuerzos que tienden a dilatarlo quedan compensados o equilibrados

Se recomienda que antes de iniciar los trabajos de construcción y aun después de estos se tenga un registro de temperaturas que nos permita conocer claramente las temperaturas medias o de equilibrio de cada región geográfica donde se vaya a construir la vía elástica.

Para obtener la temperatura media o de equilibrio de una región se debe tomar la temperatura por lo menos cada tercer día realizando las lecturas 4 veces al día a las 08:00, 10:00, 12:00 y 14:00 hrs. obteniendo con lo anterior los valores de la temperatura media del día, del mes y del año.



**TERMÓMETRO  
DE RIELES**

Figura # 1

## Durmientes

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

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

## Función

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

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

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

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

## Clasificación

Los durmientes pueden clasificarse como sigue:

Durmientes de	mixtos	R.S.
concreto	monolíticos	S.L.
	Dywidag	

Durmientes de	madera suave (para tangentes)
madera entallada	y
	madera dura (para curvas)

### Durmientes de concreto mixtos

Los durmientes mixtos "RS", constan de dos bloques de concreto de 720x290x226 mm. rematando al interior de la vía con 196 mm. unido por una barra separadora de fierro en forma de "T" invertida, su longitud es de 2240 mm. con un peso aproximado de 196 kgs (fig. 2 y fig. 3).

Los durmientes mixtos "SL", son semejantes a los "RS"; constan de dos bloques de concreto de 680x290x241 mm. rematando al interior de la vía con 212.5 mm. unidos por una barra separadora de fierro en forma de ángulo de 60x60x7 mm. su longitud es de 2242.5 mm. con un peso aproximado de 190 kgs. (fig. 4).

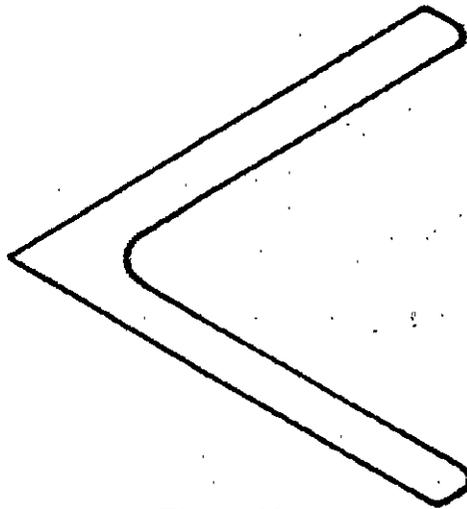


Figura No. 4

Ver en la figura N° 5 un durmiente mixto "SL".

### Durmientes de concreto monolíticos

Los durmientes monolíticos de concreto tipo dywidag modelo E-72 B-58 o similar, preesforzado a base de postensado son fabricados con las siguientes características:

#### Diseño

La forma de diseño y características del durmiente de concreto tipo "A" (B-58) y tipo "B" (E-72), deberá de ser para riel de 115 Lbs/Yd. fijación elástica RN, perno de anclaje SL y cojinete semicilindrico, debiendo utilizarse un sistema de desmoldeo lateral para este tipo de fijación y será el fabricante quien proponga el diseño el cual deberá de cumplir con las siguientes especificaciones sujeto a la aprobación de los Ferrocarriles. El fabricante deberá de presentar un juego completo de planos detallados del durmiente en sus dos tipos.

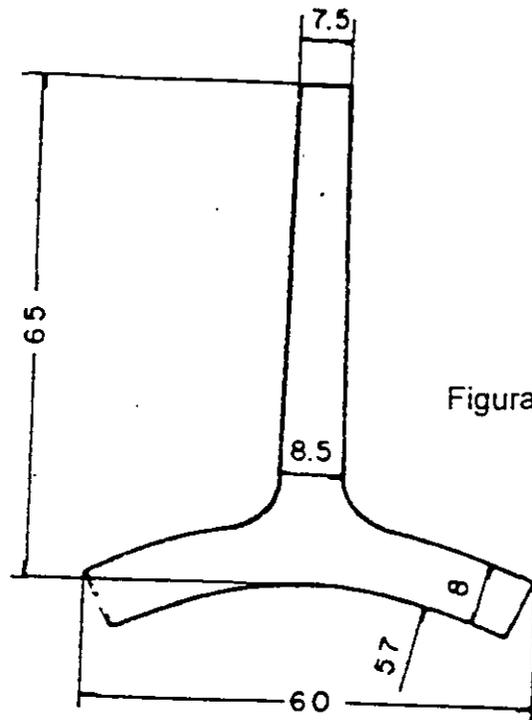
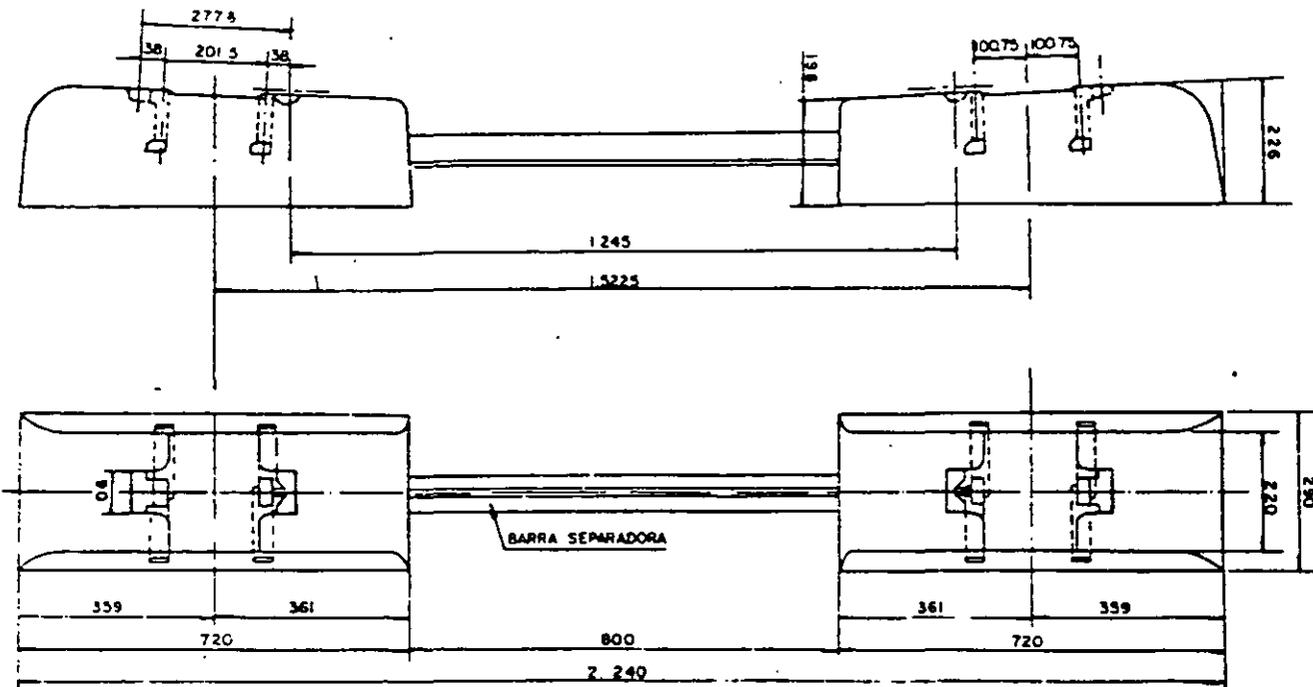


Figura # 2

Barra separadora para durmientes RS



DURMIENTE "RS" FRANCÉS

Figura # 3

## **Dimensiones**

El largo nominal del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B" será de 2,400 mm.

El ancho mínimo del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", será de 150 milímetros en su parte superior y 200 mm. en su parte inferior, la altura mínima del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B" será de 150 mm.

El durmiente de concreto será fabricado para una vía con escantillón de 1,435 mm.

El peso máximo del durmiente de concreto tipo "A" deberá ser de 250 kg y para el tipo "B" 280 kg.

La distancia entre ejes de asiento de riel será de 1511 mm. para el tipo "A" y el tipo "B".

Las dimensiones para radio externo e interno de cubetas, deberán de ser de 18.0 mm. y 15.0 mm. respectivamente para el tipo "A" y tipo "B".

La distancia entre ejes de cubetas de apoyo para fijación elástica externas e internas, deberán ser de 1,785 mm. respectivamente.

La distancia entre ejes de cubetas de apoyo para fijación elástica de una mínima cabeza del durmiente será de 274.0 mm. para el tipo "A" y el tipo "B".

## **Embarque**

El durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", deberá embarcarse en plataformas de ferrocarril debidamente asegurados para su transporte, de tal manera que no puedan desplazarse ni ocasionarse daño alguno deberá colocarse en posición horizontal en no mas de 6 camas, separadas por polines de madera ferrocarriles, especificara la magnitud del embarque de acuerdo con las facilidades de descarga con que se disponga (fig. 6).

## **Durmientes de Madera**

Los durmientes de madera que se utilizan para vía elástica se les denomina "durmientes de madera entallada". Esto quiere decir que la madera viene enmuescada para tener ensamble con los accesorios de fijación.

Los durmientes de madera entallada tienen la siguiente escuadría y longitud mínima; de 7"x8" y 8' con una pendiente en el entalle de 1.40 hacia el eje de la vía (fig. 7).

### **Aspectos de la colocación de los durmientes**

Para el armado de la vía elástica sobre durmientes de madera entallada se adoptara la siguiente distribución: .

- a) Para la construcción de la vía, el durmiente de madera se distribuirá a una separación de 50 cms. centro a centro de durmiente. En las curvas debe trabajarse primero el extremo del interior de la curva manteniéndose el escantillón de 1.435 mts. hasta curvas de 4°00'.
- b) Los durmientes de madera entallada vendrán perforados de planta con dos taladros en cada extremo para tramos en tangente. (4 taladros por durmiente). (fig. 8).
- c) Para curvas hasta 4° los durmientes vendrán taladrados en ambos entremos, con 3 barrenos por lado, la posición de dichos barrenos es dos hacia el lado interior de la vía y uno hacia el lado exterior de la vía o extremo del durmiente. (fig. 9).
- d) Para curvas mayores de 4° se incrementara el escantillón en 2.5 mm. por cada grado de curvatura o fracción hasta un máximo de 1.445m o sean 8°00'.

Para este tipo de curvas el durmiente suministrado vendrá barrenado en un solo extremo el cual se colocara al lado inferior de la curva, el taladro para el lado superior de la curva se hará en el campo ya sea con brocas de barrenado manual o mecanizado ajustándose al escantillón antes establecido.

Se prohíbe utilizar clavos u otros elementos para formar las guías de los taladros, puesto que las máquinas tirafondeadoras contienen las guías necesarias para garantizar la perpendicularidad del eje de perforación.

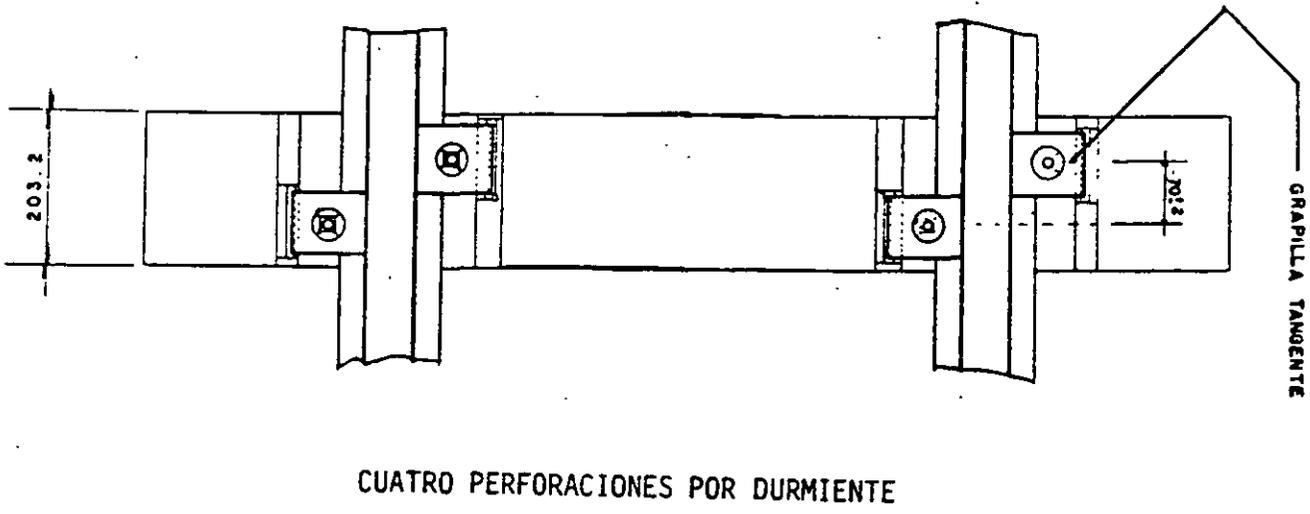
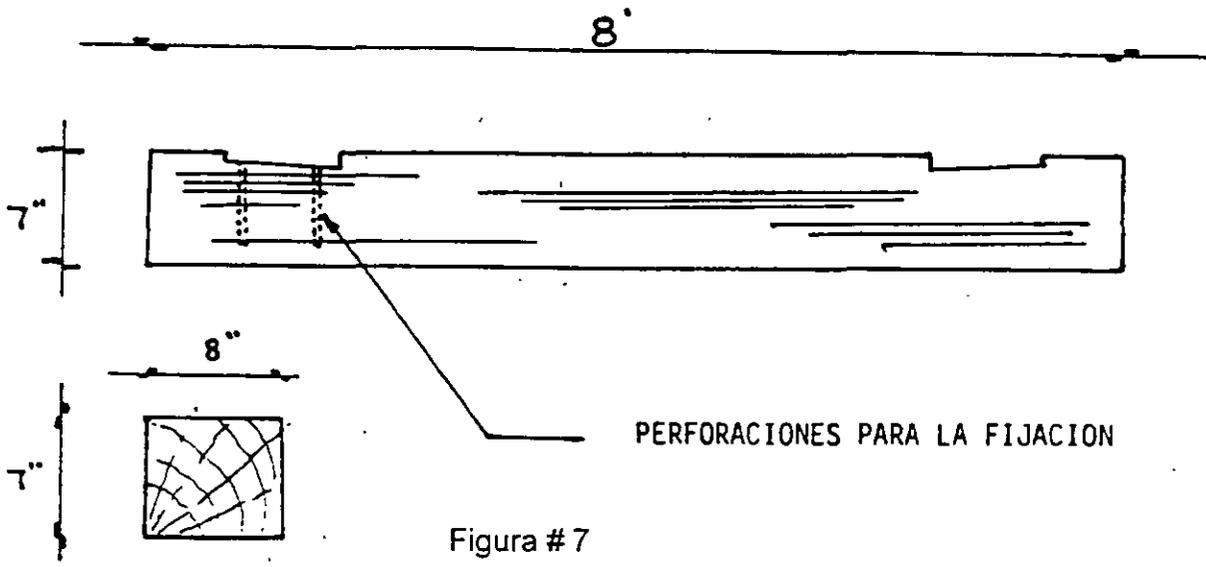
### **Pretensado**

Es la tensión que se le aplica al acero de refuerzo que conforma al durmiente monolítico antes de efectuar el vaciado del concreto

### **Preesforzado**

Es la tensión que se le aplica al acero de refuerzo cuando el concreto colocado adquiere una resistencia aproximadamente de 450 kg/cm<sup>2</sup>.





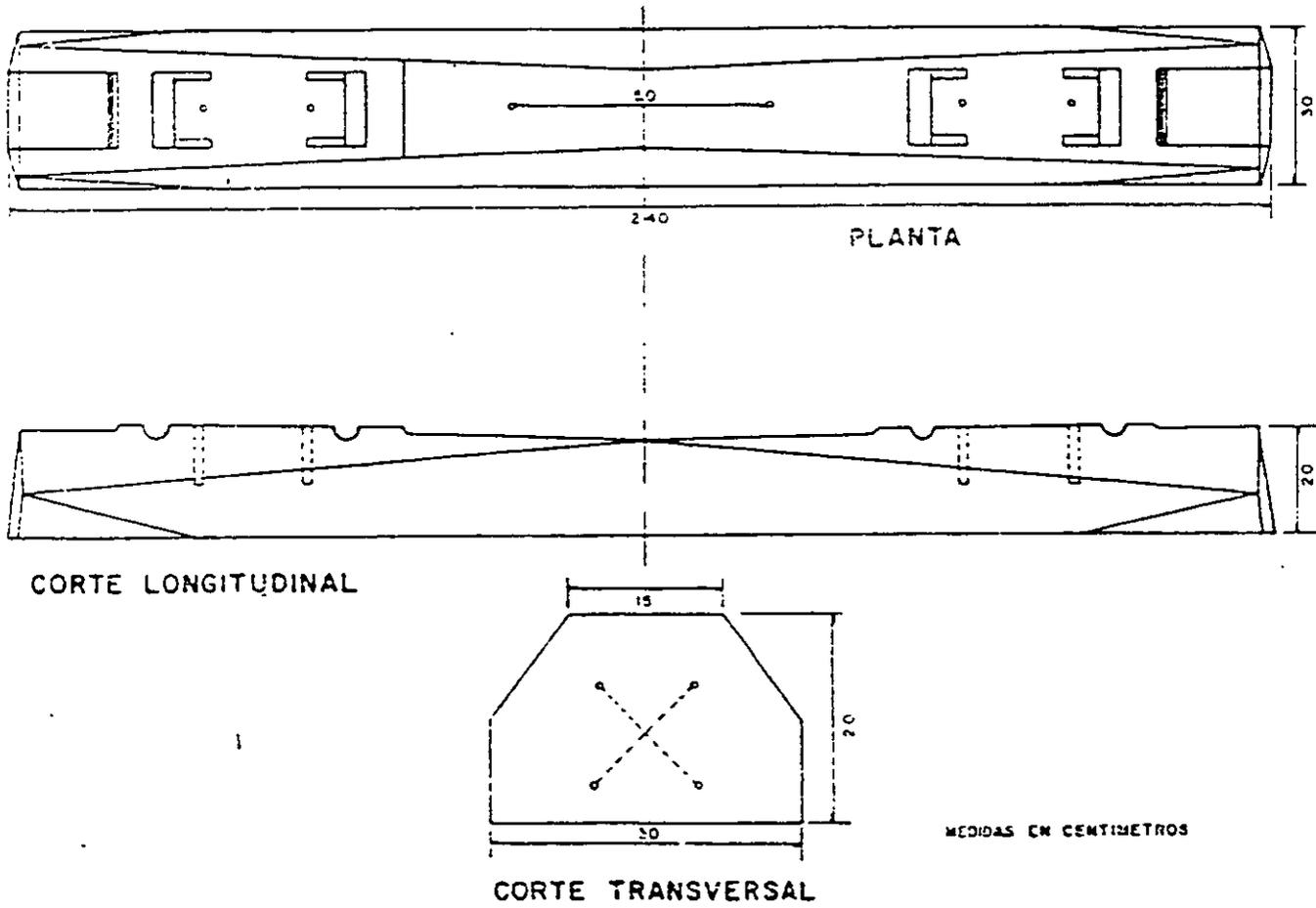
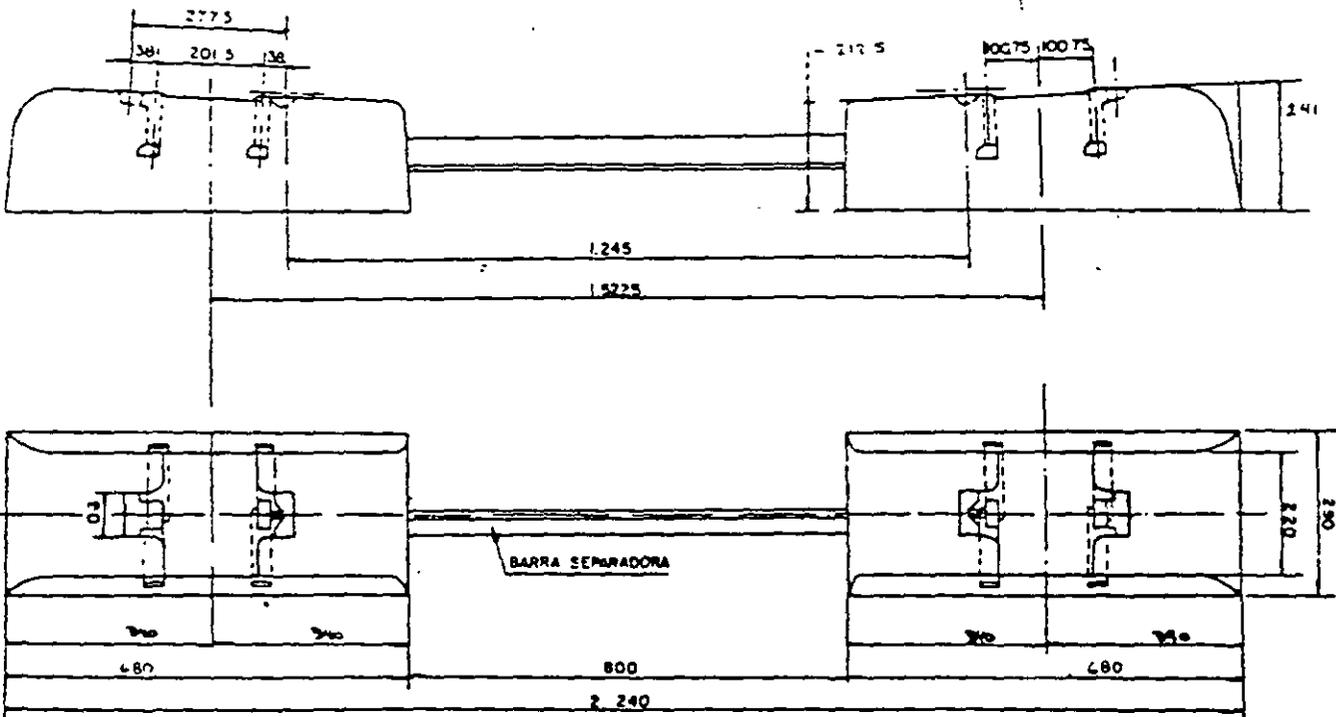
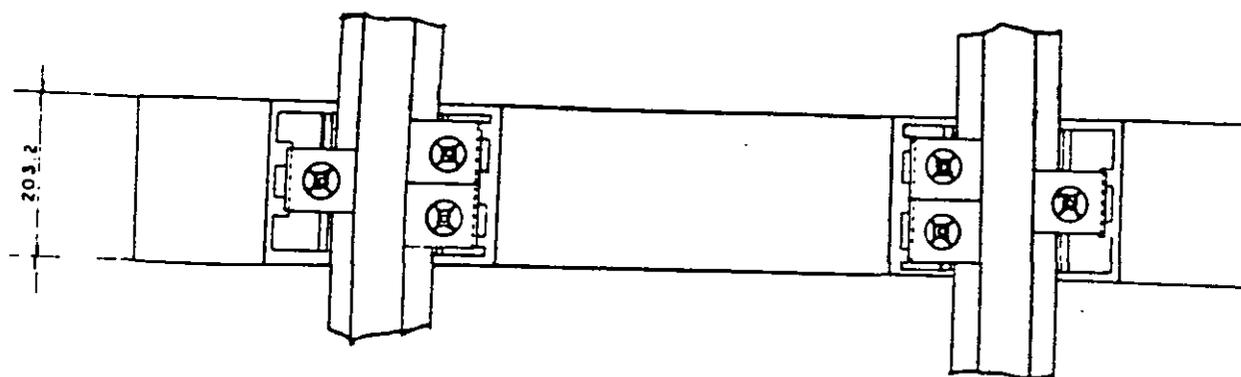


Figura # 6 **DURMIENTE DYWIDAG.**



DURNIENTE "SL"

Figura # 5



SEIS PERFORACIONES POR DURMIENTE.

Figura # 9

## Generalidades

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

1. Doble fijación elástica sobre durmientes de concreto en nuestros Ferrocarriles Nacionales de México usamos el sistema de fijación RN.

Elementos de la doble fijación elástica en durmientes de concreto.

- a) Placas de hule acanaladas (plano 12-C 10973).
- b) Perno tipo "SL" (plano PA-02).
- c) Cojinete semi cilíndrico de hule armado.
- d) grapa elástica RNY-4M (plano 10595).
- e) refuerzo para grapa elástica RNY-4M (plano 10976).
- f) Roldana de presión diámetro interior 1-1/8" especificación A.R.E.A. 1963.

### A. Placa de hule acanalada

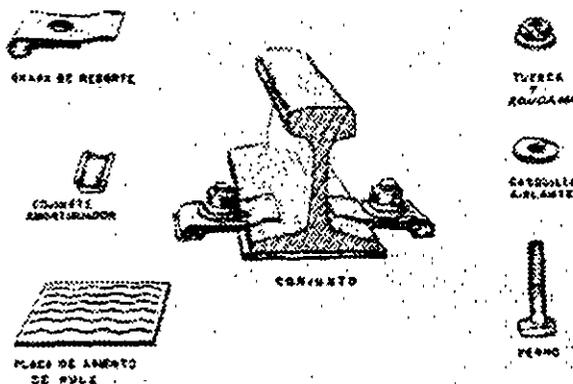
Las placas de hule se diferencian por sus dimensiones exteriores, clasificándose en dos categorías:

1. Placas lisas.
2. Placas acanaladas.

En nuestro Ferrocarril empleamos únicamente las placas de hule "acanaladas" a las cuales nos referimos a continuación.

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

Ver figura N° 11



EL SISTEMA DE SUJECION RIEL - DURMIENTE A USAR, DEPENDE DE LA CLASE DE VIA FERREA DE QUE SE TRATE, O SEA QUE ESTARA EN FUNCION DE:

- a) LA CARGA POR EJE.
- b) EL VOLUMEN DE TRAFICO.
- c) LA VELOCIDAD DE OPERACION.
- d) LOS RADIOS DE CURVATURA EXISTENTES EN EL TRAZO DE LA VIA.

TODOS ESTOS ELEMENTOS PROVOCAN DIFERENTES FUERZAS HORIZONTALES, VERTICALES Y LONGITUDINALES QUE DEBEN SER SOPORTADAS POR LA FIJACION.

EN LOS DURMIENTES DE CONCRETO PREENFORZADOS DWIDAG, PUEDEN UTILIZARSE DISTINTOS TIPOS DE FIJACION RIEL - DURMIENTE, TALES COMO:

VER LAS FIGURAS

FIG. 10 DISTINTOS TIPOS DE FIJACION DEL RIEL

- 1. Fijación "HM" para vías principales.
- 2. Fijación "K" con placa nervada para vías principales.
- 3. Fijación "Pandrol" para vías principales.
- 4. Fijación "RN" para vías principales.
- 5. Fijación con clavo elástico para vías de empalme.

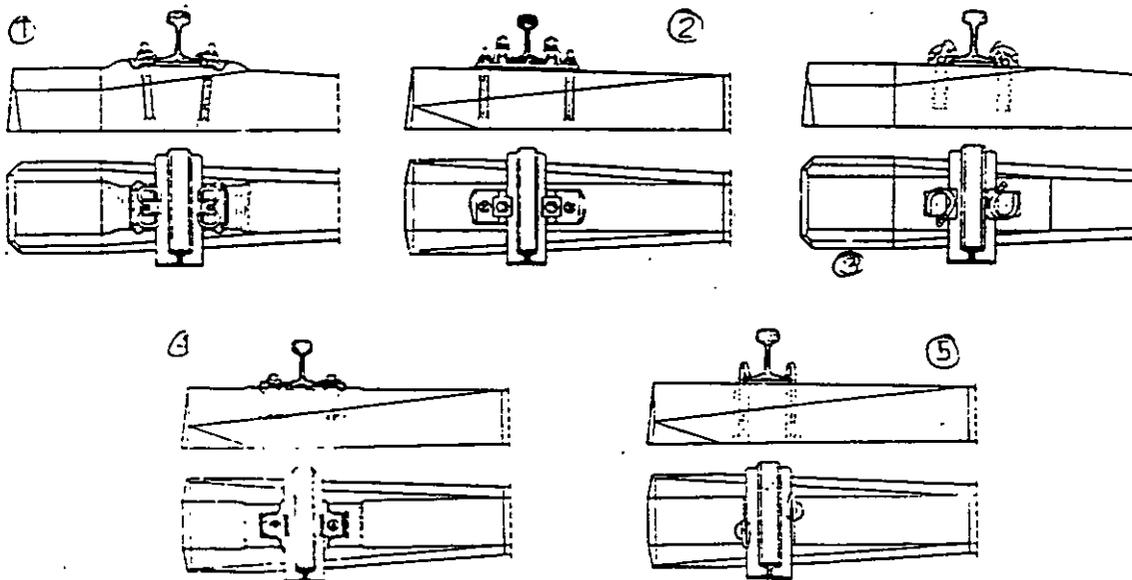


Figura # 10

**B. Pernos tipo "SL"**

Pernos "SL" serán de acero medio carbón y cumplirán con todas las pruebas físicas de resistencia a la tensión y a la Flexión.

Tuerca: serán de acero al medio carbón.

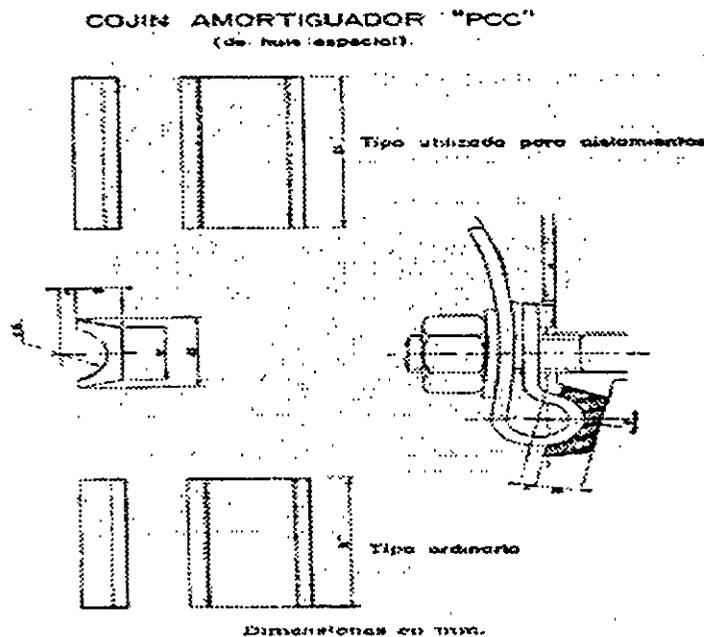
Roldana plana: serán de acero laminado en caliente, bajo carbón comercial, ver figura N° 12.

**C. Cojinete semi-cilindrico**

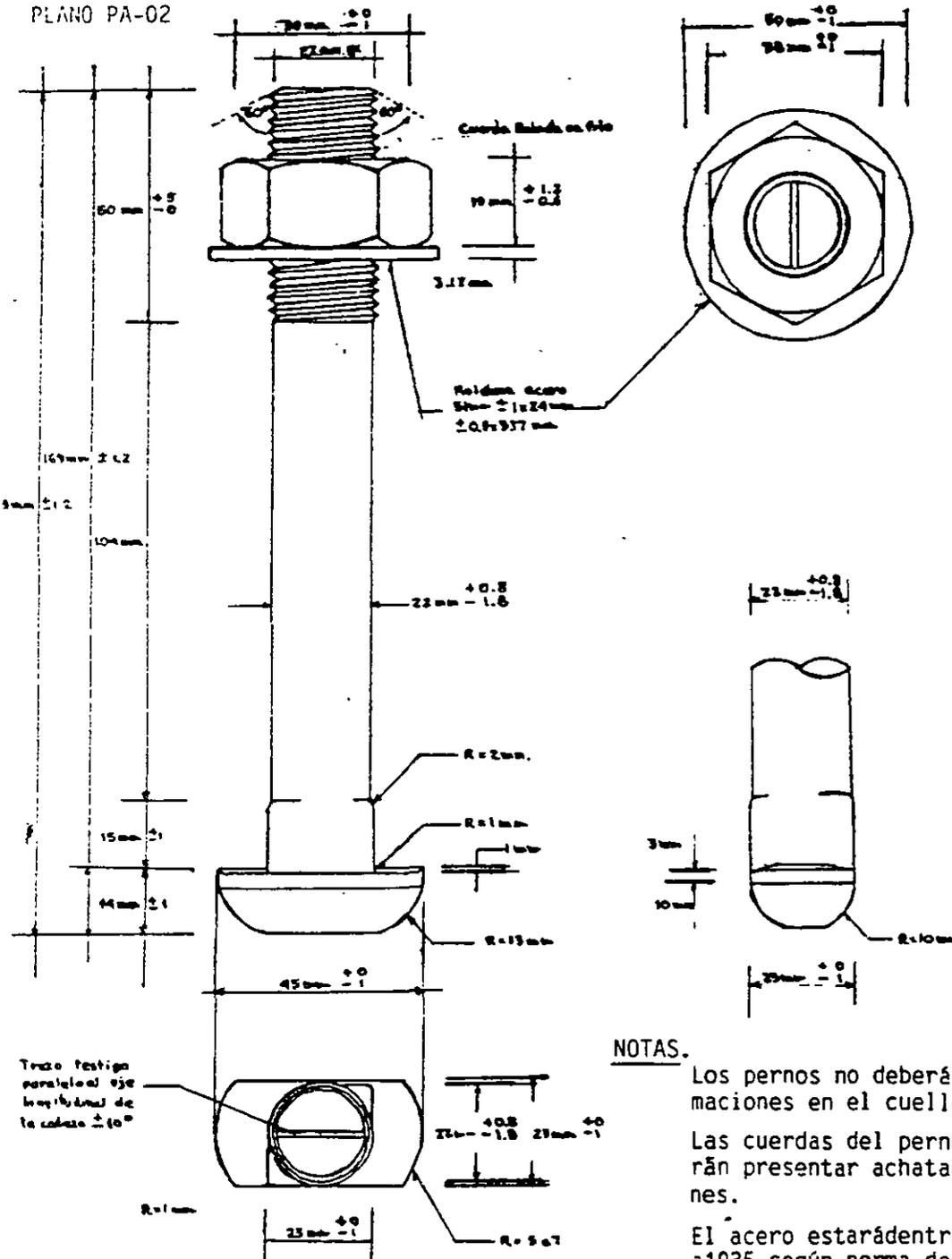
Cojinete semi-cilindrico para durmientes de concreto tipo dywidag.

En los Ferrocarriles Mexicanos se emplean desde el año de 1977 este tipo de cojinetes amortiguadores semi-cilindricos en durmientes monolíticos dywidag.

Ver figura N° 13



PERNO TIPO "SL" PARA DURMIENTE DE CONCRETO REFORZADO TIPO B-58/E72.  
PLANO PA-02



**TOLERANCIAS-\***

Cuerda normal A.S.A.  
B.I.1-1949,7/8" N.C.

**PERNO:**

Diámetro Exterior  
Max.22.174mm.(0.873")  
Mín.21.819mm.(0.819")  
Diámetro de Paso  
Max.20.345mm.(0.801")  
Mín.20.183mm.(0.795")

**TUERCA:**

Diámetro Menor  
Max.19.761mm.(0.778")  
Mín.19.177mm.(0.755")  
Diámetro de Paso  
Max.20.599mm.(0.811")  
Mín.20.396mm.(0.803")

Figura # 12

**NOTAS.**

Los pernos no deberán presentar malformaciones en el cuello y la cabeza.

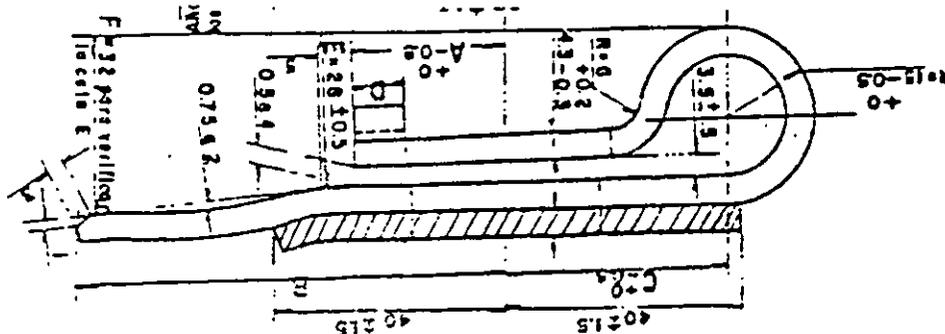
Las cuerdas del perno y tuercas no deberán presentar achataduras o deformaciones.

El acero estará dentro del rango de 1030 a 1035, según norma del A.I.S.L. (INST. AMERICANO DEL HIERRO Y DEL ACERO).

FIG. 12

#### D. Grapa elástica RNY-4M para el durmiente

Estas grapas están fabricadas de acero al cromo-manganeso y están constituidas por una rama superior y una inferior ligadas por un "BUCLE".  
(figura 14.)



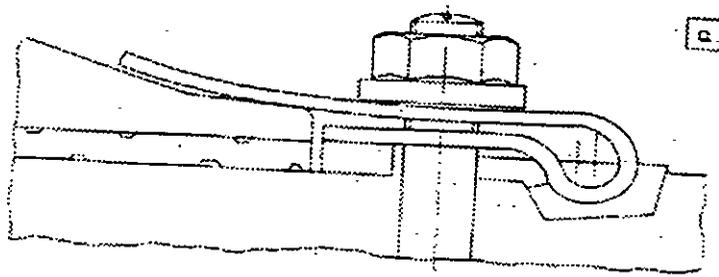
Actualmente se emplea únicamente la grapa C-117 con bucle de 15 mm. de radio, las cuales tienen un ancho de 82.5 mm.

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

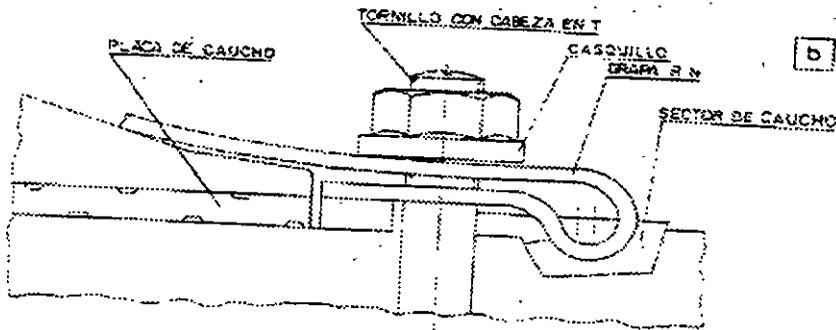
Para que las oscilaciones verticales del riel se verifiquen sin juego alguno entre el riel y el durmiente, es necesario el funcionamiento de las grapas como muelle, con el fin de absorber los recorridos verticales que debido a la elasticidad de las placas de hule experimentan los rieles al pasar sobre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

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

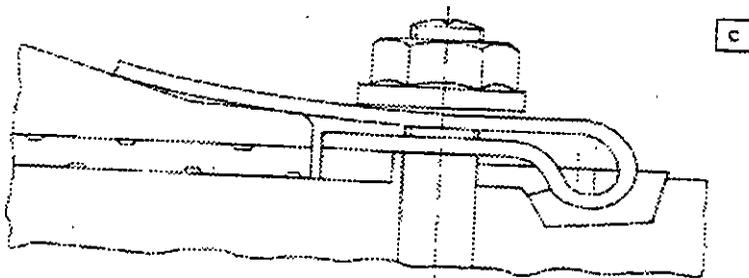
Para que no suceda lo expuesto en el párrafo anterior y se disponga de un medio sencillo de evitarlo, se ha proyectado la forma de las grapas de manera que en su posición correcta la rama superior de las mismas apoye sobre el patín del riel, según dos líneas paralelas al mismo, líneas que se denominan de "Primer Contacto" y de "Segundo Contacto". La forma correcta de las grapas bien colocadas y apretadas.  
Ver figuras: 15, 16 y 17



**SUPER APRETADO**

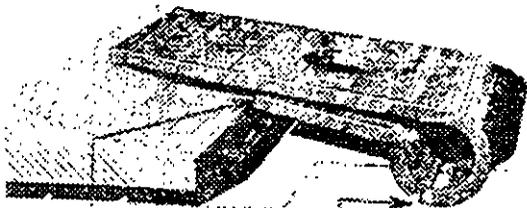


**APRETADO INSUFICIENTE**



**APRETADO CORRECTO**

**COLOCACION CORRECTA**



Ligera junta: 0.5 a 1mm. aprox.

El bucle se apoya a fondo en la ranura.

**COLOCACION INCORRECTA**



La rama inferior está mojada sobre el pátin del riel

El bucle no se apoya más que en el borde exterior de la ranura y puede deteriorar al concreto.

### **E. Refuerzo para grapa RNY-4M.**

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

Este refuerzo esta de igual manera constituido a base de acero al cromo-manganeso. Ver figura 18.

En la construcción de vía elástica sobre durmiente de madera. Se exige lo siguiente:

1. Durmiente de madera con entalle especial.
2. Placa de asiento de hombro soldado.
3. Tirafondo tipo "JAB".
4. Grapilla elástica RNY y SR2.
5. Riel aleación de alto carbón de 115 lb/yd, tipo RE, alta resistencia y con dureza brignell de 321° a 388° (esta prueba se efectúa en un punto cualquiera sobre el eje longitudinal del hongo a una distancia de ¼" ó ½" medida a partir del extremo del riel y debe estar comprendida entre 341° y 401° brignell.

**Accesorios que integran la doble fijación elástica, para durmiente de madera entallada.**

#### **A) Accesorios para tangente.**

1. Grapillas elásticas R-2M - 70x131x4.3 mm.
2. Tirafondo tipo "JAB" - 23x153 mm.
3. Plaqueta ranurada 44.45x75x7.94 mm.
4. Placa de hule tipo "CHEVRON" 138x200x6 mm.

#### **B) Accesorios para curvas.**

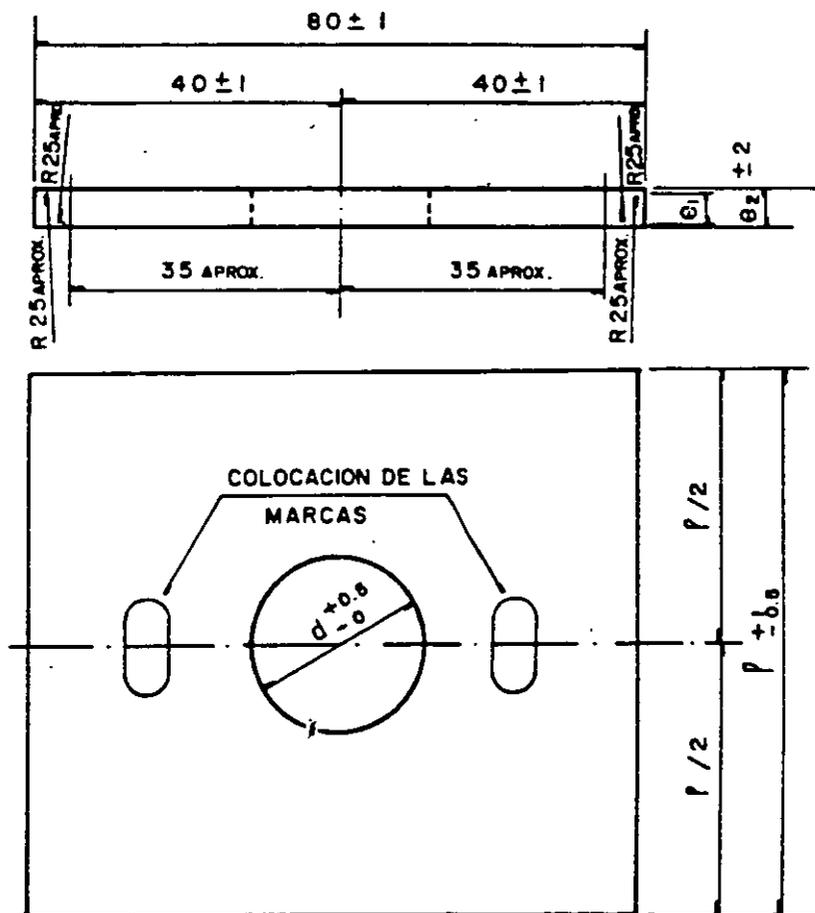
1. Grapilla elástica SR-2-70x117x4.3 mm.
2. Placa de asiento 5.5 HS-197x285x12.5 mm.
3. Tirafondo tipo "JAB" 23x173 mm.
4. Placa de hule tipo "CHEVRON" 138x200x6 mm. Ver figuras 20 y 21.

**Grapilla RNY-SR2 elástica para curva.**

**Tirafondo tipo "JAB":**

- a) Los tirafondos serán fabricados de una sola pieza (sin soldaduras).

## ESQUEMA DE REFUERZO PARA LA GRAPA



	$e_1$	$e_2$	$p$	$d$
Grapa de 70mm de ancho	3.8	4.8	70	23
Grapa de 82.5mm de ancho	3.3	4.3	82.5	29

Figura # 18

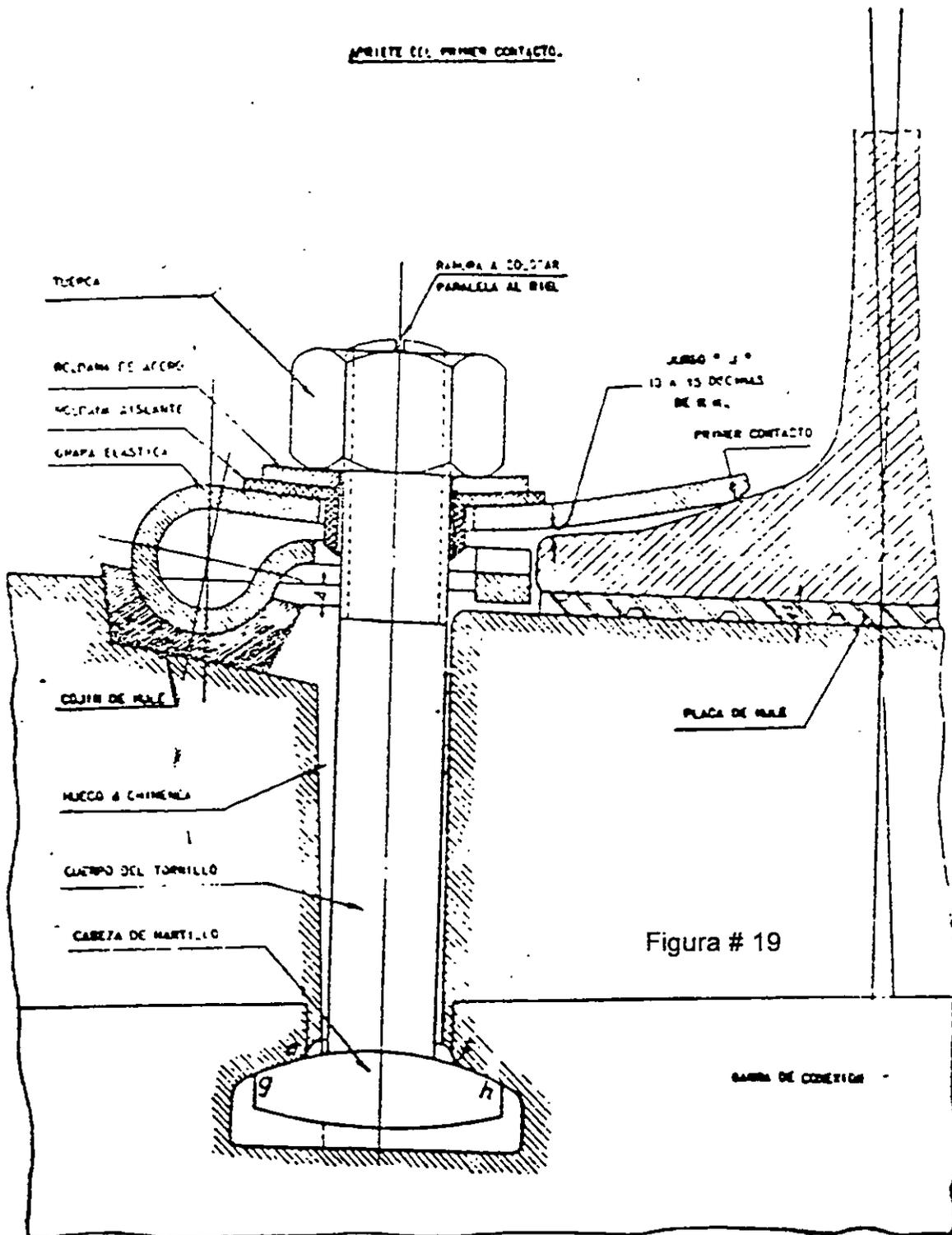


Figura # 19

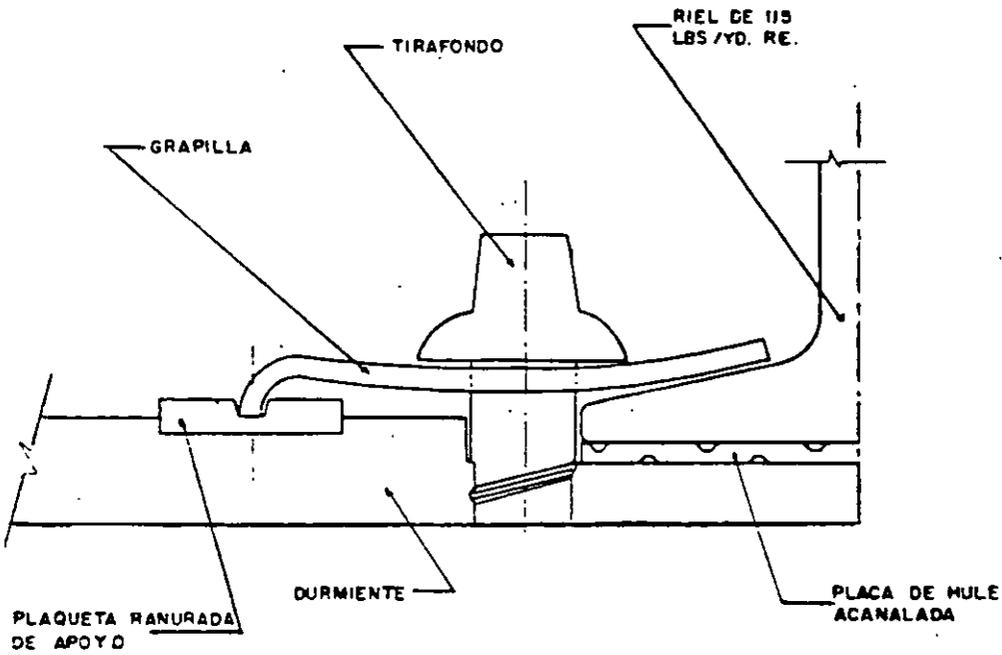


Figura # 20

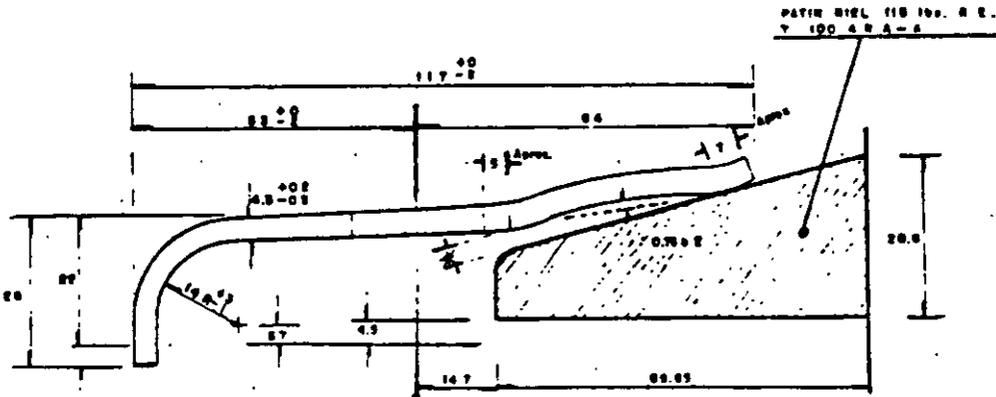


Figura # 21

b) Tendrán marcas de fabricación. Estos llevarán estampado sobre la cara superior de la cabeza.

- La marca del fabricante.
- Los dos últimos dígitos del año de fabricación.
- La longitud nominal del vástago en mm.
- La identificación J.A.B.

c) Varias características más, (figuras 22 y 23)

La colocación de las fijaciones se efectúa en forma alternada, recordando además que las exteriores queden cargadas al lado contrario de las interiores.

Las exteriores se colocaran cargadas al lado más cercado al cero del kilometraje (ver regla N° 637 del Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras). En los pernos y tornillos tirafondos debe observarse que las cuerdas estén sanas, así como los dados de la cabeza.

#### **Plaqueta ranurada R.N.**

Estan sujetas a las mismas condiciones y características de fabricación que las mencionadas para las grapas elásticas. Figura 24.

#### **Placa de hule tipo "CHEVRON".**

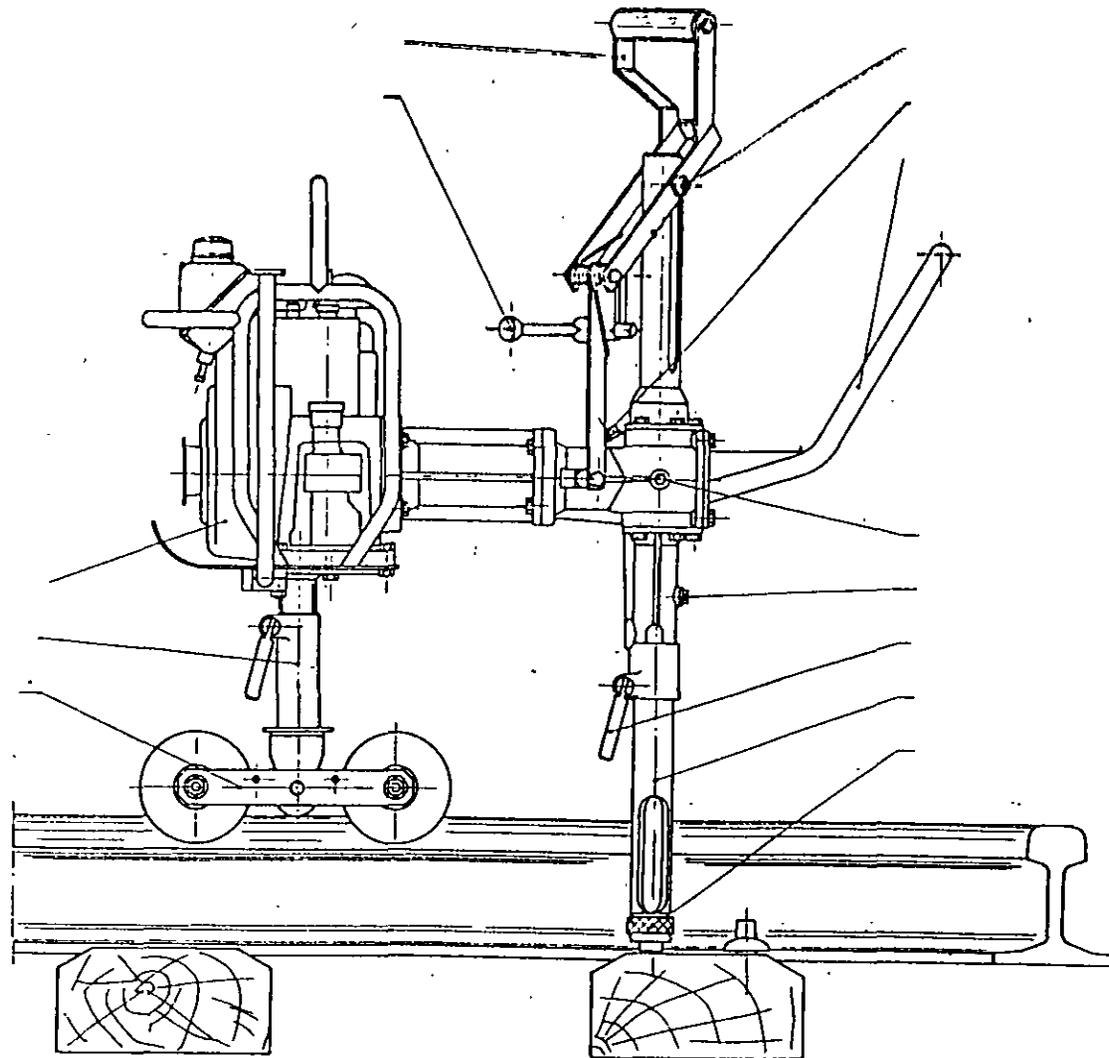
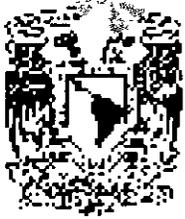
Estas placas estarán sujetas a las mismas condiciones y características de fabricación que las mencionadas para las placas de hule acanaladas. (Figura 25).

De las placas de hule debe revisarse que las superficies estén limpias y al colocarse sobre la placa de asiento de acero que estas no queden montadas sobre los hombros de dichas placas.

#### **Colocación y apretado de las grapas y grapillas elásticas:**

1. Colocación y apretado de las grapas.

Para colocación y apretado de las grapas se seguirán estrictamente las siguientes instrucciones:



a) Comprobada la posición correcta de los durmientes, del riel y de las placas y cojinetes de hule, se introducen en las "chimeneas" ó huecos del durmiente, los tornillos ó pernos de fijación de las grapas, cuya base descansara en la parte inferior del hueco ó chimenea apoyándose sobre los filetes del durmiente dywidag. Es absolutamente necesario que el fondo del hueco ó chimenea este limpio de polvo, arena, etc., lo que se consigue inyectando aire ó con una escobilla. Para esto se utilizaran los huecos existentes en las dos paredes laterales del durmiente.

b) Se colocan las grapas con ó sin arandela (según sea ó no necesario), introduciendo sus orificios en la cabeza superior del cuerpo del tornillo, de manera que la rama larga de la grapa apoye sobre el patín del riel en la línea del "primer contacto". Se rosca enseguida a mano la tuerca sobre la parte fileteada del tornillo hasta que haga contacto con la arandela plana.

c) Se hace girar el tornillo de manera que la ranura existente en la extremidad superior del mismo se coloque paralelamente al riel y sujetando el tornillo, se aprieta a mano la tuerca. En esta posición, puede ya procederse al apretado de los tornillos.

d) La operación de apretado de los tornillos debe realizarse con las maquinas atornilladoras, a las que se les ha colocado un dispositivo especialmente proyectado para el montaje de las grapas elásticas, ó con las maquinas "STUMEC". En ambos tipos puede leerse sobre la carátula el apretado que se esta efectuando. El apretado de las tuercas de los tornillos. Se efectuara a una velocidad de 75 vueltas por minuto y con menor velocidad si se utilizan la atornilladora "STUMEC" la robel 30-51 de 3,600 R.P.M., da 50 vueltas por minuto.

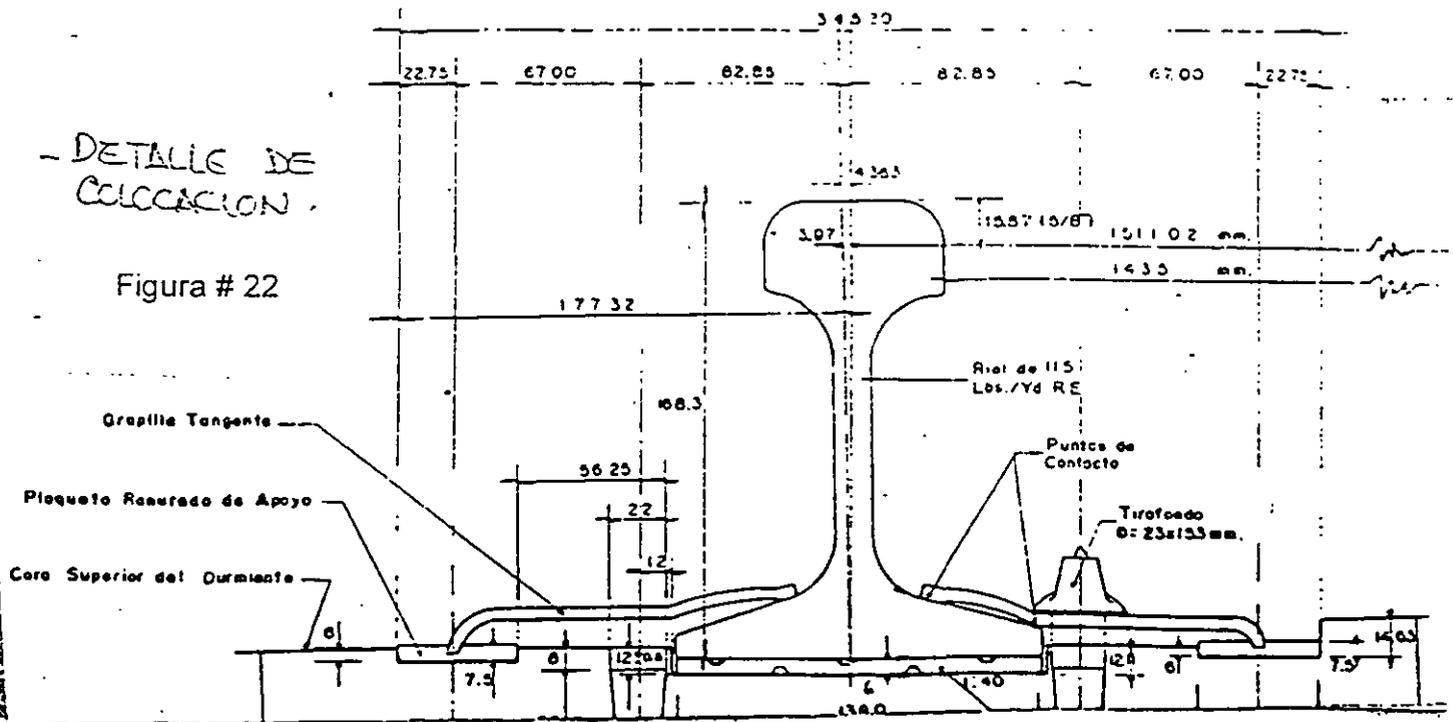
#### **La operación del apretado se efectuara en dos tiempos:**

1. PRIMER TIEMPO: Las tuercas de todas las grapas se aprietan hasta que la flexión de la grapa sea tal que en el segundo contacto quede un juego de 1 a 1.5 mm. lo que se consigue fácilmente haciendo uso del limitador de carrera que las atornilladoras poseen.

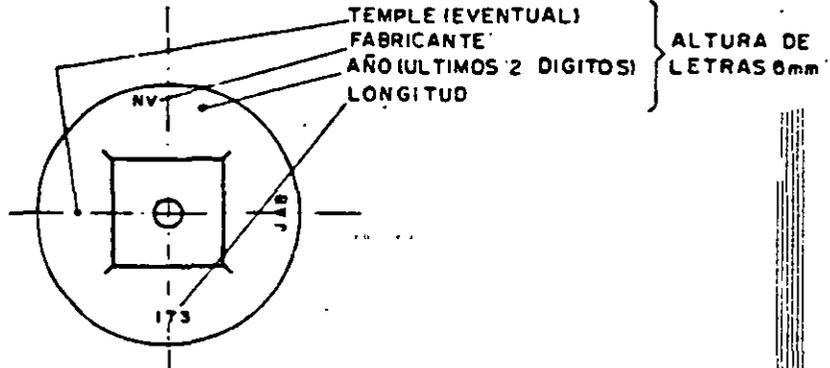
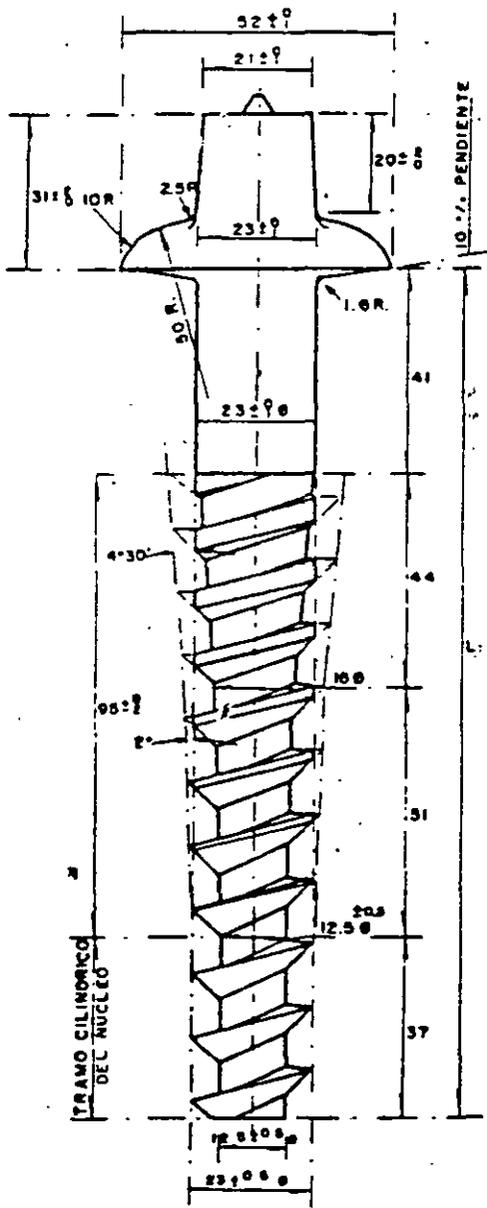
Segundo tiempo: Detrás de las atornilladoras que han efectuado el primer tiempo del apretado, un reparador previsto de calibrador representado en la Figura 28 mide en décimas de mm., el juego cuyo valor se apunta con gis ó con crayon en la cara superior del durmiente ó en el patín del riel.

- DETALLE DE  
- COLOCACION.

Figura # 22



TIRAFONDO JAB 23 x 173 mm.  
PARA CURVA.



MAT. ACERO R. T. 50 Kgs/mm<sup>2</sup> (minimo)

L: 173±0

Figura # 23

PLAQUETA RANURADA.

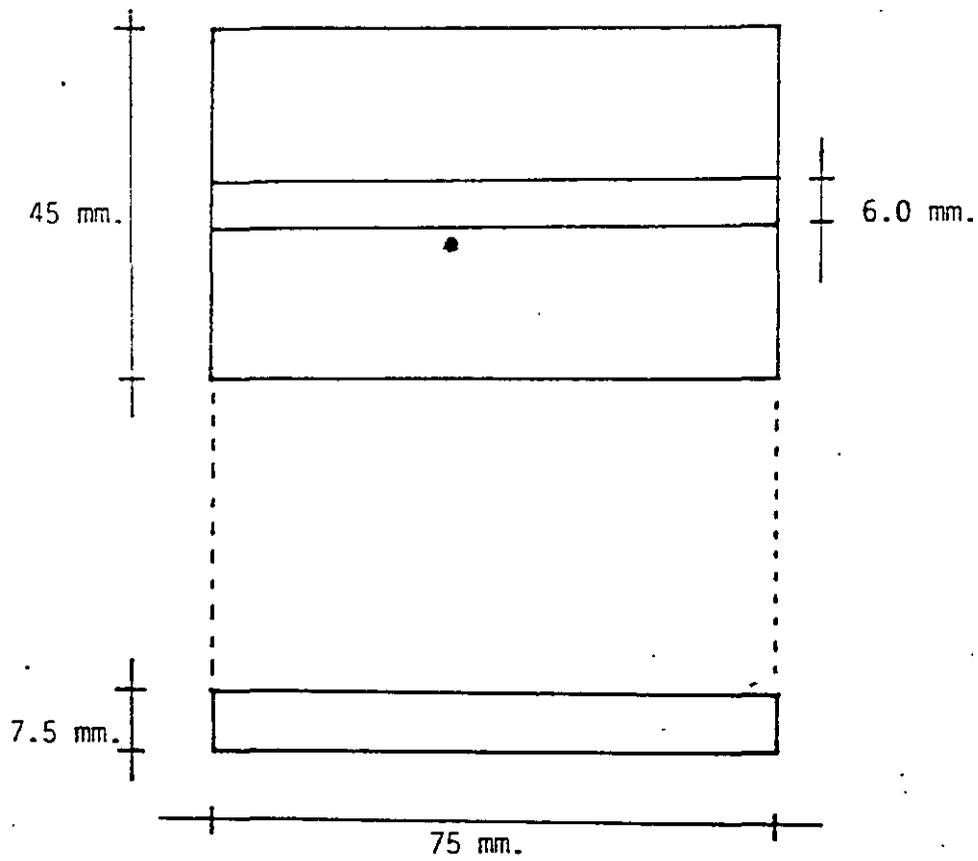
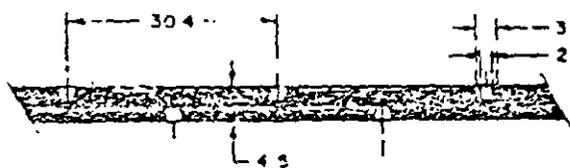


Figura # 24

## PLACA DE HULE ACANALADA TIPO "CHEVRON"



DETALLE DEL PERFIL

DIMENSIONES NORMALES	
A	B
100	
105	
115	140
125	X 180
132	200
138	
155	

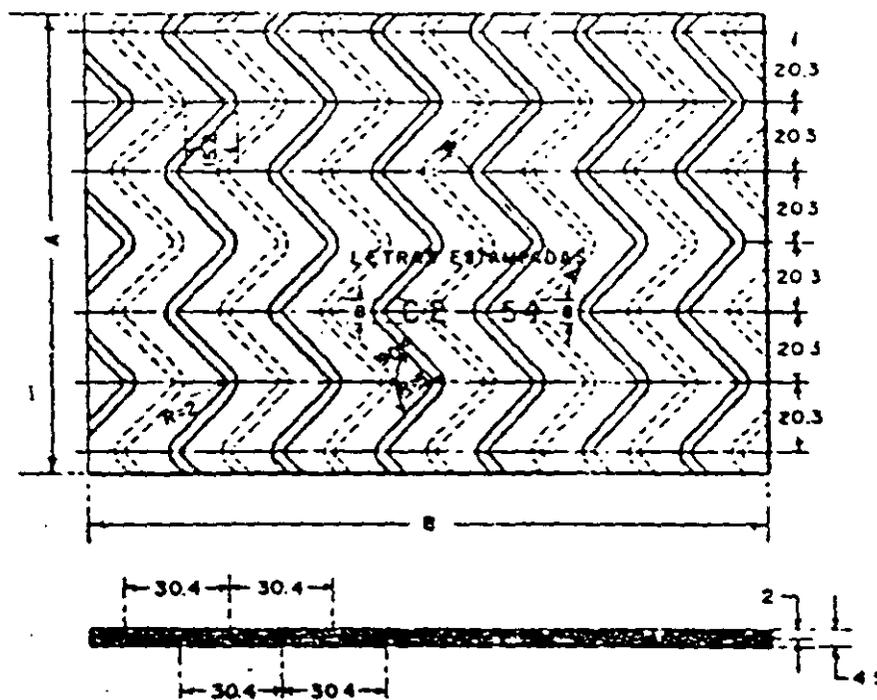
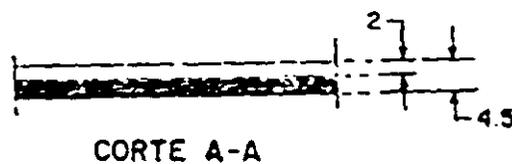


Figura # 25



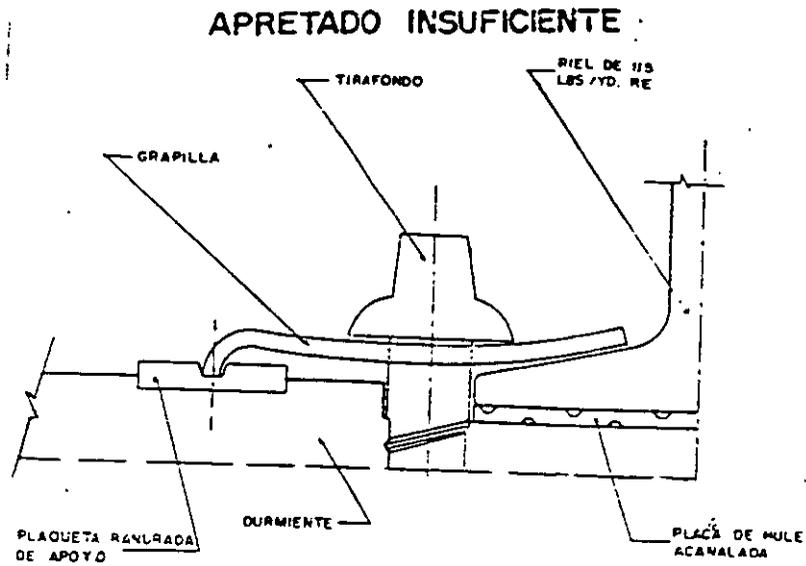


Figura # 26

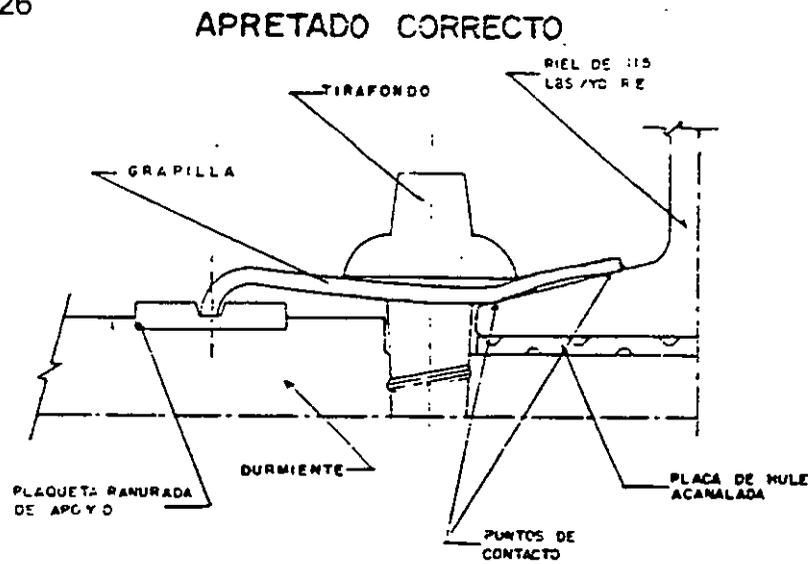
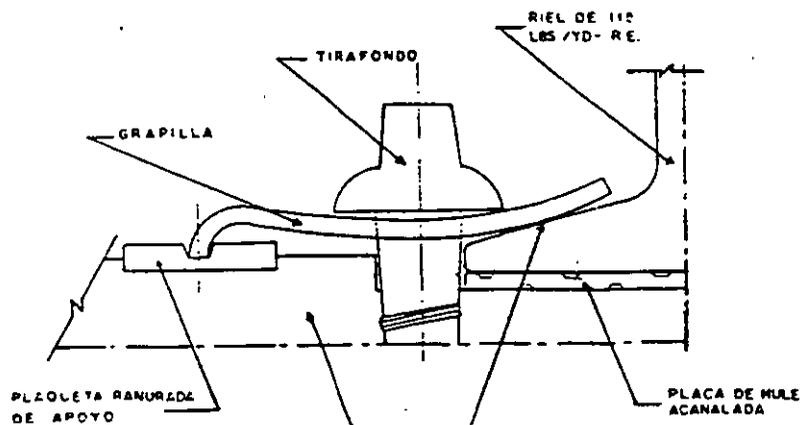


Figura # 27



**CALIBRADOR PARA MEDIR EL JUEGO DE LAS GRAPAS EN EL 2o. CONTACTO.**

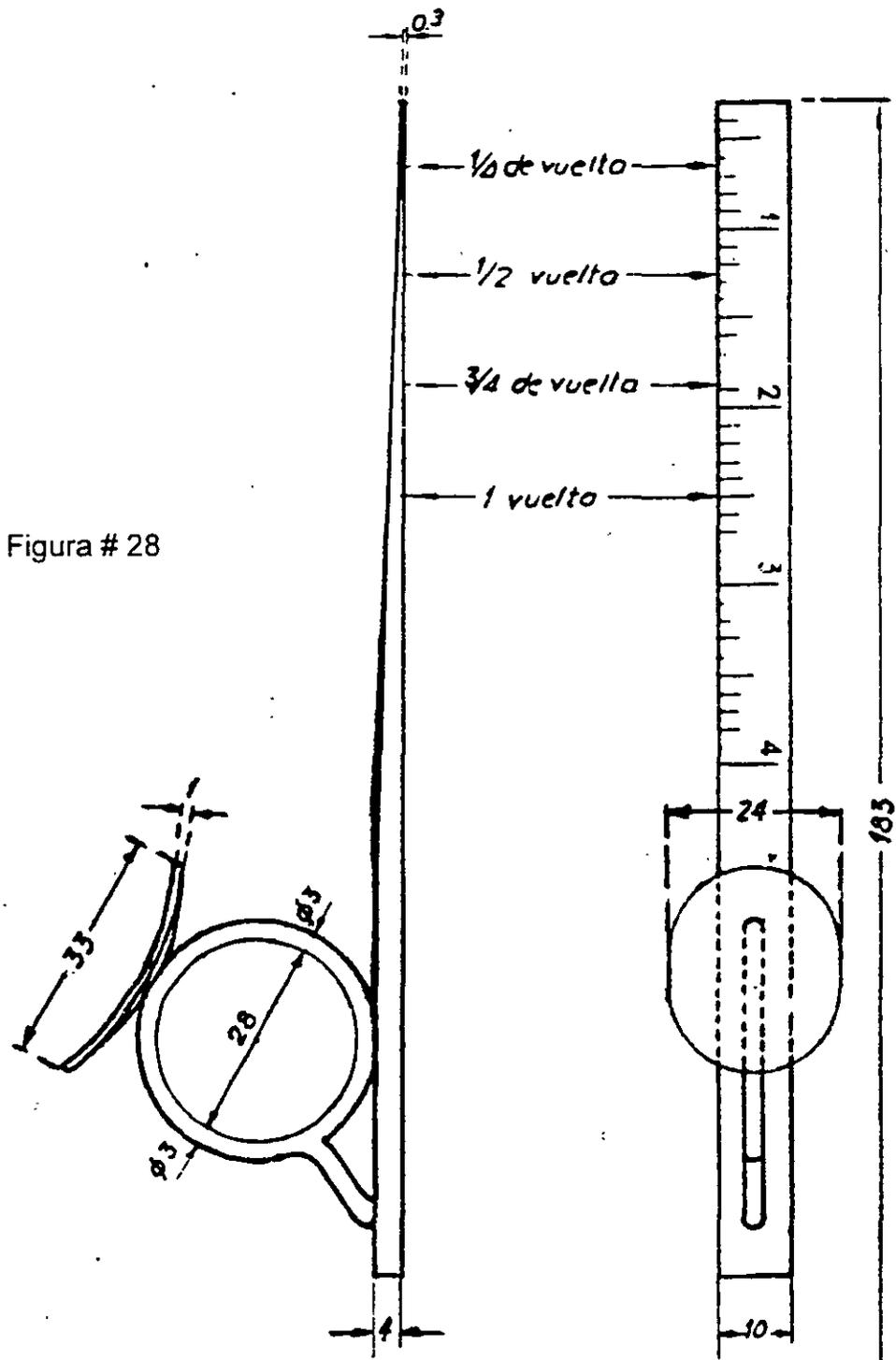


Figura # 28

Una segunda atornilladora (ó la primera, cuando ha terminado el trabajo) procede a apretar las tuercas haciéndolas descender mediante la utilización del **C I R C U L O** graduado, las décimas de milímetro anotadas para cada grapa en el riel ó durmiente, operando del modo indicado se efectúa el apretado correcto de las grapas, sin deformación permanente de estas, ni de las arandelas aislantes.

e) Si el montaje de las grapas se hiciese a mano, se procederá de manera análoga a lo expuesto en el párrafo anterior, es decir en dos tiempos, haciendo uso de llaves "T". Para graduar la carrera de la llave en el segundo tiempo del apretado debe tenerse presente, que como el paso del tornillo es de 6.25 décimas de descenso de la tuerca.

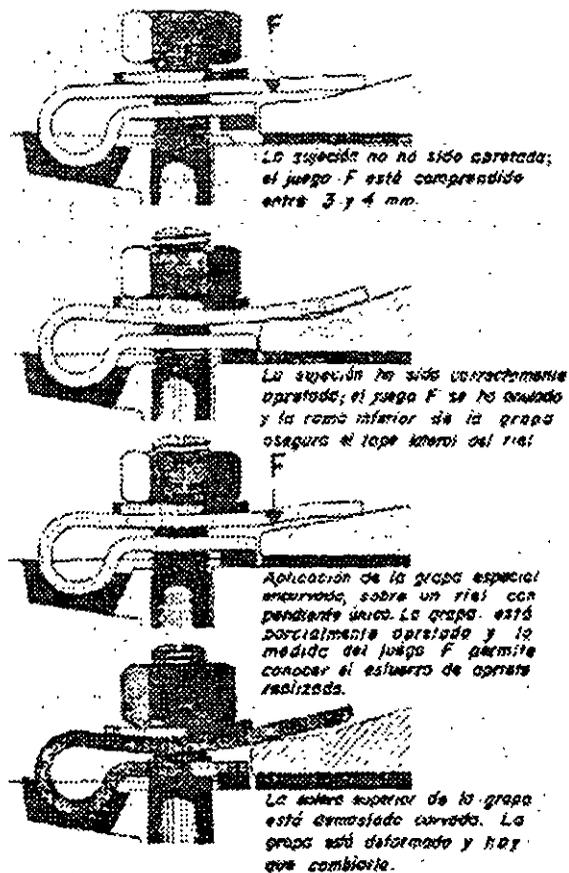


Figura No. 29

### **Liberación de largos rieles soldados.**

#### **Riel compensado, "Liberado", ó en equilibrio térmico.**

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

En otras palabras, cuando el riel presenta la "temperatura media" ó las toleradas para su liberación de  $\pm 7^{\circ}\text{C}$  de la temperatura media y esta apoyado sobre rodillos de madera que nada impida su libre movimiento y es golpeado ligeramente en su alma con un martillo de cobre; entonces adquiere "su posición y longitud de equilibrio térmico", es decir, en ese instante los esfuerzos tienden a dilatarlo ó contraerlo, han quedado "compensados" ó "equilibrados" entre si, ó sea el riel no presenta tendencias ni para dilatarse ni contraerse por encontrarse "liberado" de dichos esfuerzos.

Es necesario que se limiten en lo posible, las tensiones internas debidas a las variaciones de temperatura dentro del riel, por lo que los rieles, deben tenderse cuando se encuentran a una temperatura intermedia generalmente, se colocan los rieles a temperaturas comprendidas entre los  $+10$  y los  $+40$  grados centígrados, de manera que los esfuerzos de tensión y compresión que se presentan en el invierno y en el verano, se compensen.

#### **Etapas de trabajo que se efectuaran para la liberación ó compensación de los L.R.S.**

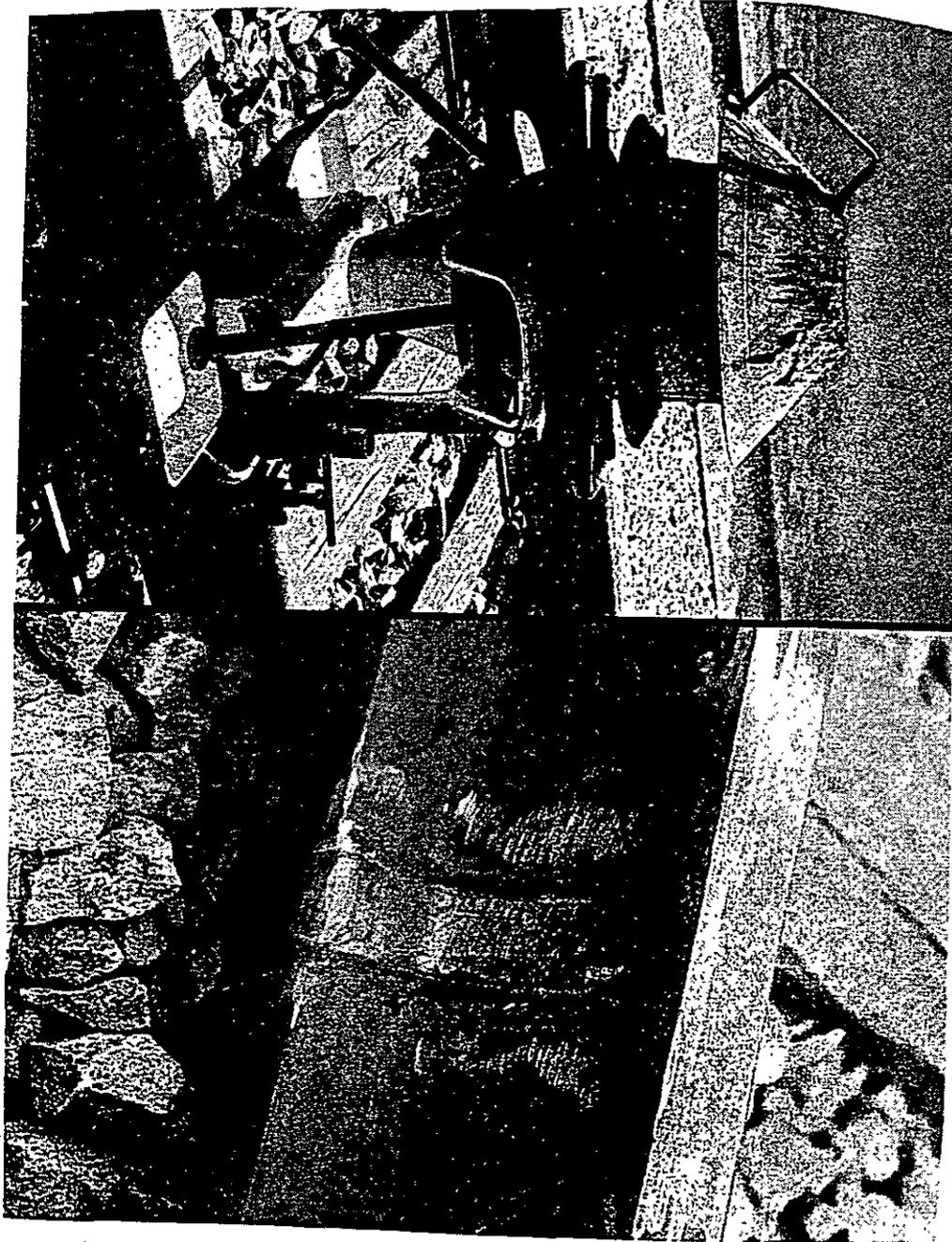
Deben escogerse épocas en que la temperatura permanece sensiblemente constante, por lo cual se medirán periódicamente las temperaturas de los rieles.

1.- Se procederá a colocar dos abanderados en ambos extremos del tramo a liberar.

2.- En el día en que rija la temperatura de liberación entre  $\pm 7^{\circ}\text{C}$ , con respecto a la temperatura de equilibrio ó media del riel, se procederá a cortar los rieles con soplete y aflojar completamente todas las sujeciones elásticas, partiendo de los extremos de los L.R.S. simultáneamente hacia su centro, utilizando 4 maquinas atornilladoras una por cada hilo y en cada dirección en caso contrario se utilizaran 4 llaves "T" de manera que el trabajo se efectúe al mismo tiempo.

3.- Los rieles se levantaran ligeramente con gatos, y se colocara un rodillo por cada 10 durmientes donde se apoyaran los rieles.

4.- Con un martillo de cobre ó de madera zunchada se golpeará el alma del riel, evitando con esto que se dañe el riel, en seguida se pondrán en su lugar correcto todas las placas de hule que se hayan roto ó corrido.



5.- Nuevamente se levantarán ligeramente los rieles con los gatos y se irán quitando los rodillos dejando descansar de nuevo los rieles sobre las placas de hule.

6.- Llevándose a cabo el apretado de las fijaciones elásticas por medio de las maquinas atornilladoras ó las llaves "T", pero esta vez se comenzara del centro hacia los extremos.

Cuando sea necesario modificar la longitud del riel en más; para ajustarlo se cortara un tramo del riel de 4 metros de longitud mínima el cual debe soldarse en sus extremos, cuando sea en menos; se procederá a cortar el sobrante de manera exacta.

Al terminar la operación de los trabajos de liberación debe procederse a soldar los rieles por el proceso aluminotérmico.

7.- La temperatura habrá sido medida y anotada al principiar y al terminar estas operaciones y el promedio así obtenido será la temperatura media ó de liberación, la cual debe marcarse en el patín del riel 2 metros de los extremos del L.R.S.

8.- Debe programarse siempre que sea posible un intervalo de 4 horas para la circulación de los trenes, en el periodo del día en que la temperatura sea creciente de manera que los rieles alcancen la temperatura de liberación aproximadamente 2 horas después de haberse iniciado el intervalo.

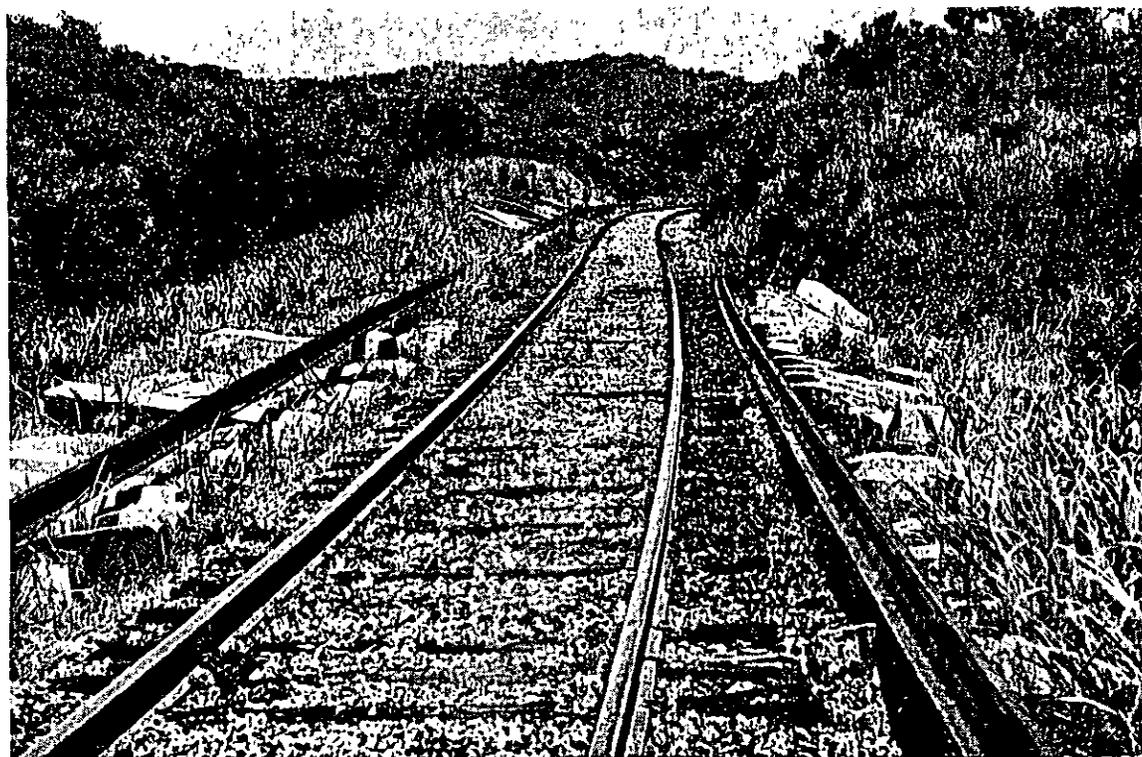
### **Conservación de la vía elástica.**

#### **Vigilancia e inspección.**

Vigilancia permanente: La vigilancia permanente de la vía elástica consiste en asegurarse que las condiciones de estabilidad de la misma (nivelación y alineamiento) sean cumplidas y que los trabajadores en el transcurso de sus inspecciones vigilen particularmente.

- a) La aparición de defectos de nivelación.
- b) La aparición de defectos de alineamiento.
- c) El balastado y drenaje de la vía.
- d) El comportamiento de las soldaduras (eléctricas ó aluminotérmicas)
- e) El apretado de las sujeciones elásticas.
- f) Medición del escantillón.

Puntos especiales a vigilar: Además de la vigilancia normal de las vías realizadas por los trabajadores de las cuadrillas, es preciso vigilar en los "L.R.S." aquellos puntos en los que pueden originarse deslizamientos longitudinales y transversales. Particularmente: Los tramos con rasantes superiores al 3% cambios de rasantes; curvas de grado mayor a 1°55' (597.90 mts.); tramos de frenado frecuentes; puntos



fijos constituidos sobre pasos a nivel; tramos sometidos a variaciones importantes de temperatura, por ejemplo entrada y salida de túneles; cortes orientados al sol durante gran parte de la jornada y cuya temperatura desciende rápidamente al ponerse el sol.

En los casos anteriores, es conveniente controlar los movimientos de la vía con respecto a puntos de referencia fijos, que no participan de ese movimiento, como mojoneras firmemente empotradas; alcantarillas ó puentes, etc., anotando en informes apropiados los datos registrados.

Los datos que deben investigarse cuando se presenta deformaciones importantes en la vía son:

- Medir la amplitud de la deformación.
- Inspeccionar el estado de los durmientes.
- Medir la nivelación transversal.
- Medir la temperatura del riel.
- Medir el escantillón de la vía.
- Medir la sección del balasto.
- inspeccionar el apriete de los medios de fijación.

Epoca con vigilancia especial: Las épocas de mayor peligro durante las cuales es necesario extremar la vigilancia diaria son las de transición rápida de temperaturas normales a fuertes calores ó fríos intensos. Asimismo, las de fuertes calores con temperaturas de riel superiores a 50°C, ó las de fríos intensos con temperaturas inferiores a -5°C.

### **Conservación de la vía elástica y de los L.R.S.**

La base técnica de la vía elástica consiste en mantenerla equilibrada mediante el anclaje que ofrece el peso de los durmientes y su empotramiento dentro del balasto, con lo cual contrarresta las tendencias al movimiento de la misma motivada por los cambios de temperatura de los "L.R.S." y como la mayor parte de las operaciones de conservación son el reemplazamiento de materiales como: durmientes, fijaciones elásticas, nivelación, alineamiento, reparaciones de cualquier clase de averías, etc. estos tienden a disminuir dicho anclaje provisionalmente, favoreciendo y propiciando el deslizamiento de la vía.

Resulta por tanto indispensable efectuar solamente trabajos de conservación en la vía elástica, cuando sus rieles de gran longitud están sometidos a débiles contracciones, lo que solo ocurre cuando la temperatura del riel esta próxima a su temperatura media (+7°C. respecto a la temperatura media).

De acuerdo a lo anterior, las temperaturas límite entre las cuales podrán efectuarse los distintos trabajos de conservación, son fijados con relación a la temperatura media en que se liberaron los L.R.S.

Se consignaran los kilometrajes donde existe cada riel de gran longitud, su temperatura de colocación ó liberación y las distintas temperaturas para la ejecución de los diferentes trabajos correspondientes a la conservación de la vía elástica.

Las ordenes de conservación de la vía elástica serán autorizadas únicamente por la firma del Ingeniero residente, pues ningún otro funcionario podrá emitirlas en vista de la especialidad y cuidado que debe tenerse en la ejecución de estos trabajos.

Todo largo de riel soldado, colocado en la vía a una temperatura distinta a su temperatura media ó de colocación, deberá ser liberado ó compensado antes de proceder los trabajos de conservación.

Solamente en los tramos de vía, correspondientes a la zona de respiración, podrán ejecutarse los trabajos sin la anterior precaución.

Los trabajos de conservación en la vía elástica, se diferencian de aquellos a efectuar en la vía clásica clavada, en las precauciones que deben tomarse referentes a:

- a) El apriete de las fijaciones.
- b) La nivelación y alineación de los L.R.S.
- c) La reparación de las roturas.

Las épocas del año que deben preferirse para la ejecución de los trabajos de conservación, son aquellas en que no haya ni fuertes calores ni fríos intensos.

No deben iniciarse trabajos de nivelación y alineamiento, ni aquellos otros que lleven consigo tener que vaciar la vía de balasto, si se prevé que durante la jornada de trabajo ó a los días siguientes, la temperatura ambiente puede superar en 10°C a los límites establecidos.

A continuación se da una guía para conocer las temperaturas a las que deben ejecutarse los distintos trabajos de conservación.

#### **Apretado de las fijaciones:**

Transcurridos algunos meses de terminados los trabajos de cambio de vía y preferiblemente después del primer periodo de fuertes calores, es necesario efectuar una revisión general del apretado de las grapas, para esto deberá introducirse un calibrador de dos décimas de milímetro de espesor en los bordes de las grapas que hacen el primer y segundo contacto.

Solo será obligatorio el apriete general de las grapas, cuando en las zonas inspeccionadas, el 25% de las mismas, tengan un juego en el segundo contacto igual ó superior a un milímetro.

Al mismo tiempo que se realiza la revisión del apretado de las grapas, se recubrirá la parte fileteada de los tornillos con grasa consistente u otro recubrimiento eficaz, aparte de la revisión antes descrita, deberán hacerse muestreos anuales ara conocer el apretado de las grapas, operación que se ejecutara antes de los primeros calores ó frios intensos.

#### **Verificación del apretado de las fijaciones doblemente elásticas:**

Se debe verificar el apretado de las fijaciones en las vías nuevas un tiempo después de haber sido colocadas. Esta verificación debe hacerse al cabo de un año para los durmientes de madera y al cabo de algunos meses en los durmientes de concreto (a más tardar después de la estación cálida que siga a su colocación).

El apretado "sólido y permanente" que es de regla, no quedara más que cuando las fijaciones conserven su elasticidad, lo cual debe verificarse periódicamente.

#### **Caso de grapas "RN"**

Se controla la elasticidad en las vías de 4 años y más de la manera siguiente:

Después de hacer aflojado diez fijaciones por kilometro ( ó riel largo soldado) se mide el juego al segundo contacto como se indico antes. Si se encuentra que el 25% de las fijaciones así aflojadas tienen un juego ó más o menos igual a 1.4 mm., se reemplazan las fijaciones que no tienen ese juego mínimo de 1.4 mm después de haberlas aflojado, entonces el apretado continuo es obligatorio.

El apriete de las grapas se realizara con atornilladoras mecánicas ó manuales provistas de carátula que mide el descenso de la tuerca. No deberán utilizarse atornilladoras revolucionadas a más de 80 vueltas por minuto ó en su defecto realizar el trabajo en forma manual empleando llaves "T".

#### **Caso de grapilla elástica "RN"**

Sobre las vías de 4 años ó más ( se admite que para las fijaciones en las vías de menos de 4 años, la elasticidad se conserva), se ejecuta un sondèo en 20 durmientes por el riel largo soldado. (10 durmientes en la zona central, zona quieta) y (10 durmientes en las proximidades de las zonas de respiración) y se mide el juego elástico medio. Para medir ese juego, al segundo contacto, se aflojaran uno por uno los tirafondos del durmiente interesado, se aplica cada sujeción con la mano, de manera que el primer contacto este asegurado y que el talón de la fijación descansa

sin juego sobre su soporte; se mide el juego de cada fijación y se observa: el juego medio "J" se obtiene dividiendo la suma de los juegos medios entre el número de grapillas correspondientes ( media aritmética).

Si el juego medio "J" encontrado, es superior ó igual a 1.5 mm se considera que la elasticidad es satisfactoria.

Si el juego medio "J" es inferior a 1.5 mm, la zona se considera como "dudosa" u se procede a un segundo sondeo más a fondo, levantando las grapillas elásticas sobre 18 cms. por cada 200 mts.

Cada riel largo soldado, esta caracterizado entonces por su juego medio elástico "Jl" y el cambio de los medios de fijación será hecho conforme a las reglas que a continuación se mencionan:

Primer caso: Jl Superior ó igual a 1.5 mm.  
No se prevé el cambio sistemático de las grapillas.

Segundo caso: Jl Comprendido entre 1.5 y 1.2 mm.  
Se reemplaza sistemáticamente la tercera parte de las grapillas. (todas las grapillas de un durmiente sobre 3).

Tercer caso: Jl Comprendido entre 1.2 y 0.8 mm.  
Se reemplaza la mitad de las grapillas ( todas las grapillas de un durmiente sobre 2).

Cuarto caso: Jl Inferior a .08 mm.  
Se reemplaza la totalidad de las grapillas.

En el caso particular de fijaciones colocadas sobre placas con 4 fijaciones elásticas por durmiente, se aplican las mismas reglas antes citadas, pero se reemplazan las distancias 1.5, 1.2 y 0.8 respectivamente.

### **Reemplazamiento de los elementos componentes del sistema de fijación doblemente elástica:**

Cualesquiera que sean los elementos de las fijaciones que resulten dañados por cualquier causa, produciendo una fijación deficiente del riel-durmiente puedan reemplazarse en todo tiempo, pero debe darse preferencia a las fijaciones existentes dentro de la zona de 50 mts. a uno y otro lado de las juntas. (zona de reparación).

Las grapas y grapillas "RN" tienen una garantía de fabricación de 5 años y la fecha de su producción esta marcada bajo la superficie superior de las grapas, por lo que al producirse una rotura de las mismas dentro de su periodo de garantía, dichas grapas deberán remitirse al Jefe del Departamento de Vía para su examen y mantener una

vigilancia especial dentro del tramo donde ocurrieron estas fallas, pues pudieran producirse roturas sucesivas como consecuencia de una producción defectuosa de estos elementos de fijación.

### **Cambio de durmientes:**

Los durmientes deben cambiarse alternados, pues esta prohibido renovarlos consecutivamente al mismo tiempo, solo podrá cambiarse la tercera parte existente en una longitud de 18 metros de longitud.

Si fuera necesario renovar mayor número de durmientes, los trabajos deberán ejecutarse en varias etapas, separadas por lo menos un mes, teniendo las siguientes precauciones:

- a) Debe efectuarse el trabajo de tal forma que no pase ningún tren cuando falte un durmiente.
- b) Para sacar e introducir los durmientes, solo podrán levantarse los rieles un máximo de 2 cms.
- c) Tampoco deben aflojarse las fijaciones de varios durmientes consecutivos.
- d) El vacío de la vía deberá ser el mínimo requerido, efectuándose en el momento de cambiar el durmiente y volviéndose a rellenar inmediatamente después.

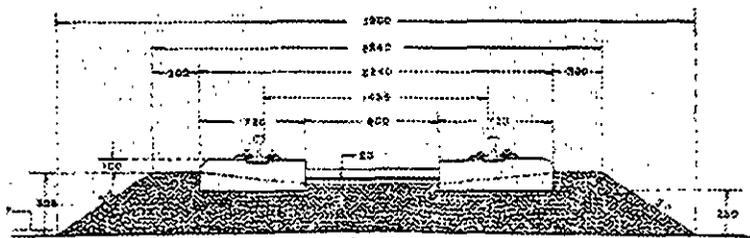
Al cambiarse los durmientes, el escantillón de la vía elástica debe ser de 1435 mm. con una tolerancia de  $\pm 1$  mm.

Los movimientos laterales de los durmientes para ponerlos a escuadra con el eje de la vía deben limitarse a 10 mm.

### **Balasto:**

Conviene hacer notar que las contracciones quedaran convenientemente repartidas y el desplazamiento nulo, solo cuando los durmientes estén convenientemente anclados a la plataforma por medio del balasto correcto, este mismo será el que mejor se opondrá a las tendencias de la vía a deformarse cuando sea sometida a contracciones elevadas. Por lo tanto el balasto correcto y abundante con el estricto respeto de la sección reglamentaria del balasto en la vía elástica.

Es obligatorio el cribado ó limpieza de balasto: Ver figura 30.



SECCION DE BALASTO PARA VIA ELASTICA

El cribado ó limpieza de balasto de la sección bajo la cara inferior de los durmientes, no se efectúa actualmente en la vía elástica, por la desconsolidación y el consiguiente peligro de deslizamiento que en este tipo de trabajo se podría originar.

#### **Nivelación en general:**

En general, las diferentes formas conocidas para nivelar la vía ya sea por calzado mecánico "SOUFFLAGE" ó levantamiento de la vía, marcados con estacas, tienden a desconsolidar la vía y haría perder su completa estabilidad aunque sea ocasionalmente, es por esto, que estos trabajos deben ejecutarse siguiendo ciertas reglas generales, entre las que deben citarse:

- a) En las zonas de 50 mts., a cada lado de las juntas emplachueladas, la nivelación podrá ejecutarse en cualquier tiempo y forma, como si se tratara de una vía clásica.
- b) En el resto del riel soldado, no debe vaciarse la vía ni nivelarse durante las temporadas de fuertes calores y fríos intensos, por tanto estos trabajos d e b e n dejarse para las estaciones del año donde las variaciones de las temperaturas sean moderadas.
- c) Si se presentara una emergencia y fuera necesario nivelar la vía a menos de 0° c. ó más de 40° c. entonces será necesario reducir la velocidad de los trenes a 60 kms. por hora.
- d) En general, deben imponerse precauciones, limitando la velocidad de los trenes si se comprueban tramos de vía desconsolidados.

Método de nivelación: La nivelación longitudinal y transversal de la vía sin juntas, puede ejecutarse por calzado mecánico ó por calzado dosificado ("SOUFFLAGE").

Aunque los "L.R.S." nivelados por calzado dosificado resultan después de consolidados tan estables como los nivelados por calzadoras mecánicas es preferible utilizar estas ultimas, debido a que con ellas se alcanza con mayor rapidez la resistencia necesaria que impida el desplazamiento lateral de la vía.

Si se utiliza el calzado dosificado, es preciso prever reducciones de velocidad a 60 kms. por hora, durante el periodo de consolidación que dura 15 a 20 días (paso de 100,000 a 200,000 toneladas según los casos), mientras que utilizando se las calzadoras mecánicas, este periodo puede reducirse a la mitad.

Debe prohibirse a las cuadrillas de vía la nivelación de los "L.R.S." por calzado dosificado, sin permiso especial del Ingeniero encargado de la conservación a causa del riesgo de desconsolidación inherente a este método.

**Para asegurarse de que no ocurran deslizamientos la secuencia que deberá seguirse es la siguiente:**

- a) Iniciar el calzado a partir de los extremos del "L.R.S." haciendo remates a razón de 1 mm. por cada metro hasta lograr la altura deseada.
- b) Calzar inmediatamente después, la zona central, ejecutando el vaciado de los durmientes por el lado contrario al sentido de la circulación de los trenes, en el caso de doble vía. La zona central comienza a los 200 mts. de las juntas emplachueladas ó a los 100 mts. de las mismas para rieles de 500 mts. ó menos de longitud.
- c) Pasados 8 a 15 días, se calzaran las zonas intermedias, pero comenzando el vaciado en temperatura ascendente por la parte del durmiente que da a lado del centro del "L.R.S.". Si el vaciado se efectúa en temperatura descendente, este se hará por la cara del durmiente opuesta al centro del "L.R.S."
- d) En todos los casos deberá dejarse completamente rellena la vía al terminar los trabajos diariamente.

#### **Alineamiento de la vía:**

Los movimientos laterales de los durmientes para ponerlos a escuadra, con el eje de la vía deben limitarse a 10 mm.

El desplazamiento lateral de los durmientes para llevar los rieles nuevamente a su correcta alineación, debe efectuarse siguiendo los cuatro pasos indicados en el párrafo anterior, para el soufflage continuo. Si los levantes anteriores a nivelación, fuesen superiores a 5 cms. y como máximo de 20 cms., deberá establecerse una reducción de velocidad a 25 kms. por hora.

La rectificación del alineamiento de las curvas se hará obligatoriamente por el método de cuerdas, si no se dispone de maquinaria especial que lo realice mecánicamente.

La alineación no desconsolida sensiblemente la vía, siempre y cuando las cabezas de los durmientes queden bien balastadas.

El alineamiento horizontal ó vertical de la vía debe estar referido a testigos ó mojoneras fijas con objeto de facilitar la conservación.

### **Rotura de rieles:**

Las roturas de riel, no se producen generalmente a temperaturas superiores a las de colocación, ya que el "L.R.S." se encuentra comprimido, si por excepción se presentase este caso, bastaría consolidar la sección rota con una "CES" (figura N° 31, prensa ó mordaza y ulteriormente efectuar la reparación definitiva, como se indica en el párrafo "reparaciones definitivas" que se menciona más adelante al tratar de las roturas por tensión. Esta operación es fácil de ejecutar, puesto que siempre se puede aprovechar un intervalo con temperatura adecuada.

En el invierno ó en la época de mayores fríos, es cuando existe mayor peligro de rotura por mayor tracción. Como la reparación debe realizarse a temperatura muy próxima a la de colocación, será necesario aguardar la época más templada, en este caso, transcurrirá un cierto tiempo antes de poder reparar definitivamente la rotura, y por lo tanto, se hace necesario ejecutar una reparación "provisional".

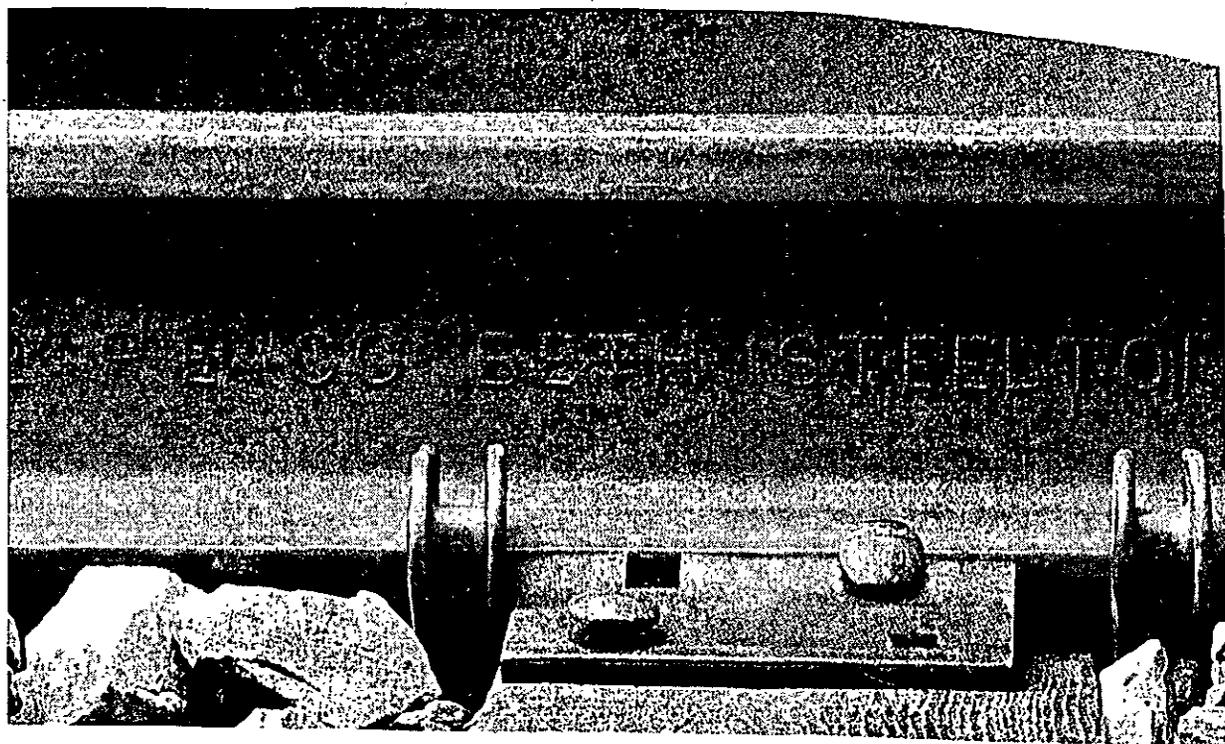
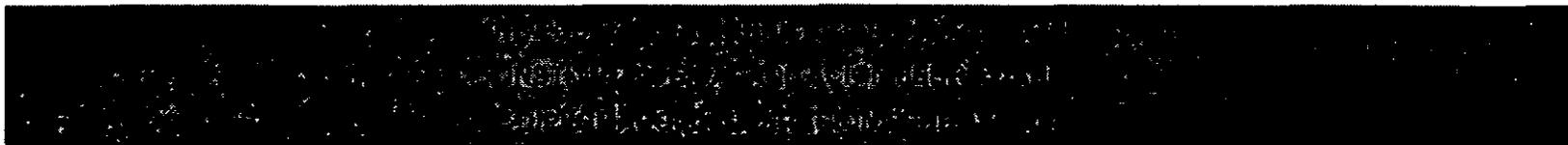
a) Reparación provisional a corto plazo: Cuando la reparación provisional puede efectuarse en el plazo de algunos días, se unirán los dos trozos de riel por medio de una "CES" (prensa) ó mordaza.

b) Reparación provisional a largo plazo: La reparación provisional se ejecutara cortando un trozo de riel de longitud no menor de 4.57 mts., teniendo cuidado que el trozo se encuentre por lo menos a 4.57 mts. de la soldadura más próxima. Si en el momento de esta operación la temperatura es superior a la temperatura de colocación del "L.R.S.", los cortes será necesario hacerlos con soplete por la compresión que hay en el riel, si fuese inferior, puede hacerse con sierra. (riel en tensión).

La parte suprimida se reemplazara por un trozo de riel de igual calibre y desgaste, unido por medio de "CES" (prensa) ó mordaza a las partes contiguas del "L.R.S.". La longitud del trozo del riel será la precisa par que en cada extremo queden espacios, cuya anchura dependerá de la época en que se efectúe la reparación, tomando como base la temperatura media para una longitud de riel de 50 mts.

c) Reparación definitiva: La reparación definitiva del riel roto en un "L.R.S." al aire libre, deberá ir siempre acompañada de la liberación del tramo. Después de quitar el trozo provisional, se liberaran las tensiones en el tramo indicado en el párrafo anterior, y se efectúa su liberación y apriete de las fijaciones, de modo análogo a lo expuesto en el capítulo "Constitución definitiva de los "L.R.S.".

d) Averías de rieles: Pueden producirse roturas parciales que no interesen toda la sección del riel, como desprendimiento del hongo ó patín en una reducida longitud, fisuras que alcancen ó parcial totalmente el alma, fisuraciones longitudinales en el hongo, etc.



A priori, no se conoce entonces si el riel estaba sometido a compresiones ó tensiones, aunque con mucha probabilidad, puede admitirse que si la temperatura del riel es superior a 25° c. (supuesto que fue esta la temperatura de fijación), el riel se encuentra comprimido y si es inferior, sometido a tensiones. A partir de 15° c. por precaución, los cortes se harán con soplete. Si la temperatura de fijación del "L.R.S." estuvo comprendida entre los 18° c. y 32° c. y si puede reemplazarse el riel y las soldaduras en el mismo día y a temperaturas comprendidas entre temperatura de colocación (+- 11° c.), no es preciso efectuar ninguna liberación.

En otro caso, se procederá en la misma forma en que se indica en el párrafo "Reparación definitiva".

Si la avería se ha producido dentro de la zona de respiración, se procede a efectuar la reparación definitiva, aunque la temperatura no alcance los 25° c. en ningún momento del día, con la obligación de liberar las tensiones en cuanto sea posible, de la parte comprendida.

e) Deformaciones de la vía: En los "L.R.S." las deformaciones de la vía, en sentido horizontal, bien como consecuencia de trabajos mal efectuados de nivelación ó por errores de liberación, llevan consigo la supresión de la parte deformada. Para ello debe marcarse con pintura y en la parte exterior del hongo del riel, dos referencias que comprendan la parte deformada y disten de sus extremos dos metros.

Para volver la vía a su primitiva posición, se cortara con soplete la sección precisa en los dos rieles y una vez la vía alineada, se apretaran los labios de los cortes con "CES" (prensas) ó mordazas.

Las partes adyacentes de la vía, se aseguraran corrigiendo el apriete de las fijaciones en forma indicada en el párrafo "Reparación provisional a corto plazo", pero abarcando la longitud correspondiente a 29 durmientes.

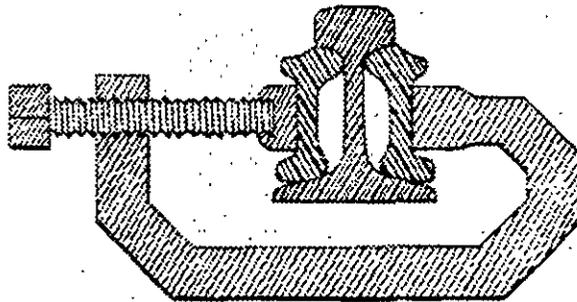
En cuanto sea posible, se reemplazara la parte de vía entre las referencias, de acuerdo con lo establecido en el párrafo "Reparación definitiva".

#### **Precauciones particulares:**

Cuando se produzcan variaciones importantes de temperatura, durante la jornada de trabajo y se espere que durante esta ó en días sucesivos, las temperaturas superaran los límites expuestos en el diagrama de conservación de rieles largos "L.R.S.", será preciso ejercer una vigilancia especial y cuidadosa de la vía, con el objeto de indicar las reducciones de velocidad que se estimen necesarias.

Con anterioridad a aquellos trabajos de conservación que puedan modificar el contacto entre durmientes y el balasto, será necesario ejecutar con un bastón de hule especial para durmientes de concreto, algunos sondeos de los durmientes "móviles ó bailadores", ya que la existencia de estos tramos de cierta extensión, constituye un aviso de las posibilidades de pandeos ó chicoteos de la vía.

Otra causa de estas incidencias, es la falta de alineación, con defectos de 3 a 6 mts. de distancia. La alineación correcta, es preciso mantenerla en las tangentes, pero principalmente en curvas de  $2^{\circ} 00'$  (572.987 mts.) a mayores.



UNION DE RIELES PROVISIONALES  
Prensa 6 "CES"

Hemos visto que todas las operaciones de conservación y la reparación están condicionadas por las temperaturas de colocación o de liberación.

Interesa por consiguiente conocer dichas temperaturas, así como todas las operaciones que periódicamente han sido susceptibles de modificar las contracciones. Es la razón por la cual los Ingenieros residentes deben autorizar con su firma para cada tramo de vía, las reparaciones de cualquier índole para la conservación de la vía elástica.

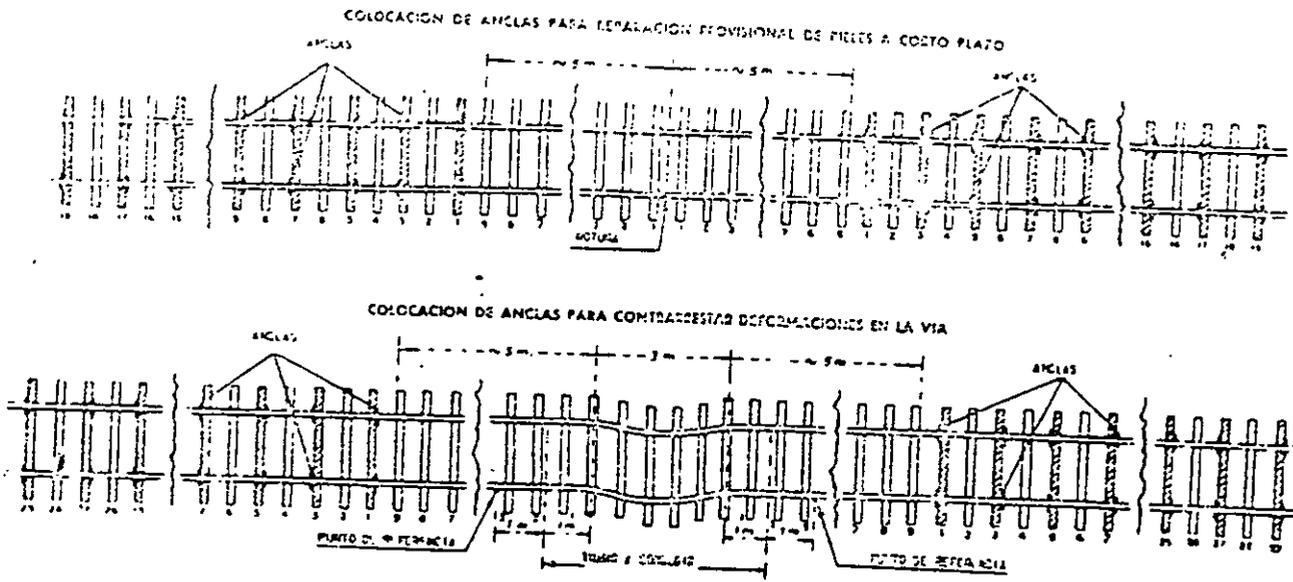
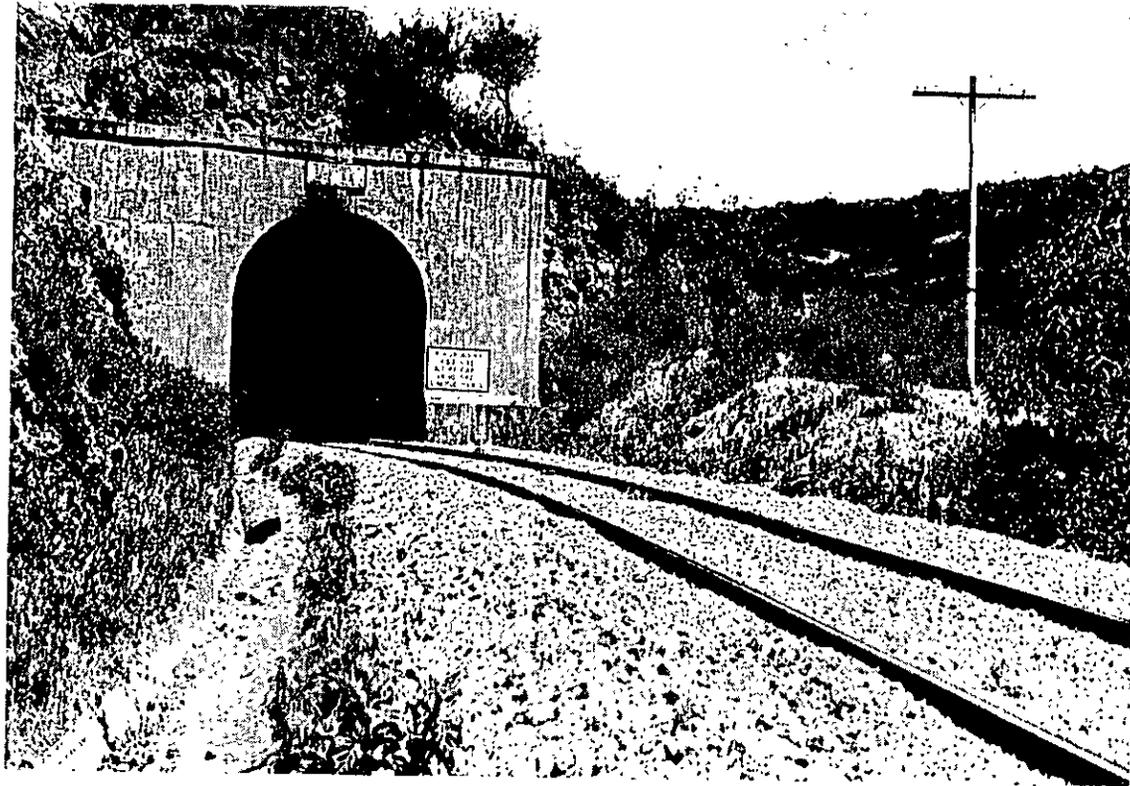


Figura # 32





## **SUPERESTRUCTURA DE LA VIA**

- SUPERESTRUCTURA Y SUBESTRUCTURA
- METODOS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES.
- DESCRIPCION DE PUENTES Y ALCANTARILLAS
- TIPOS DE ARMADURAS.
- ARMADURAS METALICAS DE TRABE DE GIRO Y BALTIMORE
- TUNELES FERROVIARIOS.
- CARACTERISTICAS DE TUNELES
- SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES
- PROBLEMAS RESUELTOS CON SOLUCIONES TECNICAS APLICADAS
- EL DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES MODERNOS EN MÉXICO
- PROCEDIMIENTOS APLICADOS A LA CONSTRUCCION DE UN TUNEL POR PERFORACIÓN
- PROCESO EN LOS TRABAJOS
- MAQUINARIA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCION DE UN TUNEL
- LA UTILIZACION DE EXPLOSIVOS

**M en C. Ernesto Antonio Chavez Villagrana.**

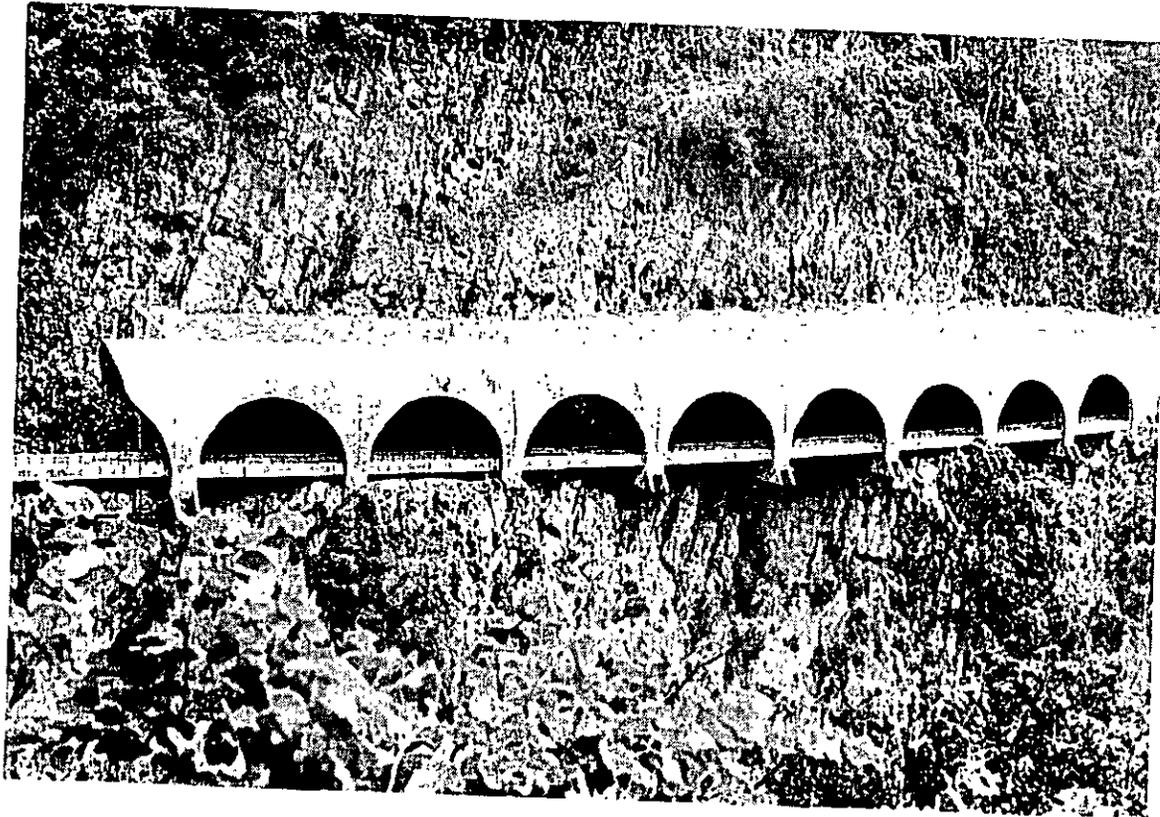


## SUPERESTRUCTURA Y SUBESTRUCTURA

- **Puentes.-** En la actualidad la tecnología mexicana en la construcción de estructuras se ha proyectado a la par de la imaginación del diseñar y calculista resultando un binomio de asombro por la estética, magnitud y seguridad estructural que se conjugan en la terminación de las obras y al paso de la circulaciones de los trenes.
- **La superestructura.-** Es la parte de la estructura que en su construcción es de materiales varios tipos como traveses de acero, concreto armado o preesforzado, armaduras metálicas que libra un claro extremo, regido por eje de la vía que permite el paso del tráfico de los trenes.  
Por su diseño y ejecución la superestructura es el elemento definitivo del puente.
- **Subestructura.-** Es la parte de la estructura que da sustento principal a la superestructura y que esta construida de mampostería, concreto ciclópeo, concreto armado, pilotes de madera, pilotes de concreto para formar caballetes, cilindros hincados, estribos y pilas.
- **Construcción de Puentes.-** De acuerdo con los estudios estratigráficos que deben realizarse se puede determinar la naturaleza del subsuelo para estar en condiciones de definir por medio de los diagnósticos los apoyos de cimentación, diseño y las estructuras mas convenientes en la actualidad es el concreto es un componente de los mas utilizados el que sea resistente a la acción de sulfatos incluyentes en la naturaleza de los escurrimientos del río y otros factores que puedan intervenir para tomarlos en cuenta.



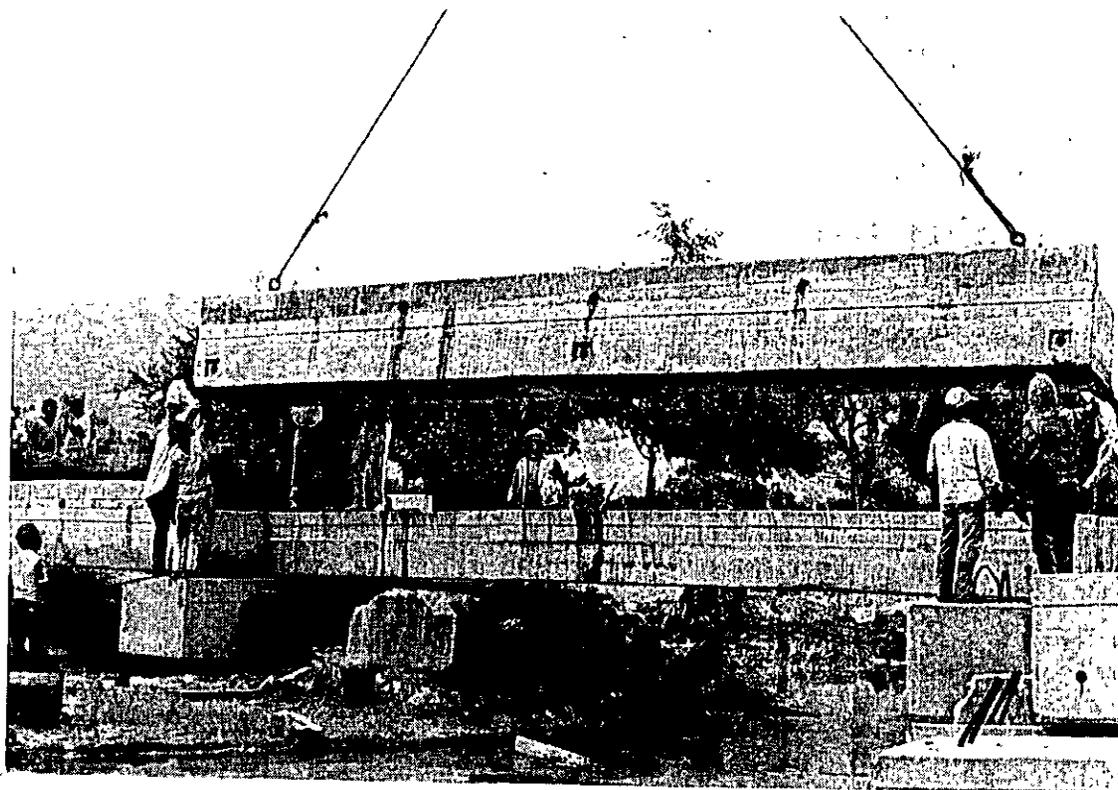
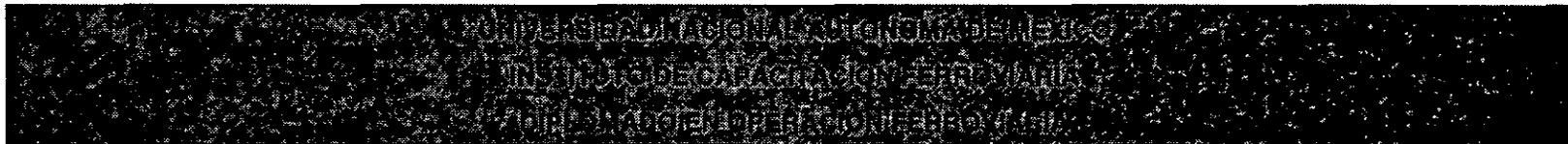
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA  
ESTRUCTURAL Y DE MATERIALES

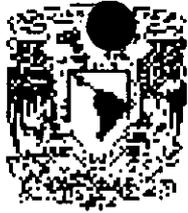




## METODOS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES.

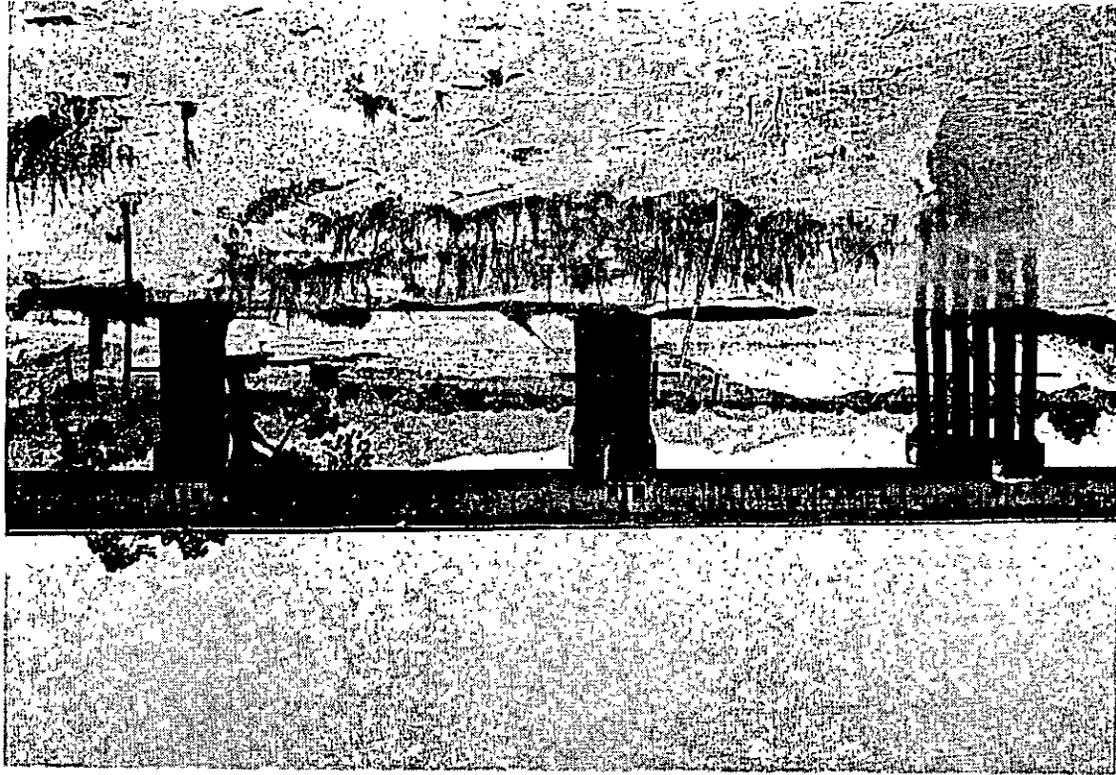
- **La primera etapa de construcción** son las pilas y estribos en un obra en este caso específico, una vez terminada se procede a la realización de la superestructura.
- Los estribos y pilas también presentan características de diseño de ser anotadas que pueden ser de concreto que brindan apoyo simultaneo al puente.
- **Las pilas del Puente.-** Son elementos de alturas diversas ,son de sección hueca, forma rectangular y variables en sus dimensiones mayor en el desplante y menor en la parte inferior, cada pila esta rematada por el peralte del cabezal y un ancho de corona.
- **Métodos constructivos de puentes.**
- Cilindros hincados envueltos en cascarón de acero arriostrados por elementos metálicos entre ambos.
- Construcción de estribos y pilas de mampostería desplantados a superficie.
- Fabricación y montaje de armaduras y trabes metálicas remachadas y/i articuladas.
- Construcción de caballetes formados por pilotes de concreto Presforzado hincados con martillo de expansión interna.
- Fabricación y montaje de trabes de concreto Presforzado.
- Construcción de trabes con galerías a base de cimbra deslizante.





## DESCRIPCION DE PUENTES Y ALCANTARILLAS.

- **Puente.-** Es una estructura con longitud de seis metros destinada a dar paso a una obra vial sobre una curso y corriente agua, una depresión, un brazo de mar u otra vía de comunicación.
- **Alcantarilla.-** Estructura con longitud menor de seis metros con excepción, que se construye para captar, conducir cruzar y alejar de la vía férrea, el agua que fluye superficialmente, en el caso de bóvedas, líneas de tubos o alcantarillas de cajón de concreto armado, son considerados como alcantarillas independientemente de su longitud.
- **Puentes o alcantarillas provisional.-** Es aquella estructura constituida exclusivamente de madera en la superestructura y subestructura.
- **Madera para puentes y alcantarillas.** La madera empleada para estos tipos de estructuras esta regida en base a las especificaciones contenidas en el capítulo 7 del volumen 1 del manual del A.R.E.A. Las mas comúnmente empleadas en México, resulta ser de pino y encino impregnados.
- **De dimensiones piezas de puentes.-** De un durmiente de 10" x10" x10, cabezal de 14"x14"x 14' para banco falso y/o hincado , Larguero de 8" x 17" x30', Tablón para guardatierra de 4" x12 "x20', Tablón para contraventeo de 3" x10" x20', solera para bancos falsos es de 12" x12 "x 20', para construir andadores funciona como durmiente en armaduras metálicas es de 12" x12" x16.



INSTITUTIONAL LAWYERS  
INSTITUTIONAL LAWYERS  
INSTITUTIONAL LAWYERS



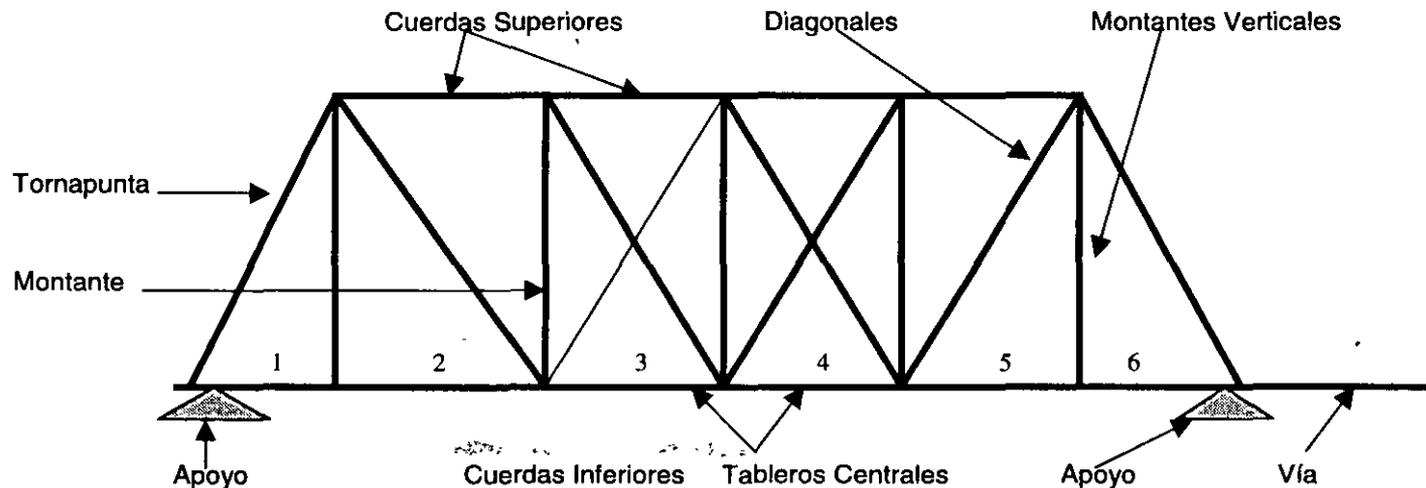


## TIPOS DE ARMADURAS.

- **Subestructura.**- la subestructura es el sustento o apoyo de la obra que en puentes provisionales estará constituida por bancos falsos o bancos hincados formados por 4, 5, o 6 pilotes de madera.
- **Superestructura** .- Es la parte de la estructura que libra el claro extremo permitiendo el paso de la circulación de los trenes y esta conformado por largueros de madera.
- **Armaduras metálicas.**- Son estructuras metálicas de configuración variadas dependen de la longitud de claro a salvar.

Tipos de armaduras :

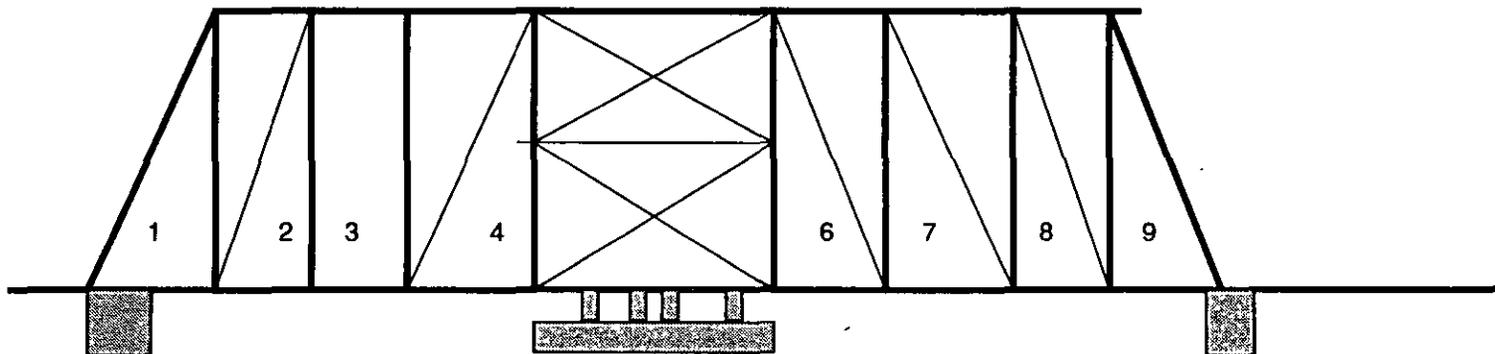
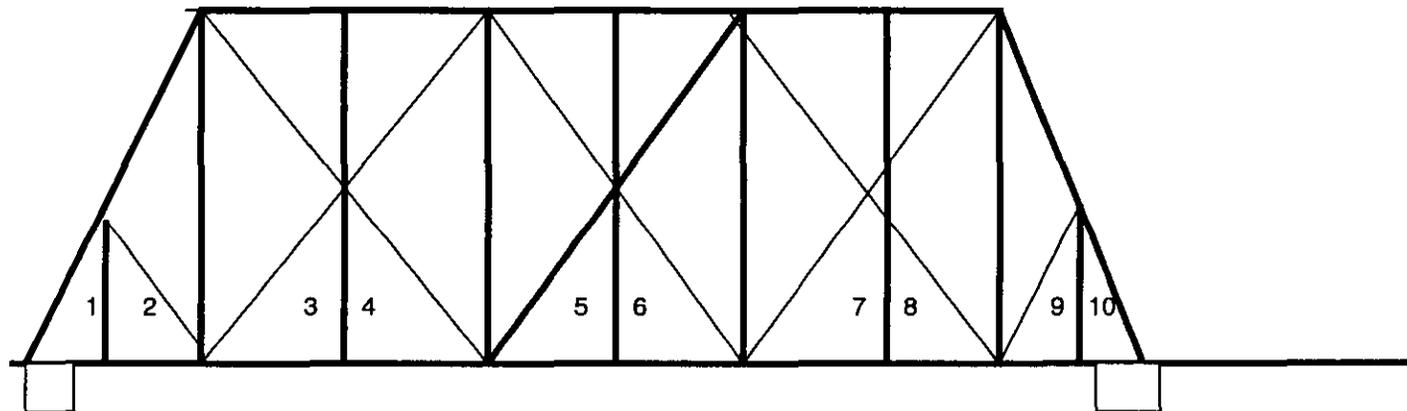
- **Armadura Pratt articulada o remachada** formado por largueros, montantes verticales, cuerdas superiores, cuerdas inferiores, tornapuntas, diagonales y contradiagonales en los tableros centrales.(total de tableros seis)

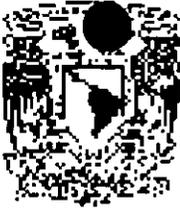




## ARMADURAS METÁLICAS DE TRABE DE GIRO Y BALTIMORE

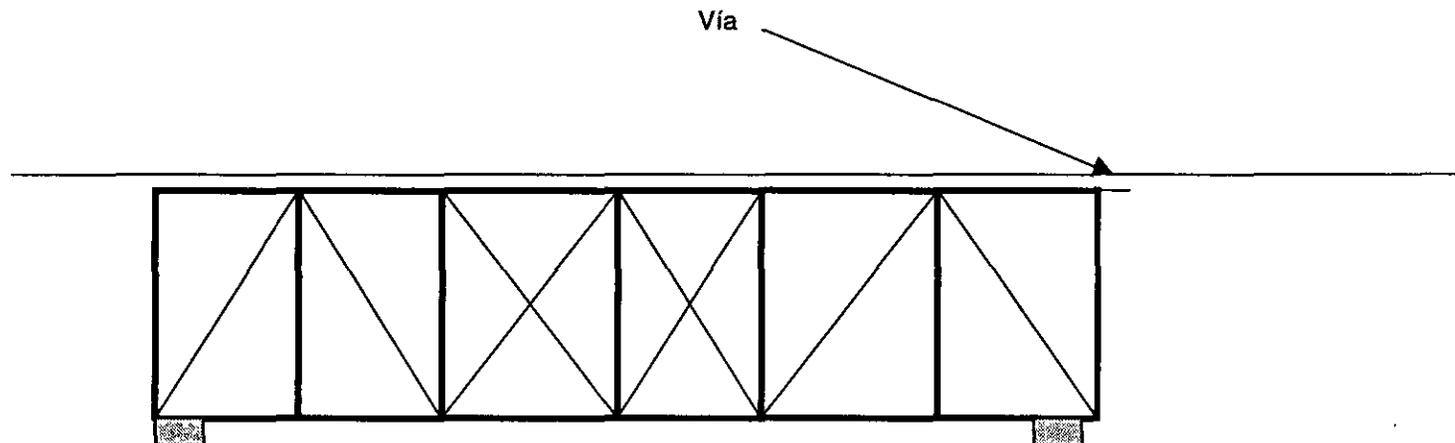
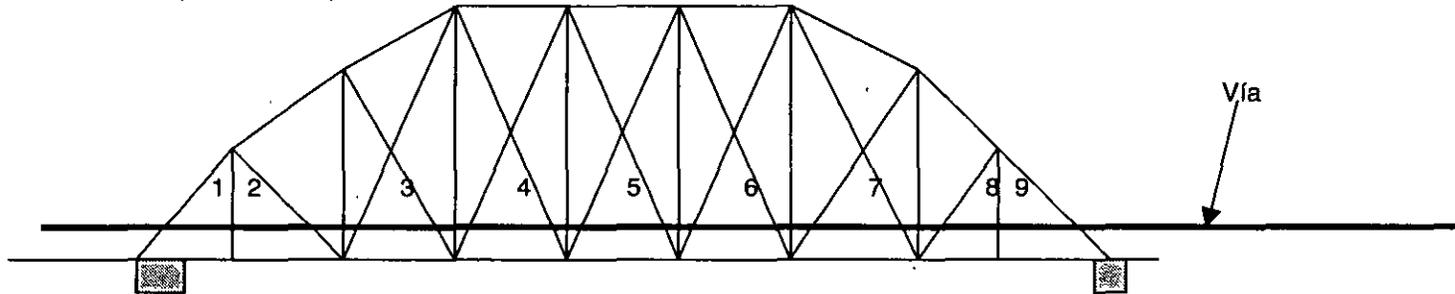
- **Armadura Baltimore.**-Con diagonales y contradiagonales en todo su desarrollo remachada con 10 tableros (PRATT- PETIT )
- **Trabe giratoria .-** Armadura sobre tres apoyos en el centro mecanismo para su giro





## ESTRUCTURAS METALICAS

- **Armadura Lomo de Camello ( Camel Back )** .- Articulada o remachada con 9 tableros
- **Trabe Warren** paso superior articulada o remachada 6 tableros





## TUNELES FERROVIARIOS.

- **Tipos de inspección.-** Existen diferentes tipos de inspecciones que son: Inspección rutinaria, inspección a detalle, inspección especial.
- **Formatos establecidos.-** Son formas que sirven para establecer las características principales de la estructura, indicando la fecha del levantamiento o toma de datos asentados de los defectos que adolecen para su reparación.
- **Evaluación de daños en puentes.-** Dentro del proceso de inspección de la estructura un paso importante es la evaluación del daño, para saber evaluar se requiere de conocimientos, experiencia y capacitación permanente al personal técnico que tiene a su cargo esta tarea.

### Túneles Ferroviarios.

- **Las especificaciones que norman el trazo y la geometría** del propio túnel es restringido en el sistema ferroviario que se desarrollan con menor curvatura y pendiente, el número y longitud de los túneles tienen una importancia económica por proporcionar un medio seguro de la circulaciones de trenes, su costo es elevado sin embargo resuelve muchos problemas como salvar claros dificultosos.
- **La importancia de la localización** de los túneles es determinante, esta regida por los estudios Geológicos, de Geotecnia y la operación de los trenes, asegurando las mejores condiciones de estabilización, drenaje y otras condiciones.
- Cuando los túneles están dentro de las faldas de los cerros frecuentemente en la perforación antes o después se han presentado dificultades de estabilidad porque estas.

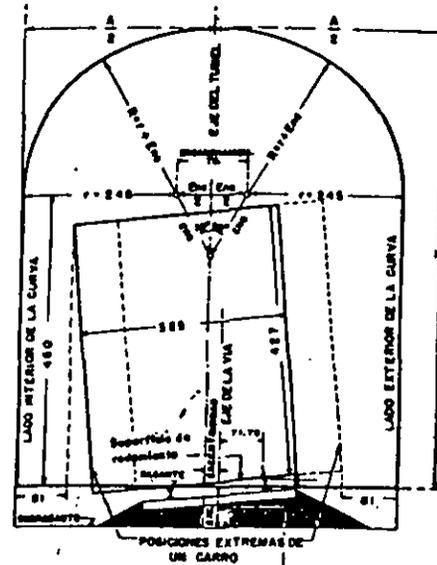
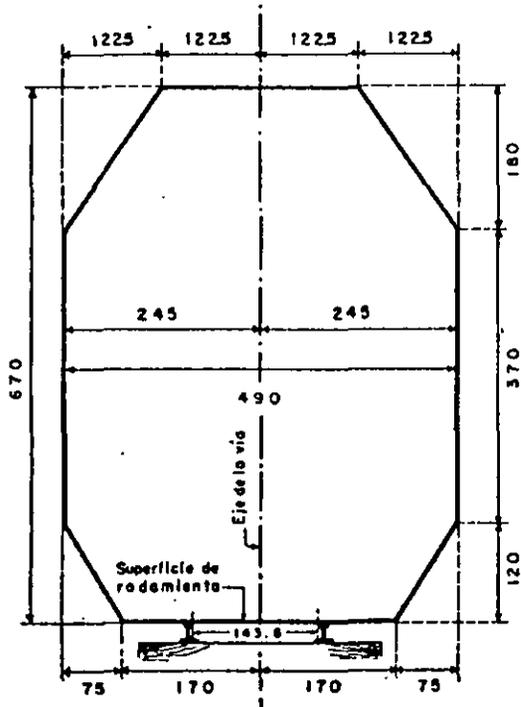


## CARACTERISTICAS DE TUNELES

- Formaciones generalmente son de relleno (deposito de talud) o las capas que las constituyen, tienen echados inclinados, zonas fracturadas, empacadas con materiales que frecuentemente determinan planos de fallas por deslizamientos, este caso se presenta en las línea donde se localiza un bordeando por las serranías, efectivamente los túneles resultan de menor longitud, pero requiere de obras de sostenimiento como ademes reforzados, gruesos revestimientos y empotrados especiales.
- En algunos casos las entradas de los túneles presentan problemas pero al interior del cuerpo del túnel queda contenido el macizo rocoso, siendo innecesario el uso de ademes o de recubrimientos. En su construcción.
- Las ventajas que se tienen en su construcción es un inmejorable trazo general, se acorta la distancia a recorrer y se evita puentes, viaductos y grandes terraplenes que de otra manera seria necesario construir, para salvar corrientes o depresiones que frecuentemente existen, en la topografía del terreno principalmente en las zonas de la sierra madre oriental y occidental.
- La sección mas común en los túneles para vías férreas esta formada de piso horizontal paredes verticales, hasta la altura en que se inicia el medio punto o semicírculo superior. Las dimensiones para una vía férrea están en proporción de un ancho por dos alturas, actualmente hasta mas, la altura de los gálidos es mas alta en algunas líneas donde tiene en movimiento de circulación de trenes de doble estiba pasando por el interior de estos túneles. El drenaje en los túneles es de importancia y deberá tenerse todo el cuidado en su funcionamiento, para que todas las corrientes localizadas sean encauzadas.



### GALIBO PARA PUENTES

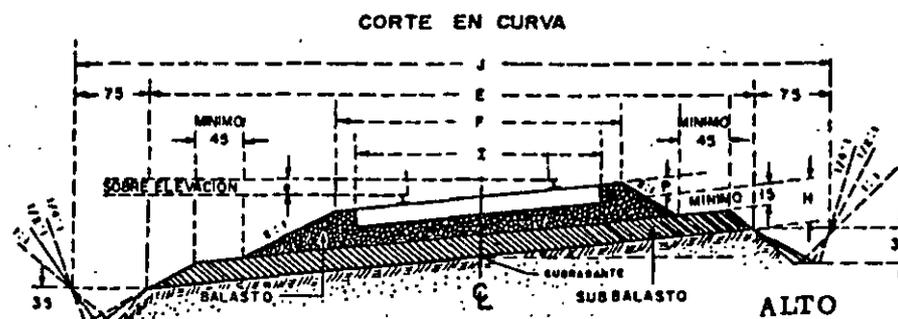


VARIABLE SEGUN PROYECTO.

θ	End	Enc	H	A
0°	0	0	706	490
1°	4	18	710	506
2°	7	30	718	520
3°	10	40	723	533
4°	14	60	729	550
5°	17	70	728	560
6°	20	88	723	576
7°	21	88	720	588
8°	21	100	720	590
9°	21	108	720	598
10°	21	118	720	608

θ = GRADO DE CURVATURA  
 End = EXCENTRICIDAD  
 Enc = ENSANCHAMIENTO  
 H = ALTURA  
 A = ANCHURA

DIMENSIONES EN CENTIMETROS



Sección con Cunetas a Desnivel.

VIAS FERREAS	E	F	H	I	J	P
CLASE A	550 e 710	290	20 e 60	260	700 e 860	20
- B	550 e 660	280	20 e 30	244	700 e 810	20
- C	500 e 620	280	15 e 40	244	630 e 770	18
- D	500 e 560	280	15 e 30	244	630 e 730	18



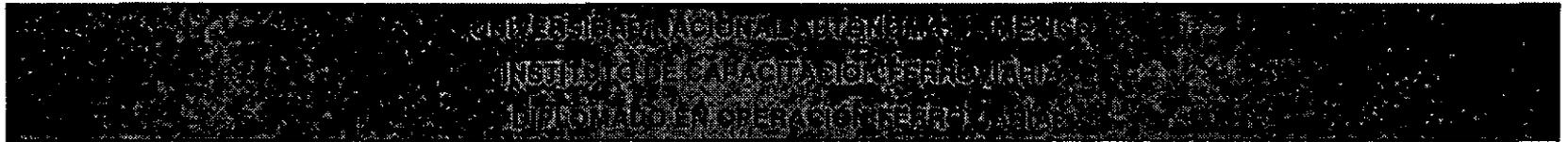
## SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES

- **En nuestro país se localiza en el ferrocarril Chihuahua el Pacifico** en uno de sus túneles que tiene 1,900.0 metros de longitud. Este túnel fue perforado por la entrada y salida no siendo necesario proveer ningún tiro vertical o linternilla como puede ser necesarios en túneles mas largos.
- **El sistema de ventilación** instalado fue planeado para lograr la ventilación del túnel cerca de los 1000.0 metros de profundidad. En ese caso la galería quedo localizada dentro de una formación rocosa sana y no fue necesario usar ademe interior, solamente se recubrió en cortas porciones donde aparecieron algunas fallas.
- **El revestimiento de los túneles** tiene por objeto, proteger del Intemperismo las paredes de las rocas de las paredes perforadas o soportar esta cuando es necesario.
- Al intemperizarse por desecación en el tiempo , el techo y paredes acusan en ocasiones caídos continuados, basta con evitar esa acción para que el túnel quede estabilizado.
- Al aplicar este procedimiento se obtiene los resultados previstos, impermeabilización de las paredes por las resinas y una liga efectiva entre la roca y el revestimiento por la acción de las mismas resinas.
- **El drenaje en los túneles** es importante durante su construcción y después de ella, con frecuencia en la perforación de la galería se encontraron corrientes subterráneas de cierta importancia hasta escurrideros de mas o menos intensidad que da la oportunidad de localizarlos y que permitieron tomar las providencias necesarias para recoger el agua y enviarla hacia afuera del túnel, cuando la corriente es relativamente copiosa a encausando estos escurrimientos en cunetas laterales previamente diseñadas y calculadas tanto en su sección como en su capacidad para su buen funcionamiento.



## PROBLEMAS RESUELTOS CON SOLUCIONES TECNICAS APLICADAS

- Si el túnel se encuentra en pendiente esto facilita los escurrimientos ,porque el agua puede correr por gravedad.
- En los túneles existen drenes de tubo perforado con pendiente, endosados en la pared rocosa y conectados a otros verticales que desagüen al pie del recubrimiento y de allí a la cuneta cabe mencionar que este procedimiento se realizó antes de colocar el revestimiento y a la vez entre la pared del túnel y el revestimiento fue colocado un relleno de piedra triturada que funciona como drene ciego desaguando por los tubos perforados.
- **El drenaje exterior de un túnel** también es importante. Sí existe una corriente superficial sobre el túnel, con frecuencia produce escurrideros interiores por lo que, convendrá desviarla o recubrir su sección para evitar filtraciones. En ocasiones deberán proporcionarse contra cunetas que recoja el agua de lluvia sacándola antes de que llegue al túnel.



## EL DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES MODERNOS EN MÉXICO

- **El diseño en la construcción** de túneles modernos en México se tomo en cuenta los parámetros de esfuerzos que se presentarían por carga y sismo. De igual forma se considera el gálibo necesario para aceptar dentro del túnel, el trafico simultáneo del equipo rodante de mayores dimensiones sobre la vía. También fue previsto que alojaría todos los componentes de electrificación.
- **En el proyecto de la vía férrea México-Querétaro** se tiene a todo lo largo del tramo once túneles nuevos son del tipo llamado falso y dos corresponden como perforados, el Palmillas y Barrientos.
- **Los túneles falsos** presentan todas las características de los túneles perforados, mas su construcción se realiza a cielo abierto. Esto obedece a su finalidad primordial, de fungir como protección de la vía en aquellos cortes donde la naturaleza deleznable del terreno representa un peligro latente para personas y equipos.
- **El procedimiento constructivo de los túneles falsos** se inicio con el trazo de la línea y la ejecución del corte que permitió la estabilidad del material. Conseguido el nivel del subrasante se procedió a excavar a los costados de la cama del corte, una capa para abrigar las zapatas de cimentación (3.6 m de ancho por 1.5 m de alto), sobre estas se colaron los muros, en tramos de 9.8 m de largo, 0.60 m de espesor y 4.55 de altura. El colado de bóveda se realizó también con cimbra metálica deslizante para mejorar su fraguado se aplicaron al concreto aditivos acelerantes y fluidificantes. El último paso consistió en arropar el túnel para protegerlo de posibles derrumbes.



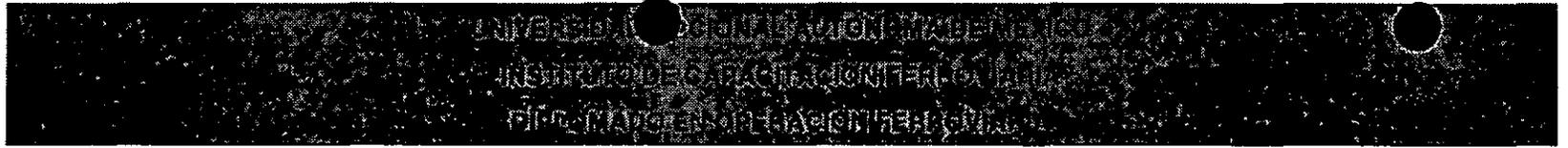
## PROCEDIMIENTOS APLICADOS A LA CONSTRUCCION DE UN TUNEL PRE-PERFORACIÓN

- **El túnel Barrientos** es uno de los dos perforados, este posee una longitud de 460 m. Su sección en la línea fue proyectado para construirse en dos etapas.
- Durante la primera etapa se excavó la parte superior correspondiente a la galería, para ello fue preciso perforar un túnel piloto, que serviría como acceso para extraer el material, mediante el uso de rompedoras en terrenos mixtos y de explosivos en zonas rocosas.
- **La segunda etapa correspondió al banqueo**, es decir a la construcción de la parte inferior del túnel. Es necesario mencionar que la sección transversal del túnel destaca por su forma de herradura, se trata de un arco constante en el que se aprecian trazos rectos, tiene una altura interior de máxima de 9.15 m y un ancho extremo de 12.20 m sin contar los canales laterales, es de 9.84 m.
- La segunda etapa se llamo banqueo al comienzo de la excavación y retiro de material correspondiente al resto de la sección. El Portal de acceso fue el primero que se coló, en seguida se colaron las zapatas previamente armadas con acero de .60 m de espesor. Finalmente se construyeron muros de contención en los exteriores del túnel y se trabajo hasta conseguir la rasante.
- **En la línea México-Veracruz** también destaca la construcción de nuevos tramos dentro de la modernización de los ferrocarriles en el país.
- La construcción de treinta y tres túneles representa un esfuerzo del total realizado donde fue necesario excavar aproximadamente quinientos mil metros cúbicos de material y colar alrededor de ciento veinte mil metros cúbicos de concreto reforzado.



## PROCESO EN LOS TRABAJOS

- **Los cortes del terreno.-** En la práctica común consistió en realizar en primer término, los cortes del terreno necesarios para edificar los portales de los accesos de entrada y salida que sirvieran de referencia.
- **Los portales** al igual que los revestimientos de las paredes y galerías de los túneles fueron fabricados a base de concreto reforzado con estructuras metálicas llamadas ademes.
- **Los trabajos de perforación** constituyen el siguiente paso de este procedimiento a realizar los barrenos, se elabora una plantilla que indica el número y posición de los orificios requeridos en donde algunos fueron hasta de 86 mismos que se señalaron sobre el muro natural.



## MAQUINARIA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCION DE UN TUNEL

- **La barrancón** ocupó perforadoras de pie neumáticas accionadas mediante compresoras. El empleo simultáneo de estos equipos fue gracias al uso de una estructura metálica llamada jumbo de varios niveles que poseen la movilidad suficiente para permitir el desplazamiento ágil.
- La profundidad de los taladros llegó hasta 2.40 metros en terrenos muy rocosos procediendo a la inyección de agua por los conductos centrales de la broca para evitar el excesivo de polvos.



## LA UTILIZACION DE EXPLOSIVOS

**Los explosivos** fue el siguiente paso se eligieron estopones de tiempo para permitir detonaciones en cadena que partieran del centro de la sección excavada, evitando afectar las paredes.

Eventualmente se ocuparon ventiladores y duchos a fin de expulsar el aire contaminado por gases tóxicos o partículas de tierra.

Después de las explosiones se lleva acabo el desalojo del material, para el efecto se emplean cargadores frontales, camiones de volteo.

No siempre se utilizó el mismo sistema evidentemente los problemas que se presentaron fueron por las distintas condiciones del terreno.

**La longitud de túneles.-** Para terminar con este tema se mencionará que la longitud total de túneles construidos en el tramo los Reyes Pue. A paso de Macho Ver., es de 9,404 metros.



## DISEÑO DE PUENTES FERROVIARIOS.

### Estudios previos.

**Los estudios de campo.-** Es la recopilación de datos en campo, necesarios para la planeación del proyecto ejecutivo, estos pueden ser topográficos, hidráulicos, de tránsito.

**Los estudios Topográficos y la localización del ferrocarril .-** La ubicación del puente y las características ( en planta y elevación ) del terreno en que debe construirse, obligan a realizar estudios topográficos.

**Los estudios topográficos** comprenden desde el reconocimiento de la zona de los cruces posible, levantamiento general del cruce, levantamiento de la faja del terreno a una y a otro lado del eje del cruce.

**Estudio de los tramos de liga del cruce** con el resto de la línea para definir el alineamiento, pendientes y costos de estos tramos.

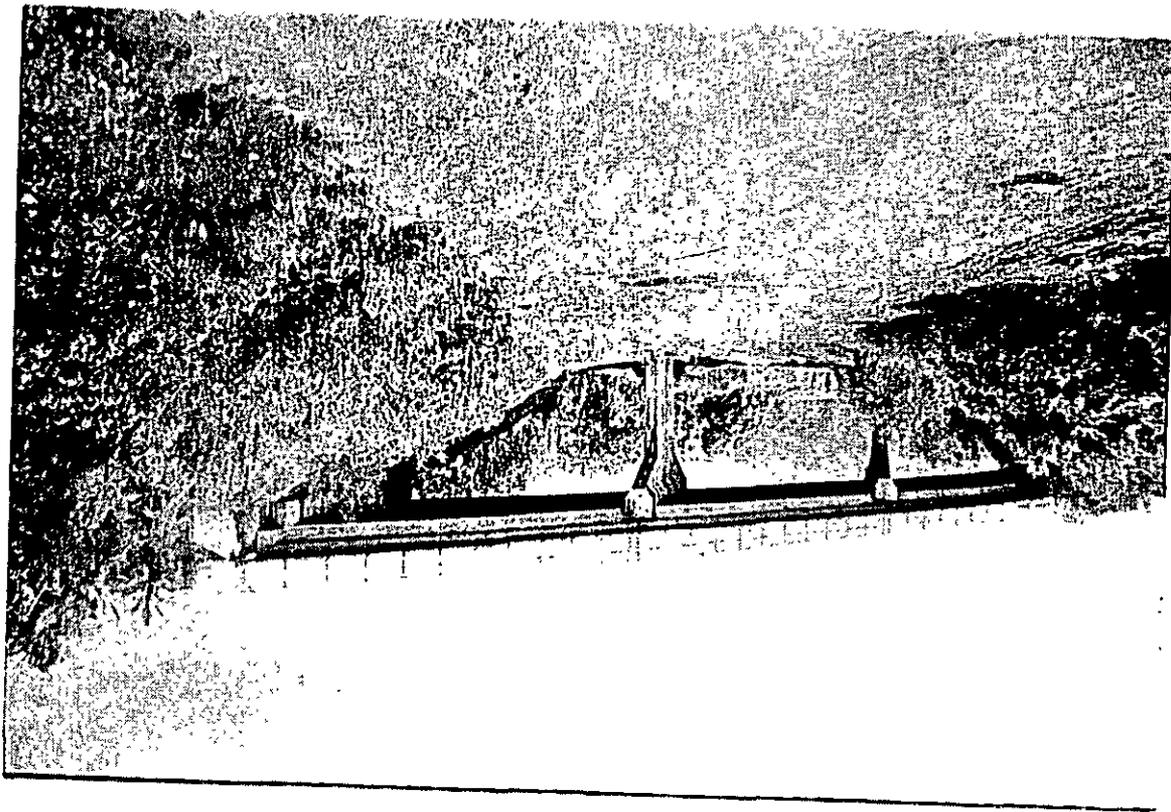
Las secciones transversales del río, indicando niveles de aguas máximas extraordinarias aguas ordinarias y mínimas.

### ESTUDIOS HIDRAÚLICOS .

Definición de los gastos máximos en avenidas con periodos de retorno definido.

Los datos hidráulicos se determinan en el campo.- Son el levantamiento de un mínimo de tres secciones transversales del cauce, en el tramo de alineamiento recto, de sección-pendiente tan uniforme como sea posible.

- Estimación del coeficiente de rugosidad (N ) en cada sección.
- Medir los diámetros de los máximos cuerpos arrastrados.
- Fijar los distintos niveles de la corriente del agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA  
EN HISTORIA Y GEOGRAFÍA DE MÉXICO



## ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS

**Levantamiento del perfil** del fondo en una longitud mínima de 500 metros, observación en el terreno sobre posibles divagaciones o socavaciones del río.

Investigar la época, la duración y la frecuencia de las avenidas máximas extraordinarias y de las máximas ordinarias, época de estiaje, las dimensiones de los cuerpos flotantes mas grandes.

### ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

Estudios de mecánica de suelos necesarios para establecer el tipo de puente a construir. Mecánica de suelos para decidir el tipo de puente.- Sistema de cimentación superficial, pilotes cilindros, longitud claros parciales, como son pilas costosas que emplean claros grandes.la superestructura como son las condiciones mecánica simplemente apoyada continuas, arcos etc.

**Cementaciones de puentes.**- No socabables, desplantes a niveles inferiores a la profundidad de socavación, resistentes, el estrato del apoyo debe tener capacidad suficiente, indeformables, hundimientos de orden inferior a los valores que afectan a la estructura.

**Investigación del subsuelo.**- Sondeos a cielo abierto y profundo, pruebas de laboratorio, humedad, compacidad, estudios mecánica de los suelos, capacidad de carga , y hundimientos.

**Análisis de puentes** .- La línea de influencia es una gráfica que da el valor del elemento mecánico cuando una carga unitaria se desplaza en la estructura.

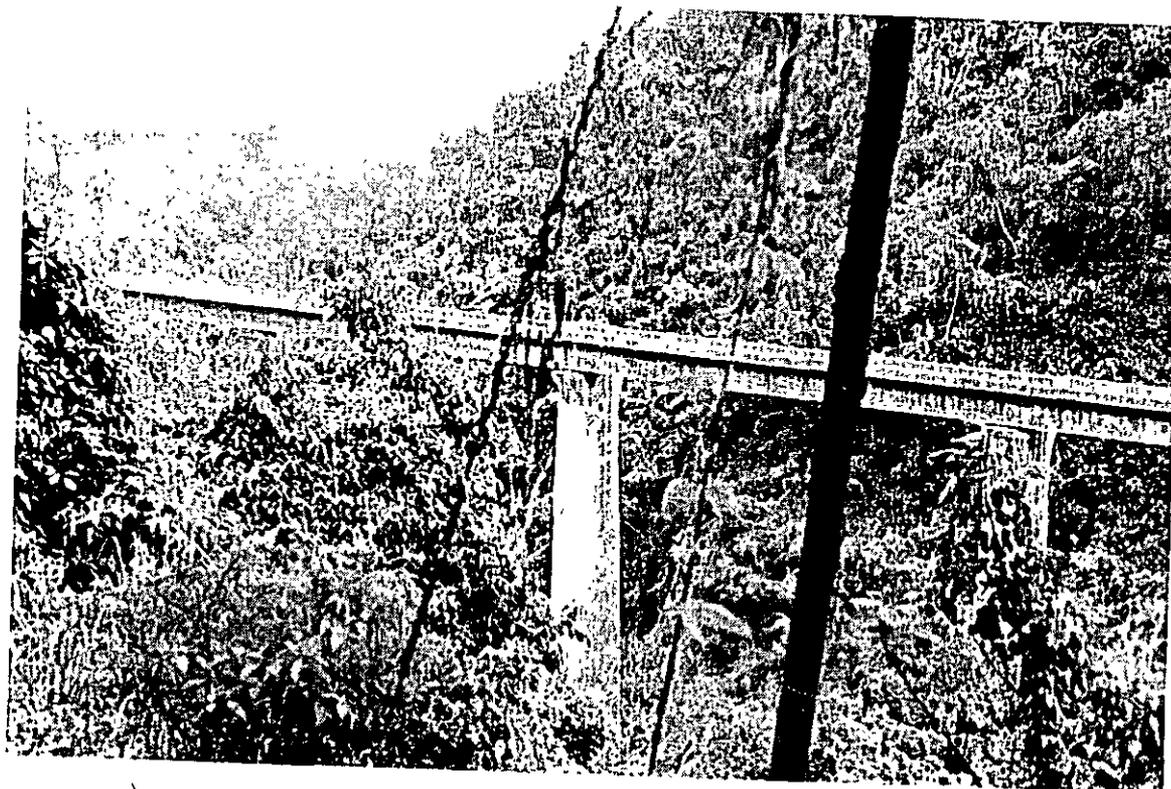


## PROCEDIMIENTOS DE CALCULO DE DISEÑO.

- **Diseño de la subestructura.-** La constituye los elementos de apoyo de la superestructura: estribos, pilas caballetes, obras provisionales.
- **Diseño de la subestructura.-** El tipo de puente, viga, armadura, arco, análisis de las cargas, líneas de influencias, diseño y dimensionamiento de secciones, aplacamiento de especificaciones y normas.
- **Dimensión de los apoyos.-** Revisión de esfuerzos en el terreno: Capacidad de carga del terreno, Capacidad de cimentación: pilotes zapatas. Resistencia de materiales como son esfuerzos en concreto y acero, equilibrio de deslizamiento y volteo.
- **Diseño de la Superestructura.-** Es la parte del puente que cubre los claros entre apoyos y sobre la que transita la carga rodante.
- **Superestructura.-** Vigas de madera, traveses de concreto, reforzado y Presforzado, traveses metálicas, arcos, puentes suspendidos.
- **Diseño de la Superestructura.-** Tipo de puentes, análisis de cargas criterio de líneas de influencia, diseño dimensionamiento de secciones, aplicación de especificaciones y normas.
- **Diseño de elementos.-** Concepto de la teoría plástica y elástica, revisión de dimensiones como la geometría e inercia, revisión de cantidad de acero como el porcentaje de acero necesario, revisión de esfuerzos en materiales, acero teoría elástica, revisión de dimensiones geometría y escuadria, revisión de esfuerzos máximos permisibles de acuerdo con el A.R.E.A.



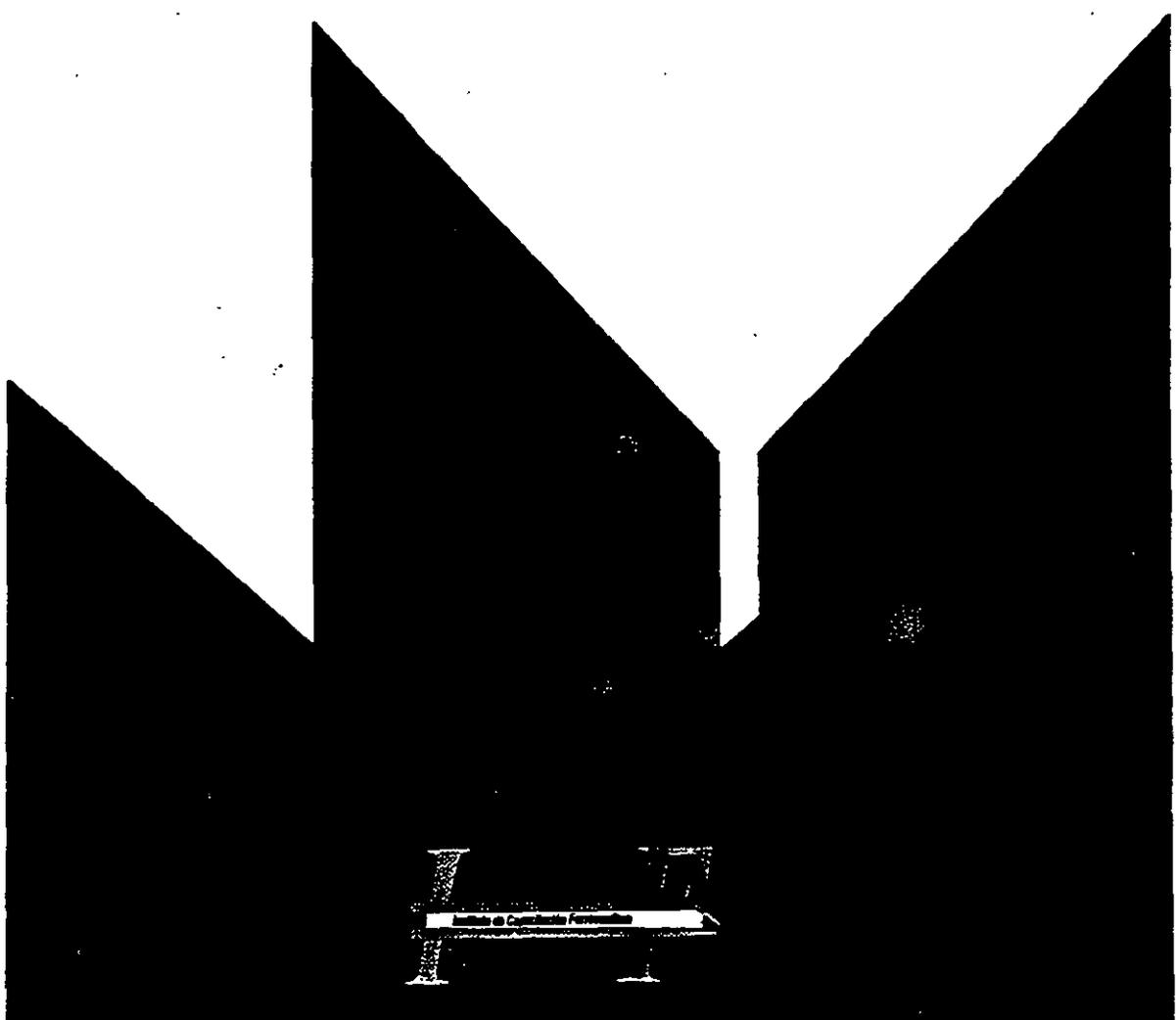
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE CAPACITACION TECNOLÓGICA  
CARRERAS DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS





## NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO.

- **Normas técnicas de diseño.-** Norma del y especificaciones del A.R.E.A. (American Railway Ingeeneering Association),Especificaciones para puentes de ferrocarril capitulo 15 de Steel Structures (estructuras de acero) en cargas y esfuerzos , fatiga de puentes, puentes existentes. Capitulo 18 de Concrete Structure And Fundation (Estructura de concreto, Métodos de análisis y diseño, cargas de servicio, diseño de concreto presesforzado, preparación y rehabilitación de estructuras de concreto.



Locomotoras, Carros  
y Coches de Pasajeros

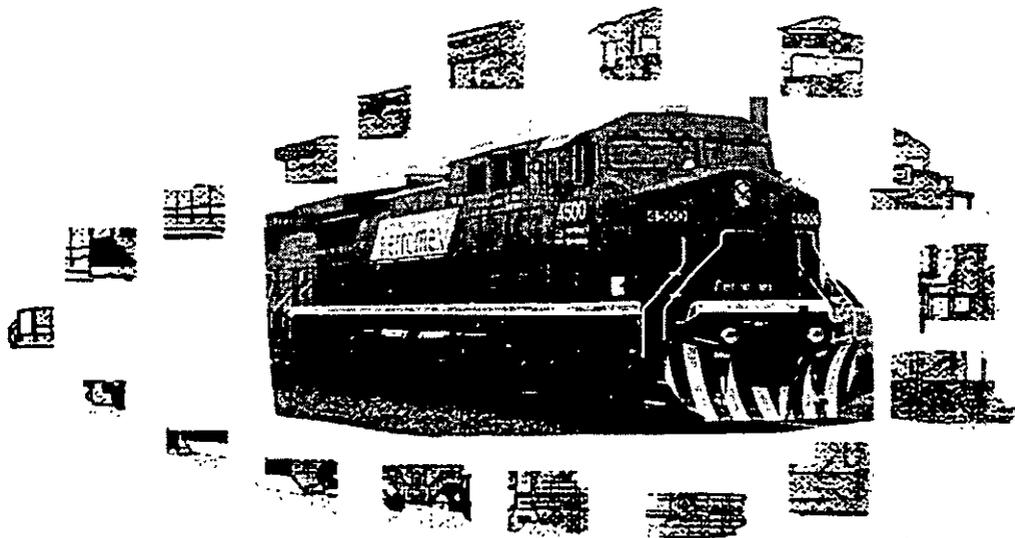
Módulo 3.



## 4 LOCOMOTORAS

### 4.1 CONCEPTO GENERAL DE LOCOMOTORA

Una locomotora es un vehículo autopropulsado que se mueve sobre rieles. Convierte la energía en movimiento con el propósito de jalar o empujar unidades de carga y/o pasajeros.



## 4.2 TIPOS DE LOCOMOTORAS

### Por fuente de energía.

Diesel - Eléctrica

Eléctrica

Dual Gas / Diesel - Eléctrica

Diesel - Mecánica

Carbón / Vapor

Turbina de Gas - Eléctrica



### Por función.

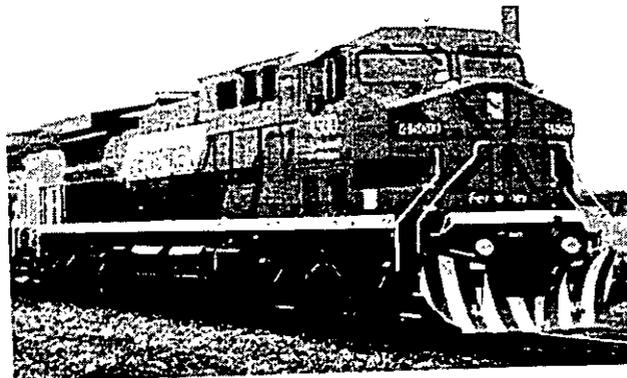
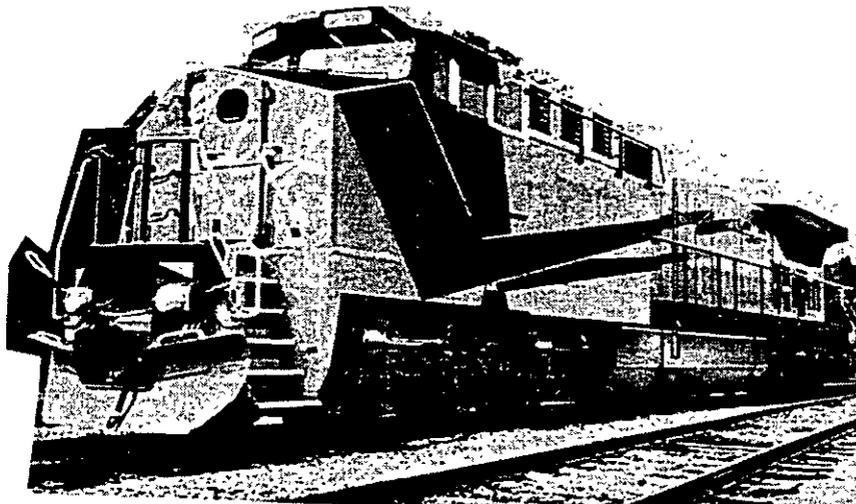
De camino - carga y pasajeros

De patio

Industrial

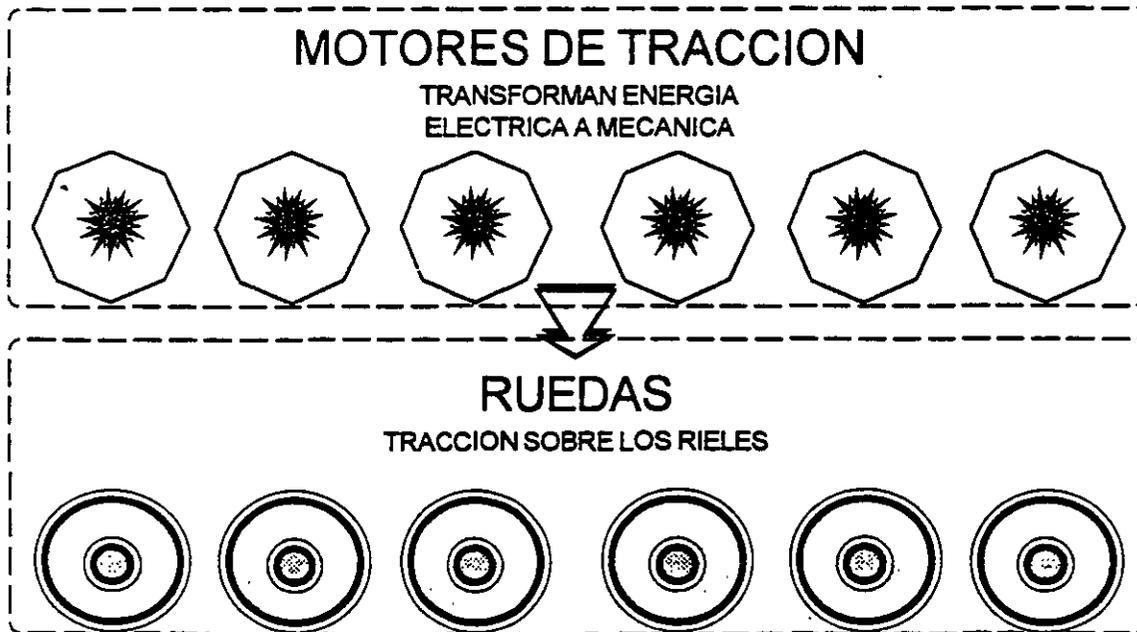
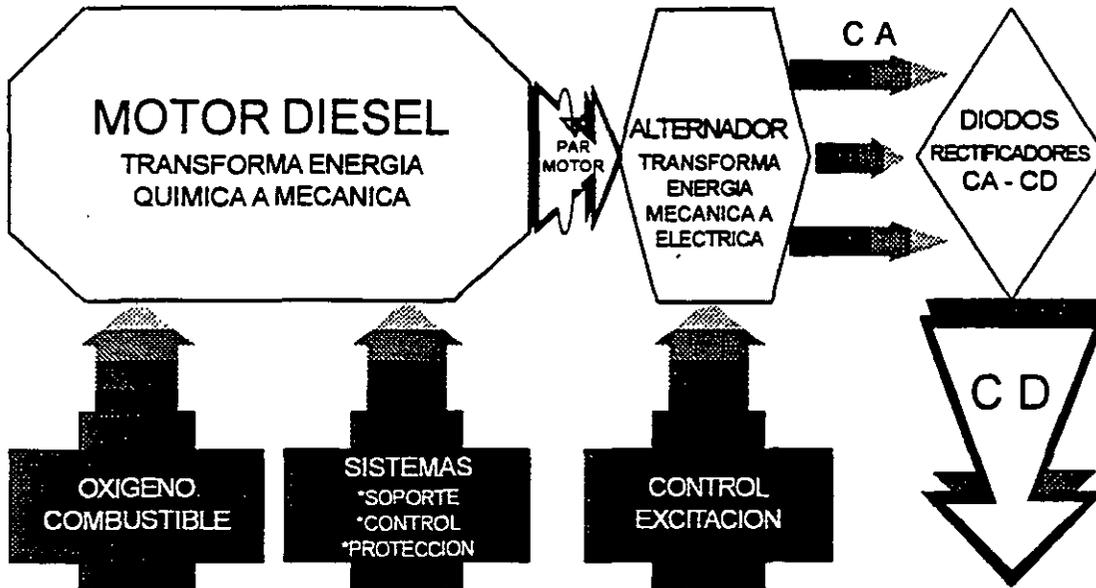
### 4.3 LOCOMOTORA DIESEL - ELECTRICA

Es la unidad que proporciona una fuerza tractiva para remolcar o empujar equipo rodante, haciendo uso de una Planta de Energía montada en su plataforma, controlada por circuitos eléctricos y electrónicos de potencia.



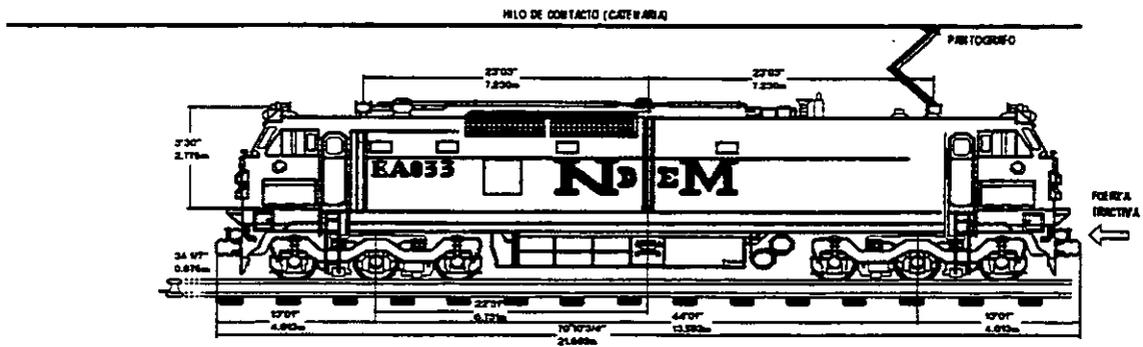
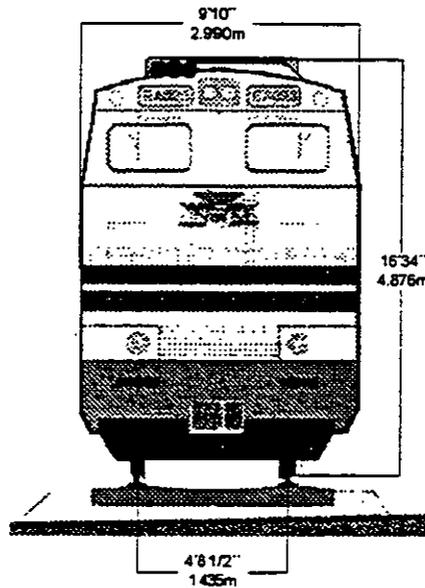
LOCOMOTORA DIESEL - ELECTRICA

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



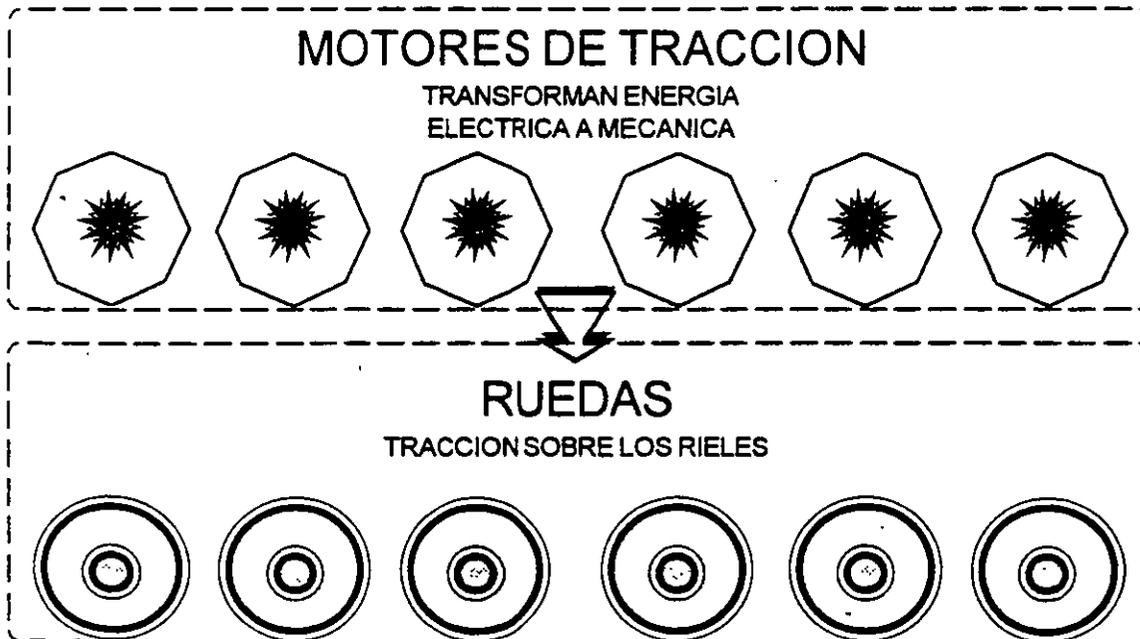
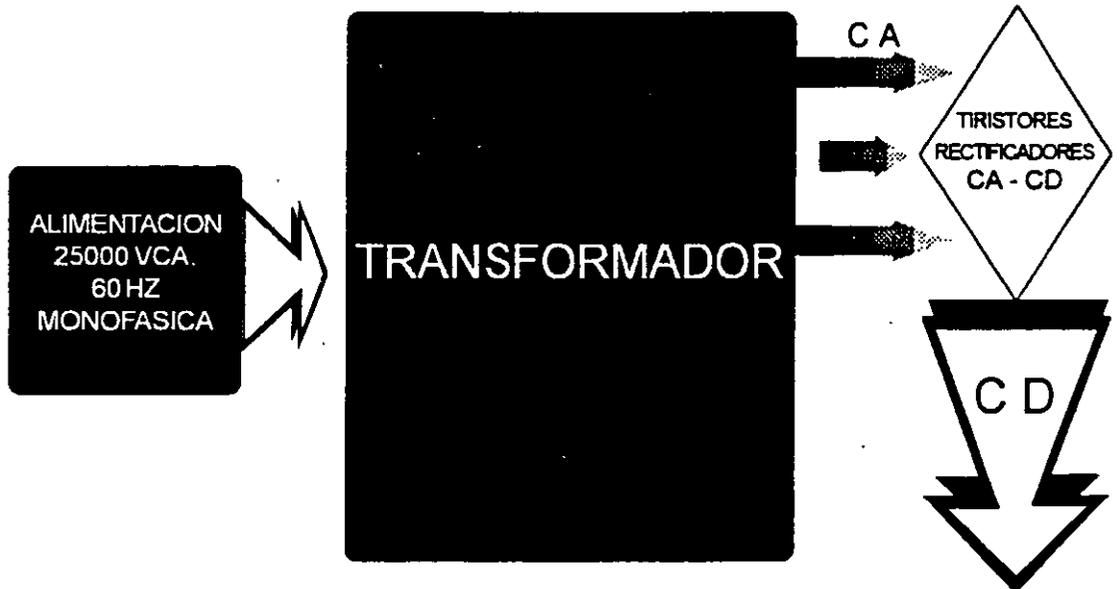
### 4.4 LOCOMOTORA ELECTRICA.

Es la unidad que proporciona una fuerza para remolcar o empujar equipo rodante, haciendo uso de una subestación eléctrica integrada y de equipo electrónico de potencia.

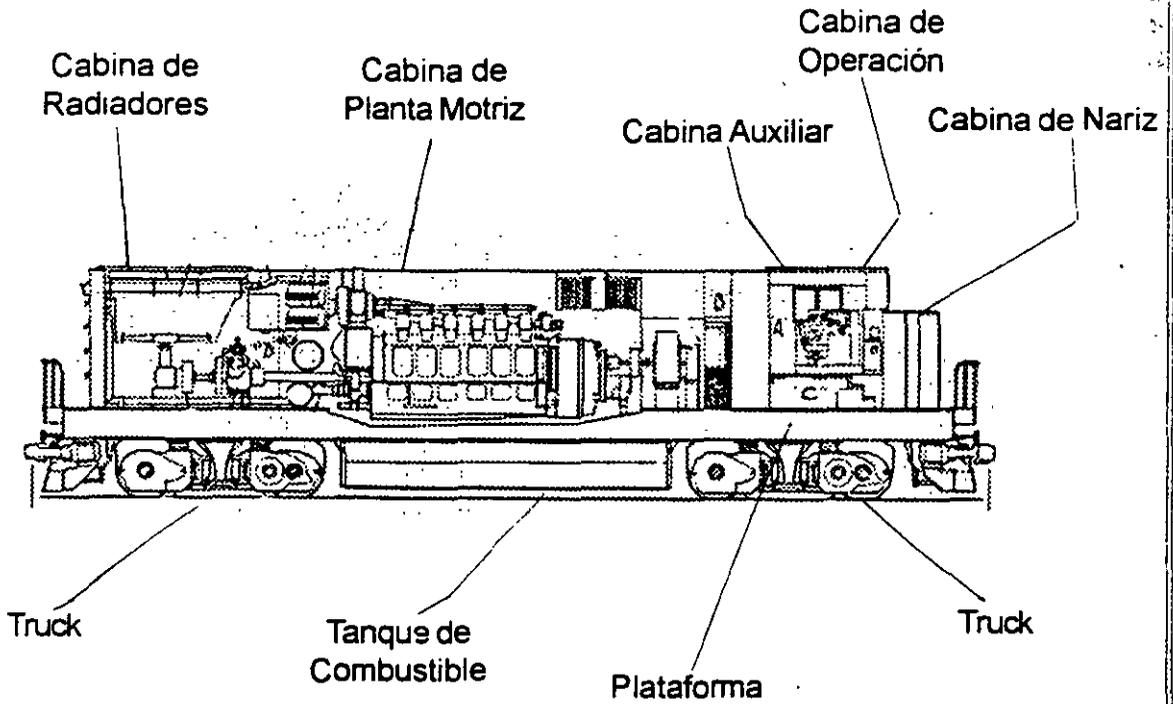


LOCOMOTORA ELECTRICA

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



### 4.5 SECCIONES DE UNA LOCOMOTORA.

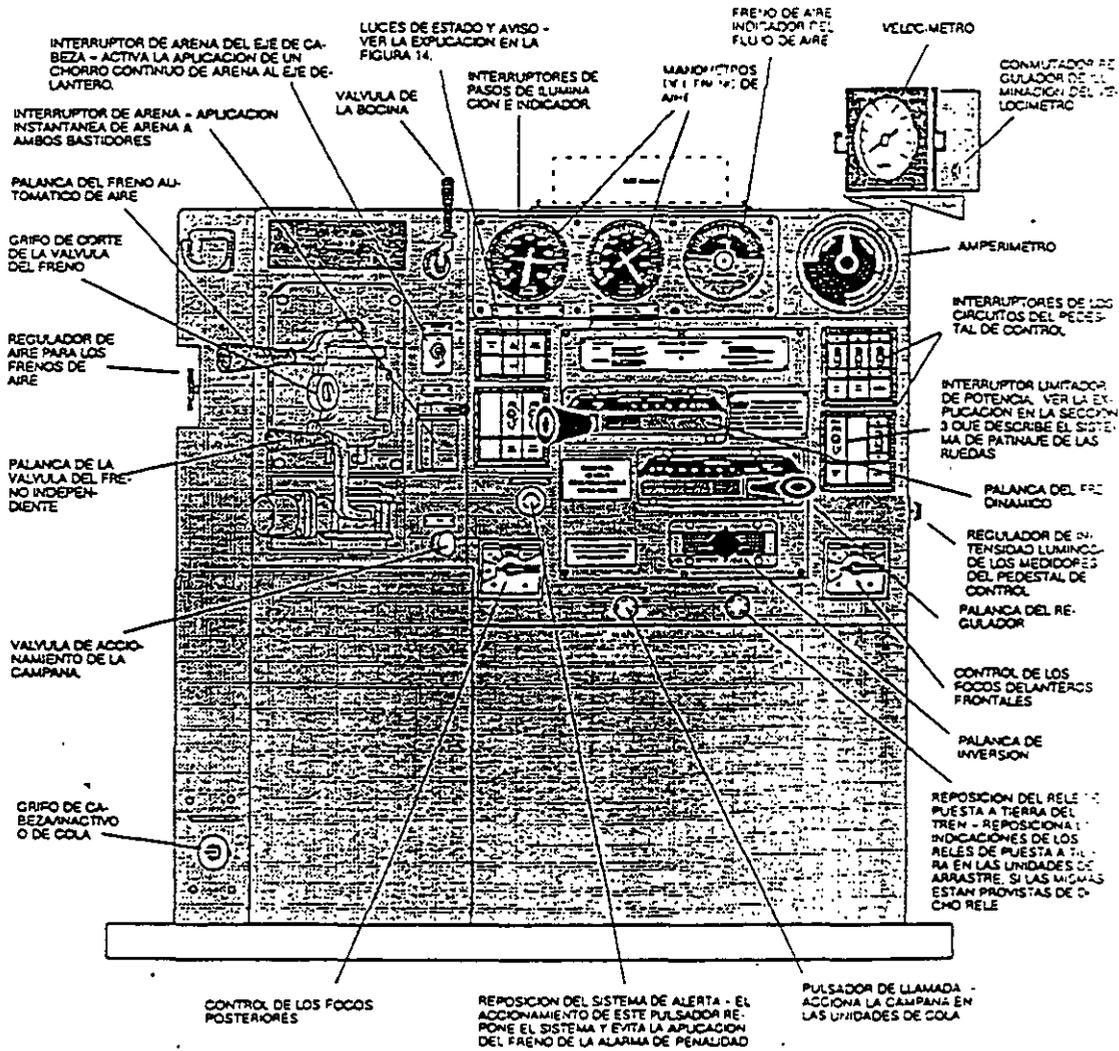


#### **4.6 CABINA DE OPERACION**

Es el sitio donde se encuentra el operario de la locomotora (maquinista) en el cual se encuentran todos los dispositivos de control de la locomotora y por medio de los cuales el operador conduce el tren. Los dispositivos básicos en la cabina son: equipo de frenado, equipo de comunicación, palanca de mando o reguladora de velocidad del motor diesel, equipo de seguridad y sistemas indicadores que proporcionan la información necesaria de la locomotora(s), permitiendo así conocer la situación de las unidades en cualquier momento.



### 4.7 PEDESTAL DE CONTROL DEL MAQUINISTA.



## 4.8 PANEL DE CONTROL

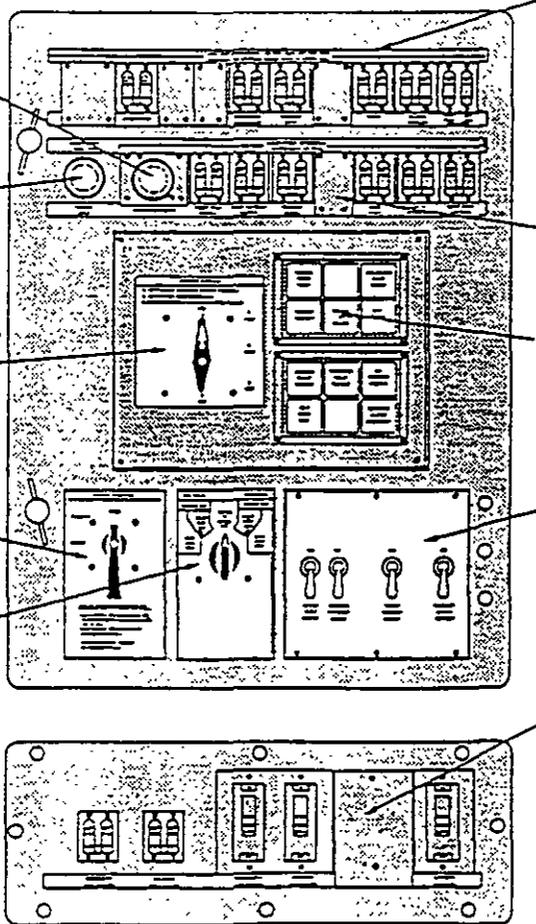
PULSADOR DE REPOSICION DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE  
TAMBIEN REPOSICIONA LOS DIODOS CALIENTES, FILTRO DE AIRE DEL MOTOR Y AVERIAS DEL MOTOR

PULSADOR DE PARADA DEL MOTOR  
PARA EL MOTOR DIESEL

INTERRUPTOR DE AISLAMIENTO DEL MOTOR  
UTILIZADO PARA AISLAR EL MOTOR QUE SE SOSPECHA TIENE UNA PUESTA A TIERRA.

INTERRUPTOR DE CONTROL DEL MOTOR DIESEL

INTERRUPTOR DE CONTROL DE LOS ECHOS DE UM



INTERRUPTORES AUTOMATICOS SUPERIORES - DEBERAN ESTAR CONECTADOS CUANDO LA UNIDAD ESTE EN CABEZA Y PUEDEN ESTAR DESCONECTADOS CUANDO LA UNIDAD ESTE EN LA COLA.

NOTA: A TEMPERATURAS BAJAS, EL CALENTADOR DEL TANQUE DEL INODORO (SI TIENE) DEBERA DEJARSE CONECTADO PARA EVITAR LA CONGELACION.

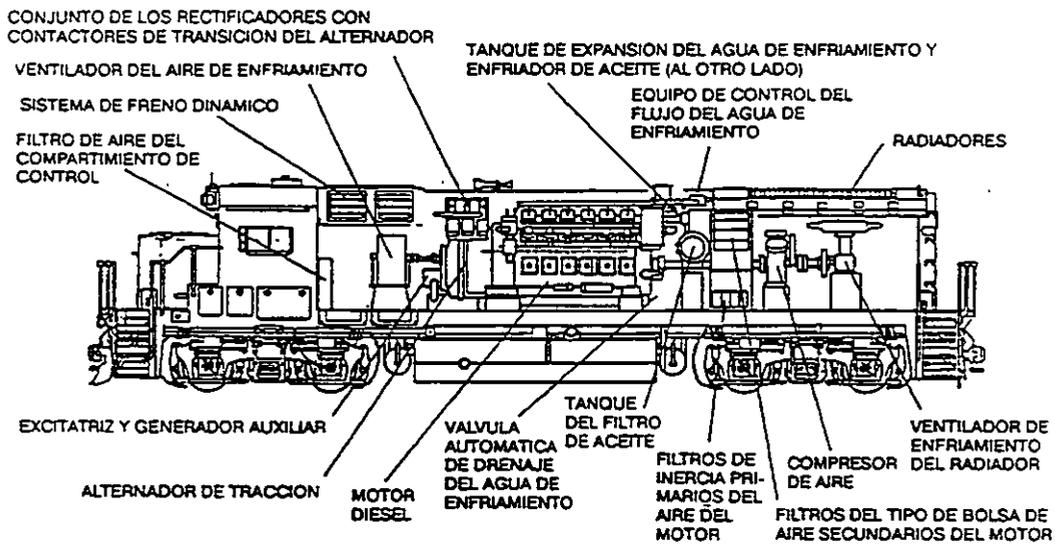
INTERRUPTORES AUTOMATICOS INFERIORES - DEBERAN ESTAR CONECTADOS CUANDO LA UNIDAD ESTE FUNCIONANDO.

PANEL DE INDICACION DE AVERIAS - LAS AVERIAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL SISTEMA DE LA LOCOMOTORA ILLUMINARAN LAS PARTES CORRESPONDIENTES DEL PANEL. VER LA FIGURA 9 PARA UNA EXPLICACION DE LAS SEÑALES DE AVISO Y ACCIONES CORRECTIVAS.

PANEL DE INTERRUPTORES DE ILLUMINACION

PANEL DE INTERRUPTORES AUTOMATICOS

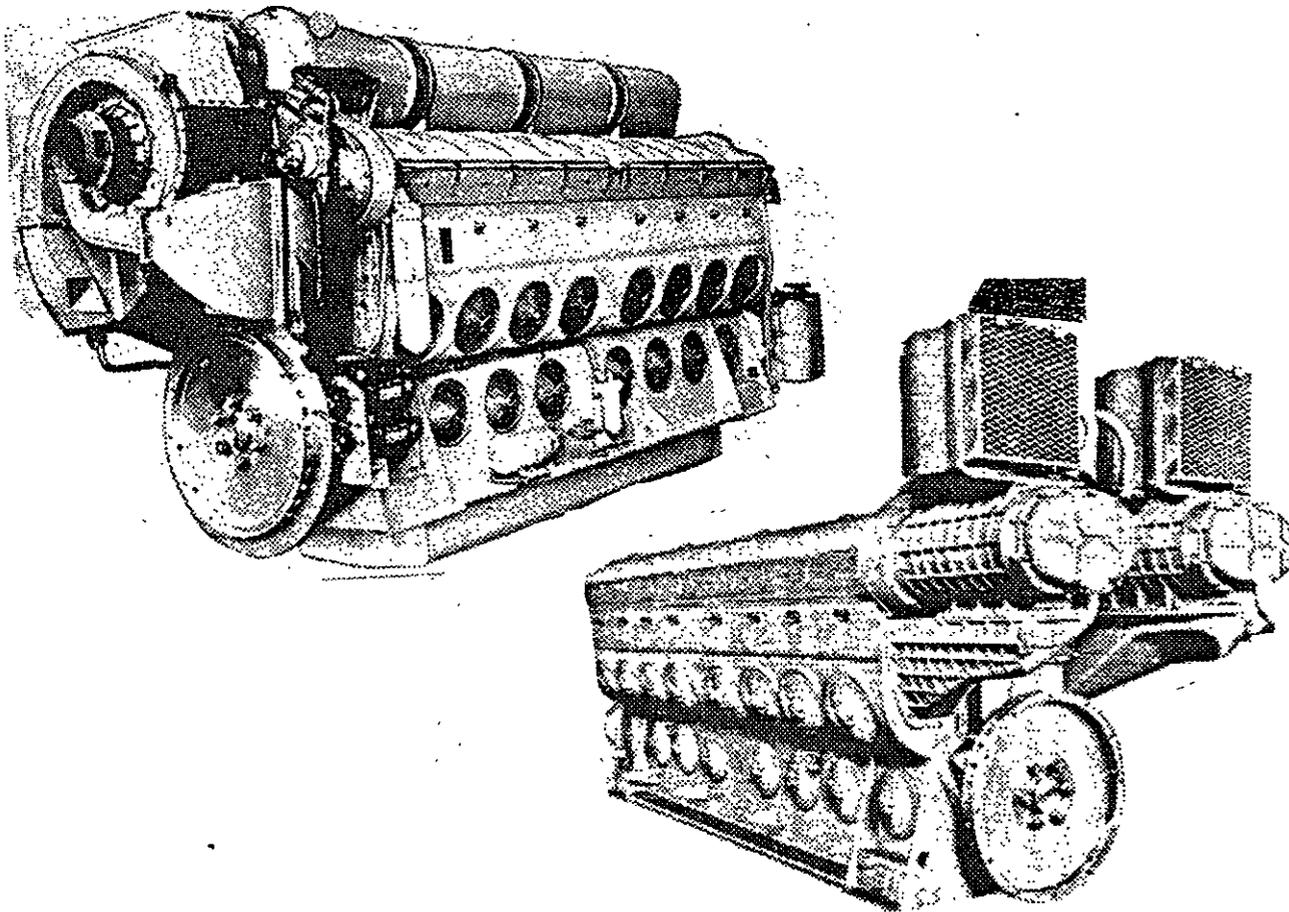
### 4.9 LOCOMOTORA GENERAL ELECTRIC (DIESEL - ELECTRICA)





#### 4.10 MOTOR DIESEL.

Máquina de combustión interna en la cual se genera energía mecánica por la ignición espontánea de la mezcla de aire - combustible debida al calor producido en la fase de compresión.



El motor diesel suministra la potencia necesaria para la tracción a través del generador principal o alternador y los motores de tracción, así como para el accionamiento de los equipos auxiliares.

Se llama ciclo, en un motor de combustión interna, a la sucesión de operaciones de admisión, compresión, expansión y escape que se repiten siempre en la misma manera.

### **Motor de 4 tiempos.**

Son motores que requieren cuatro carreras del pistón para completar un ciclo: carrera de admisión, carrera de compresión, carrera motriz y carrera de escape. El cigüeñal da dos vueltas completas por cada carrera motriz.

### **Motor de 2 tiempos.**

Solamente requieren 2 carreras del pistón para completar el ciclo, la admisión y el escape se efectúan durante parte de la carrera de compresión y parte de la carrera motriz. El cigüeñal da una vuelta por cada carrera motriz.

## SISTEMAS DE SOPORTE DEL MOTOR DIESEL.

- 1.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE.
2. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.
- 3.- SISTEMA DE LUBRICACION.

#### 4.11 GENERADOR O ALTERNADOR PRINCIPAL.

Máquina eléctrica giratoria, que recibe energía mecánica del vapor diesel, transformándola en corriente eléctrica trifásica que, una vez rectificada (procedimiento para convertir una corriente alterna a una corriente continua pulsante por medio de dispositivos electrónicos) alimenta a los motores de tracción

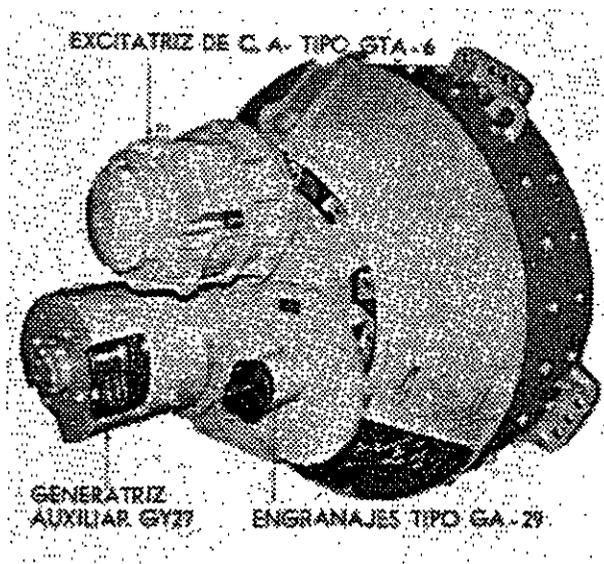


Fig. 1-Rotor assembly

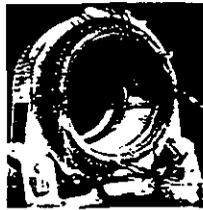


Fig. 2-Stator assembly

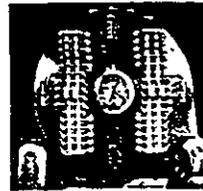
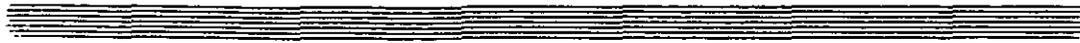


Fig. 3-Rectifier bank assembly

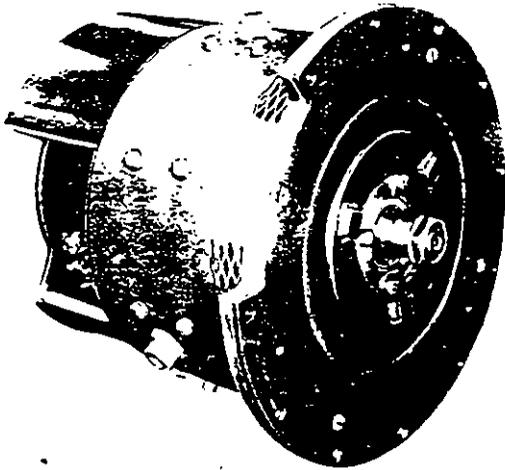


#### 4.12 GENERADOR AUXILIAR.

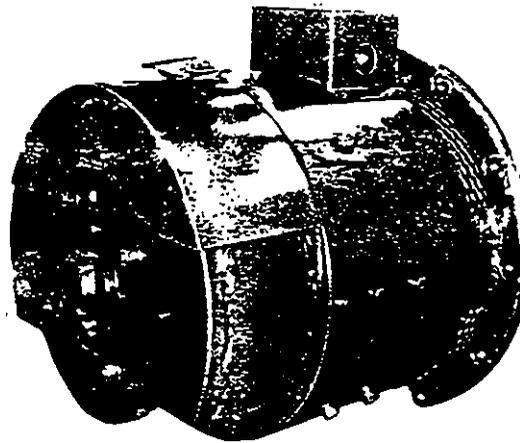
Máquina que transforma la energía de rotación mecánica en corriente continua de bajo voltaje, para alimentar los circuitos de control, de alumbrado, de bombas y de carga de baterías.

#### 4.13 GENERADOR EXCITADOR.

Es un generador de corriente directa, que excita el campo principal del generador o alternador.



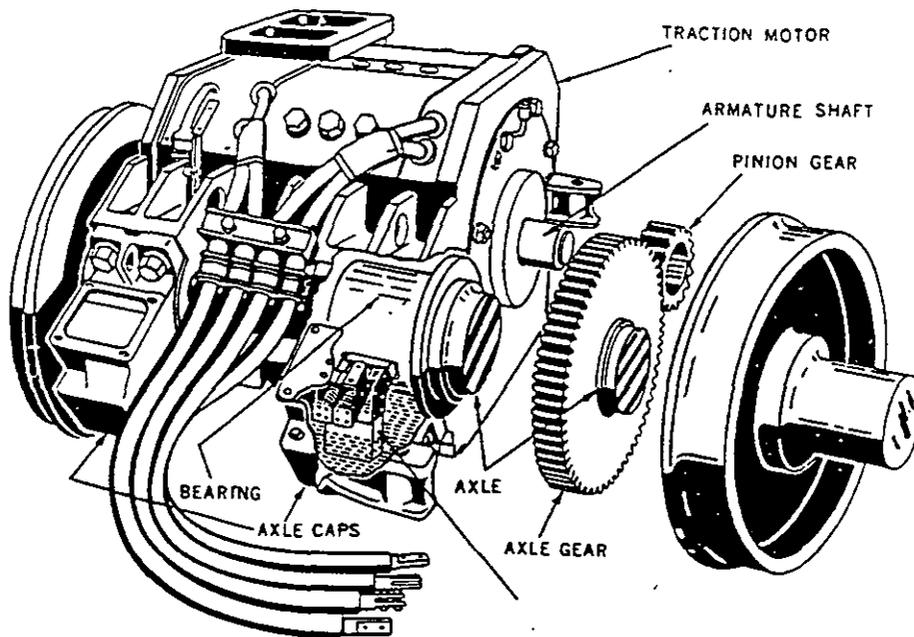
General Electric CY-27 auxiliary generator



General Electric CY-50 exciter generator.

#### 4.14 MOTOR DE TRACCION.

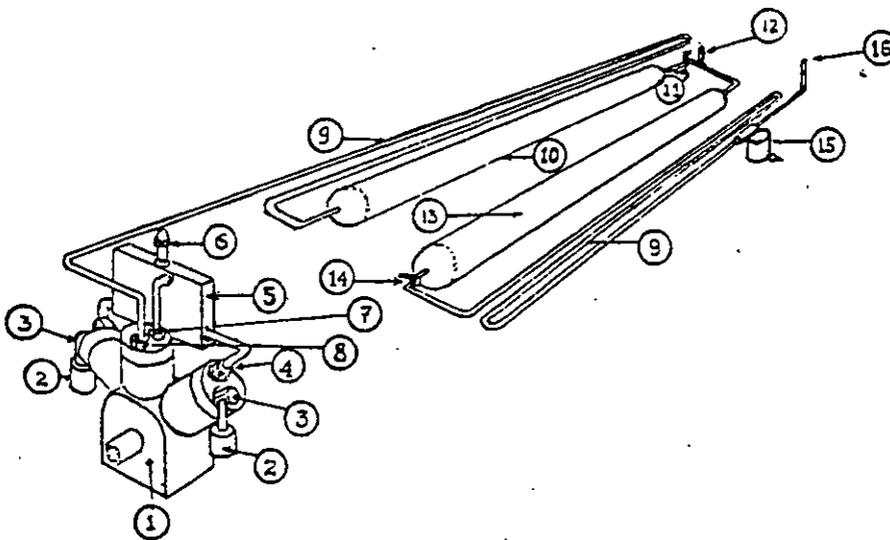
Máquina eléctrica rotatoria que transforma la energía eléctrica generada en el alternador o generador principal, en energía mecánica para accionar las ruedas motrices de la locomotora. Estos motores son de corriente directa con devanados en serie.



### 4.15 SISTEMA NEUMÁTICO

Controla el fluido de aire comprimido que se utiliza en la aplicación de frenado de la locomotora y equipo de arrastre, también abastece al equipo auxiliar. Esta conformado por el equipo siguiente:

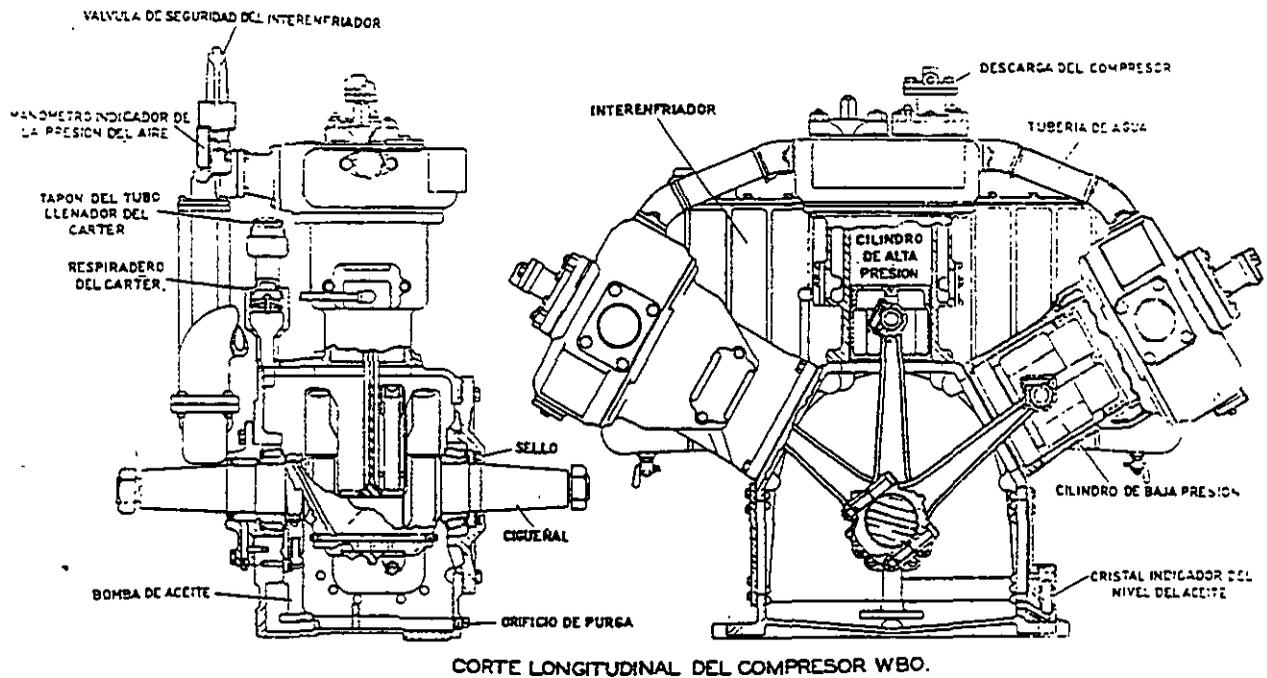
DIAGRAMA DE ARREGLO BASICO ENTRE COMPRESOR, TUBERIA Y DEPOSITOS PRINCIPALES.



- 1.- COMPRESOR
- 2.- Filtros de admisión
- 3.- Válvulas de admisión de baja presión
- 4.- Válvulas de descarga de baja presión
- 5.- Interenfriador
- 6.- Válvula de seguridad para baja presión (ajuste 60 libras).
- 7.- Válvula de admisión para alta presión
- 8.- Válvula de descarga para alta presión
  
- 9.- Tubería de radiación
- 10.- Depósito Principal No.1
- 11.- Conexión para aparatos auxiliares
- 12.- Válvula de seguridad para alta presión (ajuste 150 libras)
- 13.- Depósito Principal No.2
- 14.- Llave para incomunicar Depósitos Principales
- 15.- Filtro (tipo "H" o sustituto) Salem.
  
- 16.- Conexión al aparato del Sistema de Frenos de Aire

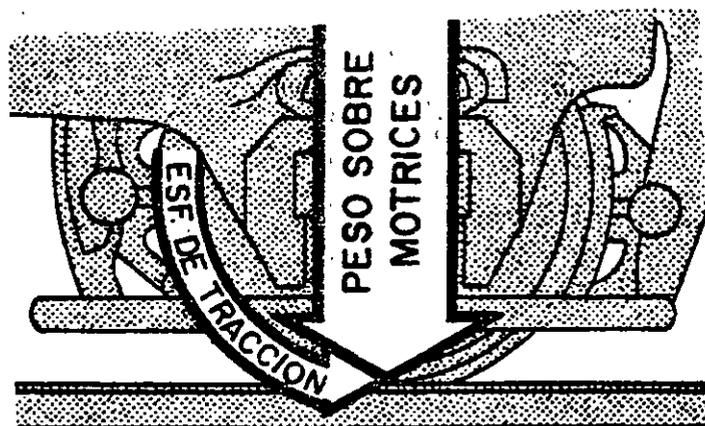
#### 4.16 COMPRESOR.

Máquina que sirve para comprimir el aire que se emplea en los sistemas auxiliares de frenos de aire, de señales y dispositivos neumático auxiliares.



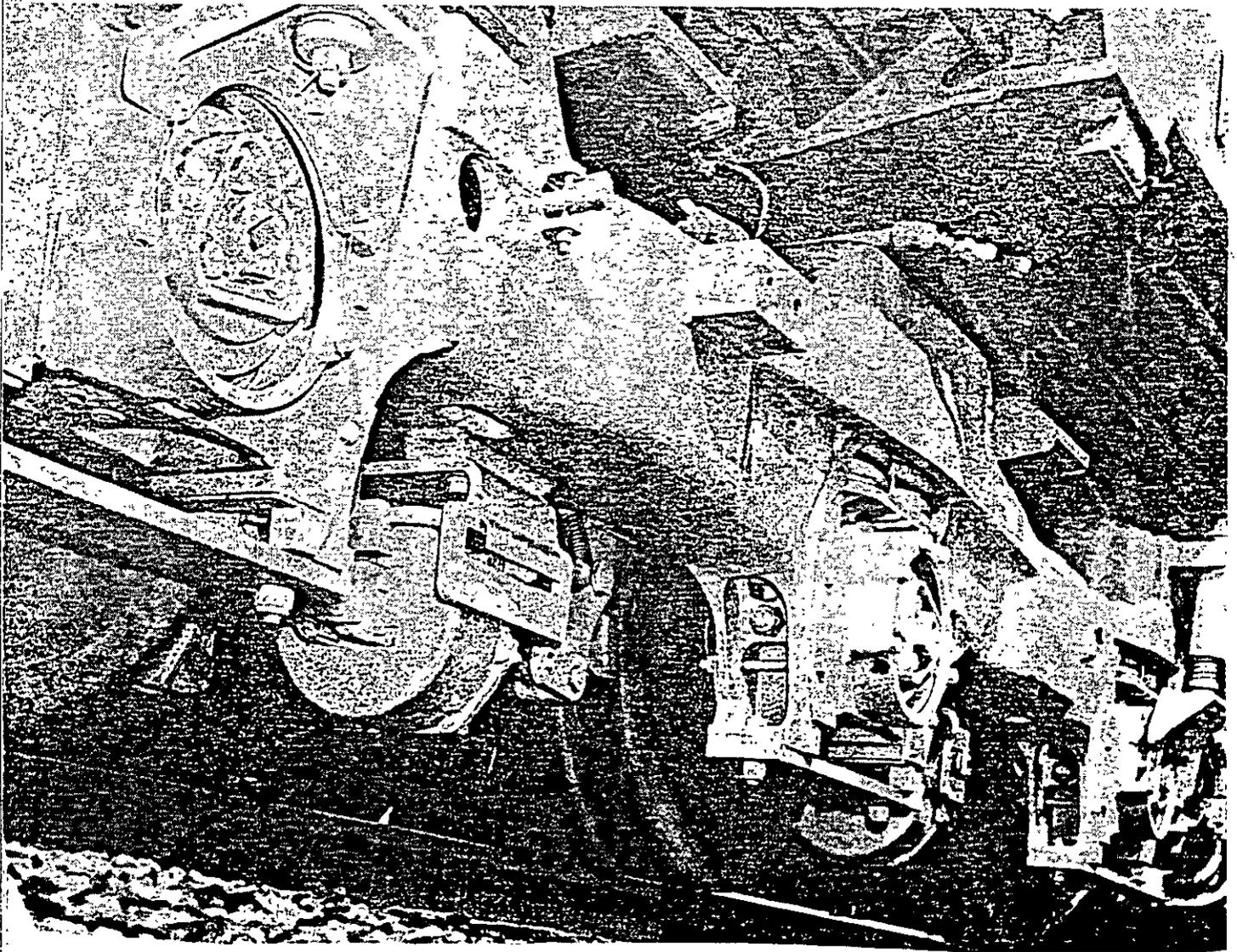
#### 4.17 SISTEMAS DE ARENAMIENTO

Conjunto de elementos neumáticos cuyo objetivo es llevar la arena almacenada en los depósitos de la locomotora y descargarla sobre el riel enfrente de las ruedas motrices, para controlar el patinamiento.



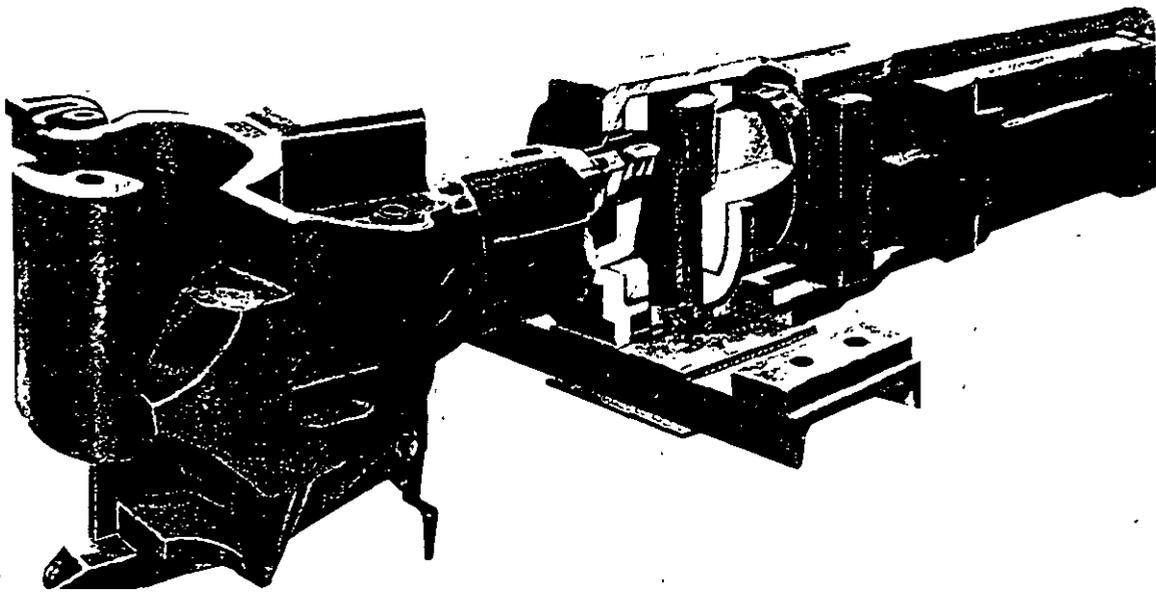
#### **4.18 TRUCK O BOGIE.**

Estructura montada sobre dos o tres pares de ruedas, que en juegos de dos o mas de ellas se utilizan para soportar el cuerpo de un carro o locomotora y por medio de una unión articulada independiente se orienta convenientemente en las curvas.



### 4.19 ACOPLADOR

Un acoplador es un dispositivo mecánico empleado para mantener acoplados dos unidades de ferrocarril



APAREJO DE TIRO



## 4.20 POTENCIA

DEFINICIÓN.- Cantidad de trabajo que entrega la locomotora por unidad de tiempo.

Por ejemplo :

Potencia típica de una locomotora de camino:

4 megawatts o 3 000 hp.

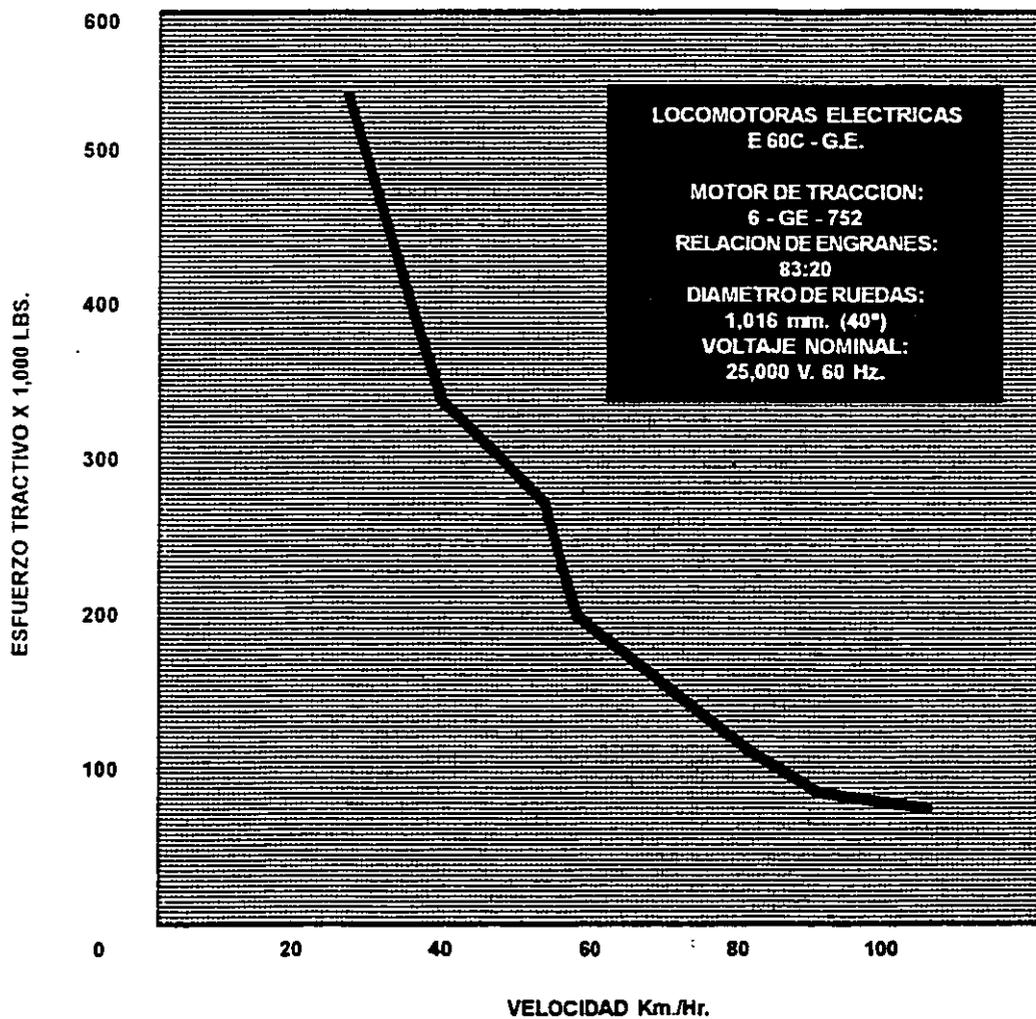
**POTENCIA NOMINAL:** Cantidad de caballos de fuerza que entrega la locomotora en condiciones ideales de operación.

**POTENCIA EFECTIVA:** Cantidad de caballos de fuerza que entrega la locomotora considerando pérdidas como eficiencia, desgaste, desajustes y condiciones reales de operación.



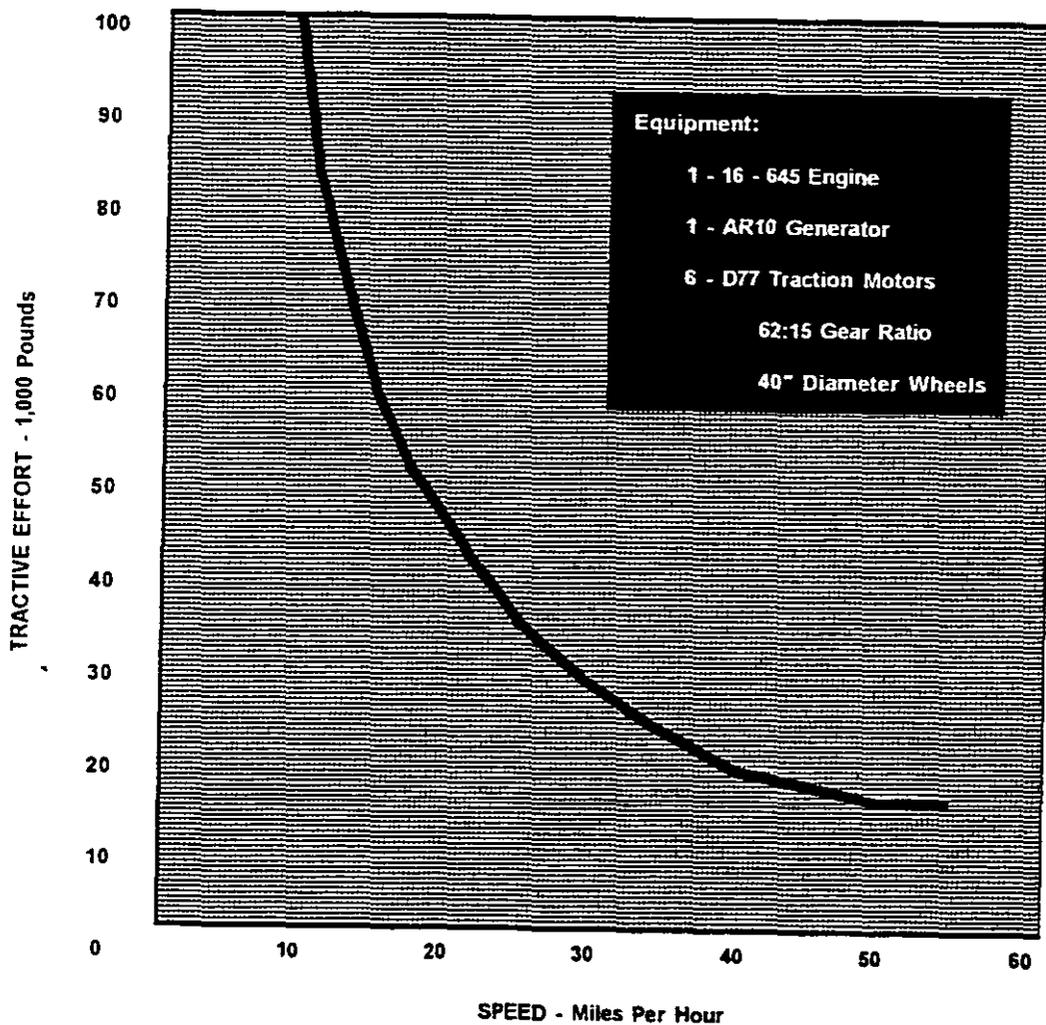
### 4.21 GRÁFICAS DE ESFUERZO DE TRACCIÓN Vs. VELOCIDAD.

Estas gráficas muestran el esfuerzo de tracción total disponible para una determinada locomotora a diferentes velocidades.



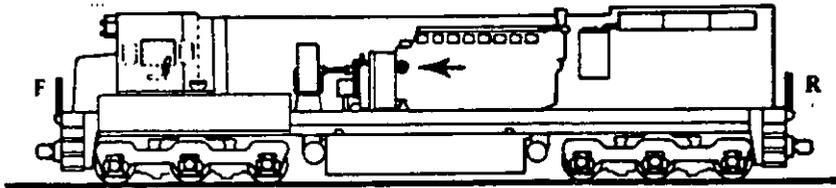
Electro - Motive Division  
General Motors Corporation  
La Grange, Illinois, U.S.A.

## SPEED - TRACTIVE EFFORT CURVE 3,000 HP. Model SD40 Locomotive



## 4.22 DEFINICIONES

**FUERZA TRACTIVA** - Vector horizontal de fuerza que ejerce la locomotora para traccionar al tren resultante del par/motor aplicado en las ruedas sobre el riel y el coeficiente de fricción rueda/riel.



**VELOCIDAD** - Distancia cubierta por la locomotora en una unidad de tiempo:

Ejemplo: 110 Km./hr.

**PENDIENTE** - Grado de inclinación de la vía férrea respecto al plano horizontal, expresado en por ciento.

Ejemplo: Pendiente ascendente de 2%, el tren sube 2 mts. por cada 100 mts. recorridos.



## **MANTENIMIENTO DE LOS TRENES DE ALTA VELOCIDAD**

Los trenes de alta velocidad requieren un sistema avanzado de mantenimiento que persigue los siguientes objetivos:

- \*Seguridad máxima**
- \*Fiabilidad elevada**
- \*Disponibilidad optimizada**
- \*Confort adaptado al viajero**
- \*Costos de mantenimiento mínimos**

Así, la organización de mantenimiento del material rodante, queda definida por el cumplimiento de estos objetivos, unidos a una planificación exhaustiva de las operaciones de mantenimiento, las de los talleres y las instalaciones necesarias para la prestación adecuada del servicio. Todo ello junto con una decidida política de selección, formación y desarrollo del personal encargado del mantenimiento y la creación de una cultura global de calidad del producto.

Por otro lado, a la hora del diseño definitivo del tren, el equipo de ingenieros se basó en las opiniones y sugerencias de sus homólogos de mantenimiento, en cuanto a la implantación de soluciones racionales encaminadas a alcanzar los objetivos anteriores señalados. Dichas soluciones se fundamentan en dos ideas básicas.

**MODULARIDAD** del tren, que conlleva:

- A) Mantenimiento dirigido a órganos intercambiables (Principio de Mantenimiento «Predictivo» y «Condicional»).**
- B) Accesibilidad de órganos intercambiables con mínima paralización del tren.**

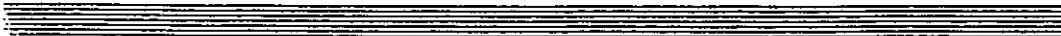
**INFORMACION** del tren, que permite la diagnosis más exacta y rápida para el mantenimiento.

### **INNOVACIONES TECNOLOGICAS**

#### **INTRODUCCION**

Como respuesta a las necesidades de los Ferrocarriles y de las autoridades de transporte hacia el nuevo mundo en el cual se contemplan los aspectos de calidad y eficiencia del transporte con relación al medio ambiente, se han establecido nuevas prioridades en el diseño de equipo tractivo (locomotoras).

El cliente reconoce el valor de los incrementos en el costo de efectividad, mejor utilización y bajos costos en el ciclo de la vida del equipo con un mejor desempeño.



### 4.2.3 TRENES DE ALTA VELOCIDAD

#### INTRODUCCION

El Ferrocarril nació con vocación de velocidad, cuando la famosa locomotora de vapor «Rocket», que significa «cohetes», ganaba en 1829 el concurso de Rainhill, alcanzando la entonces meteórica velocidad de 57 km/h. Ha pasado mucho tiempo desde entonces, y ahora la nueva era de alta velocidad constituye una brillante etapa en la historia del Ferrocarril. Comenzó en Japón en 1964, hace ya 31 años, y debido a su espectacular éxito, continúa en pleno desarrollo en Europa, Japón y en otros países del mundo, con trenes circulando todos los días hasta 300 km/h. La alta velocidad está fortaleciendo la posición de los ferrocarriles en el mercado de los transportes, y permite ver el futuro del Ferrocarril con gran optimismo.



#### PAISES CON TRENES DE ALTA VELOCIDAD.

Existe un reducido grupo de países que actualmente explotan comercialmente los servicios ferroviarios de alta velocidad.

Hoy día ya se explotan comercialmente en el mundo casi 4,200 km. de nuevas líneas de alta velocidad, repartidas en la forma siguiente:

Japón	1836 km.
Francia	1214 km.
España	471 km.
Alemania	427 km.
Italia	236 km.

Solamente estos cinco países poseen líneas de alta velocidad de nueva constitución, donde se circula a velocidades iguales o superiores a 200 km./h., pero en estos casos no sobre líneas nuevas, sino sobre líneas clásicas. Así pues, existen actualmente 10 países en todo el mundo que explotan servicios ferroviarios a velocidades entre 200 y 300 km/h.

Francia y España comparten el primer puesto al circular a una velocidad máxima de 300 km/h., e Italia a 250 km/h. Respecto a la longitud de líneas el primer sitio lo ocupa Japón, seguido por Francia, España, Alemania e Italia.

#### LOS RECORDS DE VELOCIDAD

El primer lugar en record de velocidad lo tiene Francia con el TGV del Atlántico que alcanza 515.3 km/h. seguido de Japón con el Shinkansen STAR 21 con 425 km/h. el ICE- Experimental que llegó hasta 406.9 km/h. en Alemania y el AVE español con una velocidad de 356.8 km/h.

## LOCOMOTORAS DE CORRIENTE ALTERNA

Actualmente los fabricantes de locomotoras producen locomotoras con los máximos avances tecnológicos.

General Electric entre otros, produce locomotoras de corriente alterna con potencias hasta de 6250 HP.

Dentro de las innovaciones tecnológicas que estas unidades tienen se encuentran las siguientes:

**\*Motor Diesel de Inyección Electrónica.**- El cual desarrolla una mayor eficiencia en la combustión y una notable reducción de las emisiones contaminantes.

Este nuevo diseño elimina el gobernador del motor diesel y su tren impulsor, así como los mecanismos para la regulación de la inyección que se emplean en los motores actuales.

**\*Motores de tracción de corriente alterna.**- Estos motores son de un alto desempeño que proporcionan en locomotoras de seis ejes 145,000 lbs. de esfuerzo tractivo continuo y 180,000 lbs. de esfuerzo tractivo en el arranque.

Cuentan con un diseño integral del piñón en la flecha del rotor, lo que elimina la posibilidad de que éste se suelte. La reparación general de estos motores de tracción está prevista en intervalos de recorrido de un millón de millas y dos millones de millas como la vida integral de piñón. Esta innovación elimina de los motores de tracción los conmutadores, escobillas y porta-escobillas y el mantenimiento que éstos requieren, lo que representa costos de mantenimiento significativamente más bajos.

**\*Avanzados microprocesadores de control.**- Mejoran importantemente el control de patinamiento de ruedas y mejoran la fiabilidad de las locomotoras con diagnósticos más comprensibles de las fallas. Esta mejora elimina los módulos y tarjetas electrónicas de control y provee una fácil detección y corrección de fallas.

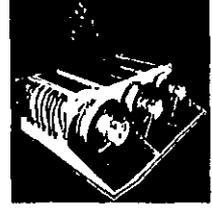
**\*Pantallas de computadora de funciones integradas.**- Mejoran la interrelación del operador con el equipo gracias a sus diseños ergonómicos de alta confiabilidad y comodidad. En estas pantallas se encuentran integrados toda la información relacionada con los valores de presión de los depósitos de aire, el amperaje en potencia y freno dinámico, etc...

**\*Trucks de alta adherencia.**- La combinación del sistema avanzado de patinamiento con el sistema de inversores enfriados por aire para cada motor de tracción y truck de diseño de transferencia de menor peso, resultan en un incremento del 35% de adhesión en cualquier clima. Su diseño tiene establecido un periodo para la reconstrucción del mismo después de un millón de millas. Lo que representa un costo de mantenimiento significativamente más bajo.

**Enhanced Microprocessor Controls**  
 Improved wheel slip control, enhanced mission capability and more comprehensive diagnostics are the result of upgraded components and software. State of the art flash memory enables quick software changes.



**Integrated Function Computer/Display**  
 Computer and displays replace several old on-board boxes and operator interfaces resulting in improved ergonomics. Higher reliability and less clutter in the cab state-of-the-art flash memory enables quick software changes and the capability for expanding functionality.



**Increased Dynamic Braking**  
 Braking effort raised to 50,000 lbs counterbalance with higher tractive effort capability. Braking grids can be completely isolated resulting in higher mission reliability and easier maintenance.



**Head Truck**  
 Low weight transfer characteristics combined with the enhanced microprocessor wheel slip system and single drive per traction motor configuration result in 35% air weather adhesion. Simple design and one million mile overhaul interval reduces maintenance costs.



**High Impact Fuel Tank**  
 Fuel tank vents and baffles thickened and reinforced for increased puncture resistance (optional).



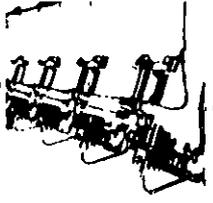
**Air Cooled Inverters**  
 One per traction motor allows better mission reliability. Air cooling eliminates the possibility of coolant leaks and environmental maintenance costs.



**Split Cooling**  
 Radiator engine air inlet temperatures resulting in better fuel efficiency, lower emissions and longer engine life.



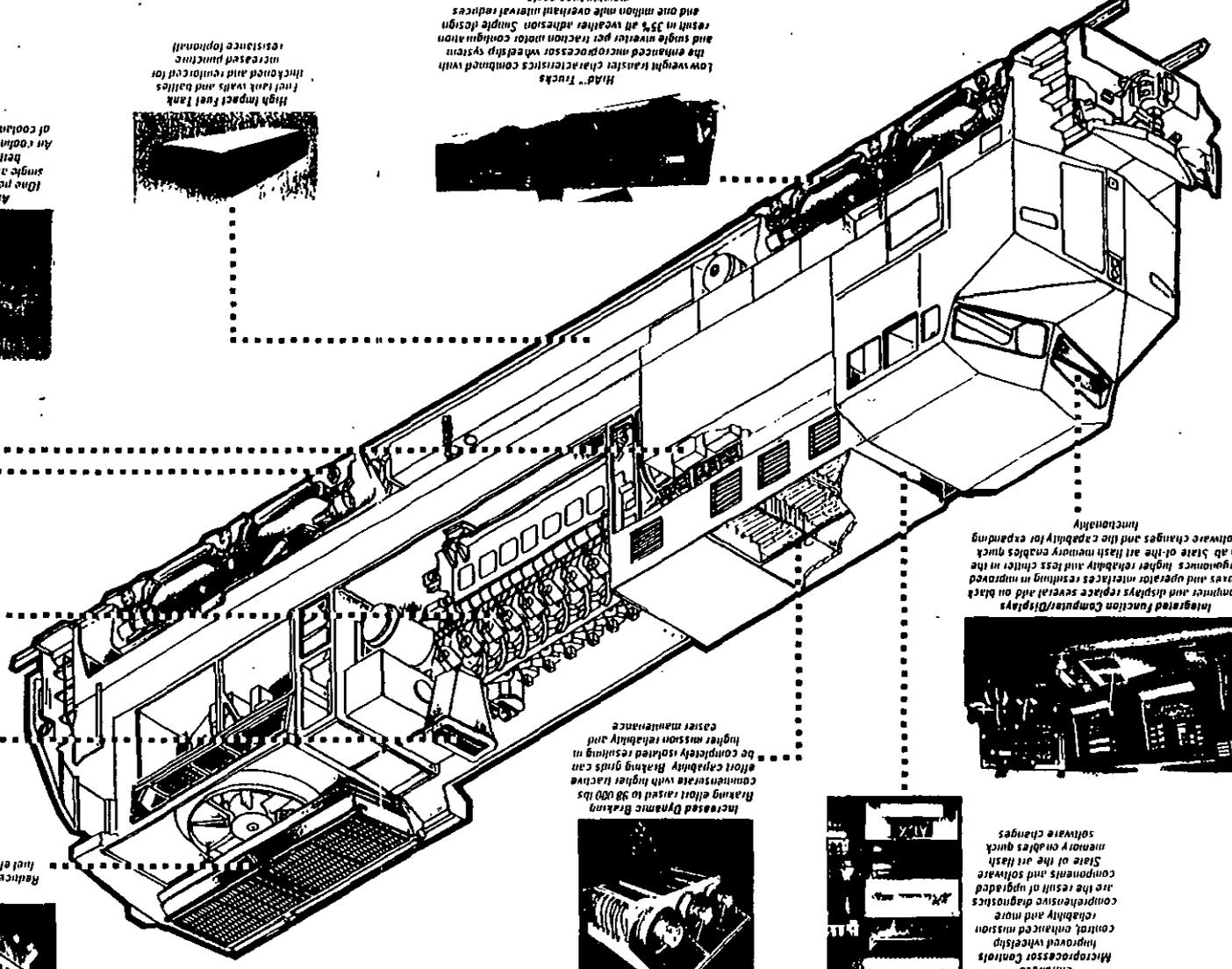
**Emissions**  
 Advanced emissions technology through electric fuel injection, split cooling and a recirculating crankcase cooler results in reduced visible and non visible emissions lessening environmental impact.



**Electronic Fuel Injection**  
 Improves fuel efficiency and emissions through better combustion efficiency, and eliminates governor, governor box, and fuel linkage maintenance.



**AC Traction Motors**  
 Provides 125,000 lbs. continuous tractive effort and 180,000 lbs. peak for ultimate, integral to axle for ultimate, integral to axle for ultimate, integral to axle for ultimate.



## Marcas y modelos:

Flota de Locomotoras correspondientes a la Empresa FERROMEX.

### FERROMEX

MARCA	MODELO	NUMERO	CANTIDAD
G.E.	C36-7	428, - 463	(20 UNIDADES)
ALCO	RSD-12	501	(1 UNIDAD)
MLW	M-420-TR	524,-534	(3 UNIDADES)
G.E.	U-23-B	540,-542	(2 UNIDADES)
BOMBARD	M-424	561,-574	(9 UNIDADES)
ALCO	M-630	707,-724	(2 UNIDADES)
E.M.D.	GP-38-2	903,-911	(9 UNIDADES)
E.M.D.	SD-45-2	912,- 919	(6 UNIDADES)
E.M.D.	GP-40-2	1004,-1036	(17 UNIDADES)
E.M.D.	SW-10	1232.-1269	(15 UNIDADES)
E.M.D.	GP.-38	2027.-2029	(3 UNIDADES)
E.M.D.	GP.-40-2	2104.-2314	(11 UNIDADES)
G.E.	C-30 SUPER-7	3000.-3010	(11 UNIDADES)
G.E.	C-30-7	3521.-3586	(3 UNIDADES)
E.M.D.	SD-40	5055.-5060	(2 UNIDADES)
E.M.D.	G-12	5809.-5875	(5 UNIDADES)
G.E.	C-30.7	6700.-6792	(26 UNIDADES)
ALCO	RS-11	7219	(1 UNIDAD)
E.M.D.	GP-38-2	8208.-8256	(27 UNIDADES)
E.M.D.	G.P.-40-2	8402.-8407	(3 UNIDADES)
E.M.D.	G.P.-40	8409	(1 UNIDAD)
E.M.D.	SD-40-2	8700.-8795	(74 UNIDADES)
E.M.D.	SW-1504	8800.-8818	(18 UNIDADES)
G.E.	U-18-B	9003	(1 UNIDAD)
G.E.	B-23-7	9172 Y 10028	(2 UNIDADES)
E.M.D.	G.P.38-2	9221.-9299	(15 UNIDADES)
E.M.D.	SD-45	9530	(1 UNIDAD)
G.E.	C-30-7	11001.-11158	(41 UNIDADES)
E.M.D.	SD-40-2	13043.-13103	(57 UNIDADES)
G.E.	C-30-SUPER-7	14000.-14091	(66 UNIDADES)
G.E.	SUPER-7 MP	15013.-15033	(21 UNIDADES)
G.E.	C-30-7	A-001.-A-009	(9 UNIDADES)

**FLOTA DE LOCOMOTORAS CORRESPONDIENTES A FERROSUR S.A. de C.V.**

<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>NUMERO</b>	<b>CANTIDAD</b>
G.E.	C-30-7	6706.-6798	(10 Unidades)
G.E.	U-36-C	8900.-8957	((6 Unidades)
G.E.	U-23-B	9102.-9115	(3 Unidades)
G.E.	B-23-7	9132.-9179	(19 Unidades)
G.E.	U-36-C	9301.-9315	(7 Unidades)
G.E.	C-36-7	9317.-9341	(15 Unidades)
MLW	M-4-24	9521.-9530	(2 Unidades)
G.E.	C-30-7	9602.-9652	(31 Unidades)
G.E.	B-23-7	10001.-10050	(21 Unidades)
G.E.	C-30-7	11008.-11120	(16 Unidades)
G.E.	B-23-7	12001.-12011	(7 Unidades)
G.E.	SUPER-7C-30	14092.-14527	(33 Unidades)
G.E.	C-30-7	6708.-6784	(8 Unidades)
G.E.	B-23-7	10011.-10051	(4 Unidades)
ALCO	C-6-28	601.-616	(4 Unidades)
MLW	C-424	3219.-	(1 Unidad)
ALCO	S-6	5302.-	(1Unidad)
ALCO	C-420	5700.-	(1Unidad)
E.M.D.	G-12	5800.-5889	(24 Unidades)
G.E.	C-30-7	6701.-6784	(11 Unidades)
E.M.D.	GP-9	7102.-	(1 Unidad)
ALCO	RS-11	7213.-7292	(11 Unidades)
ALCO	RS-12	7405.-7449	(2 Unidades)
MLW	M-630	8603.-8614	(4 Unidades)
E.M.D.	SW-1504	8807.-8859	(14 Unidades)
G.E.	U-18-B	9025.-	(1 Unidad)
G.E.	B-23-7	9135.-	(1 Unidad)
E.M.D.	GP-38-2	9211.-9297	(16 Unidades)
G.E.	U-36-C	9308.-	(1 Unidad)
E.M.D.	GP-38-2	9400.-9427	(17 Unidades)
MLW	M-4-24	9503.-9555	(14 Unidades)
E.M.D.	MP-15-AC	9822.-9825	(4 Unidades)
G.E.	B-23-7	10023.-	(1 Unidad)

**FLOTA DE LOCOMOTORAS CORRESPONDIENTE A  
TERMINAL FERROVIARIA DEL VALLE DE MEXICO.-**

MARCA	MODELO	NUMERO	CANTIDAD
ALCO	R.S.D.-12	7404.-7468	(6 Unidades)
ALCO	C-628	8300.-8328	(9 Unidades)
E.M.D.	SW-1504	8831.-8858	(8 Unidades)
G.E.	U-18-B	9009.-9017	(4 Unidades)
G.E.	B-23-7	9162.-	(1 Unidad)
E.M.D.	GP-38-2	9420.-9424	(3 Unidades)
E.M.D.	MP-15-AC	9812.-9821	(7 Unidades)
G.E.	C-30-7	11012.-11023	(5 Unidades)

**FLOTA DE LOCOMOTORAS CORRESPONDIENTE AL  
FERROCARRIL T.F.M.**

<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>NUMERO</b>	<b>CANTIDAD</b>
--------------	---------------	---------------	-----------------

E.M.D.	GP-40-2	1020.-1526	(158 Unidades)
E.M.D.	GP-40-2	2100.-2648	(186 Unidades)



## 5 CARROS

### 5.1 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Para estar en condiciones de conocer la Innovación Tecnológica, en primer lugar se debe saber el concepto de Ciencia, Tecnología e Innovación por separado, a continuación se describirán breves definiciones de cada concepto:

#### 5.1.1 CIENCIA

Se define como el conjunto de hipótesis, teorías, leyes y principios que permiten la comprensión y medición de los fenómenos de la naturaleza o las síntesis de nuevos elementos o fenómenos independientes de su aplicación práctica.

#### 5.1.2 TECNOLOGÍA

La tecnología se puede ver de diferentes formas; considerando que la misma, por un lado es parte importante del factor de la producción, como de factores de desarrollo administrativos.

La definición más simple se identifica como el "conocimiento de cómo hacer las cosas", o "conjunto de los instrumentos, procedimientos o métodos empleados en las distintas ramas industriales".

Se define la tecnología como un conjunto de conocimientos aplicados y de reglas prácticas que tienen como misión crear, modificar y valorar el entorno del hombre para satisfacer sus necesidades tal como las concibe las sociedad de la época.

Generalmente la aplicación de la tecnología a diferencia de los materiales o de otros bienes de capital, no resulta hasta que se le descubre después de sentir sus efectos y puede participar en cualquier proceso productivo, así como el administrativo.

### 5.2 ATRIBUTOS DE LA TECNOLOGÍA.

Algunos de los atributos que se le han asignado a la tecnología son los siguientes:

- **Es altamente inestable e insegura.**
- **Es rigurosa y solamente para iluminados.**
- **Es solamente para los técnicos.**
- **Esta asociada primeramente a la innovación.**
- **Es crucial para el éxito y supervivencia de la Empresa.**

#### INNOVACIÓN:

Es la herramienta específica que se utiliza como medio con el cual explotar el cambio y realizar situaciones diferentes se presta como una disciplina que puede realizarse, la gente innovadora debe investigar conscientemente las fuentes de innovación, los cambio y los sistemas de oportunidades de ser exitoso y deben conocer y aplicar los principios de esta innovación.



A consecuencia de las definiciones antes mencionadas podremos establecer que la Innovación Tecnológica ejerce una influencia poderosa, aunque en algunos aspectos invisibles sobre el estilo organizacional conjuntando los esfuerzos en el camino seguido para llegar a la Innovación Tecnológica, cuyo inicio se da con la investigación y el desarrollo de productos y servicios.

### **5.3 ASOCIACIÓN AMERICANA DE FERROCARRILES Y CARROS DE CARGA**

Históricamente la importancia del intercambio en los Ferrocarriles de Norte América ha tenido un incremento en su sistema de transportación sobre todo cuando los carros de uno y otro ferrocarril están en continuo movimiento y pasan las fronteras establecidas entre cada uno de ellos.

La única forma que se ha tenido para controlar la alta transportación de estas unidades, es por medio de la estandarización y normalización, por tal motivo la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.) ha desarrollado y establecido una serie de reglas y normas que se deben utilizar en los trabajos de intercambio, y las da a conocer por medio de publicaciones.

Las funciones para los carros de carga pueden ser categorizadas como:

- **Reglas de intercambio para carros.**
- **Reglas de estandarización y normalización.**
- **Certificación de los componentes de carros.**
- **Compensación para el uso de carros de carga.**
- **Facturación para reparaciones de carros de carga.**
- **Reglas y normas de arbitraje.**
- **Movimiento de limpieza de carros.**
- **Auditorías para la localización de carros.**
- **Actividades de servicio de los carros de carga.**

La Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.) cuenta con diferentes áreas (Comités) donde se estudian las acciones a desarrollar y una vez analizadas son sometidas a su aprobación, los principales Comités, son los siguientes:

- **El Comité de construcciones de carros de carga.**
- **El Comité de construcción de carros - tanque.**
- **El Comité de construcción de carros de carga con equipos especiales (racks para transporte de automóviles y equipos para transporte de doble estiba).**
- **El Comité de aseguramiento de Calidad.**
- **El Comité de Arbitraje.**
- **El Comité de facturación para reparación de carros.**
- **El Comité de lubricación.**
- **El Comité de ejes, ruedas, rodamiento y lubricación.**

El Comité de materiales peligrosos y otros, que estudian y desarrollan las normas para que el desempeño de los Ferrocarriles sea óptimo dándoles asesoría y soluciones a sus problemas.



Actualmente la Asociación Americana de Ferrocarriles tiene un Centro de Pruebas en Pueblo Colorado, Arizona, lugar donde se desarrollan las pruebas de partes y componentes de locomotoras y carros de carga, ya que dicho lugar cuenta con la infraestructura, recursos humanos y tecnológicos para llevar a cabo las pruebas correspondientes al tipo de material que se pretenda innovar, y si estas pruebas son positivas, se lo dan a conocer el fabricante para que posteriormente la Asociación Americana de Ferrocarriles lo publique como material confiable, y así podrá ser adquirido a los Ferrocarriles para su aplicación, también se lleva a cabo pruebas de equipos de locomotoras, en donde se realizan esfuerzos técnicos y dinámicos para comprobar que la innovación en estos puedan dar los beneficios deseados.

Como respaldo la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.) también cuenta con un Centro de Investigación Tecnológico de Desarrolla en la ciudad de Chicago, Illinois, lugar donde se llevan a cabo investigaciones más profundas y de mayor trascendencia, ya que de ahí salen disposiciones normativas para que sean acatadas por los Ferrocarriles pertenecientes a la Asociación Americana de Ferrocarriles (A.A.R.).



## 6 "COCHES PASAJEROS"

### 6.1 CONCEPTO.

El coche de pasajeros es un vehículo de transporte de personas sin propulsión propia, que forma parte de un tren, y tiene como función el traslado de origen - destino de pasajeros, este tipo de unidades fueron construidas con el propósito fundamental de operar y ser comercializadas en el sistema ferroviario, capitalizando las experiencias de los Ferrocarriles Nacionales de México en esta materia, así como el aprovechamiento de tecnologías extranjeras que fueron incorporadas para el diseño y construcción cubriendo las normas y recomendaciones internacionales.

#### 6.1.1 DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS PARTES Y EQUIPO EN ESTRUCTURA DE CAJA.

La estructura de la caja es similar a la de una viga de construcción homogénea, compuesta en su conjunto por un bastidor inferior, bastidores de costado y techo, cerrándose en los extremos por los frentes.

El diseño es de una forma tubular integral, garantizando que todos los elementos sean de carga, incluyendo el revestimiento exterior de los techos, costados y frentes.

Este principio de diseño conjuntado con los de construcción y ensamble, tienen como propósitos obtener una reducción máxima de peso compatible con los imperativos de resistencia, vida y seguridad.

La estructura como conjunto esta concebida para cumplir con las cargas y resistencias estipuladas por la A.A.R. en su sección de construcción de equipo para pasajeros.

Adicionalmente a lo anterior, la caja tiende a resistir los esfuerzos originados por los siguientes conceptos:

- **Equipos y suministros de servicio.**
- **Peso de pasajeros y equipaje.**
- **Esfuerzos de rodamiento.**
- **Levantamiento con gatos en labores de mantenimiento.**
- **Izamiento con grúa en caso de accidente.**

El proceso de ensamblaje se efectúa por medio de soldadura eléctrica, la que cumplió como mínimo con lo previsto en los manuales de diseño.

La estructura de la caja esta diseñada para soportar las condiciones de carga y operación señaladas anteriormente, sin sufrir fatigas, deformaciones permanentes o rupturas. Asegurando bajo estas condiciones una vida útil mínima de 40 años.



Finalmente su diseño está concebido para poderse adaptar sin modificaciones estructurales a todos los servicios indicados.

## **6.2 TIPOS DE COCHES**

### **6.2.1 DORMITORIOS.**

Estas unidades fueron desarrolladas para complementar las características de comodidad y confort dentro de los coches de pasajeros, teniendo como principal función proporcionar todos los elementos integrantes del mobiliario para que el pasajero disfrute una estancia agradable en su recorrido.

Regularmente este tipo de coches dormitorio utilizado para tramos largos de recorrido, cuentan con un comportamiento individual, reuniendo las siguientes características:

- **Asentamiento de día que se convierte en cama de noche**
- **Servicio sanitario con todos los servicios de agua fría y caliente.**
- **Luz de lectura, luz de día.**
- **Aire acondicionado.**
- **Ventilación, etc.**

### **6.2.2 COMEDORES.**

El coche comedor cumple principalmente la función de proporcionar alimentación a los pasajeros que utilizan los servicios de transportación, por este medio, cumpliendo las siguientes características:

- **Cuenta con una cocina en uno de los extremos, totalmente avituallada donde se preparan los alimentos en frío y caliente, según el menú que se sirva.**
- **Proporciona el servicio de bebida (no alcohólica) para disfrutar los alimentos que se consumen, cuenta con una distribución a lo largo de la unidad, mesas, sillas y mantelería, reuniendo todos los servicios para este fin.**
- **Cuenta con personal que brinda los servicios de capitán de meseros, así como cocineros que brindan al pasajero un servicio más completo.**

### **6.2.3 COCHE OBSERVATORIO.**

Es un coche de diseño y construcción especial, ya que en uno de sus extremos tiene una barra (cantina), donde los pasajeros toman un descanso en el recorrido que realizan, este coche tiene distribuido a lo largo de su interior, mesas y sillas para mejor confort del pasajero y donde pueden realizar juegos o pasatiempos para amenizar su recorrido.

Este tipo de coche cuenta en sus costados con ventanas panorámicas que nos permiten apreciar la belleza natural durante el recorrido, con el propósito de brindar un mayor confort al usuario. Cuenta con personal para brindar el servicio de bar, desde el cantinero hasta el personal que sirve. Asimismo este coche cuenta con los servicios de aire acondicionado.



#### **6.2.4 COCHE PRIMERA ESPECIAL.**

Es un coche que en su diseño de construcción donde se aprovecho su interior para fijar asientos sobre los costados para cubrir la demanda de pasajeros, ya que capacidad de este coche puede absorber hasta 72 personas cómodamente sentadas.

Esta unidad cuenta en sus extremos sanitarios para damas y caballeros, ventanas en los costados para apreciación del recorrido, cuenta también con los servicios de aire acondicionado y calefacción. Con un sistema de alumbrado por un motor - generador que va fijado en uno de los costados inferiores del coche. También reúne todos los componentes mecánicos para su desplazamiento, con el propósito de brindarle al usuario, seguridad y comodidad.

#### **6.2.5 COCHE PRIMERA**

Esta unidad fue construida en un diseño austero, ya que aprovecha su espacio interior para aplicar asientos a los costados del coche, teniendo también en lo extremos los sanitarios correspondientes a damas y caballeros, así como las ventanas por cada costado, alumbrado ordinario y reuniendo las características mecánicas para su desplazamiento y seguridad del usuario. Este tipo de coche brinda una labor social importante, trasladando a un precio económico mayores volúmenes de pasaje.

#### **6.2.6 COCHE SEGUNDA.**

Este tipo de coches al igual que el anterior, es de construcción austera y reúne las características de asientos, sanitarios, ventanas y es de mayor capacidad, para personas de escasos recursos, también cubre los aspectos técnicos y mecánicos para su desplazamiento y seguridad.

#### **6.2.7 COCHE CORREO.**

La construcción y diseño de este coche fue para aprovechar su espacio interior para el traslado de paquetería generada por el servicio postal, ya que anteriormente existía una gran demanda para este tipo de servicios (envío de cartas de un lugar al otro), esta unidad estaba equipada con unos separadores para fijar los bultos de correspondencia y así la clasificaban de acuerdo a su destino o lugar que le correspondía.

Cuenta con los servicios sanitarios, alumbrado, con una puerta en cada extremo y una en cada costado, reuniendo las características mecánicas para su desplazamiento y seguridad.

#### **6.2.8 COCHE EXPRESS**

Este tipo de coche fue construido para aprovechar su interior para el traslado de mercancías de diversos tipos que requerían ser entregados a su destino, pero que no rebasaran cierto límite de tiempo, ya que parte de estos productos eran de carácter perecedero.

Estas unidades cuentan con los servicios sanitarios, alumbrado, con una puerta en cada extremo y una en cada costado, reuniendo las características mecánicas para su desplazamiento y seguridad.



### **6.2.9 COCHE ESPECIALES.**

Este tipo de unidad, su construcción y diseño se elaboró para brindarle a los usuarios un alto confort, ya que en el interior de éste reúnen las siguientes características:

- **En uno de sus extremos tiene una cocina totalmente equipada.**
- **Un comedor reuniendo las características de servicios requeridos.**
- **Una serie de gabinetes individuales, con los siguientes conceptos:**
  - Cama.**
  - Servicio de sanitario completo.**
  - Alumbrado individual y nocturno.**
  - Ventilación y aire acondicionado.**
  - Y un bar - observatorio en el extremo opuesto del coche, vitallado para satisfacer las necesidades del servicio, asimismo este tipo de coches están totalmente equipados y con un grupo electrógeno, cubriendo así los aspectos técnicos y mecánicos para su desplazamiento, para brindar confort y seguridad.**

F. CM tiene en propiedad varios coches de este tipo. Para cubrir el traslado de funcionarios o para diversos eventos sociales (filmaciones de películas) y otros.

## **6.3 ESTRUCTURA COMPONENTES PRINCIPALES**

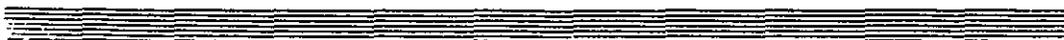
### **6.3.1 LARGUERO CENTRAL.**

1.- El larguero central, es la base de la estructura de la caja y tiene forma de una viga longitudinal para que sean adaptados los largueros de costado e intermedios a lo largo de esta para proceder al ensamblaje de la estructura de la caja soportando las condiciones de carga y operación y ensamble de la caja.

El ensamble de la caja apoyado en el larguero tiende a satisfacer todas las condiciones del servicio para dar una protección eficaz al usuario y facilitar su mantenimiento.

### **6.3.2 BASTIDORES.**

Los coches de pasajeros que circulan en líneas de ferrocarril de 1a clase, están fabricados con materiales de la mejor calidad bajo las normas internacionales vigentes y para la fabricación de los bastidores, estos son del tipo mecánico - soldado de forma geométrica, compuesto de secciones tubulares, y están fabricados en acero de alta resistencia, los equipos de este tipo .el . F. c.M tiene en propiedad están ensamblados a base de soldadura eléctrica y utilizan materiales de aporte eléctrico de acuerdo a las normas AWS con electrodos sin revestir, posteriormente y antes de soldar el bastidor es sometido a un revelado de esfuerzos donde se avalan las tensiones internas para que estos garanticen su funcionalidad.



### 6.3.3 TRUCKS.

Características Generales:

Ancho de Vía	1.435(1' - 8 1/2")
Radio mínimo de curvatura horizontal (Teniendo en el coche una base rígida de curvatura constante 15 Grados Métricos)	76.631 m
Velocidad máxima	90 km/hr
Pendiente máxima	4.5%

### GENERALIDADES

Como requisito general de operación y mantenimiento que satisfacen el diseño y construcción de los trucks cubriendo los siguientes conceptos:

- Tienen una capacidad para circular con eficiencia y seguridad por todas las vías del sistema ferroviario nacional.
- Capacidad óptima para absorber irregularidades verticales y horizontales de la vía que permiten disminuir al máximo los parámetros amplitud y frecuencia de las vibraciones y aceleraciones transmitidas al cuerpo del coche.
- Bajo nivel de ruido y máximo confort de marcha.

Cuentan con requerimientos mínimos de mantenimientos, reduciendo los elementos de superficies de desgaste, y previniendo además el fácil acceso, desmontaje y montaje de todos los elementos de reemplazo en los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

### 6.3.4 SISTEMAS DE FRENOS.

El sistema de frenos y equipo neumático destinado al servicio de pasajeros, incluye para su funcionalidad lo siguiente:

- Sistema de frenos automático operado en servicio normal, de emergencia y relevado.
- Sistema de elevación de agua, transportando ésta neumáticamente desde el depósito a los sitios del coche donde se requiera.
- El sistema de señalización es neumática, el cual provee un medio de comunicación entre cada coche y la locomotora.

Básicamente el sistema de frenos y equipo neumático, consiste de una válvula de control, la cual constituye el cerebro del sistema y un grupo de válvulas complementarias y depósitos, cuyas funciones, en forma conjunta, determinan el buen funcionamiento del sistema

La distribución tanto de las válvulas como depósitos es tal, que interconectándose apropiadamente bajo el bastidor del coche permite las tres funciones antes mencionadas.

Como complemento del sistema de frenos, se tiene montados en cada truck del coche, cilindro de freno que directamente conectados al sistema, aplican y relevan sus frenos de una manera gradual y sin vibraciones, brindando un buen confort a los pasajeros.



### **6.3.5 SISTEMA DE ACOPLAMIENTO.**

Este sistema esta formado por los elementos convenientes para garantizar el amortiguamiento de las cargas aplicadas en compresión y tracción, para evitar que estas se transmitan íntegramente a la estructura de la caja. Estos están instalados en cada extremo, longitudinal de la estructura, conocida como larguero central.

El acoplador es del tipo de enganche universal con cabeza antitelescopiante para coches de pasajeros y con zanco del tipo radial, tiene la longitud adecuada para no tener problemas con los grados de curvaturas horizontales y verticales, cuenta con los elementos de conexión adecuados entre acoplador y yugo, para cumplir con las características de operación.

El yugo tiene el diseño adecuado para permitir el alojamiento y operación del sistema de amortiguación, en las diferentes cargas aplicadas y permitiendo la correcta operación del acoplador en curvas horizontales y verticales, y en donde la caja del impacto, conjuntamente con el aparejo de tracción es la suficientemente adecuada.

En cada pieza del acoplador tiene una barra de conexión inferior, que permite su desacoplamiento automático por cada lado del coche.

### **6.3.6 REVESTIMIENTO Y FORROS INTERIORES.**

La estética, confort, seguridad y buena presentación, son los requisitos en la selección de los materiales para los interiores, la de los colores y sus combinaciones así como las formas, rotulación y acabados.

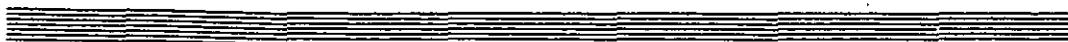
Adicionalmente las características de los materiales reúnen los requerimientos siguientes:

- **La pintura interior debe ser resistente al desgaste y ralladuras, y es de fácil mantenimiento.**
- **La decoración interior fue seleccionada sobre ilustraciones pictóricas y maquetas y otros medios.**
- **El montaje de los paneles de diseñado bajo el precepto de modularidad y es fácil de desmontaje para que en sus filmaciones se evite las vibraciones y ruidos.**

### **6.3.7 AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO**

Por las condiciones climatológicas que se presentan en la República Mexicana, la sección correspondiente a los comportamientos de pasajeros, en las unidades asignadas a este servicio, están debidamente protegidos con un aislamiento acústico.

Este material se le coloco entre el revestimiento exterior y los forros interiores y son resistentes a la humedad, no combustibles y no degradables, y sus características soportan las temperaturas de medio ambiente en los recorridos origen - destino, y evitan los ruidos externo (por operación) y las vibraciones.



### 6.3.8 DIMENSIONES GENERALES.

Las dimensiones generales de los coches de pasajeros son las siguientes:

DESCRIPCIÓN	SISTEMA MÉTRICO	SISTEMA INGLES
Longitud total (entre muelas cerradas de acopladores)	25 908 mm	85' - 0"
Longitud exterior del coche (caja)	25 070 mm	82' .3"
Ancho máximo total incluyendo pasamanos	3 200 mm	10' - 6"
Ancho exterior del cuerpo del coche	3 048 mm	10' - 0"
Altura del hongo del riel a la línea de acoplador.	876 mm	2'10 - 1/2"
Altura del hongo del riel al piso	1 283 mm	4' - 2 - 1/2"
Altura del hongo del riel al primer escalón del estribo.	443 mm	1' 17/16"
Base rígido del coche (distancia entre centros del truck)	18 136 mm	59' - 6"
Altura máxima del hongo del riel a la parte superior del techo	4 115 mm	13' - 6"

### 6.3.9 GRUPO MOTOR GENERADOR (ELECTRÓGENO)

El suministro de energía eléctrica para cada coche, es proporcionada por un grupo electrógeno, capaz de suministrar la energía suficiente en función de la carga instalada teniendo en consideración las variaciones de voltaje y frecuencia permitidas para este tipo de instalaciones eléctricas reuniendo las características generales de este grupo como sigue:

- **Motor de combustión interna a diesel enfriado por aire.**
- **Generadores de corrientes alterna autorregulable, 3 fase 220/440v. 60 hz.**
- **Filtros adecuados para la succión del motor de combustión interna.**
- **Fácil accesibilidad para la inspección y mantenimiento de rutina.**
- **Con un sistema de arranque en la unidad a través de un banco de baterías de 12v. y con una capacidad y un circuito de carga en operación.**
- **Teniendo dispositivos de arranque y control, tanto en la unidad como en el tablero general, localizado en uno de los vestíbulos, igualmente están previstos puentes flexibles de intercomunicación de un coche a otro.**

### 6.3.10 AIRE ACONDICIONADO (REFRIGERACIÓN - CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN).

Los coches de pasajeros con la clasificación de primeras especiales, dormitorios, comedores y observatorios. cuentan con una unidad central tipo paquete de servicio múltiple para suministrar aire frío, aire caliente y ventilación con una capacidad adecuada para proporcionar condiciones de confort en el interior del comportamiento de pasajeros. La localización de este paquete y algunos de sus componentes están fijados en la parte inferior del bastidor a un costado del coche para aprovechar su eficiencia y prever el fácil montaje y acceso para facilitar los trabajos de mantenimiento preventivo y/o correctivo.



La distribución es a base de ductos y difusores en la parte central superior, para el aire frío y ventilación, en la parte inferior de los costados para la calefacción, contando en todos los casos las mejores condiciones de aislamiento, distribución de salidas, para optimizar las condiciones de confort en el interior del comportamiento de los pasajeros, y adicionalmente reúne las condiciones de balance entre la recirculación y suministro de aire nuevo a base de ventiladores.

### **6.3.11 EJES Y RUEDAS**

#### **RUEDAS.**

Los coches de pasajeros tienen el diámetro de sus ruedas es de 36" y su perfil A.A.R. B1 (diseño), se adapta al perfil de las vías del Sistema Ferroviario Nacional e Internacional (América del Norte), en su fabricación se emplea acero forjado especificación A.A.R. M-107.

Estas ruedas tienen permitido un desgaste en el perfil (pisada y ceja) de acuerdo a los patrones de escatillones A.A.R., sin afectar las condiciones de servicio, su diseño le permite el reperfilado (tomeado) de la pisada y ceja por lo menos tres veces.

#### **EJES.**

Los ejes se diseñan en base a la concepción general del truck, y se consideró que estos se fabrican de acero forjado totalmente maquinados, respetando las normas internacionales y su capacidad de carga.

Las cajas de rodamientos selladas, están diseñadas para soportar la suspensión primaria, permitiendo su libre funcionamiento y abarca las características mecánicas para soportar las condiciones dinámicas.

La distancia entre ejes del truck, así como la conocida (perfilado) equivalente de las ruedas, son más adecuadas, con el propósito de garantizar la estabilidad y seguridad de marcha del coche.



### 3.12 ALUMBRADO.

En los coches destinados a los servicios de primera regular, primera especial y dormitorios tienen cuatro sistemas de alumbrado clasificados en el siguiente orden:

- Normal.
- De emergencia.
- Nocturna.
- Individual (para lectura).

**El alumbrado normal, esta constituido por lámparas slim - line, de encendido instantáneo.**

**El alumbrado de emergencia, esta constituido por lámparas incandescentes alojadas en las luminarias del alumbrado normal.**

**El alumbrado nocturno, se aprovecha de las mismas lámparas y luminarias que el de emergencia.**

**El alumbrado de lectura, es a base de lámparas incandescentes y sus luminarias son las adecuadas para la lectura individual.**

La cantidad y ubicación de luminarias así como de los niveles de iluminación y controles, son los adecuados, según los tipos de alumbrados y clases de servicio a que estén destinados los coches de pasajeros, brindando confort, apariencia, estética y comodidad para el pasajero y cubriendo los conceptos de seguridad, eficiencia y fácil mantenimiento.

### 6.3.13 SANITARIOS.

Los servicios de sanitarios cuentan con los siguientes servicios básicos:

- **Servicio para damas y caballeros en coches de pasajeros de primera regular, primera especial y dormitorios.**
- **Cada sanitario esta equipado básicamente con: excusado, lavabo, pasamanos, toallero, espejo, gancho para ropa, portarrollo de papel sanitario, extracción de aire, alumbrado, servicio de agua incluyendo el requerido para la limpieza y papelería de desperdicio.**

La localización de estos servicios se encuentran en uno o en ambos extremos del coche, dependiendo de la mejor funcionalidad y aprovechamiento de las áreas asignadas para este uso.



#### **6.3.14 SISTEMA HIDRÁULICO.**

Para el servicio de agua fría y caliente en los coches de pasajeros ( 1a esp. Dormitorios - Comedores y observatorios) cuentan con un sistema hidráulico, conteniendo básicamente los siguientes componentes principales:

**Tanque de almacenamiento general de acero inoxidable con capacidad para 1,200 lts. estando ubicado en la parte inferior del bastidor del coche y asegurado con soportes convenientes para su mayor seguridad. Este tanque esta protegido con aislante térmico y previsto de tapa inferior para drenaje teniendo entradas para llenaderas por ambos costados.**

**Su operación es a base de aire comprimido, alimentado del sistema automático de frenos.**

**La alimentación a los servidores es a través de dos tuberías, una para agua fría y otra para agua caliente, la primera de ellas es para suministrar a lavabos, sanitario, bebedores y servicios de limpieza, y la de agua caliente únicamente en lavabos.**

#### **6.3.15 INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE LOS COCHES DE PASAJEROS.**

A través del tiempo los fabricantes de equipo se han encargado de realizar investigaciones para desarrollar nuevas formas de los coches de pasajeros que permitan incrementar la comodidad y el confort, así como la seguridad del equipo que transita por la vía.

Estas Innovaciones Técnicas nos permiten en la actualidad contar con equipos más seguros, eficientes y más cómodos que garantizan una feliz estancia del pasaje en su recorrido.

Los Ferrocarriles de Primera Clase han desarrollado Coches de Pasajeros donde se puede incluir los Coches Dormitorio, Comedor, de Primera Clase y Segunda Clase, etc., modificando los elementos que componen estos equipos, optimizando las siguientes características:

- Formas aerodinámicas que le den velocidades cumpliendo con las reglas de seguridad que establecen los Organismos internacionales.**
- Aplicación de asientos que hagan más cómodo el traslado a los pasajeros.**





## 6.4 UNIDADES DE CARGA

### 6.4.1 DEFINICION.

Vehículo para el transporte de carga de materiales en general, según su construcción y asignación. No dotados de medios de propulsión.

### 6.4.2 COMPONENTES PRINCIPALES

Todas las unidades de carga de material en general están compuestas de:

1. Trucks
2. Larguero central
3. Cuerpo del carro
4. Aparejo
5. Sistema de frenos

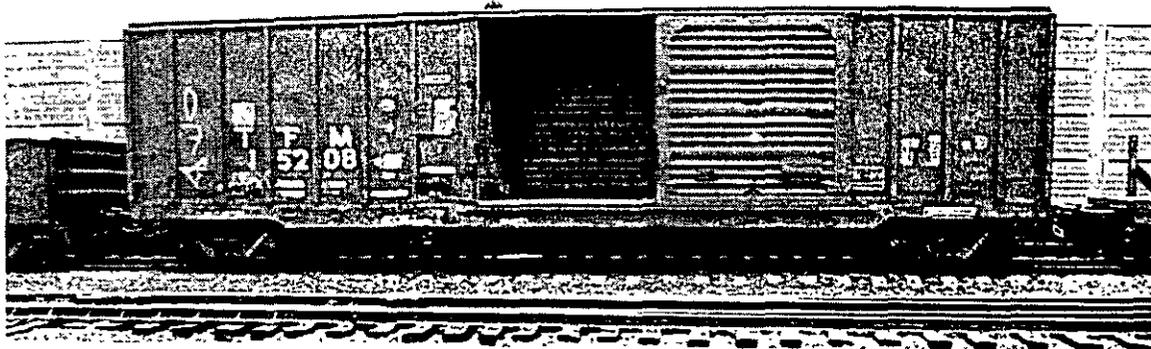
\* **TRUCKS:** Es un dispositivo con dos pares de ruedas, un travesero, dos bastidores, dos nidos de resortes, dos retrancas, dos palancas y soportes para soportar el peso del cuerpo del carro.



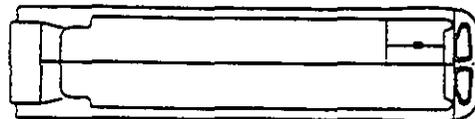
\* **LARGUERO CENTRAL:** Es la columna vertebral de las unidades de carga, su función es la de soportar el peso de las unidades entre los trucks.



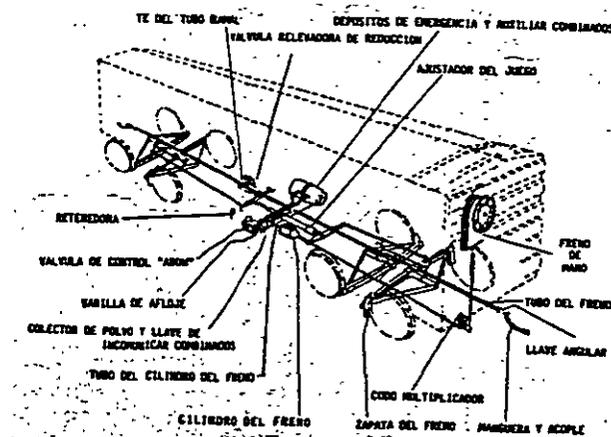
\* **CUERPO DEL CARRO:** Parte del carro donde se contiene la carga y/o material para su transporte.



\* **APAREJO** Dispositivo que transmite los esfuerzos del acoplador al larguero central, amortiguando los impactos recibidos en el tope o acoplador, evitando daños a la estructura del carro o a la carga.



\* **SISTEMA DE FRENOS:** Conjunto de dispositivos que sirven para el frenado de las unidades de carga.



Hay varios fabricantes autorizados en la construcción de carros que elaboran otros tipos de cada ( parte - componente ) en :

- a) Trucks
- b) Bastidor inferior
- c) Cuerpos de carros

para el servicio ferroviario.

Los carros de carga se construyen y mantienen de acuerdo con las normas establecidas por la DIVISION MECANICA DE LA ASOCIACION DE FERROCARRILEROS AMERICANOS ( A.A.R. ).

**\* CUERPO DEL CARRO**

Parte del carro donde se contiene la carga y/o material, usando diferentes tipos de compartimientos sobre los bastidores, tales como:

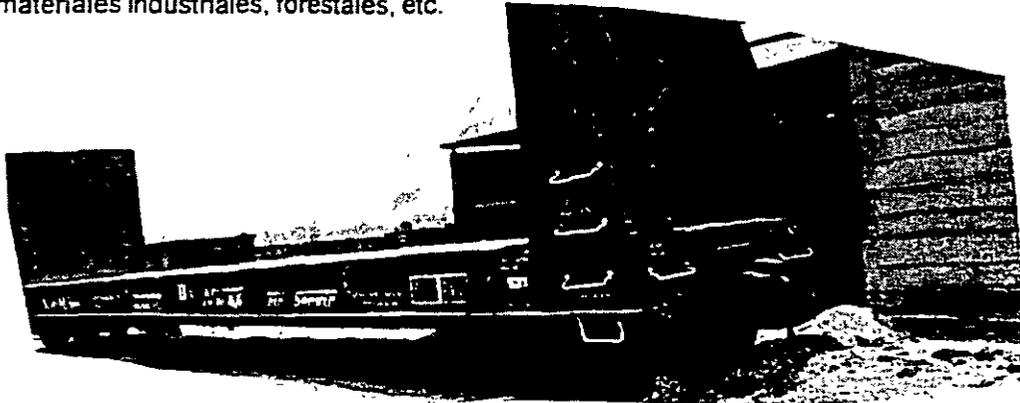
- A) Un tonel o tanque
- B) Una caja o furgón
- C) Otros compartimientos cubiertos

A). \* TONEL O TANQUE: Unidad de carga utilizada para el transporte de líquidos de cualquier tipo ( aceites, químicos y otros ).

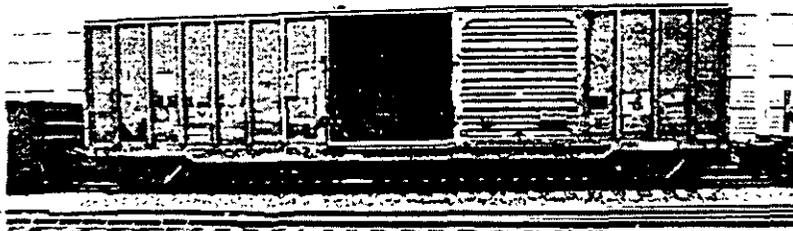




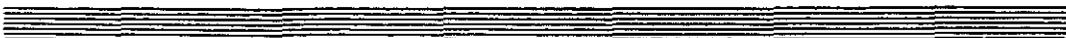
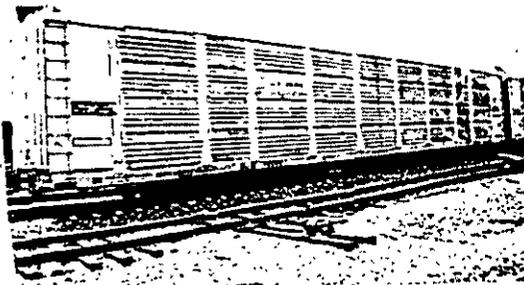
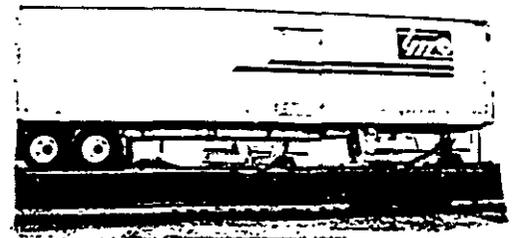
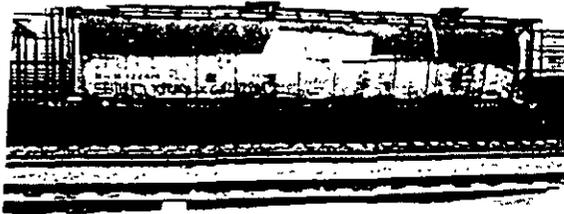
B). \* **PLATAFORMA:** Unidad ferroviaria, equipada especialmente para transportar trailers, contenedores o cuerpos de remolques desmontables para servicios de carga, así como en el transporte de materiales industriales, forestales, etc.



C). \* **FURGON:** Carro de ferrocarril en forma de una caja que se emplea para transportar carga que requiere protección contra la intemperie o inclemencia del tiempo, equipado con puertas laterales en ambos lados.



D). \* **OTROS:** Tolvas abiertas y cubiertas, Góndolas abiertas y cerradas, Tanques, Jaulas, Racks, etc.



**Partes generales del cuerpo del carro ( según uso o aplicación )**

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. Postes               | 9. Larguero central       |
| 2. Torna puntas         | 10. Larguero lateral      |
| 3. Techo                | 11. Cabezal.              |
| 4. Contravara           | 12. Travesero de cuerpo   |
| 5. Forro                | 13. Travesero auxiliar    |
| 6. Puertas o compuertas | 14. Tonei                 |
| 7. Piso                 | *15. Válvula de seguridad |
| 8. Frentes              | *16. Válvula de descarga  |

\* Esto es un caso de unidades cerradas que transportan productos peligrosos.

A través del tiempo se construirán carros de carga para transportar casi todos los productos posibles.

**\* SISTEMA DE FRENO:**

Conjunto de dispositivos que sirven para el frenado de las unidades de carga, donde los cilindros del freno están montados en cada una de sus retrancas o a los trucks.

**6.4.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENO**

**\* FRENOS DE AIRE AUTOMATICO.-**

Dispositivo neumático que se utiliza en las máquinas y en los carros para cargar los depósitos auxiliares y de emergencia, para aplicar y aflojar el freno.

Esta válvula se divide en tres partes, porción de emergencia, soporte para tubos y porción de servicio.

En el sistema de freno neumático el aire se almacena en depósitos individuales en el carro, en la cual la válvula de operación origina que se aplique o releve el freno por medio del cambio de presión en el tubo del freno, una reducción en la presión en el tubo del freno, una reducción en la presión del tubo del freno origina que el freno se aplique y haya un aumento en la presión del tubo del freno, esto origina que el freno se releve.

**\* AJUSTADOR AUTOMATICO.-**

Ajustador de juego mecánico de doble acción completamente automático diseñado para controlar positivamente y con seguridad del pistón del cilindro del freno en función del desgaste de las zapatas del freno.



### \* TUBO DE FRENO.

En la sección de la tubería del freno de aire de un carro ó locomotora que actúa como tubo abastecedor para los depósitos y en el caso de los frenos neumáticos plenos, es la única conexión por medio de la cual los frenos de los carros son controlados por el maquinista.

El tubo es por lo general de 1-1/4" de diámetro interior, y se extiende desde un extremo del carro al otro.

En los extremos llevan mangueras flexibles que proporcionan las conexiones entre los carros, cuando se forma un tren y todos los tubos de freno de los carros, están conectados, la tubería a todo lo largo del tren se llama "LINEA DE TREN".

### \* LINEA DE TREN.

Un tubo instalado a lo largo de la unidad de arrastre, que es conectado a las unidades adyacentes utilizando mangueras y por medio de la cual se suministra el aire necesario a los dispositivos auxiliares y de emergencia para controlar la operación del sistema de freno a través de la válvula de control.

### \* APAREJO DEL FRENO.

Es un conjunto de herrajes que a continuación se indican:

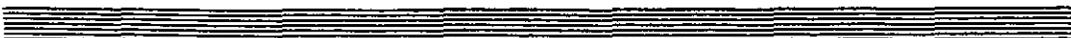
- VARILLAS,
- FULCROS,
- RETRANCAS,
- PALANCA VIVA Y PALANCA MUERTA, DEL TRUCK,
- ESCALA,
- BARRA DE FONDO,
- ZAPATAS
- TIRANTE SUPERIOR
- PALANCA MUERTA DE CILINDRO
- PALANCA VIVA DE CILINDRO
- AJUSTADOR AUTOMATICO
- FRENO DE MANO

Es el sistema completo de conexiones asociados que sirven para multiplicar la fuerza por la presión del aire en el cilindro del freno y transmitirla a las zapatas, el aparejo del freno ya montado al bastidor del carro o a los trucks.

### \* FRENO DE MANO.

Un mecanismo operado manualmente por medio de un volante ó palanca para forzar las zapatas del freno contra la pisada de la rueda ó superficie de disco.

Todos los carros y locomotoras tienen un aparato de freno que permite aplazar manualmente el freno.



**\* FRENO DE DISCO.**

Es un dispositivo cilíndrico del freno y las palancas del freno que fuerza las zapatas o balatas contra un disco sujeto en la parte del eje de las ruedas.

**\* CILINDRO DE FRENO.**

Cilindro en el que el aire comprimido actúa sobre la superficie de un émbolo para que este transmita la fuerza del aire al aparejo del freno "WABCO" y este, a su vez, haga que las zapatas se apliquen contra las ruedas.

**\* LLAVE ANGULAR.**

Válvula localizada en cada extremo de una unidad de arrastre para abrir o cerrar el paso al aire comprimido al tubo del freno.

**\* COLECTOR Y LLAVE DE INCOMUNICADO COMBINADO.**

Este aparato es una combinación de dos accesorios en el ramal del tubo hacia la válvula de control del freno, el colector centrífugo de polvo que protege a la válvula de control contra la entrada de suciedad y la llave de incomunicado que abre (manija vertical) ó cierra (manija horizontal) la comunicación entre la válvula de control y el tubo del freno.

**\* VALVULA RELAY DE REDUCCION.**

El objeto de la válvula relay de reducciones es proporcionar en carros largos, un escape local adicional en la presión del tubo del freno, durante aplicaciones de servicio como de emergencia de los frenos.

**\* DEPOSITO AUXILIAR.**

Deposito metálico que sirve para almacenar aire comprimido proveniente del tubo de freno que permite efectuar más aplicaciones.

**\* DEPOSITO DE EMERGENCIA.**

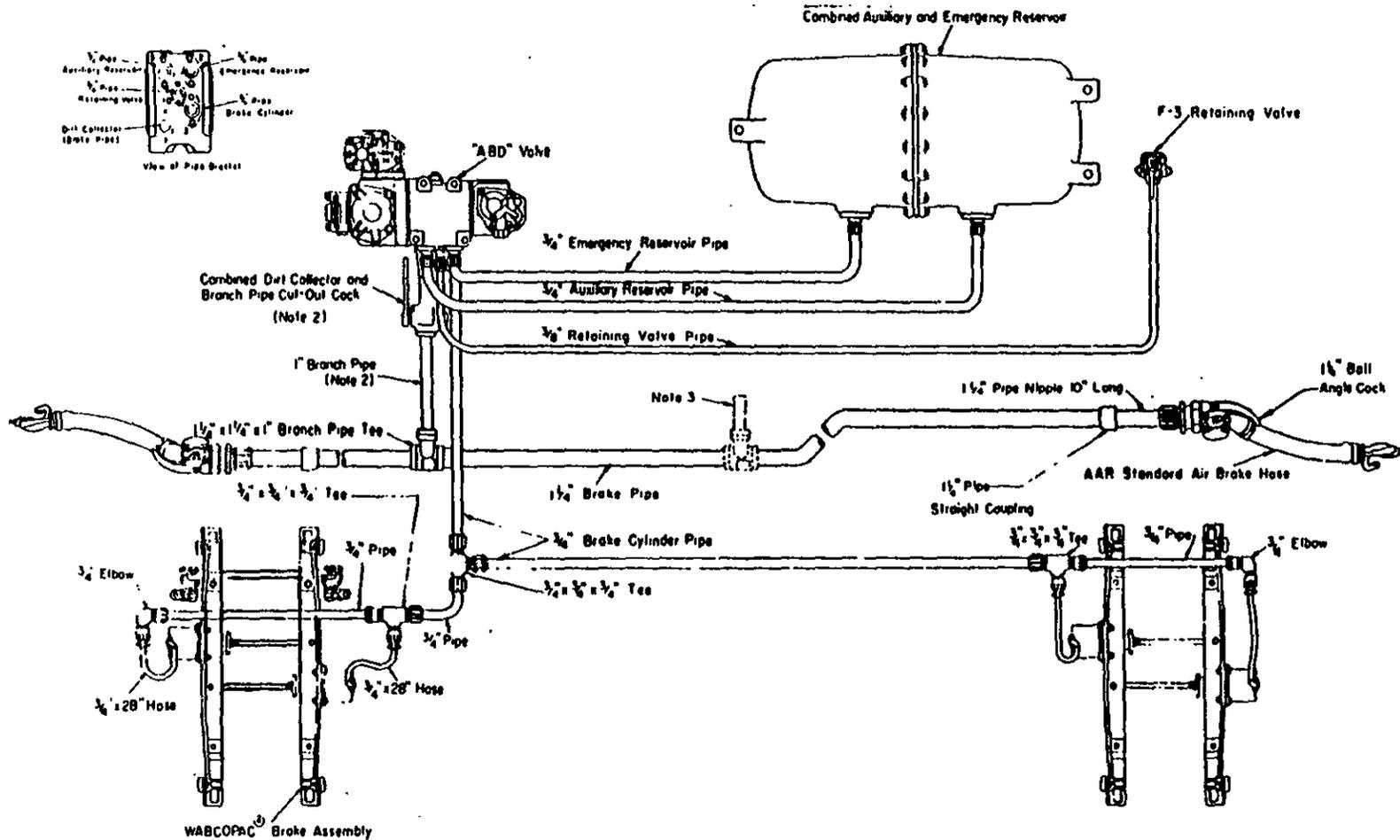
Deposito metálico que sirve para almacenar aire comprimido proveniente del tubo del freno que permite efectuar más aplicaciones ó de emergencia.

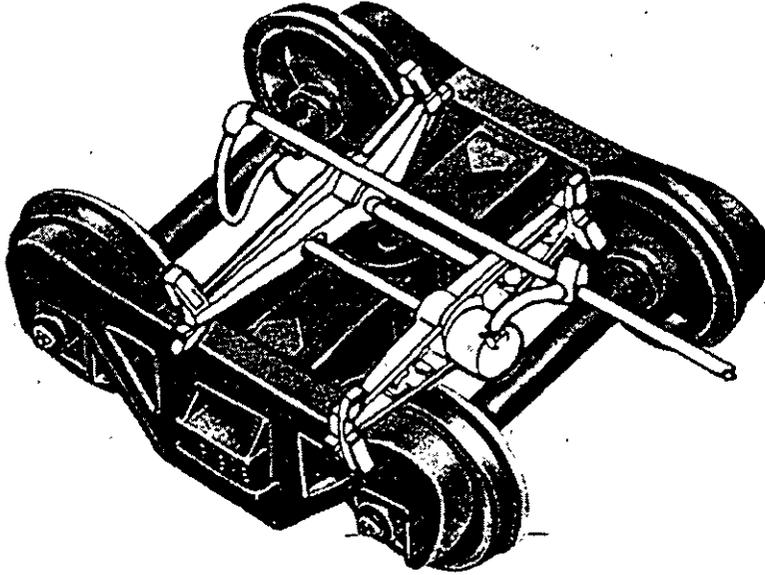
**\* VALVULA DE RETENCION.**

Es un dispositivo por medio del cual puede retenerse cierta parte de la presión del cilindro del freno para ayudar a retardar la aceleración del tren en las pendientes descendentes con el propósito de controlar la velocidad del tren, hay dos tipos de válvulas de retención, la estandar y de tres posiciones.



Sistema de Frenos de Aire





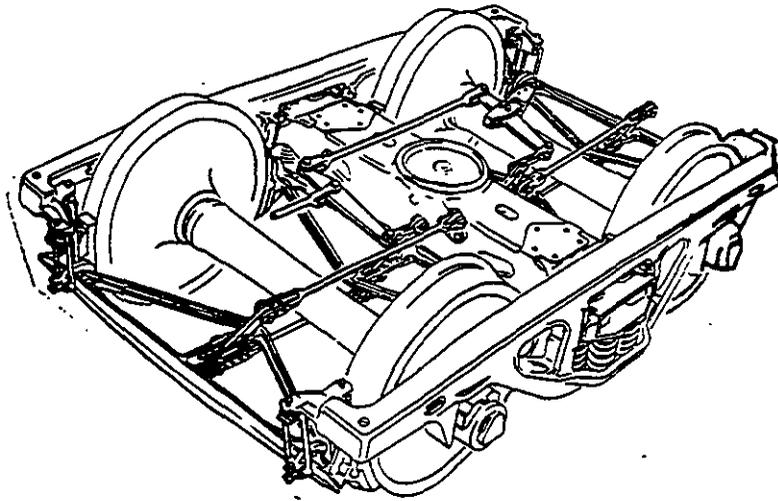
TRUCK PARA CARRO DE CARGA, EQUIPO WABCOPAC

## **6.5 TRUCK**

Es un dispositivo con dos partes de ruedas, un travesero, dos bastidores, dos nidos de resortes, dos retrancas, dos palancas y soportes para sostener el peso del cuerpo del carro.

### **COMPONENTES DEL TRUCK**

- 1.- Dos bastidores laterales (acero integral).
- 2.- Un travesero de truck (con plato integral, con un barreno donde se instala el perno del centro).
- 3.- Dos pares de ruedas (montadas en sus ejes).
- 4.- Dos juegos de pasaderas en sus cajas y rodillos (un juego por cada lado del travesero del truck).
- 5.- Cuatro retrancas (con sus chavetas, barra de fondo y escala de ajuste).
- 6.- Dos palancas (una muerta y una viva, tirante superior, pernos de conexión, dos juegos de resortes) (nidos).



El truck también cuenta con un arreglo para el aparejo del freno.

Los trucks de un carro proporcionan el soporte para el cuerpo, dándole al carro la movilidad necesaria para la oscilación en curvas.

Los trucks están fabricados de acero fundido, excepto en casos especiales, donde el transporte de carga son lo más pesado.

#### **ELEMENTOS DE SEGURIDAD.**

Son componentes específicos que se requieren en los carros de ferrocarril, tales como:

- a) Pasillos.**
- b) Escaleras.**
- c) Pasa manos.**
- d) Etribos.**
- e) Repisas de freno.**
- f) Palancas para desacoplar.**

Estos elementos son de gran importancia para la seguridad de las cuadrillas del tren y para otras personas que cuyas labores realizan en el equipo.

El diseño, ubicación y mantenimiento es una norma aplicada para la seguridad de la gente, elementos que están estrictamente regulados por el departamento de transporte del gobierno federal.

## **6.6 DEFINICION DE LA A.A.R.-**

Los carros de carga se construyen y mantienen de acuerdo con las normas establecidas por la DIVISION MECANICA DE LA ASOCIACION DE FERROCARRILEROS AMERICANOS (A.A.R.).

### **6.6.1 DESIGNACION A.A.R.-**

Designación mecánica que se le da a los tipos de carros para identificarlos del tipo de flete que son requeridos para mover productos diversos.

Los 9 tipos básicos de carros para flete que son requeridos para mover productos diversos, desde artículos de primera necesidad a granel o empacados, hasta productos industriales, minerales, etc., éstos están en incremento constante, por lo que la División Mecánica de la A.A.R. ha adoptado una serie de letras para la designación a dichas unidades.

### **6.6.2 DESIGNACION MECANICA DE LOS CARROS**

#### **CLASE "F"**

#### **CARRO TIPO PLATAFORMA**

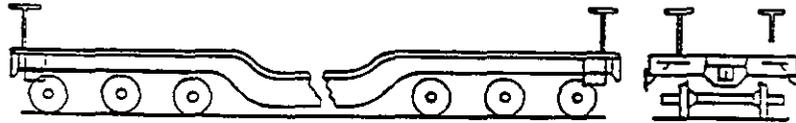
**FA - Carro plataforma equipado especialmente, con superestructura o contenedores para la transportación de vehículos, no adecuado para servicio general.**

**FB - Carro plataforma con mamparas móviles o permanentemente fijas sobre el piso o en cabezales de por lo menos tres pies de altura y piso plano para aseguramiento de flete en general.**

**FC - Carro plataforma, equipado especialmente para transportar trucks, trailers, contenedores o cuerpos de remolques desmontables para el servicio de carga en servicio TOFC/COFC (Remolques en carros plataforma/contenedores en carros plataforma.**

**FCA - Carro plataforma, multitud articulada, equipo especial para transportar trucks, contenedores o cuerpos de remolques desmontables para el servicio de carga en servicio TOFC/COFC.**

**FD - Carro plataforma, de construcción especial, con piso deprimido entre los trucks, esta depresión proporciona el libramiento necesario a la carga.**



**CARACTERISTICA UNICA DE (FD)**

**FL - Carro plataforma para transportar productos forestales o camiones con productos forestales. Este es un carro plataforma ordinario o un carro que consta de dos trucks adaptados con soportes transversales, montados sobre sus traveseros de truck, los trucks, están unidos por un amazón o bastidor flexible y los troncos se cargarán longitudinalmente en los soportes transversales.**

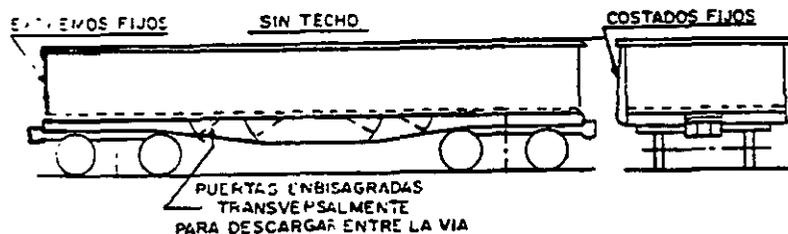
**FM - Es un carro plataforma común para el servicio general; con el piso sobre un larguero central y largueros de costado.**

**FW - Carro plataforma con depresión en el piso, que permite colocar la carga que debe acomodarse a un nivel más abajo para que no rebase la altura de los libramientos.**

**CLASE " G 2**

**CARRO TIPO GONDOLA**

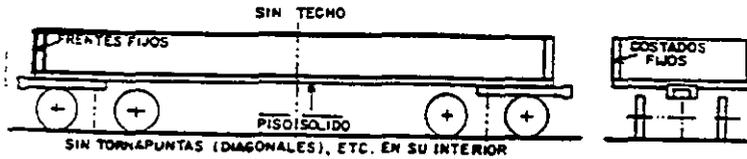
**GA - Es un carro góndola descubierto, con costados y frentes fijos, de piso falso, compuesto de puertas embisagradas transversalmente al carro, para descargar entre la vía.**



**DESIGNACION UNICA (GA)**

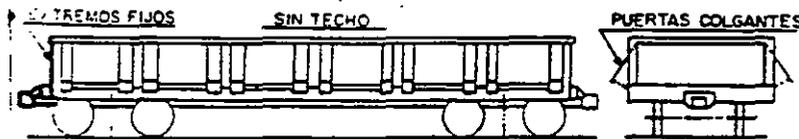
**Espacios, medidas y cantidad de puertas varían.**

**GB - Es un carro góndola descubierto, de costados fijos, frentes fijos o abatibles y piso sólido o fijo.**



**DESIGNACION UNICA (GB)**

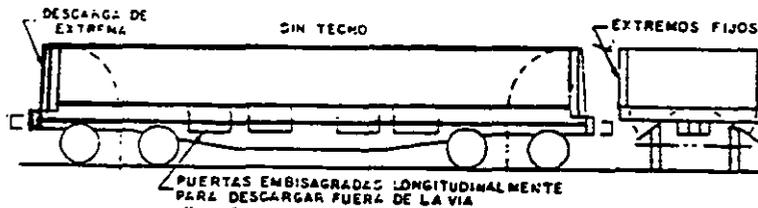
**GD - Es un carro góndola descubierto, con frentes fijos o abatibles, piso sólido, equipado con puertas en costados para descargar.**



**DESIGNACION UNICA (GD)**

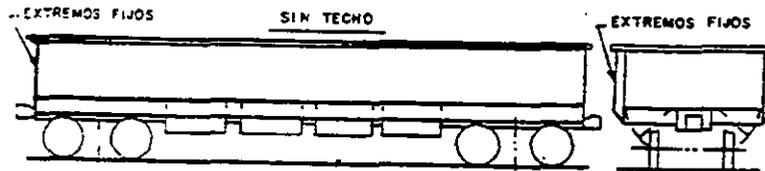
El número de puertas colgantes, dimensiones y espaciamiento, varía. Las puertas pueden operar individualmente o en juego de dos o más.

**GH - Es un carro góndola descubierto, con costados fijos, frentes abatibles y piso falso, que consiste de dos puertas embisagradas en el larguero central para descargar fuera de los rieles.**



**DESIGNACION UNICA (GH)**

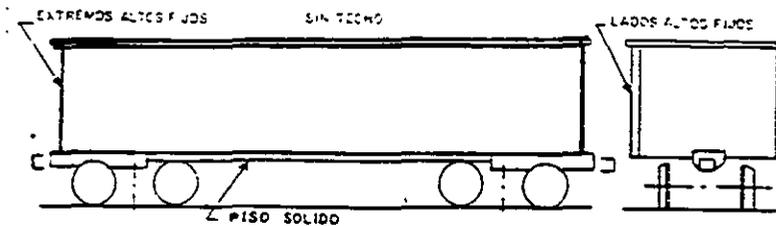
**GS - Es un carro góndola descubierto, con costados y frentes fijos, piso falso, consistiendo de puertas embisagradas al larguera central o larguera de costado para descargar fuera o dentro de los rieles.**



**DESIGNACION UNICA (GS)**

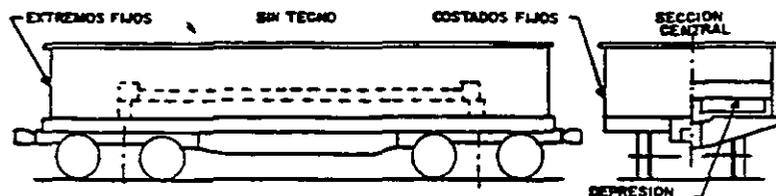
El espacio, medida y cantidad de puertas colgantes varía de dos o más, en algunos casos se operan desde los costados o de los extremos del carro.

**GT - Es un carro góndola descubierto, de costados y frente fijos y altos, o con frentes embisagradas y piso sólido propio para descargar mediante maquinaria de volteo, no es adecuado para el transporte de piezas largas.**



**DESIGNACION UNICA (GT)**

**GW - Es un carro góndola descubierto de costados y frentes fijos, consistiendo el piso de una o más cavidades o depresiones en el centro que permiten colocar la carga bajo del nivel normal del piso y dentro de lo permitido por los libramiento establecidos.**

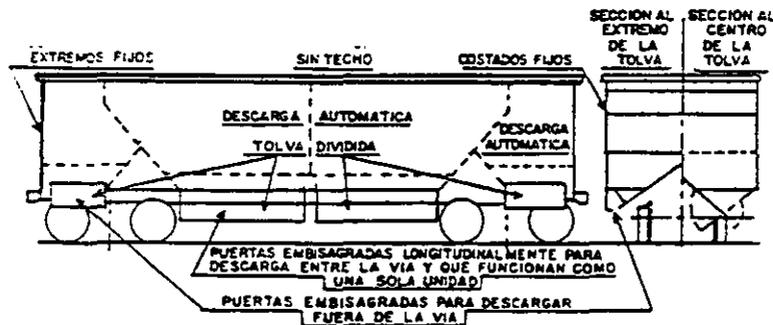


**DESIGNACION UNICA (GW)**

CLASE " H "

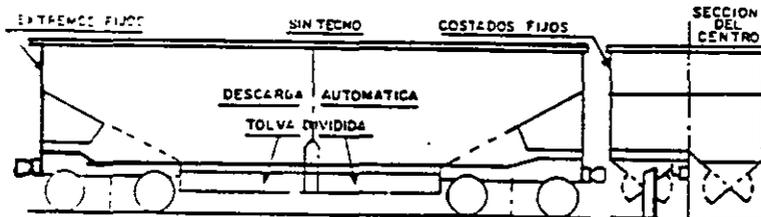
CARRO TOLVA

HFA - Es un carro tolva descubierto, de descarga automática, de costados y frentes fijos, el piso consiste en tolvas divididas al centro con puertas embisagradas longitudinalmente al carro para descargar fuera o dentro de los rieles.



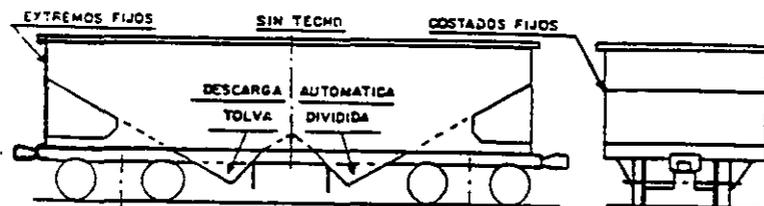
DESIGNACION UNICA (HFA)

HK - Carro descubierto de descarga automática, de costados y frentes fijos, en el piso dos o más tolvas divididas, de descarga dentro de la vía.



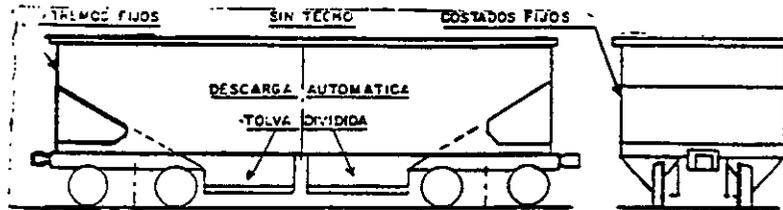
DESIGNACION UNICA (HK)

HM - Es un carro tolva de descarga automática, de costados y frentes fijos, el piso consiste de dos tolvas divididas con puertas embisagradas transversalmente al carro, para descarga entre la vía.



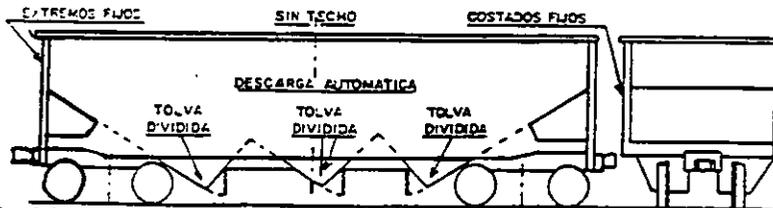
DESIGNACION UNICA (HM)

**HMA - Es un carro tolva descubierto, de descarga automática, de costados y frente fijos, el piso consiste de dos tolvas divididas, con puertas embisagradas longitudinalmente al carro para descarga entre la vía.**



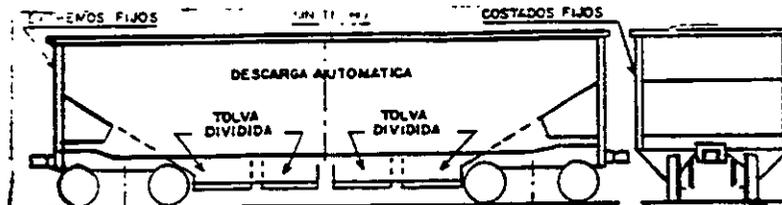
**DESIGNACION UNICA (HMA)**

**HT - Es un carro tolva descubierto de descarga automático, de costados fijos, el piso de tres o más tolvas divididas, con puertas embisagradas transversales al carro, para descargar entre la vía.**



**DESIGNACION UNICA (HT)**

**HTA - Es un carro tolva descubierto de descarga automática, de costados y frentes fijos, el piso consiste de tres o más tolvas divididas, con puertas embisagradas longitudinales al carro, para descargar entre la vía.**



**DESIGNACION UNICA (HTA)**

**CLASE " L "**

**CARRO TIPO ESPECIAL**

**(TOLVA CUBIERTA)**

**LC - Es un carro caja con puertas en los costados y con escotillas en el techo. Puede equiparse con puertas en los frentes.**

**LF - Es un carro plataforma equipado para el transporte de uno o más contenedores desmontables, para el manejo de productos que no requieran refrigeración.**

**LG - Es un carro góndola descubierto, para el transporte de uno o más contenedores desmontables, para el manejo de productos que no requieran refrigeración.**

**LM - Es un carro equipado con uno o más toneles o contenedores permanentemente cerrados, provistos de una o más escotillas para cargarse, equipados con dispositivos para descarga neumática o por gravedad. Es un carro adecuado para el transporte de productos granulados secos y líquidos de baja viscosidad, no peligrosos.**

**LO - Es un carro permanentemente cerrado, no es un carro caja sin importar el modelo exterior e interior para transportar bultos de mercancías, con o sin aislamiento y provistos de escotillas y ventanillas en los costados para cargar, con puertas o cubiertas de cerrado hermético. El carro puede tener de una o más puertas inferiores para descargar, deslizables o barreras en las cubiertas, puertas y válvulas para prevenir derramamiento de la carga.**

**LP - Es un carro descubierto con frente fijos, piso inclinado, elevadores de piso longitudinal o armazones de costados para transportar pulpa de madera, no es adecuado para hacer servicio general.**

**LS - Es un carro de construcción especial, que tiene dos unidades separables articuladas que forman un solo cuerpo. Las unidades pueden separarse para colocar la carga entre una y otra unidad, asegurándolas a la carga, formando un cuerpo completo de transporte.**

**LU - Es un carro con techo, con vigetas metálicas especiales de estructura fuerte en la parte superior de los costados que soportan una serie de puertas retráctiles y sus guarniciones u otro tipo de puertas, con pasillos a lo largo del carro, cuyos dinteles también soportan los caballetes de techo. El carro puede estar equipado con dispositivos para carga especial o rejas para transportar diferentes artículos.**

**CLASE \* N \***

**CABOOSE**

NE - Todos los cabooses.

**CLASE \* R \***

**CARRO REFRIGERADOR**

RB - Carro refrigerador con dispositivo de ventilación para fijar los cabezales desmontables. Construidos con aislamiento en los costados, extremos, pisos y techo para encontrar el factor UA ( ultra audible ) de 250 BTU / grados F. / hora para carros de 60 pies.

RBL- Carro refrigerador similar en construcción al tipo \*RB\*, equipado con dispositivos ajustables para cargar o descargar.

RP- Carro refrigerador con sistema mecánico de refrigeración, con o sin medios de ventilación y equipos de protección contra calor y/o contra congelación.

RPB- Carro refrigerador con sistema de refrigeración similar al tipo \*RP\*, diseñado originalmente para el transporte de papas o mercancías similares, según el tipo de carga será el equipo interior del que este dotado como:

- \* Placas con declive
- \* Transportador y/o equipo mecánico para cargar y descargar.

RPL- Carro con sistema mecánico de refrigeración, similar al \*RP\*, equipado con dispositivo para sujetar o estibar la carga.

RSB- Carro refrigerador con cámaras para hielo y circulación de aire por medio de abanicos. Diseñado originalmente para el transporte de papas y mercancías similares, con láminas vertientes, transportador y/o equipo mecánico para cargar y descargar.

**CLASE \*S\***

**CARRO JAULA**

SC - Es un carro jaula para el transporte de ganado, equipado con techo, costados, puertas laterales de rejas de un sólo piso con o sin comedores y/o abrevadores.

SM - Es un carro jaula para transportar ganado, equipado con techo, puertas laterales, un costado de rejas, un sólo piso con o sin comedores y abrevadores.

ST - Es un carro jaula para transporte de ganado, con techo, costado de rejas, puertas laterales, tres pisos fijos con o sin comedores y abrevadores.



**CLASE \*T\***

**CARRO TANQUE**

**T - Carro tanque, quiere decir, cualquier carro usado únicamente para el transporte de líquidos, gases licuados, gases comprimidos o sólidos, que se licúan antes de descargarse; éste puede no estar equipado con bastidor inferior si el tonel sirve como estructura. Si tiene bastidor, debe diseñarse únicamente para soportar uno o más depósitos cerrados ( con uno o más compartimientos ) que forman la superestructura y son integrales al carro. Antes de que un carro pueda considerarse carro tanque de acuerdo con lo aquí indicado, el diseño de todos los contenedores mencionados deben ser aprobados por el comité de Carros Tanque A.A.R., habiendo llenado los requisitos de todas las especificaciones de toda la A.A.R. aplicables según lo que diga el comité en casos apropiados.**

**CLASE \*X\***

**CARRO CAJA**

**XM - Carro caja para servicio general equipado con puertas en los costados y en los frentes**

**XF - Es un carro sin aislamiento, similar al diseño \*XM\* con revestimiento preparado especialmente con exopia blanca o algún recubrimiento blanco similar para sellar las paredes interiores, puertas, extremos o proporcionar una superficie lista durable para evitar contaminación, aprobada por la administración de alimentos y medicamentos de Estados Unidos.**

**XL - Equipada con aditamentos para cargar. Es una carro caja similar en diseño al \*XM\*, costados de acero con perforaciones, con rieles, para aseguramiento de la carga o con mamparas desmontables fijas.**

**XP - Un carro similar al \*XM\*, equipado especialmente para transportar mercancía determinada, no adecuada para servicio general.**

**UBICACIONES EN LOS CARROS.**

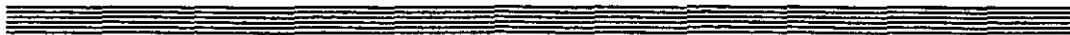
El extremo donde se encuentra el volante del freno de mano se considera como extremo "B" y el opuesto como extremo "A".

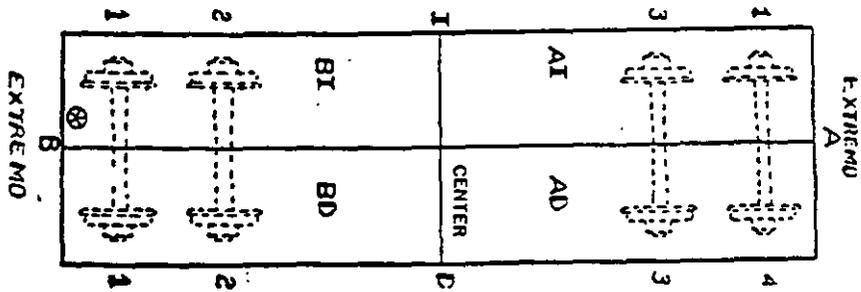
Mirando de frente hacia el extremo "B" del carro, las ubicaciones del lado derecho en orden sucesivo de las ruedas, retrancas de freno y otras partes de los trucks, se denominarán como:

- D-1
- D-2
- D-3
- D-4

y las del izquierdo como: I-1, I-2, I-3, I,4.

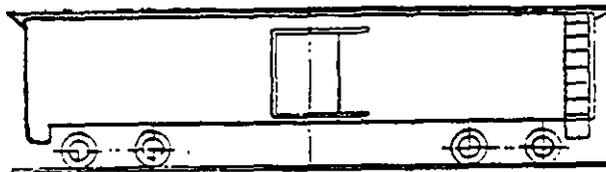
La estructura principal del carro esta dividida en 4 secciones que son: BD, BI, AD, y AI.





**6.6.3 DEFINICION DE LOS CARROS DE CARGA**

**FURGON.-** Carro de ferrocarril constituido por una caja que se emplea para transportar carga que requiere protección contra la intemperie o inclemencia del tiempo, equipado con puertas laterales



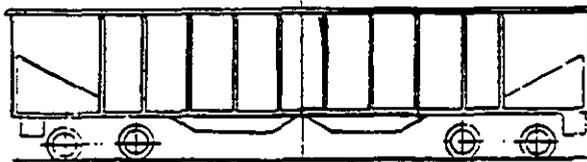
**GONDOLA.-** Carro de arrastre con piso plano sin cubierta, útil para el transporte de azufre, pellet, piedra, arena y en general materiales que no son afectados por la intemperie.



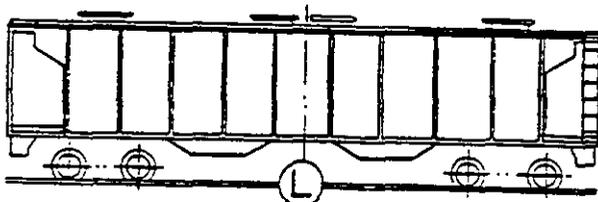
**GONDOLA CUBIERTA.-** Carro especial para transporte de carga con cubierta longitudinal removible, útil para el transporte de rollos de lámina de acero, protegidas de la intemperie.



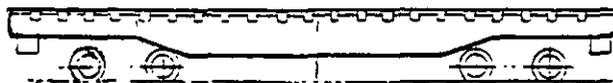
**TOLVA.-** Carro de arrastre sin cubierta, útil para el transporte de carbón, balastros, gravas, minerales y en general materiales que no son afectados por la intemperie.



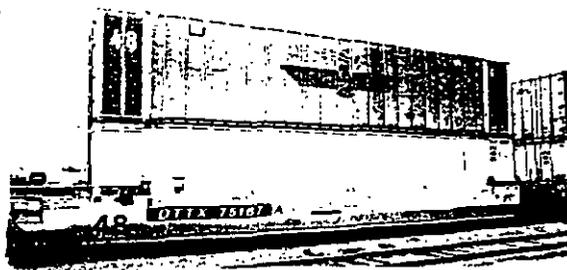
**TOLVA CUBIERTA.-** Carro especial para el transporte de carga con cubierta, útil para el transporte de cemento, harina, granos, semillas y en general materiales protegidos de la intemperie.



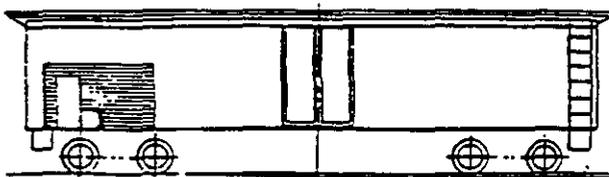
**PLATAFORMA.-** Carro ferroviario de superficie plana, equipada especialmente para transportar remolques, contenedores o cualquier otro tipo de equipo o maquinaria pesada.



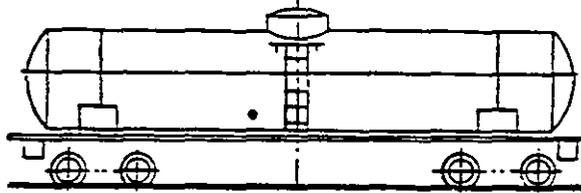
**DOBLE ESTIBA.-** Sistema de transporte que utiliza carros especialmente diseñados para llevar un contenedor montado encima de otro.



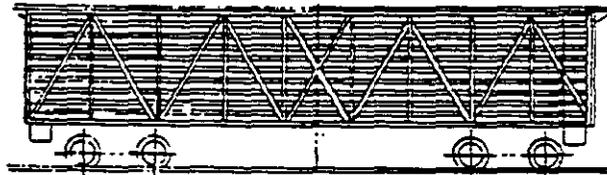
**REFRIGERADOR.-** Carro de arrastre equipado con sistema de refrigeración, diseñada para proteger del medio ambiente productos alimenticios ó perecederos durante su transportación.



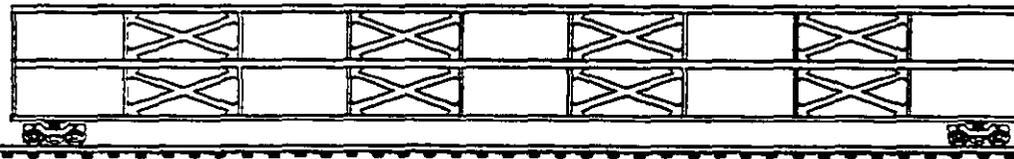
**TANQUE.-** Carro de arrastre de sección circular equipada con un domo de carga y descarga, útil para el transporte de líquidos como combustibles, aceites, minerales y aceites combustibles. Existen también los especialmente diseñados para el transporte de sustancias peligrosas como lo son los gases licuados.



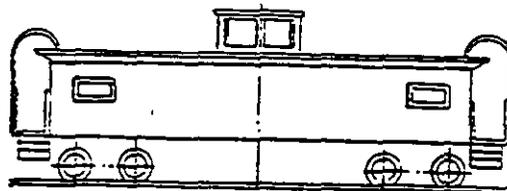
**JAULA.-** Carro de arrastre de sección rectangular tipo reja, especialmente para transportar ganado en general.



**RACK.-** Carro de arrastre por su forma y diseño de tipo estante, permite transportar varios artículos, especialmente para la industria automotriz.



**CABOOSE.-** Carro de transporte de carga de materiales auxiliares para las necesidades requeridas en el camino, útil al final de la tripulación.





#### 6.6.4 INTRODUCCION A LAS REGLAS DE INTERCAMBIO DE LA A.A.R.

Son reglas que reciben la autorización por el convenio de intercambio, firmadas entre Ferrocarriles, compañías privadas y propietarios de carros de ferrocarril.

La regla "A" de la A.A.R., ofrece una guía completa de las reglas de intercambio que sirven para el manejo adecuado y justo de todos los asuntos que presentan dichas reglas.

#### PRIMERA TRIPULACION

Que sean aplicadas únicamente a los firmantes del convenio de intercambio

Las reglas están contempladas en dos manuales

- a) sistemas para la liquidación de averías causadas a los carros, por uso impropio o protección inadecuada.

Las reglas fijan y establecen responsabilidades por parte de las compañías privadas de las compañías privadas y propietarios de los carros

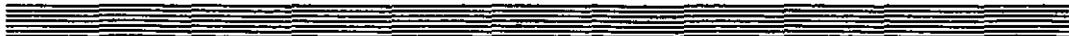
- b) bases justas para el cobro de averías y reparaciones.
- c) aceptación o rechazo en la totalidad de las reglas no estando permitido objetar la validez de alguna de ellas.
- d) que las reglas A.A.R. no deban emplearse para convenios especiales que sean acto de celebración de los miembros asociados.

Sin embargo, ninguna parte o aspecto del contenido del manual de oficina, será impedimento para que alguno de los suscriptores efectúe un convenio en forma independiente con cualquier otro de los miembros.

Las modificaciones correspondientes, no sufrirán efecto retroactivo a la fecha que fueron puestas en vigor.

El manual de taller consta de 130 reglas, divididas en el Manual de Oficinas y el Código de Reglas de Intercambio:

1. Cuidado y reparación de carros de carga
2. Reparaciones generales e instrucciones
3. Materiales
4. Intercambio de carros de carga
5. Responsabilidad y disposiciones
6. Reglas generales



Estas a su vez están divididas en las siguientes subsecciones:

- A) **Causa para la atención**
- B) **Reparaciones correctas**
- C) **Requisitos para el acondicionamiento**
- D) **Requisitos para soldar**
- E) **Información general**
- F) **Requisitos para facturar**

**A) CAUSA PARA LA ATENCION.**

Se muestran los límites de procedimientos de medición, límites y razones específicas para la renovación o causas para su atención.

**B) REPARACIONES CORRECTAS**

Se muestran todas las reparaciones correctas y/o sustituciones de materiales adecuados. Cualquier desviación de las reparaciones que se citan de cada regla, se considera como reparación impropia, la cual es penalizada.

**C) REQUISITOS PARA EL REACONDICIONAMIENTO**

Cuando sean aplicables se especifican y se hace la referencia apropiada en el manual de normas y prácticas recomendadas, de la A.A.R.

**D) REQUISITOS PARA SOLDAR**

Cuando sea aplicable se proporcionan las especificaciones para soldar.

**E) INFORMACION GENERAL**

Cualquier información adicional para aclarar dudas de la regla específica, se da en esta sección, así como la debida interpretación sobre los cargos apropiados, dibujos y/o diagramas explicativos o cualquier otro tipo de información sobre la regla.

**F) REQUISITOS PARA FACTUAR**

Esta sección muestra todos los requisitos necesarios, paso a paso en la preparación de las tarjetas de reparación para facturar.

### **6.6.5 TARJETAS DE REPARACIONES PARA FACTURAR**

La regla 83 es la más significativa de las reglas generales e informativas, para la preparación de los registros de reparaciones.

Contiene algunos párrafos de información general para la preparación de la facturación por reparaciones, incluyendo lo siguiente:

- A) **Claves de las condiciones de los materiales aplicados, si son nuevos, de medio uso, si es atención de servicio, mano de obra, etc.**
- B) **Claves de ubicación del carro.**  
En la ubicación del carro en donde se hizo la reparación.
- C) **Motivo de reparaciones.**  
Define el porque se hicieron las reparaciones o se efectuó un servicio.
- D) **Clave de responsabilidades**  
define la responsabilidad de las reparaciones efectuadas
- E) **Símbolos de la clase de carro.**  
Símbolo usado de la tarjeta de reparaciones para indicar la clase de carro reparado.
- F) **En la facturación manual, se describen las reparaciones efectuadas, usando el número de la clave del trabajo y su descripción.**
- G) **Cargo neto.**  
Importe de la reparación

### **6.7 PRE-INSPECCION DE CARROS EN MAL ORDEN**

Los carros de carga son programados para reparación normalmente por el departamento Mecánicos del Ferrocarril, al considerarlos en Mal Orden en los Patios de Trenes o rechazados por un cliente en sus instalaciones.

El proceso empieza cuando los carros en Mal Orden o rechazados por el cliente, se colocan en el taller para su reparación.

La inspección previa a la preparación se efectúa entonces en cada carro para determinar la cantidad de trabajo que necesitan efectuar la persona asignada para esta inspección, revisará minuciosamente el carro, usando una guía ya preparada para facilitar el trabajo; todos los defectos se anotarán en un

forma llamada registro original de reparaciones que es la base para formular posteriormente la tarjeta de reparaciones para facturar.

**A) Acopladores y partes asociadas.**

Verificar que los acopladores y componentes estén en buenas condiciones, que los componentes no tengan grietas, que su altura sea aceptable y sin juego excesivo.

**B) Perno de muela en buenas condiciones con chaveta aplicada, si es necesario.**

**C) Palanca de desacoplador en buenas condiciones del tipo apropiado y debidamente ajustado el tirador de muela operacional.**

**D) Pasador de acoplador o perno de retención en buenas condiciones.**

**E) Cargador de acoplador, calzas, placas de desgaste en buenas condiciones y sin grietas o roturas.**

**F) Yugo y cargado en buenas condiciones.**

**G) Aparejo de tracción o dispositivo de amortiguamiento en buenas condiciones. Todos los topes, cargadores y partes asociadas debidamente aseguradas y en condiciones de servicio.**

**TRUCKS.**

Traveseros, bastidores laterales, ruedas y ejes, zapatas de tracción, resortes, retrancas, palancas, varillas, rodamientos, lubricación, etc.

**BASTIDOR INFERIOR.**

Larguero central, larguero lateral, platos de centro, traveseros de cuerpo, portapisos, rozaderas.

**SISTEMA EQUIPO DE FRENO DE AIRE.**

Llaves angulares, tuberías, válvulas, pistones, cilindros, depósitos, soportes, mangueras, ajustadores de freno, llaves de incomunicar, etc.

**APLICACIONES DE SEGURIDAD.**

Repisas de freno, pasillos longitudinales y transversales, escaleras pasamanos, estribos, frenos de mano, etc.

**GENERAL**

Marcas iniciales, portatarjeteros, capacidad nominal, designación mecánica, etc.



## **CUERPO, SUPERESTRUCTURA.**

Válvulas, puertas, topes de puertas, aldabas, techos costados y extremos, pisos, equipo y accesorios interiores, bolsas de estacas, soportes aseguradores de remolques, sistemas de aseguramiento, escotillas de techo, con puertas y mecanismo de descarga, domos, tubos de descarga, válvulas de seguridad, fugas, etc.

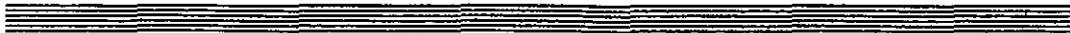
De la magnitud de los daños, materiales desgastados o impropios, se determinará el tipo de reparación que necesita el carro.

Reparaciones de conservación, ligeras, medianas, generales.

### **UNIDAD 80**

- 1- Inspección
- 2- Preparación ligera en vías de talles o Sport System (máximo 8 horas)
- 3- Reparación mediana en vías de talleres (48 horas)
- 4- Reparación General en vías de talleres (96 horas)

Cuando el Ferrocarril no pueda reparar el carro, ya sea por uso natural o manejo impropio en vacío solicitará al propietario las iniciales que designen el taller para enviarlo a reparación; si el Ferrocarril efectúa las reparaciones, presentará su cuenta por cobrar por el importe respectivo, incluyendo costos de materiales y mano de obra.



## **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS CARROS DE CARGA**

Constantemente el sistema de intercambio de unidades de carga reclama la aplicación de nuevas normas y diseños de seguridad que garanticen el transporte de carga por medio del Ferrocarril.

Este tipo de demandas ha generado que día tras día se realicen por parte de la Asociación Americana de Ferrocarriles en coordinación con los constructores de carros de carga, pruebas de nuevos diseños de Innovaciones Tecnológicas en los materiales que componen cada unidad.

Estas Innovaciones Tecnológicas se someten a pruebas prototipo en las cuales se aplican las condiciones más severas de operación, esperando encontrar los resultados óptimos deseados. Se pueden citar como ejemplos el continuo desarrollo de rodamientos, válvulas de servicio y emergencia, sistema de frenos, trucks, etc.

La Industria Ferrocarrilera a nivel mundial se ha preocupado por desarrollar Innovaciones que demanda el mercado, y la mayoría de las Empresas aplican este lema ***"IN THE LEAD THROUGH INNOVATION"***.

Esta situación hace que el mercado se vuelva más competitivo y el usuario del sistema Ferroviario obtenga mejor calidad al mejor precio.

***"LA INNOVACIÓN ES LA BASE DEL PRESENTE Y EL DESARROLLO DEL FUTURO EN EL SISTEMA FERROVIARIO NACIONAL"***

## **PRINCIPALES FABRICANTES DE CARROS DE CARGA.**

**ACF INDUSTRIES U.S.A.**

**PACIFIC CAR AND FOUNDRY COMPANY U.S.A.**

**TRAILER TRAIN COMPANY U.S.A.**

**BERWING FORGE AND FABRICATING DIVISIÓN U.S.A.**

**EVANS RAILCAR DIVISIÓN U.S.A.**

**UNARCO TRANSPORTATION EQUIPMENT. U.S.A.**

**CHICAGO FREIGHT CAR LEASING Co. U.S.A.**

**THRALL CAR MANUFACTURING COMPANY. U.S.A.**

**BETHLEHEM STEEL FOR RALLWAY SYSTEMS. U.S.A.**

**PORTEC RAILCAR DIVISIÓN. U.S.A**

**TRINITY INDUSTRIES INC. U.S.A.**

**C.N.C.F. MÉXICO.**