

6
Lij



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"A R A G Ó N"

APUNTES DE FERROCARRILES

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
MARIA LAURA DIAZ MARTINEZ
ERIKA GUADALUPE GARCIA REYES

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

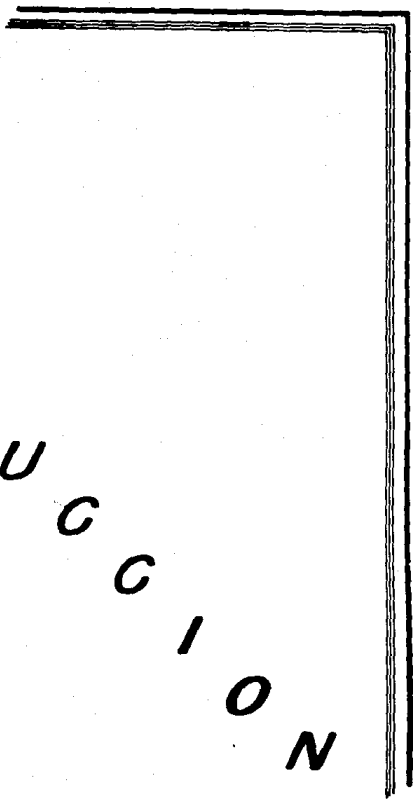
INDICE

| TEMA | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION | 2 |
| CAPITULO I FUNCIONES ECONOMICAS DEL FERROCARRIL | |
| I.1 Síntesis histórica del desarrollo del FFCC..... | 5 |
| I.1.1 Desarrollo de los Ferrocarriles en México ... | 6 |
| I.2 Tipos de equipos de Tracción y Arrastre | 12 |
| I.3 Constitución de la Vía | 18 |
| I.4 Defectos de los rieles | 43 |
| I.5 Secciones de rieles más empleados | 47 |
| CAPITULO II ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS | |
| II.1 Curvas..... | 52 |
| II.1.1 Curvas Circulares | 53 |
| II.1.2 Curvas Espirales o de Transición | 61 |
| II.1.3 Curvas Verticales | 69 |
| II.2 Velocidades Límites | 85 |
| II.3 Repaso de Terracerías | 87 |
| II.3.1 Cálculo de Curva Masa | 90 |
| II.3.2 Secciones y Gálibos | 96 |
| CAPITULO III ESFUERZOS QUE ACTUAN EN LA VIA | |
| III.1 Acción de las cargas fijas..... | 103 |
| III.2 Acción de las cargas móviles | 114 |
| III.3 Resistencia de los esfuerzos verticales, transversales y longitudinales | 115 |
| III.4 Métodos Topográficos y Fotogramétricos empleados en la localización de FFCC..... | 124 |
| CAPITULO IV CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DE LA VIA | |
| IV.1 Plataforma..... | 130 |

| TEMA | Pág. |
|--|------|
| IV.2 Cunetas | 135 |
| IV.3 Drenes | 138 |
| IV.4 Colectores | 140 |
| IV.5 Colocación de los rieles | 141 |
| IV.5.1 Ancho de Vía | 143 |
| IV.5.2 Juntas | 146 |
| IV.5.3 Accesorios de los rieles | 150 |
| IV.5.4 Accesorios de fijación | 152 |
| IV.6 Riel Continuo | 162 |
| IV.6.1 Tipos de Soldadura | 163 |
| IV.6.2 Tipos de fijación y durmientes más adecuados | 169 |
| IV.7 Aparatos de Vía | 179 |
| IV.7.1 Diferentes clases de aparatos de vía | 181 |
| CAPITULO V PERFIL VIRTUAL | |
| V.1 Fuerza tractiva de las Locomotoras | 200 |
| V.2 Resistencia que obran en los trenes..... | 201 |
| V.2.1 Velocidades adquiribles..... | 205 |
| V.2.2 Pendiente de aceleración | 205 |
| V.3 Cálculo y construcción de un perfil virtual y el tonelaje ecuacionado correspondiente | 212 |
| CAPITULO VI ESTACIONES, PATIOS Y TERMINALES | |
| VI.1 Estaciones | 226 |
| VI.2 Patios | 235 |
| VI.2.1 Principios básicos para el diseño geométrico y dinámico de los patios de clasificación | 237 |
| VI.3 Terminales | 245 |
| VI.3.1 Talleres e instalaciones administrativas ... | 246 |
| VI.3.2 Sistema C.T.C..... | 252 |
| VI.3.3 Electrificación del Sistema | 259 |
| VI.4 Terminal del Valle de México | 262 |

| TEMA | Pág. |
|---|------|
| CAPITULO VII CONSERVACION Y REHABILITACION | |
| DE LA VIA | |
| VII.1 Conservación, rehabilitación, normas, cambios y renovación de balasto, durmientes, riel y accesorios..... | 276 |
| VII.2 Sistema Ferroviario Nacional, renovación y modificaciones más urgentes | 291 |
| CAPITULO VIII FERROCARRILES METROPOLITANOS | |
| VIII.1 Planeación Urbana..... | 304 |
| VIII.1.1 Tráfico Urbano..... | 306 |
| VIII.2 Transportes más adecuados para la Ciudad de México | 307 |
| VIII.2.1 Elección de rutas más adecuadas para transporte superficial, elevado y subterráneo..... | 324 |
| CONCLUSIONES | 333 |
| APENDICE | 336 |
| BIBLIOGRAFIA | 341 |

**I
N
T
R
O
D
U
C
C
I
O
N**



I N T R O D U C C I O N

En la actualidad uno de los medios de transporte con mayor importancia es el Ferrocarril, su capacidad y economía en el servicio, tanto de carga como de pasaje, lo hacen parte vital de la infraestructura económica de cualquier país. Por lo tanto es necesario que este sistema de transporte cuente con las características mínimas que le permitan desarrollar sus actividades de manera aceptable.

El diseño de sistemas ferroviarios, requiere de la participación de profesionales capacitados en diversas disciplinas que comprendan desde aspectos socioeconómicos hasta los técnicos más sofisticados. Esta preparación corresponde, específicamente a los Ingenieros Civiles dedicados a la especialidad de Ferrocarriles. Por otra parte existe una cantidad limitada de publicaciones sobre el tema, encontrando dificultades de acercarse a ellas, sumando a ésto que la mayoría de los libros están destinados al tratamiento independiente de los temas.

En el Plan de estudios vigente en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón perteneciente a la UNAM, para la carrera de Ingeniero Civil, se encuentra la materia de "Ferrocarriles" con caracter optativo, conteniendo un ambicioso temario, tratando de obtener los conocimientos generales, sin embargo el estudio de los capítulos requiere de la consulta de diferentes textos.

La presente Tesis titulada "Apuntes de Ferrocarriles" es una recopilación de la información contenida en varios libros afines, desarrollandose de acuerdo al programa de la materia. Uno de los propósitos es contar con apuntes que estudien el programa, sirviendo de guía al profesor de la materia, atendiendo consultas de estudiantes, reforzando conceptos y temas de la misma.

Su objetivo principal es brindar al estudiante información de la materia, así como tratar de inducirlos a la investigación ya que cuenta con cuestionarios al final de cada capítulo cuyas respuestas no son inmediatas.

Este trabajo está compuesto de ocho capítulos. Inicialmente contempla las características de una vía férrea y sus generalidades. Trata diferentes métodos para el trazo geométrico de la vía, así como sus especificaciones. Se habla de los esfuerzos que actúan en la vía y cuenta con ejemplos para el cálculo de los elementos de una vía. Menciona la construcción de la superestructura de la vía, como es la colocación del balasto, del riel, etc. Se estudia el Perfil Virtual y las resistencias que obran en los trenes y cuenta con cálculos correspondientes. El contenido general del capítulo seis pretende que el alumno conozca las características y los problemas que tienen las Terminales y las Estaciones de un Ferrocarril, especialmente la Terminal del Valle de México y cuenta con posibles soluciones. Se hace un estudio de investigación para la conservación, renovación y modificaciones más urgentes en el Sistema Ferroviario Nacional. Finalmente se toca el Tema de los Ferrocarriles Metropolitanos, desde su planeación, costos, elección de rutas, hasta los transportes más adecuados para la Ciudad de México. Para tratar aún más de complementar, logrando un mayor entendimiento y claridad en los conceptos tratados, se incluye un apéndice donde se definen algunos términos importantes.

Al plantear los capítulos se buscó tener una respuesta a una situación actual, que resultara útil y que existiera la oportunidad de complementar e incrementar la información bibliográfica en la Escuela. Además de poder enriquecerse con sugerencias y comentarios de profesores y alumnos en futuros trabajos de este tipo, permitiendo un mejor nivel académico de la carrera de Ingeniería Civil.

C
A
P
I
T
U
L
O
I

-te tipo Walshaert.Mallet en Francia produce la Compound, y - Baldwin en Estados Unidos fabrica: American, Pacific, Santa Fé, - en 1865 un tren con locomotora "American" alcanzó 165 Km/h, y docenas de tipos se desarrollan en todo el mundo bajo la tremenda extensión ferroviaria que produjo la primera revolución industrial mundial, acaecida entre 1825 y 1925, siglo de las máquinas de vapor que ahora evolucionan ante las eléctricas, la diesel-eléctrica y las hidráulicas, el control electrónico y - la levitación magnética.

Esta evolución ferroviaria, sustentada principalmente a - las grandes ventajas económicas, operativas y de seguridad que el ferrocarril tiene sobre otros modos de transporte permite que en la actualidad, en el mundo se encuentren con aproximadamente 1 380 000 km de vía, distribuidos por Continentes de la siguiente manera:

| | |
|---------------|---------------------|
| América | 63 000 Kilómetros. |
| Europa | 420 000 kilómetros. |
| Asia | 170 000 kilómetros. |
| África | 100 000 kilómetros. |
| Oceanía | 60 000 kilómetros. |

I.1.1 Desarrollo de los Ferrocarriles en México.

Tres años después de la Independencia de México, en 1824, - el gobierno mexicano ya manifestaba interés por los ferrocarriles.

En 1825 inició Don Francisco de Arrillaga sus estudios para localizar el camino de hierro entre Veracruz y la Capital - siendo Presidente de la República Anastasio Bustamante.

C A P I T U L O I

FUNCIONES ECONOMICAS DEL FERROCARRIL

I.1 Síntesis histórica del desarrollo del Ferrocarril.

Las vías, con rieles y durmientes, se usaron desde 1670 en el transporte de carbón en las minas de Europa. La tracción en esa época era animal o humana.

En Londres, Inglaterra se vió transitar el primer tren de pasajeros. Este hecho tuvo lugar en 1808, fue una demostración sobre un pequeño circuito cerrado, de la locomotora de vapor - llamada "Catch me who can" (que me atrape quien pueda) de Richard Trevithick, a la cual se le conectaron vagones provistos de asientos.

Para 1825, en el mismo país, George Stephenson construyó la primera locomotora eficiente para el transporte de carga y en 1829 se remolca un tren de 40T de peso, que corre 26 Km/h jalado por la locomotora "Rocket".

Para 1840, las últimas máquinas de los Stephenson, corrieron trenes a 93 Km/h máxima, con promedios de 80 Km/h en las mejores vías de Francia e Inglaterra.

En 1850, las locomotoras Crampton de 800 HP, alcanzaron velocidades de 125 Km/h.

Bélgica aporta la distribución de vapor según el excelen-

-te tipo Walshaert.Mallet en Francia produce la Compound, y - Baldwin en Estados Unidos fabrica:American,Pacific,Santa Fé,- en 1865 un tren con locomotora "American" alcanzó 165 Km/h, y docenas de tipos se desarrollan en todo el mundo bajo la tremenda extensión ferroviaria que produjo la primera revolución industrial mundial,acaecida entre 1825 y 1925,siglo de las máquinas de vapor que ahora evolucionan ante las eléctricas,la diesel-eléctrica y las hidráulicas,el control electrónico y - la levitación magnética.

Esta evolución ferroviaria,sustentada principalmente a - las grandes ventajas económicas,operativas y de seguridad que el ferrocarril tiene sobre otros modos de transporte permite que en la actualidad,en el mundo se encuentren con aproximadamente 1 380 000 km de vía,distribuidos por Continentes de la siguiente manera:

| | |
|---------------|---------------------|
| América | 63 000 Kilómetros. |
| Europa | 420 000 kilómetros. |
| Asia | 170 000 kilómetros. |
| Africa | 100 000 kilómetros. |
| Oceanía | 60 000 kilómetros. |

I.1.1 Desarrollo de los Ferrocarriles en México.

Tres años después de la Independencia de México,en 1824,- el gobierno mexicano ya manifestaba interés por los ferrocarriles.

En 1825 inició Don Francisco de Arrillaga sus estudios para localizar el camino de hierro entre Veracruz y la Capital-siendo Presidente de la República Anastacio Bustamante.

En 1850 se inauguró el primer tramo de vía férrea de 13.6km del Puerto de Veracruz a los Llanos del Molino.

En 1857, se inauguró el tramo México-Villa de Guadalupe.

En 1867, se abrió al tránsito otro tramo de la Ciudad de México a Apizaco.

Por fin en 1873 la Capital de México quedó comunicada con Veracruz por el Ferrocarril Mexicano, constituido por 470 km.

El auge de la construcción en el País comprendido en el período de 1873 a 1910 fue el siguiente:

1882 se concluyó el FERROCARRIL DE SONORA (Guaymas - Nogales) con 422 km.

1884 se concluyó el FERROCARRIL CENTRAL (México - Cd. Juárez) con 1970 km.

1888 se concluyó el FERROCARRIL NACIONAL MEXICANO (México - Nuevo Laredo) con 1352 km.

1907 se concluyó el FERROCARRIL NACIONAL DE TEHUANTEPEC (Salina Cruz - Coatzacoalcos) con 303 km. Este Ferrocarril fue importante para el comercio internacional.

Cuando estalló la Revolución aproximadamente existían 24 000 km de vías, por lo que el Ferrocarril se convirtió en valioso instrumento estratégico y la lucha por su control significó su destrucción y deterioro.

Las vicisitudes de los ferrocarriles no terminaron al concluir dicho movimiento armado. La guerra Cristera, las rebeliones de caudillos, les hicieron sufrir nuevas bajas.

En 1929 se construyó el Comité Reorganizador de los Ferrocarriles, presidido por Plutarco Elías Calles.

En el primer Plan Sexenal, del gobierno de Lázaro Cárdenas (1934 - 1940) se impulsó establecimiento de nuevas vías, tratando de integrar el aislamiento de algunas zonas.

En Julio de 1937 Cárdenas decretó la Nacionalización de los Ferrocarriles.

En 1940, Avila Camacho convirtió a los Ferrocarriles Nacionales de México en organismo descentralizado del gobierno Federal.

De 1939 a 1944 (Segunda Guerra Mundial), la demanda norteamericana de productos minerales, industriales y agrícolas, estratégicos y alimenticios, creció con rapidez. Como México era uno de los proveedores más seguros y cercanos, los Ferrocarriles tuvieron que soportar la enorme presión de esa demanda, con un equipo insuficiente.

A partir de entonces se ha efectuado mejora en el sistema, rehabilitando las vías, cambiando durmientes, adquiriendo equipo, mejorando los métodos operativos, construyendo y mejorando talleres, sustituyendo rieles, etc.

Actualmente, el Sistema Ferroviario Nacional está integrado por cuatro empresas que son:

- 1) Ferrocarriles Nacionales de México (FECC N. de M) con 19385 km de vía.
- 2) Ferrocarril del Pacífico (FCP) con 2837 km de vía.
- 3) Ferrocarril Chihuahua al Pacífico (CH - P) con 1762 km de vía.
- 4) Ferrocarril Sonora - Baja California (SBC) con

RED FERROVIARIA NACIONAL

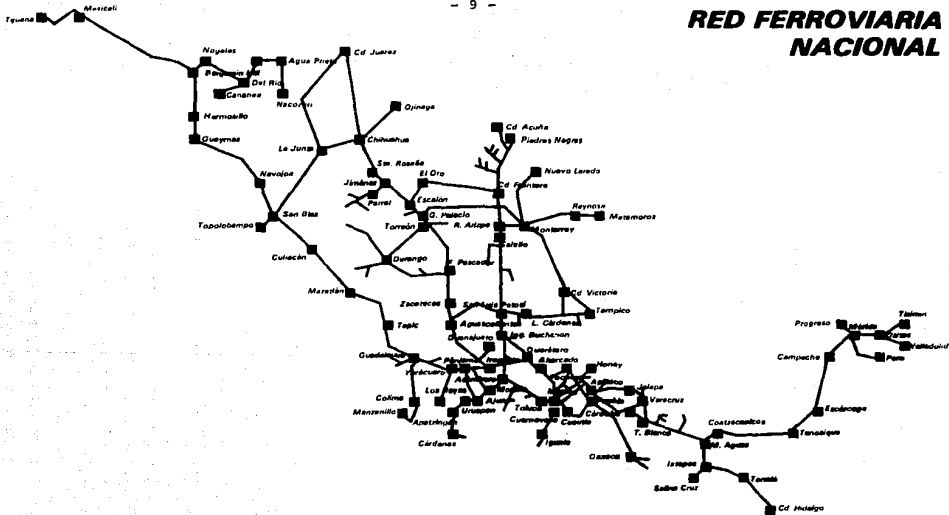


Fig. I.1.1.a Red Ferroviaria Nacional.

705 km de vía. Haciendo un total de 25226 km de vía.

Destaca la Empresa Ferrocarriles Nacionales de México, por la cobertura geográfica de sus instalaciones, por el alto volumen de tráfico manejado y por la gran diversidad de productos transportados.

Mencionaremos algunos aspectos de la estructura organizacional básica, la cual está formada por un área operativa y otra administrativa.

El área operativa es el elemento técnico básico para el funcionamiento de tal empresa. Las funciones principales de los departamentos que la constituyen son:

-Subdirección y Tráfico:

Promueve y controla la venta de los servicios de transporte de bienes y pasajeros.

-Subdirección de Telecomunicaciones, Señales y Electricidad:

Proyecta, instala, mejora y mantiene en buen estado de servicio tales sistemas.

-Subdirección de Vía y Estructuras:

Proyecta, construye, mejora y conserva en buen estado las instalaciones fijas del sistema.

-Subdirección de Fuerza Motriz y Equipo de Arrastre:

Proporciona el área de operaciones, las locomotoras, coches y carros en las mejores condiciones de operación.

-Subdirección de Operación:

Efectúa el transporte de bienes y personas.

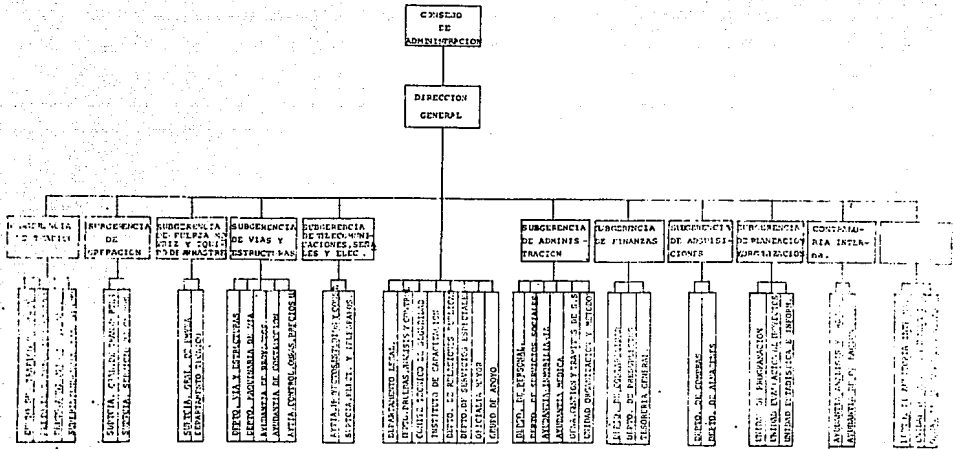


Fig. I.1.1.b Organigrama General de:
Ferrocarriles Nacionales de México.

Por otra parte existen cuatro dependencias dentro de la organización administrativa, pertenecientes al Sector Comunicaciones y Transportes que establecen la normatividad, orientan las políticas generales y controlan operativamente el Sistema Ferroviario Mexicano, ellas son:

-Dirección General de Planeación:

Coordina la elaboración, selección, programación y evaluación de planes en el campo de las Comunicaciones y Transportes.

-Dirección General de Construcción de Vía Férrea:

Proyecta, construye y mejora vías de jurisdicción federal.

-Dirección General de Ferrocarriles:

Vigila la operación y conservación técnica de los ferrocarriles, así como el mantenimiento de la maquinaria, equipo de arrastre, talleres, edificios e instalaciones auxiliares, sistema de comunicación eléctrica y señalamiento.

-Dirección General de Tráfico, Maniobras

Aprueba, registra, modifica o cancela las tarifas y su regla de aplicación en todos los servicios de comunicación y transporte.

I.2 Tipos de Equipos de Tracción y Arrastre.

A) Tipos de Equipos de Tracción:

Existen máquinas de vapor, turbinas de vapor, diesel-mecánicas, diesel-eléctricas, eléctricas, y en el futuro se espera la relativa fácil adaptación de la energía nuclear, a potentes locomotoras turbo-eléctricas que ya inician su experimentación.

La locomotora de vapor fué durante más de un siglo, la única fuerza de potencia motriz efectivamente utilizable. Más tarde fueron propulsadas por motores diesel y actualmente estamos entrando a la era de la tracción eléctrica. En ésta época se cuenta con los siguientes tipos de tracción ferroviaria.

a) Locomotora diésel - mecánica:

Especialmente diseñadas para poder usar el motor con altas revoluciones, máxima potencia usando transmisiones muy complejas para transmitir a las ruedas grandes fuerzas tractivas muy variables, sin tener que variar gradualmente la velocidad y el número de revoluciones. Estas locomotoras son pequeñas - con un peso de 30T de uso restringido y limitada utilidad en patios, industrias madereras y minas exclusivamente.

b) Locomotora diésel - hidráulica:

La transmisión hidráulica utiliza como medio fluido, el aceite el cual absorbe los cambios de fuerzas y revoluciones de la bomba centrífuga de mando al rotor mandado y viceversa, con elevaciones de temperatura, que requieren a la vez un especial dispositivo de enfriamiento de aceite encerrado en la caja de transmisión hidráulica.

Las hidráulicas pueden remolcar trenes más pesados a baja velocidad o en mayores pendientes sin recalentarse y con mucha mayor fuerza tractiva. En cambio las diésel - eléctricas, elevan su temperatura altamente a velocidades menores de 12 - millas/hora.

c) Locomotora diésel - eléctrica:

Este tipo son automáticas y cada máquina tiene su propio generador, lo cual le da ventaja.

d) Locomotoras eléctricas:

Precisan de una central generadora de energía eléctrica, la cual será tanto más económica, cuanto mayor sea su tamaño y

-cuanto más barato sean sus consumos.Su mayor desventaja es-
que se paralizan con una falla o paro en la Central Eléctrica,
no necesitan cable tensor ni riel conductor,el motor princi-
pal tiene un generador de corriente que alimenta los motores
eléctricos fijados a las ruedas.

Una gran planta hidroeléctrica proporciona la fuente -
ideal de energía para electrificar ferrocarriles.También se -
pueden usar termoeléctricas movidas por grandes motores die-
sel o usar carbón de piedra en plantas de vapor o de turbina-
de gas.

Están provistas de un pantógrafo,que se frota sobre el ca-
ble aéreo de alimentación,tendido en el eje de la vía.La cor-
riente eléctrica recibida es conducida posteriormente hacia-
los motores eléctricos,desarrollando tanto velocidad como po-
tencia adicional que reciban de la corriente,impulsando las -
ruedas motrices.

Hasta los años 60',la tensión de la corriente continua
era de 1500 a 3000 voltios,actualmente se ha generalizado el-
empleo de corriente alterna con una tensión de 25 000 voltios
a 50 ó 60 Herz.

B)Tipos de Equipos de Arrastre:

B.1.-Carga:

Los Ferrocarriles mexicanos cuentan con 7 equipos básicos
para la transportación de carga,ellos son:

a)Furgones.-Sirven para transportar cualquier tipo de pro-
ducto que debe ser protegido de la intemperie.

b)Carro tanque.-Son tanques que cierran herméticamente en

-ellos se transporta toda clase de productos líquidos como melaza, gasolina, aceite comestible, cloro y otros.

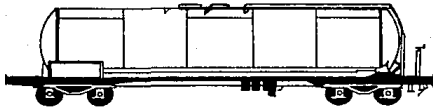
c) Tolva abierta.- Por su estructura, estos carros, son los más adecuados para el transporte de carbón y otros minerales-resistentes al medio ambiente; también se emplean para transportar materiales de alto grado de dureza y fácil manejo.

d) Tolvas cubiertas.- Este equipo cuenta con escotillas en la parte superior y ductos, en la parte inferior que facilitan la carga y descarga a granel, por la gran protección que ofrecen contra el medio ambiente, son los más adecuados para transportar productos como cemento, harina, grano, etc.

e) Góndolas.- Se utilizan sobre todo para transportar materias industriales reciclables, chatarra o bloques de mármol, entre otros materiales o cualquier otro producto que deba ser movido por medio de grúa, magneto o canaleta.

f) Plataformas.- Se emplea para llevar maquinaria pesada como camiones o generadores así como contenedores y remolques.

g) Refrigerador.- Construidos con aislamientos en los costados, extremos, piso y techo, para controlar la refrigeración, algunos tienen dispositivos de protección contra el calor y/o contra la congelación.



CARROS TANQUE



TOLVAS ABIERTAS



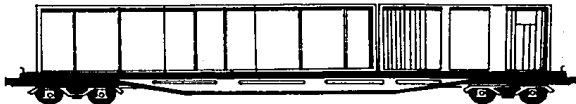
GONDOLAS



TOLVAS CUBIERTAS



PLATAFORMAS



FURGONES

Fig.I.2.a Diferentes tipos de equipos de carga.

I.3 Constitución de la Vía.

Una vía de Ferrocarril es un conjunto de elementos que soportan y guían el material rodante y equipo tractivo, transmitiéndole de manera adecuada su peso hacia el terreno natural, se compone de dos partes principales: La Infraestructura y la Superestructura. (Fig. I.3.a).

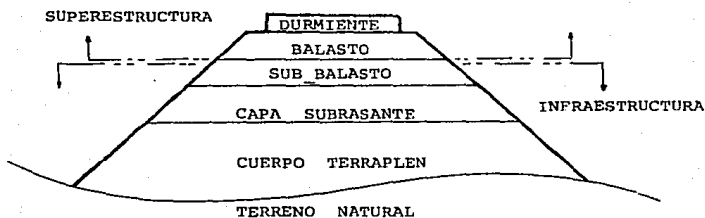


Fig. I.3.a Constitución de la Vía de un Ferrocarril.

A) INFRAESTRUCTURA:

Comprende lo que es necesario construir a partir del terreno natural para soportar las instalaciones propiamente ferroviarias, está formada por terracerías, drenajes, túneles, sub-balasto, balasto, durmiente y riel.

A.1) Terracerías.-Las vías terrestres requieren apoyarse en estructuras de tierra por lo general constituyen propiamente las terracerías, se presentan dos casos:

- 1) Corte: Cuando la subrasante queda abajo del terreno.
- 2) Terraplenes: Cuando la subrasante queda arriba del terreno.

Entendiendo como subrasante la línea que limita las terracerías tanto de los cortes como en los terraplenes, existiendo entre un corte y un terraplén un punto de paso.

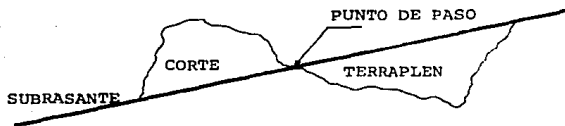


Fig. I.3.b Ilustración de Corte y Terraplén en terracerías.

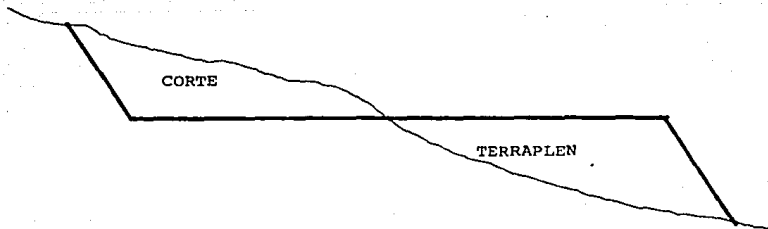


Fig. I.3.c La sección en balcón es una combinación de corte y terraplén.

La inclinación de los taludes de los cortes es variable según la naturaleza de los terrenos, en la roca se puede dar 1:4-6 1:5, en donde H:V son las proporciones horizontal y vertical, para terraplenes se adopta la inclinación de 3:2.

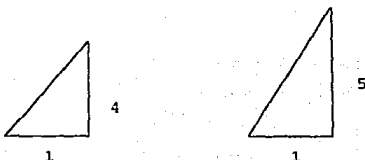


Fig. I.3.d Pendientes usuales para cortes en roca.

La capa de mejoramiento de las terracerías se forma con el mismo material de las terracerías, al cual se le da un tratamiento especial para su mejoramiento, y se obtiene, en algunos casos, agregando antes de compactar algunos materiales que modifiquen favorablemente la granulometría; en otros casos, dándole únicamente un mayor grado de compactación que el resto de la terracería. El espesor de la capa subrasante varía de 30 a 50cm, y se construye generalmente como apoyo del sub-balasto en terracerías de materiales poco resistentes o en la parte superior de la sub-estructura, cuando se considera innecesario al sub-balasto.

A.2) Drenajes.-El drenaje tiene por objeto eliminar el agua corriente que pudiera dañar la estabilidad de la vía, es por ello que debe evitarse que el agua quede depositada en la vía, facilitándole la salida por medio de un buen balasto y drenes laterales.

El buen funcionamiento del drenaje, es fundamental para la conservación de terraplenes y cortes evitando asentamientos, -

erosiones y deslaves en épocas de lluvia.

A.3) Túneles.-Son excavaciones con o sin soporte que se construyen bajo la superficie del terreno. Los estudios previos de un camino deben conducir a proyectos que eviten los túneles, ya que éstos son costosos y difíciles de mantener en operación, sin embargo la topografía y geología de algunos terrenos en los que ocurren deslaves pueden obligar un túnel, debiéndose poner especial cuidado en su diseño general, ventilación y alumbrado. La anchura y sección dependen del tránsito, no debiendo ser menor de 4.87m de plantilla por 6.7m de altura.

A.4) Sub-balasto.-Esta capa está constituida con materiales procedentes de suelos, depósitos naturales o rocas alteradas, generalmente sin ningún tratamiento previo a su utilización.

Además de cumplir con funciones estructurales y de drenaje este material debe impedir la incrustación del balasto, al que sirve de apoyo.

Si tomamos en consideración que el sub-balasto, sirve también para afinar las terracerías, resulta aconsejable construirlo en forma continua en toda la línea, en muchos casos el material es el mismo de las terracerías. El sub-balasto constituye la superficie que limita a la sub-estructura, y su perfil, será una línea paralela a la rasante, pudiendo adoptar el nombre de línea sub-balasto, ésta línea debe ser la base para el proyecto de las terracerías, pero en los datos de construcción se deberá tomar en cuenta la línea subrasante y la sub-corona, es decir el nivel bajo el sub-balasto y el ancho de la terracería en ese nivel.

Aunque siempre se recomienda construir el sub-balasto solo un poco antes del tendido de la vía, para evitar su deterioro con el tránsito del equipo de construcción es muy posible que-

sirva de superficie de rodamiento de los vehículos de aprovisionamiento y de supervisión, en muchas regiones como camino provisional.

| MATERIAL DE LA CAPA SUBRASANTE | | Espesor del sub-balasto requerido. |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| Símbolo del suelo | Valor relativo de soporte estándar más frecuente. | |
| GW, GP, GM, SW | Mayor de 40% | No se requiere |
| GC, SP, SM, SC | de 20% a 40% | No se requiere |
| CL, ML | de 8% a 20% | 30 cm. |
| OL, MH ₁ , CH ₁ | Menor de 8% | 40 cm. |

Tabla I.1

GW.-Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con pocos finos o ninguno.

GP.-Grava mal graduada, mezclas de grava y arena, con pocos finos o ninguno.

GM.-Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.

GC.-Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.

SW.-Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o ninguno.

SP.-Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o ninguno.

SM.-Arenas limosas, mezcla de arena y limo.

SC.-Arenas arcillosas,mezclas de arena y arcilla.

CL.-Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad,arcillas con grava,arcillas arenosas,arcillas limosas,arcillas pobres.

ML.-Limos inorgánicos,polvo de roca,limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

OL.-Limos inorgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.

MH₁.-Limos inorgánicos,limos micáceos o diatomáceos,limos-elásticos.

CH₁.-Arcillas inorgánicas de alta plasticidad,arcillas francas.

De la tabla I.1 se observa,que cuando la capa subrasante está formada por gravas o arenas más o menos bien graduadas o mezcladas con arcillas y limos,no se necesita sub-balasto.No ocurre lo mismo con subrasantes de suelos limosos o arcillosos. En éstos casos,cuando la plasticidad de los suelos es baja (CL,ML),requerirán un sub-balasto de 30 cm de espesor,mientras que si son altamente plásticos o son de origen orgánico,requerirán un espesor de sub-balasto mayor.Cuando los suelos no alcancen un VRS mínimo de 5% serán rechazados para formar la subrasante.

B) SUPERESTRUCTURA:

La Superestructura comprende todas las instalaciones que son de carácter netamente ferroviario,esto es,la vía propiamente

-te dicha, los cambios, todas las instalaciones de las estaciones, los edificios, las instalaciones de líneas electrificadas, las instalaciones de señalización, las instalaciones de telecomunicaciones, etc.

Dentro de la vía existen dos tipos que son la Vía Clásica y la Vía Elástica.

La Vía Clásica está compuesta por:

- 1.-Balasto
 - 2.-Durmientes de madera
 - 3.-Placa de asiento metálica
 - 4.-Riel (12m cada uno)
 - 5.-Accesorios de Fijación
- | | |
|---|---------------------|
| } | clavo |
| { | tornillos y tuercas |
| } | planchuelas |
| { | anclas |

1.-Balasto: Estos materiales se obtienen de la trituración de rocas o de escoria de fundición y en algunos casos por la trituración parcial de conglomerados extraídos de depósitos naturales. También puede usarse gravas de mina o de río cribados unicamente y algunas veces lavadas, siendo conveniente combinarlos con materiales triturados. El caso más frecuente y también el más complicado es el de la trituración de la roca.

El balasto se distribuye en la vía mediante góndolas de puertas laterales o de descarga inferior (tolvas), en cantidades previamente calculadas que haya sido especificada. En cada operación, la vía se levanta a la altura prevista y se calza, distribuyendo el balasto uniformemente bajo los durmientes.

Esta operación se efectúa con multicalzadores, y en algu--

-nas ocasiones con herramientas a mano.

Existen algunos estudios que determinan el espesor del balasto, por ejemplo en Estados Unidos, el espesor del balasto debe ser mayor o igual al espaciamiento entre durmientes, más 3 ó 4 pulgadas adicionales como un factor de seguridad para aquellos casos donde las condiciones de la capa subrasante sean deficientes.

En México las experiencias que se han tenido en éste concepto en la Vía Férrea Nacional nos muestran líneas cuyo tránsito no es muy intenso, en lo que un espesor de balasto de 15 a 20 cm ha dado un excelente resultado. Se han encontrado tramos también en los que el balasto se va incrustando en las terracerías perdiéndose rápidamente. Este caso se observa en líneas de mucho tránsito y terracerías sin tratamiento superficial alguno.

Por ciento en peso que pasa la malla de:

| DENO- MINA- CION | 76.1 | 64.0 | 50.8 | 38.1 | 25.4 | 19.0 | 12.7 | 9.51 | 4.76 | 2.38 |
|------------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|----------------|
| | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| | 3 in | 2 1/2 | 2 in | 1 1/2 | 1 in | 3/4 in | 1/2 in | 3/8 in | Malla No. 4 | Malla No. 8 |
| 1 | 100 | 90-100 | — | 25-60 | — | 0-10 | 0-5 | — | — | — |
| 2 | | 100 | 95-100 | 35-70 | 0-15 | — | 0-5 | — | — | — |
| 3 | | | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-15 | — | 0-5 | — | — |
| 4 | | | | 100 | 90-100 | 40-75 | 15-35 | 0-15 | 0-5 | — |
| 5 | | | | 100 | 95-100 | — | 25-60 | — | 0-10 | 0-5 |

Tabla I.2 Especificaciones granulométricas para balasto.

2.-Durmientes:Se llaman durmientes o traviesas a las piezas de madera, acero o concreto que se colocan transversalmente sobre el balasto, para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado.Además proporcionan un medio para que éstos se conserven alineados, nivelados y con seguridad a la distancia correcta de escantillón.

2.1.-Durmientes de madera:Las diferentes variedades de madera que se emplean en la fabricación de durmientes pueden agruparse en dos clases:

- a) Suaves
- b) Duras

Las primeras son de poco peso, de fibra recta, se rajan fácilmente, contienen bastante resina y se obtienen de árboles con hojas en forma de aguja como son el abeto y el pino.

Las segundas son más pesadas de estructura más densa, más resistentes y provienen de árboles que tienen hojas de forma ordinaria como el encino y el castaño.

La causa principal de la putrefacción de la madera, es el crecimiento dentro de ella de ciertos hongos debidos a la humedad, de ahí la necesidad de tratar los durmientes con ciertas sustancias químicas, que atacan a los hongos (creosota).

La duración de los durmientes de madera varían de 15 a 20 años reduciendose ese tiempo de vida en durmientes no tratados.

A fin de tener registros exactos del tiempo que durará cada durmiente en la vía, son marcados con la fecha de colocación en la cara superior y el centro del durmiente. Para la protección de los durmientes en servicio y cuando éstos se agrietan en las cabezas, se les colocan flejes y clavos en forma de "S" para darles mayor vida.Se puede considerar que -

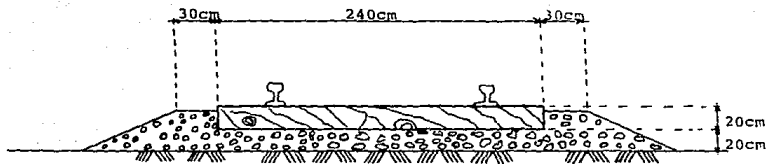


Fig. I.3.e Durmientes de Madera

se requiere unos 2000 durmientes por kilómetro de vía, variando ésto de acuerdo con la longitud de los rieles.

3.-Placas de asiento: Son los elementos de metal y están colocadas entre el patín y la cara superior del durmiente, su propósito principal es proteger al durmiente del desgaste mecánico, siendo de un área mayor que el patín del riel, ésto es distribuyendo el peso sobre un área mayor del durmiente, la presión por unidad de área y reduciendo la acción demoledora sobre las fibras de la madera. Las modernas placas de asiento son con hombro doble y juegan un papel muy importante al sujetar los rieles en su alineamiento y en su escantillón ayudando a mantenerlo nivelado.

4.-Riel: El riel es una barra perfilada de acero laminado que se utilizan en las vías de ferrocarril para sustentar y guiar el equipo móvil.

El riel se divide en tres partes esenciales llamadas: Hongo, alma y patín denominándose de acuerdo con su diseño y su peso por unidad de longitud.

Los elementos que constituyen al riel de acero son: hierro, carbón, manganeso y silicio; encontrándose siempre impurezas como fósforo y azufre.

El carbón aumenta la dureza y resistencia al desgaste, aunque un exceso de este elemento es causa de fragilidad en el acero.

El silicio mejora la calidad en el acero, gracias a que debido a su afinidad con el oxígeno, colabora a la eliminación de gases durante la elaboración del mismo y facilita la laminación del riel. Además aumenta la dureza y la resistencia al desgaste.

El azufre confiere fragilidad al acero en frío, pero es imposible su eliminación completa.

El fósforo da lugar a aceros frágiles al rojo, pero igualmente en el caso del azufre no es posible su eliminación completa desde un punto de vista económico.

El manganeso aumenta la dureza, la resistencia al desgaste y la tenacidad, proporcionando una adecuada viscosidad al acero durante la fabricación, pero dificulta la soldabilidad.

El cromo confiere al acero dureza, resistencia al desgaste y tenacidad.

El peso de los rieles varía mucho y se puede decir que va de 12 hasta 155 lb/yd, sin embargo, los más utilizados varían entre 90 y 115 lb/yd.

El riel constituye el elemento fundamental de la estructura de la vía y actúa como calzada, dispositivo de guiado y elemento conductor de la corriente eléctrica. A de cumplir por tanto los siguientes cometidos:

a) Resistir directamente las tensiones que recibe del material rodante y transmitir las, a su vez, a los otros elementos que componen la estructura de la vía.

b) Realizar el guiado de las ruedas en su movimiento.

c) Servir de conductor de la corriente eléctrica precisa para la señalización y la tracción en las líneas electrificadas.

El peso de los rieles se expresa en kilogramos por metro lineal en todo el mundo, a excepción de Inglaterra, Estados Unidos y países del área de influencia Británica, en los que se -

caracterizaba a los rieles por su peso en libras por yarda. De los primitivos 14 kg/m, se pasó hace ya más de 100 años a los 37 kg/m en algunas líneas americanas y soviéticas.

| Calibre en libras por yarda | | | | | |
|-----------------------------|--------|---------|---------|---------|--------|
| | 90 | 100 | 110 | 115 | 132 |
| | ARA.A | RE | RE | RE | RE |
| Peso Kg/m | 44.644 | 49.605 | 54.566 | 57.045 | 65.478 |
| (C2) area | 20.3 | 24.5 | 26.1 | 25.2 | 25.5 |
| (C3) Módulo S | 238 | 291 | 329 | 360 | 452 |
| (C4) Mom. inercia | 1554 | 2040 | 2372 | 2730 | 3671 |
| Alto plg. | 5 5/8 | 6 | 6 1/4 | 6 5/8 | 7 1/8 |
| Base plg. | 5 1/8 | 5 3/8 | 5 1/2 | 5 1/2 | 6 |
| Hongo plg. | 29/16 | 2 11/16 | 2 25/32 | 2 23/32 | 3 |

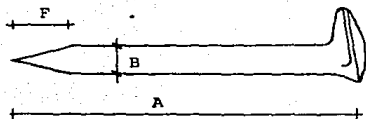
Tabla I.3 Características de los rieles más utilizados en el país.

5.-Accesorios de fijación:

5.a)Clavos.-Los clavos sirven para fijar el riel con el durmiente de madera, consiste simplemente de una barra de acero de sección cuadrada y punta afilada, con la cabeza extendida hacia un lado.

$F=3/4, 7/8, 1, 1 1/8, 1 1/4$ pulg.

$B=3/8, 1/2, 9/16$ y
 $5/8$.



$A=3, 4, 5, 6$ pulg.

Fig. I.3.f. Esquema general de un clavo de sujeción.

5.b) Planchuelas.-La planchuela es una placa que sirve para unir o empalmar los tramos de rieles por medio de tornillos.

Estos deben estar apretados a una presión determinada, la cual se obtiene en el momento en que la roldana de presión queda plana.

5.c) Anclas.-Las anclas del riel son accesorios especialmente diseñados para evitar el movimiento longitudinal de los rieles, manteniendo la separación indicada en las juntas.

Entre los factores que ayudan al desplazamiento de los rieles se encuentran:

- Tonelajes movidos
- Pendientes fuertes
- Calzado defectuoso de los durmientes
- Tornillos flojos
- Frenadas bruscas de los trenes, etc.

Para evitar estos movimientos se colocan anclas, que tienen diferentes diseños y que deben quedar completamente pegadas al durmiente y éste al balasto.

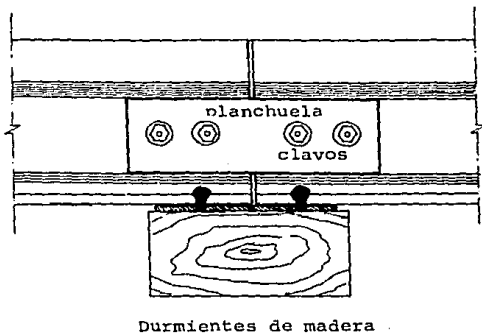
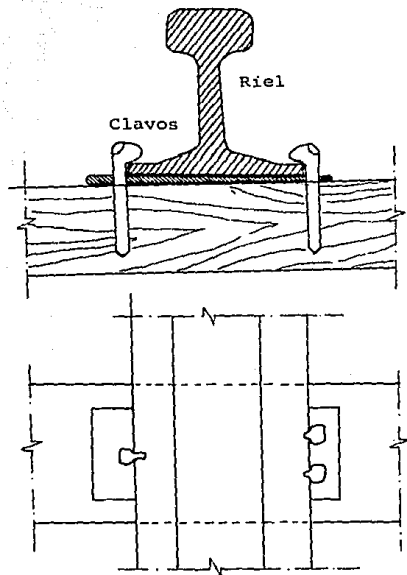


Fig. I.3.g Representación general de la
Vía Clásica

La Vía elástica está compuesta por:

- 1.- Balasto
- 2.- Durmientes de concreto
- 3.-Placas de asiento de hule acanalada
- 4.-Riel (soldado 800 - 8000)LRS

- 5.-Accesorios de Fijación

| | |
|---|--------------------|
| } | grapa elástica |
| | tirafondo |
| | tuercas y roldanas |
| | cubeta de hule |

La Vía elástica(francesa) consiste basicamente en el empleo de riel soldado en largos tramos,generalmente 800 metros,con sujeción riel-durmiente,por medio de grapas elásticas,una placa de hule entre el riel y el durmiente y utilización de durmientes de concreto armado.

El empleo de la "Vía Moderna tipo francés",proporciona un viaje cómodo y silencioso para los pasajeros,con el consiguiente ahorro de gastos de conservación del equipo y material rodante.

1.-Balasto:Tiene las mismas características que el de la vía clásica,pero existe una limitación referida a la altura del balasto.En la Vía elástica que se construye en nuestro país con durmientes RS el balasto se eleva en los hombros hasta 10 cm - abajo del punto más alto de los blocks de concreto,y en el centro,2 cm abajo de la barra de unión.Ver figura(I.3.g).

2.-Durmientes de Concreto:La construcción y la experimentación de durmientes de concreto se inició hacia el año de 1898.

Los principales requisitos que llenan los durmientes de concreto son los de dar una vía más estable, que no demanda más que una conservación mínima y que no exige más que renovaciones a largos plazos ejecutadas sistemáticamente evitando el procedimiento altamente costoso de la búsqueda de la vía, de los durmientes que es necesario sustituir.

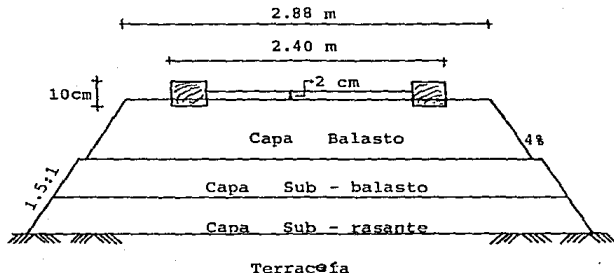


Fig. I.3.h En la vía elástica existe una limitación en la altura del balasto que es de 10 cm en los hombros.

Las características principales que un durmiente debe cumplir son:

- Vida útil alta, comparada a la duración del riel.
- Resistencia a los fuertes esfuerzos estáticos y dinámicos producidos por el paso del tren.
- Proporcionar una debida sujeción al riel.
- Un costo lo más bajo posible.

Los durmientes de concreto pueden dividirse en dos grandes

grupos: Durmientes de concreto preesforzados y durmientes de concreto tipo mixto.

2.a) Durmientes de concreto preesforzado: Estos durmientes presentaron inicialmente algunos inconvenientes durante su empleo. Al no soportar choques notables debido a los defectos de las juntas o la superficie del riel, apareciendo fisuras en la cara superior del concreto, paralelas y debajo de éste.

2.a.1) Durmientes Dywidag: Estos durmientes (B-55 y B-58) tienen una sección transversal trapezoidal, con un peso aproximado de 230 kg y una longitud de 2.30m. El pretensado de éste durmiente es dado por las varillas de acero de 18.6 mm de diámetro que reciben cada una un esfuerzo de 13T correspondientes a una tensión del acero de 4900 kg/cm^2 .

2.b) Durmientes Zig-Zag (Tipo mixto): El durmiente zig-zag tipo mixto consiste en dos blocks de concreto de forma trapezoidal, con una sección mayor del lado interior de la vía, está provisto de muescas o ranuras donde se insertan al final del armado de la vía los accesorios separadores.

Los blocks emplean concreto $f'c = 360 \text{ kg/cm}^2$, grava de río dura, entre 3 y 15 mm; así como arena limpia, gruesa y fina (en proporciones). El refuerzo es muy simple, constituido por una parrilla superior y otra entramado de alambroñ punteado con soldadura.

Los durmientes zig-zag se colocan cada 70 cm, aproximadamente 1600 pares por kilómetro. La forma especial de la celosía presenta excelente resistencia contra el pandeo o chicoteo lateral de la vía.

2.b.1) Durmiente R.S. (Tipo mixto): Este tipo de durmiente -

está compuesto de dos blocks de concreto armado unido por un travesaño metálico que desempeña un papel preponderante, ya que su longitud es casi la longitud del durmiente y constituye el armado principal de los bloques de concreto.

Los durmientes de concreto en general debido a su mayor peso, presentan un mayor apoyo lateral en el balasto, incrementándonos notablemente la estabilidad de la vía.

2.c) Durmientes metálicos: El único durmiente que se consideraba como resistente a las condiciones más duras de clima fue el durmiente metálico. Se encuentra su aplicación muy desarrollada en los climas cálidos. Desgraciadamente se ha podido comprobar que estos durmientes no resisten adecuadamente al tránsito intenso y a los esfuerzos dinámicos que éste origina.

Las sujeciones rígidas del riel sobre los durmientes metálicos son totalmente incompatibles con las grandes velocidades; ya que dan un rodamiento duro y sonoro y al menor defecto de alineamiento da lugar a violentas reacciones de los vehículos como consecuencia de la falta de elasticidad transversal de estas sujeciones.

Por otra parte los durmientes metálicos desarrollados hasta la fecha tienen una forma poco favorable para el tendido de largos tramos de riel soldado, ya que al ser solicitados por los esfuerzos de "caminamiento", producidos por las variaciones de temperatura y por efectos mismos de su forma, se presentan componentes verticales de levantamiento, que perjudican notablemente la estabilidad de la vía.

3.- Placas de asiento de hule acanalada: En vista de que el hule mantiene un volumen constante aunque cambie de forma, fue muy fácil el diseñar una placa experimental tal que, en sus dos superficies tuviera ranuras superficiales cerca las unas de las otras, para permitir una libre expansión del hule. En

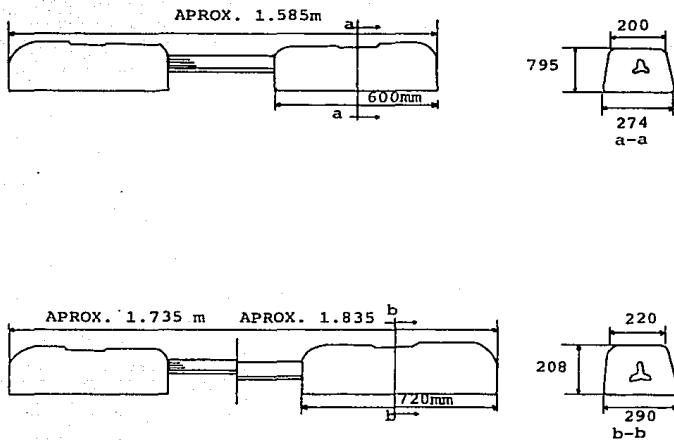


Fig. I.3.i Durmientes de Concreto.

vista de que las propiedades elásticas del hule bajo la simple compresión se buscó de tal forma que la línea central sea ondulada. Fué de este modo, como se llegó a la placa de hule de tipo francés que tiene ranuras alternadas en cada superficie. Estas placas son muy delgadas (4.5mm), tiene una elasticidad a la compresión bajo cargas normales transmitidas por el riel, un poco mayor que la de los durmientes de madera.

4.-Riel (LRS): Es el que se obtiene de soldar entre sí por cualquier procedimiento, varios tramos de riel largo, lográndose rieles sin juntas de longitudes que varían desde 250m a -- 1 200 m ó mayores.

5.-Accesorios de fijación:

5.a) Grapa elástica.-La grapa elástica mantiene una presión elevada y uniforme sobre el patín del riel, mediante una solera (Fig. IV.54.j) que permite un ligero abatimiento del riel sobre la placa de hule acanalada (Fig. IV.54.k) al paso de los trenes, pero oponiéndose a todo deslizamiento del riel. La elasticidad de la placa de hule amortigua las vibraciones y los golpes hacia abajo. La elasticidad no lineal de la solera de la grapa evita los levantamientos del riel. El conjunto que forma la placa de hule acanalada y la grapa es una sujeción elástica, que sujeta sin juego el riel sobre el durmiente. Este conjunto es un verdadero "filtro" que absorbe las vibraciones. La solera sirve de tope lateral al patín del riel interviniendo únicamente cuando los esfuerzos laterales sobrepasan el elevado frotamiento del patín del riel sobre la placa de hule. Estos esfuerzos son transmitidos por el bucle al durmiente, sin que el perno intervenga. Dichos esfuerzos están formados por la presión elevada y permanente del bucle en el fondo de la ranura en donde éste está incrustado dado una reacción oblicua sólo por el concreto.

5.b) Tirafondos.-Los tirafondos son tornillos de sección

cilíndrica con punta afilada y con cuerda gruesa, la parte superior tiene forma de rolzana y sobre ésta una cabeza de sección cuadrada.

Los tirafondos dan mejor resultado que el clavo para fijar el riel, ya que presentan gran resistencia a la extracción hasta seis veces mayor que la de un clavo de madera suave.

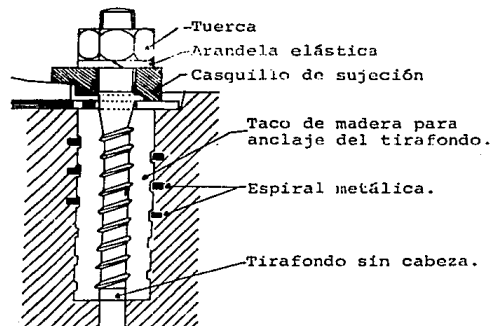


Fig. I.3.j Esquema general de un Tirafondo de sujeción.

Cambios: A fin de que los trenes puedan dejar una vía y pasar a otra, es necesario romper la naturaleza continua de la vía de algún modo. El dispositivo por medio del cual los trenes son desviados o pasados de una vía a otra, es conocida como cambio. Un segundo dispositivo conocido como "sapo" proporciona un cambio o guía que permite a las cejas de las ruedas del equipo rodante pasar através del riel que las ruedas -

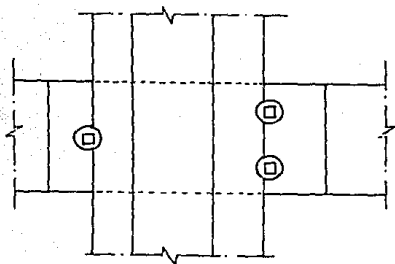
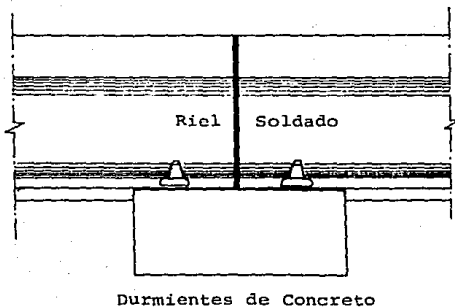
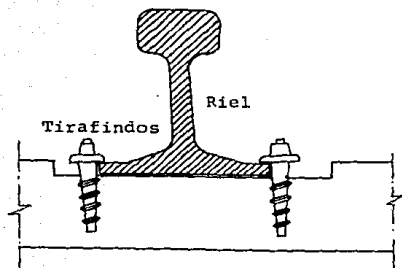


Fig. I.3.K Representación general de la Vía Elástica.

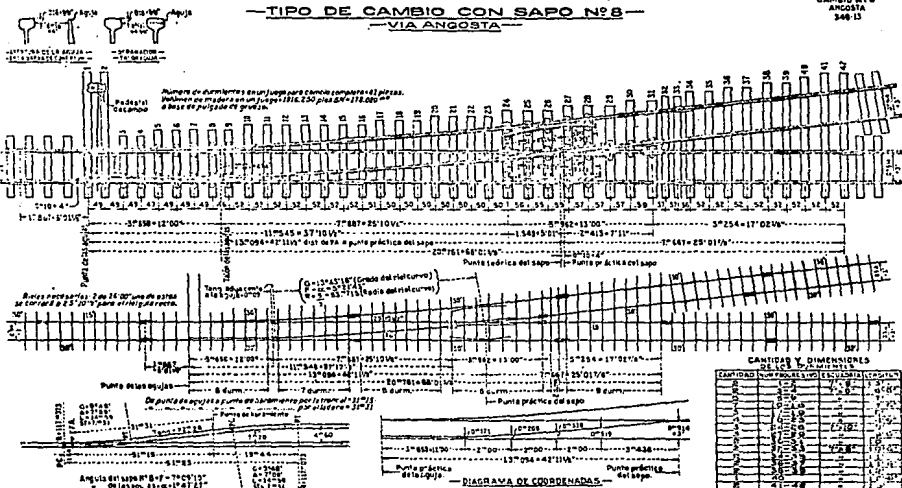
deben cruzar al cambiarse a la vía lateral adjunta.

Algunos cambios son operados por aire comprimido o por motores eléctricos, pero la mayoría de los cambios son abiertos y cerrados a mano. El nombre del árbol de cambio es dado al -- dispositivo adecuado para la operación manual a un cambio.

El cambio, pedestal, sapo y las partes accesorias del equipo así como los durmientes del cambio son conocidas como un juego de cambio.

- TIPO DE CAMBIO CON SAPO Nº 8 -
- VIA ANGOSTA -

CAMBIO Nº 8
ANGOSTA
340-13



en la línea de carretera.

487-1RR

Fig. I.3.1 Cambios

Edif. A. Ariza

I.4 Defectos de los rieles.

Denominamos defectos a aquéllas anomalías que aparecen en los rieles como consecuencia de su fabricación. La importancia de los defectos es muy grande no solo desde el punto de vista-económico sino desde la seguridad de la circulación, puesto - que cuando los rieles ya se encuentran colocados en la vía, - pueden presentarse defectos que en ocasiones ponen en peligro el tráfico de los trenes, llegando a originar accidentes.

a) Separación del alma y del hongo.-Este defecto consiste en una quebradura a lo largo del riel y que separa el hongo y el alma. Se debe tener presente que se origina, por velocidad excesiva en las curvas, una inclinación inapropiada del riel o bien el exceso de grava en los cruceros, da lugar a que el hongo cargue el peso de los trenes en forma dispareja, apareciendo pequeñas grietas o arrugamientos en la unión del hongo y del alma.

b) Riel entubado.-El origen es una grieta longitudinal - ancha en el alma que crece hacia el hongo y el patín del riel debido a las cargas del equipo rodante, separandose las dos - partes de la grieta o cavidad y ensanchandose el alma. Un riel entubado presenta un abultamiento del alma en uno u otro lado o bien en los dos y aveces también pequeñas grietas y hundimiento del hongo en donde está el defecto. El riel se debilita a lo largo de la parte entubada, es decir el hongo no está debidamente soportado por el alma y cuando falla el riel se -- rompe en varios pedazos. Ver (fig. I.4.a).

c) Patín roto.-Es una quemadura en la orilla del patín - del riel, también se conoce como rotura de media luna.

d) Riel enmuescado.-Es aquel riel que tiene muescas en - el hongo, el alma o el patín que son causados por una rueda de defectuosa o bien porque el riel ha sido golpeado con alguna -

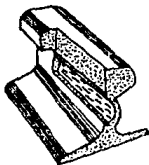


Fig. I.4.a Apariencia general del riel entubado.

herramienta.

e) Riel descascarillado.-Este es un defecto que se localiza cerca del filete superior y por el lado interior del riel y consiste en el desprendimiento de pequeñas escamas o laminitas de metal, se presenta en los rieles que están colocados en las sobre-elevaciones máximas de una curva, en los cambios o donde el riel soporta mayor carga.

f) Flecos.-Son la separación de un pedazo delgado del metal terminado en punta de la superficie del hongo, alma o patín, se origina durante el laminado del riel.

g) Riel quemado.-Es aquel que ha sufrido quemaduras en la banda de rodamiento debido al patinaje o derrapadas de las ruedas motrices de las locomotoras, pueden dar lugar a una fractura del hongo.

h) Riel escurrido.-Es un escurrimiento del material del hongo hacia el lado exterior del riel y se origina por las cargas ejercidas por los trenes. Cuando el hongo está muy desgastado debe reportarse.

i) Fisura o grieta transversal.- Esta se encuentra en el interior del hongo, aproximadamente al centro, su origen es un defecto del acero, por ejemplo una burbuja de gas, esta falla va creciendo hacia arriba en dirección de la banda de rodamiento, hacia abajo en dirección del alma y hacia los lados del hongo, formando círculos o bien ovalos, hasta llegar a ocupar la totalidad del hongo. Esta falla no es posible verla sino hasta que se rompe el riel, se considera peligrosa porque puede aparecer en varias partes del hongo y a veces en otros rieles del mismo lingote, provocando la rotura del riel en una o varias partes, y dando lugar a accidentes.

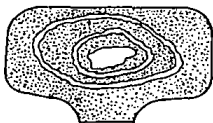


Fig. I.4.b Fisura Transversal.

j) Grieta horizontal.- Esta es una fractura a lo largo y a lo ancho del hongo, esta falla se origina por una grieta que tiene el hongo en el interior y que va creciendo al paso de los trenes. Estos defectos sí pueden ser observados en el riel, así que si se inspeccionan los rieles correctamente puede descubrirse el defecto y cambiar el riel a tiempo evitando así un accidente.

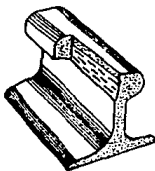


Fig. I.4.c Apariencia general de una grieta vertical del hongo.

k)Grieta vertical.-Es un defecto peligroso porque no es visible en la superficie del hongo, sino hasta que es demasiado grande, además a lo largo del hongo puede ocupar de 60cm a 3m - debilitando al riel, y si está del lado interior del riel éste se rompe durante el servicio y entonces las ruedas de los carros montan en el riel rompiéndolo en varios pedazos y provocando un descarrilamiento.

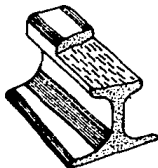


Fig. I.4.d Apariencia general de una grieta horizontal del hongo.

I.5 Secciones más empleadas.

Como se ha visto, la forma de la sección transversal del riel es la que determina su utilización más que ninguna otra característica geométrica del mismo. El tipo más común del riel utilizado es el de patín plano o Vignole, cuyo perfil se compone de las siguientes partes, como se muestra en la figura (I.5.a).

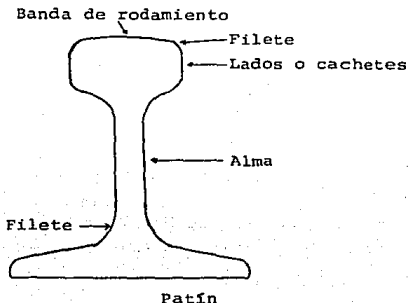
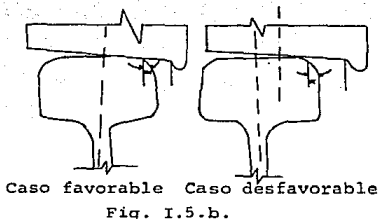


Fig. I.5.a Elementos del riel

Características y recomendaciones: estas características son deducidas a partir de que el riel debe constituir una viga de resistencia suficiente y que su peso debe ser óptimo en relación con su rigidez vertical y horizontal.

La cabeza del riel debe tener una anchura y una altura suficiente desde el punto de vista de las cargas soportadas y de la altura de la pestaña. La inclinación de las caras laterales de la cabeza del riel debería ser de tal naturaleza que existiera mayor paralelismo entre éstas y las pestañas de las ruedas con la finalidad de que la presión se reparta en una

superficie más alta. (Ver Figura I.5.b)



El alma del riel debe asegurar la transmisión óptima de las solicitaciones exteriores, debidas a las circulaciones, desde la cabeza hasta el patín.

El patín del riel debe tener una anchura suficiente con el fin de aumentar la rigidez del emparrillado de la vía y a fin de asegurar una repartición correcta de la carga, sin giro del carril.

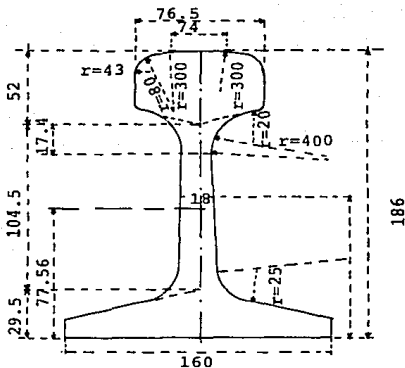
Tradicionalmente la longitud de los rieles estuvo limitada por la necesidad de dejar entre los consecutivos una junta de dilatación con objeto de evitar el posible pandeo de la vía por incremento de los esfuerzos longitudinales bajo la acción de la temperatura. Debido a esta limitación, las longitudes de los rieles oscilan alrededor de los 12m.

En la actualidad se emplea el riel continuo soldado de longitudes practicamente ilimitadas, tan solo interrumpidas por la presencia de puntos singulares, como puentes metálicos y aparatos de vía, que requieren corregir la continuidad de la

barra por medio de juntas de dilatación.

En la actualidad las longitudes de fabricación de rieles en algunos países del mundo son las siguientes: En Estados Unidos 11.89m, en Francia y en España 18m, en Gran Bretaña 18.29m, en la URSS 25m, en Alemania Oriental y Occidental 30m, 45m y 60m, y en Checoslovaquia 24m y 48m.

En la Fig. (I.5.c) se presentan algunas medidas típicas de los rieles.



SECCION 9079 mm²
 PESO..... 71'27 kg/m
 MOMENTOS DE INERCIA
 VERTICAL 4151'66 cm⁴
 HORIZONTAL... 735'06 cm⁴

MODULOS RESISTENTES
 VERTICAL..... 499'73 cm³
 HORIZONTAL ... 91'90 cm³

Fig. I.5.c

C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO I)

- 1.-Diga cronológicamente 5 aspectos importantes de la historia del Ferrocarril.
- 2.-¿Qué tipo de energía considera usted que es recomendable para una locomotora y diga por que?
- 3.-Explique brevemente ¿En qué consta la Infraestructura y la Superestructura?
- 4.-¿Qué se entiende por obras de arte y mencione algunos ejemplos?
- 5.-¿Cómo se selecciona un buen balasto?
- 6.-¿Qué papel juega el durmiente y el riel en una vía?
- 7.-¿Cuáles son las partes que constituyen a un juego de cambio?
- 8.-¿Cuáles son las características principales del riel Vignole?
- 9.-¿Cuáles son los defectos de los rieles debidos a la fabricación del acero?
- 10.-¿Qué otros tipos de riel existen exceptuando el Vignole?

C
A
P
I
T
U
L
O
II

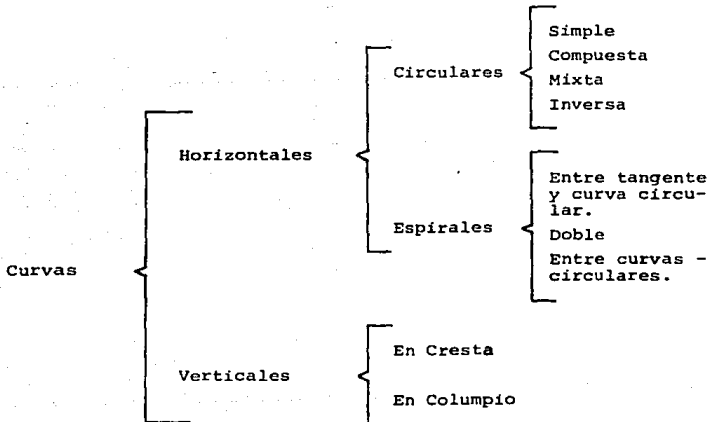
C A P I T U L O I I

ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS

II.1 Curvas

Los tramos rectos, llamados tangentes, de la mayor parte de las vías terrestres de transporte y de conducción están conectados por curvas en los planos horizontales y verticales.

Los distintos tipos de curvas empleados se resumen en el siguiente cuadro:



II.1.1 Curvas Circulares

a) Curva circular simple.-Es un arco único de circunferencia que une o conecta dos tangentes. (Fig. II.1.1.a).



Fig. II.1.1.a

b) Curva circular compuesta.-Se forma con dos ó más arcos de radios diferentes unidos en una tangente común. (Fig. II.1.1.b)



Fig. II.1.1.b

c) Curva circular mixta.-La combinación de un tramo recto - tangente de corta longitud entre dos arcos circulares con sus - centros al mismo lado se le llama curva circular mixta. (Fig. II.1.1.c).

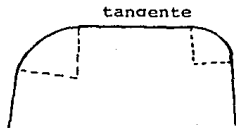


Fig. II.1.1.c

d) Curva circular inversa.-Consiste en dos arcos circulares unidos en tangente común y con sus centros en lados opuestos. (Fig. II.1.1.d).

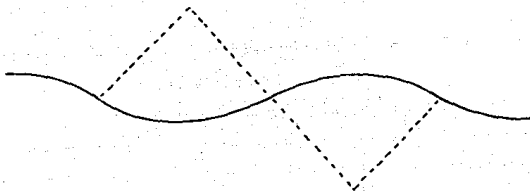


Fig. II.1.1.d

los principales elementos geométricos de una curva circular simple son los siguientes:(Fig. II.1.1.e).

- G = grado de curvatura
- PI = Punto de intersección
- PC = Punto de comienzo de la curva
- PT = Punto de termino de la curva
- R = Radio
- C = Cuerda principal
- ST = Subtangente
- M = Media
- E = Externa
- PEC = Punto en la curva
- PET = Punto en la Tangente.

Definiciones:

En los ferrocarriles el grado de curvatura G se define como el ángulo en el centro de un arco circular subtendido por una cuerda específica C (de 20m o bien de 100 pies). (Fig.II.1.1.f).

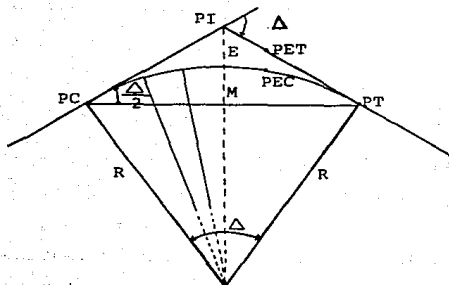


Fig. II.1.1.e Elementos de una curva circular.

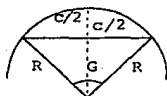


Fig. II.1.1.f Grado de curvatura

El Punto de Intersección de las tangentes Pi se llama también vértice de la curva v.

La línea que va del PC al PI o del PI al PT, es la subtangente o distancia tangencial (ST). La recta que une al PC y el-PT es la cuerda principal (C). La longitud de la curva (LC) es la distancia desde el PC hasta el PT medida a lo largo de la curva.

La distancia externa (E), es la distancia del vértice a la curva, medida sobre una línea radial.

La ordenada central o media (M) es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva.

Un punto en la curva se designa por PEC y un punto en la tangente se designa por PET.

El cambio de dirección de las tangentes se denomina deflexión o derivación tangencial (Δ), que es igual al ángulo central de la curva.

Las relaciones correspondientes a la definición por cuerda (en unidades métricas e inglesas, $c=20m$ y $c=100$ pies respectivamente) son como sigue:

$$\frac{G}{360^\circ} = \frac{20}{2 \pi R} ; R = \frac{20 \times 360}{2 \pi G} = \frac{1145.916}{G} \text{ (U. métricas).}$$

$$\frac{G}{360^\circ} = \frac{100}{2 \pi R} ; R = \frac{100 \times 360}{2 \pi G} = \frac{5729.58}{G} \text{ (U. inglesas).}$$

$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2} \text{ (U. métricas e inglesas).}$$

$$L = 20 \frac{\Delta}{G} ; L = R \Delta' \text{ (U. métricas).}$$

$$L = 100 \frac{\Delta}{G} ; L = R \Delta' \text{ (U. inglesas)}$$

$$C = 2 \left(R \sin \frac{\Delta}{2} \right) \text{ (U. métricas e inglesas)}$$

$$PC = \text{Cad. PI} - ST \quad (\text{U. métricas e inglesas})$$

$$PT = \text{Cad. PC} + LC \quad (\text{U. métricas e inglesas})$$

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad (\text{U. métricas e inglesas})$$

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad (\text{U. métricas e inglesas})$$

EJEMPLO DE CALCULO:

Determinese los valores de los principales elementos geométricos de una curva circular simple.

Supóngase que las mediciones de campo son las siguientes:

$$\Delta = 8^{\circ}24'$$

$$PI = 1 + 927.338\text{m}$$

Las condiciones del terreno requieren el uso de un grado de curvatura máximo por especificaciones de $2^{\circ}00'$.

$$R = \frac{1145.916}{G} = \frac{1145.916}{2} = 572.958 \text{ m}$$

$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2} = 572.958 \frac{8.40^{\circ}}{2} = 42.075 \text{ m}$$

$$L = 20 \times \frac{\Delta}{G} = 20 \times \frac{8.40^{\circ}}{G} = 84.0 \text{ m}$$

$$C = 2 \left(R \sin \frac{\Delta}{2} \right) = 2 \left(572.958 \sin \frac{8.40^{\circ}}{2} \right) = 83.92\text{m}$$

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) = 572.958 \left(\sec \frac{8.40^\circ}{2} - 1 \right) = 1.54m$$

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 572.958 \left(1 - \cos \frac{8.40^\circ}{2} \right) = 1.54m$$

$$\text{Cadenamiento al PC} = \text{Cad. PI} - \text{ST}$$

$$= (1 + 927.338) - 42.075$$

$$= 1 + 885.263$$

$$\text{Cadenamiento al PT} = \text{Cad. PC} - \text{LC}$$

$$= (1 + 885.263) + 84.00$$

$$= 1 + 969.263$$

Los puntos de estudio serán con cadenamientos de 20m.

$$\text{PC} = 1 + 885.263$$

$$\text{punto (1)} = 1 + 900$$

$$\text{punto (2)} = 1 + 920$$

$$\text{punto (3)} = 1 + 940$$

$$\text{punto (4)} = 1 + 960$$

$$\text{PT} = 1 + 969.263$$

La deflexión por metro será:

$$J_m = \frac{G}{C} = \frac{2^{\circ}00'}{20 \text{ m}} = \frac{1^\circ}{20m} = \frac{1^\circ \times 60 \text{ min}}{20m} = 3 \text{ min/m}$$

La deflexión entre el PC y el punto 1 de la curva será la distancia entre estos dos puntos multiplicada por la deflexión por metro:

$$(1 + 900) - (1 + 885.263) = 14.737$$

$$14.737(3') = 44.21'$$

La deflexión entre el PT y el punto cuatro (4) será la distancia entre estos puntos, multiplicada por la deflexión por metro:

$$(1 + 969.263) - (1 + 960) = 9.263$$

$$9.263(3') = 27.789'$$

La deflexión cada 20m es:

$$20 (3') = 60' = 1^\circ$$

$$\frac{\Delta}{2} = \frac{8.40^\circ}{2} = 4.20^\circ = 4^\circ 12'$$

Además para poder trazar la curva necesitamos de los datos que se encuentran tabulados en la tabla(II.1).

| Punto | Punto Observado | Deflexión | Explicación |
|-------|------------------|-----------|----------------------|
| PT | PT = 1 + 969.263 | 4° 12' | (3°44.21') + 27.789' |
| 4 | 1 + 960 | 3°44.21' | (2°44.21') + 1° |
| 3 | 1 + 940 | 2°44.21' | (1°44.21') + 1° |
| 2 | 1 + 920 | 1°44.21' | (0°44.21') + 1° |
| 1 | 1 + 900 | 0°44.21' | 0° + 44.21' |
| PC | PC = 1 + 885.263 | 0° | 0° |

Tabla II.1

Graficando los datos de la tabla anterior obtenemos la curva circular simple.
(Fig. II.1.1.g)

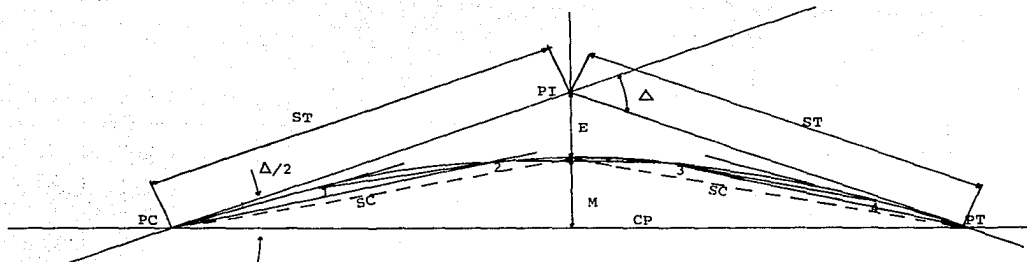


Fig. II.1.1.g Gráfica de una curva circular simple

Dentro del sistema Ferroviario, este tipo de Curvas Circulares solo se recomienda usarlas en Patios, Terminales o en vías de muy baja velocidad.

II.1.2 Curvas Espirales o de Transición.

En las vías troncales y secundarias, entre la tangente y la curva circular simple, es necesario construir una serie de curvas espirales también llamadas de Transición, cuyos radios disminuyen gradualmente desde infinito en la recta hasta el valor correspondiente de la curva circular al principio de ésta.

De forma análoga a partir de la tangente de salida de la curva circular es preciso aumentar el radio hasta que se hace infinito. Esto tiene también el objeto de variar la fuerza centrífuga, desde cero en la recta hasta su valor máximo en la curva circular, en vez de producir su aparición brusca cuando ésta es directamente tangente a aquélla. Existen los siguientes casos:

- a) Curva espiral entre tangentes y curva circular.
(Fig. II.1.2.a)

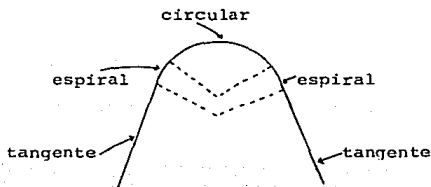


Fig. II.1.2.a

Espiral entre tangentes y curva circular.

- b) Curva espiral doble.-Esta curva tiene la característica de que empieza con una tangente, después entra a la curva espiral, hasta encontrar nuevamente otra curva de transición, se sale de ella con una espiral y se llega a la tangente.

(Fig. II.1.2.b).

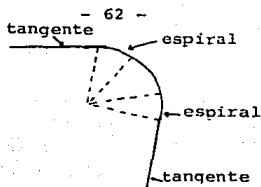


Fig. II.1.2.b Espiral doble

c) Curva espiral entre curvas circulares. (Fig. II.1.2.c).



Fig. II.1.2.c Espiral entre curvas circulares

Como curva de transición se emplea la Parábola Cúbica, en la cual las ordenadas aumentan proporcionalmente al cubo de la abscisa medida desde el origen, y el radio de curvatura en cualquier punto de la curva, es casi proporcional al inverso de la distancia del punto al origen. La ecuación de esta curva es:

$$y = \frac{x^3}{6C}$$

$$R' = \frac{C}{X}$$

donde:

$$C = R \cdot L$$

$$L = 10 \cdot V \cdot h$$

- C = Valor para la integración de los segmentos de la espiral.
R = Radio de la Curva Circular Simple(m).
L = Longitud de la Curva de Transición.(m).
10 = Constante de equivalencia de unidades.
V = Velocidad de proyecto (km/h).
R' = Los diferentes radios de las curvas que integran las espirales.
h = Sobre-elevación.

Sobre-elevación:

Es la diferencia de altura del riel exterior, en una curva respecto del riel interior.

Su valor está en función de la velocidad de los trenes y varía progresivamente desde cero en la tangente hasta el valor máximo permitido en la curva circular simple.

Esta variación será de 2.0 cm cada 30'.

La representación esquemática de la sobre-elevación la podemos observar en la figura (II.1.2.d), en donde se aprecia la entrada de la curva desde la tangente, seguida de la curva espiral, hasta llegar a la curva circular simple, y salir nuevamente con una espiral y llegar a la tangente de salida.

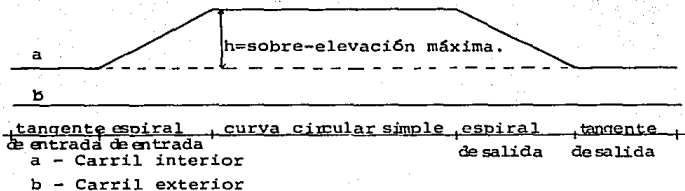


Fig. II.1.2.d Sobre-elevación

En Ferrocarriles Nacionales de México la sobre-elevación se usa generalmente a partir de las curvas de 2°

Diferentes autores han calculado la sobre-elevación:

$$h = 0.0118 \frac{v^2}{R}$$

V en km/h

R en m.

h en m.

$$h = 0.0004 v^2 G$$

V en km/h

G en grados

h en pulgadas.

Según el Manual Técnico de los FFCC N de M:

$$h = 0.001016 v^2 G$$

V en Km/h
G en grados
h en cm.

Dicha fórmula resuelta para diferentes valores de V y G - permiten ordenar valores de h en la siguiente tabla(II.2), observando que la sobre-elevación máxima en México, por especificación es de 15 cm.

Se construye la sobre-elevación con los siguientes fines:

1.-Evitar el golpe brusco que se produciría a la entrada y salida de las curvas, desagradables para los pasajeros y destructivo para la vía y equipo.

2.-Impedir el corrimiento de la vía y el excesivo trabajo de los tirafondos o tornillos de vía del riel exterior.

3.-Obtener el desgaste equivalente en las ruedas y así removerlas después del mismo tiempo de trabajo.

Ampliación del escantillón:

El escantillón es la separación entre los cachetes interiores de los rieles. Su valor en tangente es de 1.435 m.

La ampliación del escantillón se da gradualmente en curvas con radios menores de 500m. La variación es de 1mm por cada metro de longitud de desarrollo de la curva simple, incluyendo la espiral. El valor máximo es de 20mm.

La ampliación se valúa con fórmulas empíricas como:

$$s = \frac{6}{K} = 0.012$$

SOBRE-ELEVACION DEL RIEL EXTERIOR EN cm. VIA ANCHA.

| Grado de curv. | VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| 0°30' | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.7 | 4.1 | 5.1 | 6.1 | 7.3 | 8.6 | 10.0 |
| 1°00' | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 3.1 | 3.6 | 4.3 | 5.0 | 5.7 | 6.5 | 7.3 | 8.2 | 10.2 | 12.3 | 14.6 | 15.0 | 15.0 |
| 1°30' | 0.6 | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 3.1 | 3.8 | 4.6 | 5.5 | 6.4 | 7.5 | 8.6 | 9.8 | 11.0 | 12.3 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 2°00' | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 2.5 | 3.2 | 4.1 | 5.1 | 6.1 | 7.3 | 8.6 | 1.00 | 11.4 | 13.0 | 14.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 2°30' | 1.0 | 1.6 | 2.3 | 3.1 | 4.1 | 5.1 | 6.3 | 7.7 | 9.1 | 10.7 | 12.4 | 14.3 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 3°00' | 1.2 | 1.9 | 2.7 | 3.7 | 4.9 | 6.2 | 7.6 | 9.2 | 11.0 | 12.9 | 14.8 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 4°00' | 1.6 | 2.5 | 3.6 | 5.0 | 6.5 | 8.2 | 10.2 | 12.3 | 14.6 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 5°00' | 2.0 | 3.2 | 4.6 | 6.2 | 8.1 | 10.3 | 12.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 6°00' | 2.4 | 3.8 | 5.5 | 7.5 | 9.7 | 12.3 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 7°00' | 2.8 | 4.4 | 6.4 | 8.7 | 11.4 | 14.4 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 8°00' | 3.2 | 5.1 | 7.3 | 9.9 | 13.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 9°00' | 3.6 | 5.7 | 8.2 | 11.2 | 14.6 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 10°00' | 4.1 | 6.3 | 9.1 | 12.4 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 11°00' | 4.5 | 7.0 | 10.0 | 13.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 12°00' | 4.9 | 7.6 | 10.9 | 14.9 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 13°00' | 5.3 | 8.2 | 11.9 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 14°00' | 5.7 | 8.9 | 12.8 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 15°00' | 6.1 | 9.5 | 13.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |

FORMULA $e = 0.001016 v^2 G$
 e = sobre-elevación en cm.
 v = Velocidad en Km/h
 G = Grado de la curva para cuerdas de 20 m.

NOTA: Sobre-elevación máxima 15 cm.

TABLA II.2 SOBRE-ELEVACION EN CURVAS.

EJEMPLO:

Con los siguientes datos, calcular los elementos de la curva espiral correspondiente y graficarla.

$$V = 60 \text{ km/h}$$

$$G = 5^\circ$$

La sobre-elevación la encontramos entrando a la tabla II.2 de sobre-elevación en curvas, con $G=5^\circ$ y con la velocidad de 60 km/h, así encontramos que $S = 150\text{mm}$.

Longitud de la curva de transición:

$$L = 10 V h$$

$$L = 10 (60) (0.15)$$

$$L = 90\text{m}$$

Pero tomamos una longitud de 100m ya que los cadenamientos son a cada 20m.

Cálculo de coordenadas:

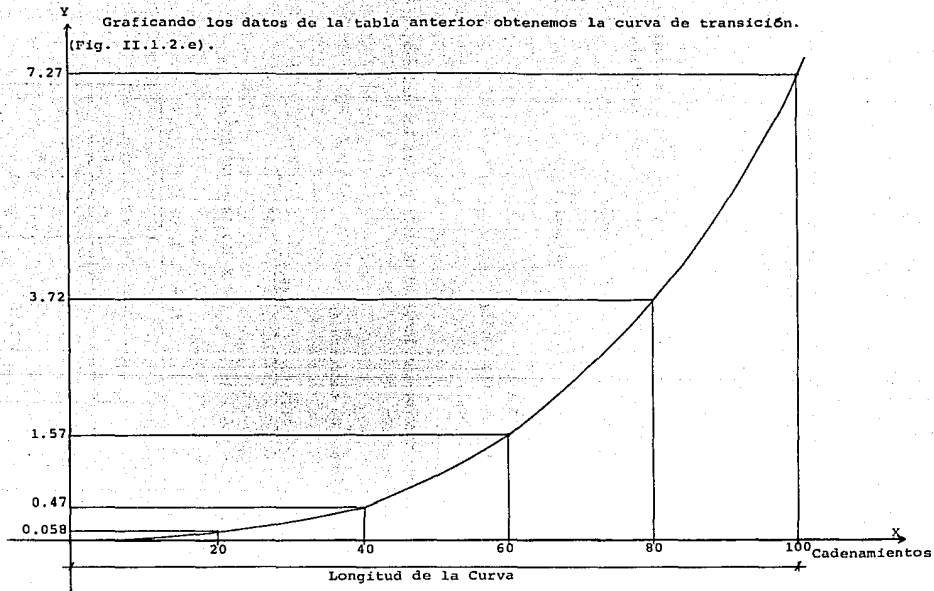
$$R = \frac{1145.92}{G} = \frac{1145.92}{5} = 229.18\text{m}$$

$$C = L \cdot R = 100 \times 229.18 = 22918\text{m}^2$$

TABLA II.3

| X | $R' = \frac{C}{X}$ | $Y = \frac{X^3}{6 C}$ |
|-----|--------------------|-----------------------|
| 20 | 1145.92 | 0.058 |
| 40 | 572.95 | 0.47 |
| 60 | 381.90 | 1.57 |
| 80 | 286.48 | 3.72 |
| 100 | 229.18 | 7.27 |

Graficando los datos de la tabla anterior obtenemos la curva de transición.
(Fig. II.1.2.e).



II.1.3 Curvas Verticales.

Estas curvas se emplean para cambiar de una pendiente a otra en la subrasante. Son parábolas de eje vertical, tanto por la suavidad que se obtiene en la transición como por la facilidad de cálculo.

Las características de las curvas verticales son:

- 1) Adaptarse a las líneas de rasante o subrasante.
- 2) Tener una longitud suficiente para cumplir las especificaciones relativas al cambio máximo de pendiente por esta ción (de 0.05% a 0.10% en ferrocarriles).
- 3) Proporcionar la distancia o alcance visual (visibilidad) requerida. Por lo general, el punto de intersección se ubica en una estación completa en el caso de vías férreas.

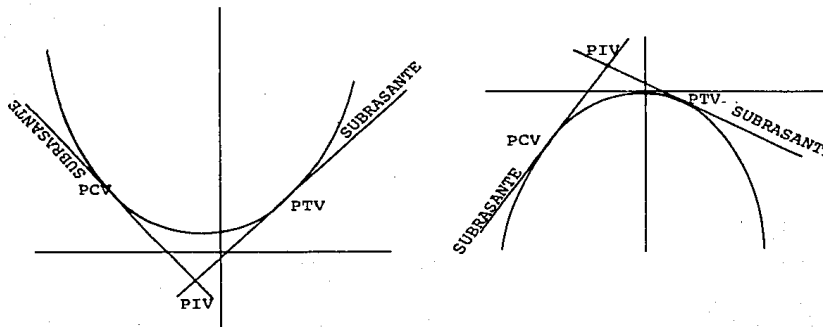


Fig. II.1.3.a Curvas Verticales.

Hay dos clases de curvas verticales que son las curvas en cresta y las curvas en columpio.

a) Curvas en cresta (El PIV se encuentra arriba).

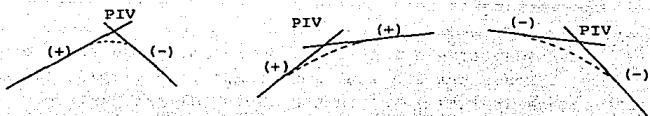


Fig.II.1.3.b Curvas Verticales en Cresta.

b) Curvas en columpio (El PIV se encuentra abajo).

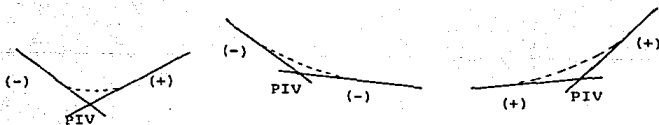


Fig.II.1.3.c Curvas Verticales en Columpio.

Cualquiera que sea el caso, las tangentes verticales, siempre se unirán por medio de una parábola pues posee las siguientes propiedades principales:

1a.-La ecuación de la parábola en ejes rectangulares es:

$$Y = K X^2$$

2a.-La variación de pendientes de la curva es constante, para variaciones constantes de (X), puesto que solo depende de (X) precisamente.

3a.-El punto donde se cortan dos tangentes a la curva, equidistan horizontalmente de los puntos de tangencia.

Para el cálculo práctico de la curva y con objeto de que todas las (X) y (Y) resulten del mismo signo en todos los puntos de la curva, conviene tomar como ejes:

EJE X: Tangente a la curva en el PCV, (Subrasante).

EJE Y: Vertical en el punto de tangencia, (diámetro).

ECUACION: $Y = \cdot K X^2$

$$K = \frac{D}{10 L}$$

donde:

D = Diferencia algebraica de pendientes.

L = Longitud de la curva vertical dada en estaciones cerradas de 20m.

X = No. de orden que le corresponde a la estación para la cual se calcula la ordenada.

El proyecto de una curva vertical obedece a los siguientes procesos:

Teniéndose como datos:

Km del PIV

Elev. del PIV

Pendiente de la tangente de entrada

Pendiente de la tangente de salida

Velocidad promedio

Tiempo de reacción.

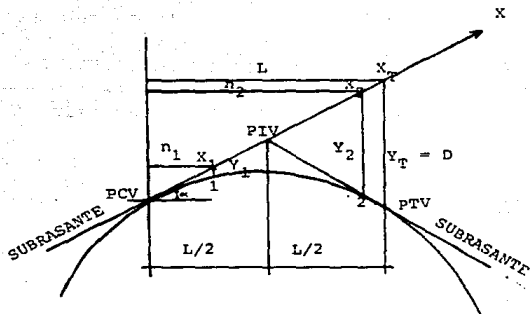


Fig. II.1.3.d Curva Vertical.

1.-Se calcula la distancia de visibilidad de parada por medio de la siguiente fórmula:

$$D_p = 0.278 v_p T_r + \frac{v^2}{254.88(f \pm p)}$$

2.-Diferencia algebraica de pendientes (D):

$$D = (\text{Pend. tar. de entrada}) - (\text{pend. tan de salida})$$

3.-Cálculo de la longitud mínima de la curva:

Para curvas en cresta:

$$L = 0.0025 D D_p^2$$

en donde:

L = Longitud mínima de la curva en metros.

D_p = Distancia de visibilidad de parada en metros.

D = Diferencia algebraica de pendientes en %.

Para curvas en columpio:

$$L = \frac{D D_p^2}{120 + 3.5 D_p}$$

Se aceptará la longitud de curva calculada, solo cuando $D_p < L$, en caso contrario se opta por dar a la curva una longitud mínima de 40m y calcular su geometría, en la forma que se indica a continuación.

4.-Cálculo del número de estaciones de 20 metros.

$$n = \frac{L}{20}$$

El cual puede aumentar a un número cerrado de estaciones, haciendo la correspondiente corrección en la longitud de la curva:

$$L = 20 n$$

5.-Valor del parámetro "K".

$$K = \frac{D}{10 n}$$

6.-Cálculo de kilometrajes:

$$Km PCV = Km PIV - 0.5L$$

$$Km PTV = Km PIV + 0.5L$$

7.-Cálculo de Cotas:

$$Cota PCV = Cota PIV \pm (0.5L \times \text{pend. tan entrada})$$

$$Cota PTV = Cota PIV \pm (0.5L \times \text{pend. tan salida})$$

8.- Determinación de los puntos de estudio.

Pueden ser a equidistancia, aunque lo usual es cada 20m, dando fracciones al principio y al final de la curva.

9.- Determinación de las cotas de cada uno de los puntos de estudio, sobre la tangente de entrada prolongada (fig. II.1.3.e)

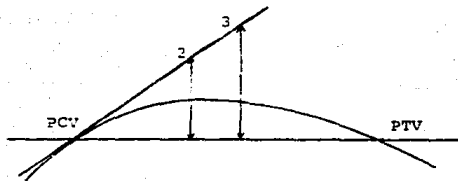


Fig. II.1.3.e.

$$\text{Cota (\#3)} = (\text{Cota \#2}) + (\text{pend.} \times \text{equidistancia})$$

10.- Valor de "X" para cada uno de los puntos en estudio, tomando la estación como unidad de longitud. (Fig. II.1.3.f)

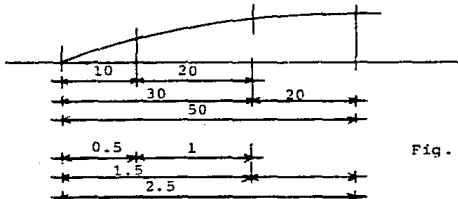


Fig. II.1.3.f

"X" en metros.

Tomando la estación como unidad de longitud.

11.- Valor de "Y", para cada uno de los puntos de estudio:

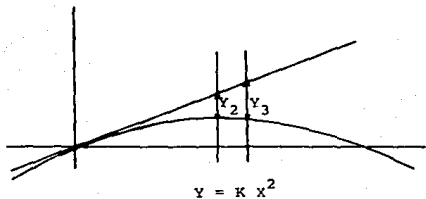


Fig. II.1.3.g

12.-Cálculo de las cotas de cada uno de los puntos de estudio, sobre la curva.

Cota sobre la curva = Cota sobre la tangente - Y

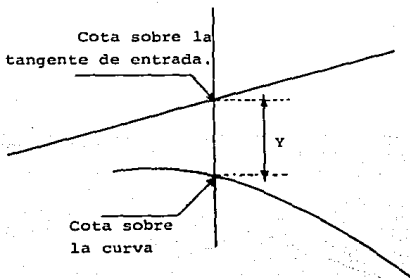


Fig. II.1.3.h

Teniéndose en cuenta que en el caso de una curva en columpio, en vez de ser una resta, será una suma la que tenga que hacerse. (fig. II.1.3.i)

$$\text{Cota sobre la curva} = \text{Cota sobre la tangente} + Y$$

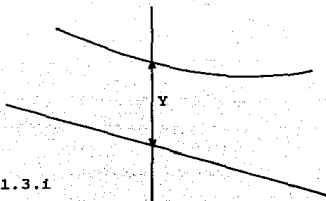


Fig. II.1.3.i

EJEMPLO: (Fig. II.1.3.j)

Datos:

$$\text{Km PIV} = 38.646.10$$

$$\text{Elev. PIV} = 1364.50 \text{ m}$$

$$V_p = 70 \text{ Kph}$$

$$T_R = 2.5 \text{ seg.}$$

$$\text{Pendiente de la tan. de entrada} = + 3.5\%$$

$$\text{Pendiente de la tan. de salida} = - 1.75\%$$

$$\text{Coeficiente de fricción longitudinal (f)} = 0.348$$



Fig. II.1.3.j.

1.- Distancia de visibilidad de parada:

$$D_p = 0.278 v_p T_R + \frac{v^2}{254.88 (f + p)}$$

$$D_p = 0.278(70)(2.5) + \frac{(70)^2}{254.88(0.348 + 0.035)}$$

$$D_p = 98.85 \text{ m.}$$

2.- Diferencia algebraica de pendientes:

$$D = (+3.5) - (-1.75) = 5.25\%$$

3.- Longitud mínima de la curva:

$$L = 0.0025 D (D_p)^2 \dots\dots\dots\text{Para curvas en cresta.}$$

$$L = 0.0025(5.25)(98.85)^2$$

$$L = 128.25 \text{ m.}$$

$$D_p < L \dots \text{Bien}$$

4.- Número de estaciones:

$$n = \frac{L}{20}$$

$$n = \frac{128.25}{20}$$

n = 6.41 ; .. n = 7 estaciones, por lo cual la longitud de la curva tiene que corregirse a:

$$L = 20 n$$

$$L = 20 (7) = 140 \text{ m.}$$

5.- Valor del parámetro "K":

$$K = \frac{D}{10 n}$$

$$K = \frac{5.25}{10 (7)}$$

$$K = 0.075$$

6.- Kilometrajes:

$$\text{Km PCV} = \text{Km PIV} - 0.5L$$

$$\text{Km PCV} = (38 + 646.10) - (0.5 \times 140) = 38.576.10$$

$$\text{Km PTV} = \text{Km PIV} + 0.5L$$

$$\text{Km PTV} = (38 + 646.10) + (0.5 \times 140) = 38.716.10$$

7.- Cotas:

$$\text{Cota PCV} = \text{Cota PIV} - (0.5L \times \text{pend. tan entrada})$$

$$\text{Cota PCV} = (1364.50) - (0.5 \times 140 \times 0.035) = 1362.05 \text{ m}$$

$$\text{Cota PTV} = \text{Cota PIV} - (0.5L \times \text{pend. tan salida})$$

$$\text{Cota PTV} = (1364.50) - (0.5 \times 140 \times 0.0175) = 1363.275 \text{ m}$$

8.- Puntos de estudio:

Los puntos de estudio se harán con cadenamientos a cada 20 m.

ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

La curva empieza en $38 + 576.10$ los siguientes puntos serán:

| | | |
|-----------|---|---------------|
| PCV | = | $38 + 576.10$ |
| Punto (1) | = | $38 + 580.00$ |
| Punto (2) | = | $38 + 600.00$ |
| Punto (3) | = | $38 + 620.00$ |
| Punto (4) | = | $38 + 640.00$ |
| PIV | = | $38 + 646.10$ |
| Punto (5) | = | $38 + 660.00$ |
| Punto (6) | = | $38 + 680.00$ |
| Punto (7) | = | $38 + 700.00$ |
| PTV | = | $38 + 716.10$ |

9.- Cotas en los puntos de estudio, sobre la tangente de entrada prolongada:

La pendiente de entrada es $+ 3.5\%$

Es decir la variación por metro es de 3.5 cm.

En la tabla anterior podemos observar, que la diferencia - entre el PCV y el punto (1) es:

$$(38 + 590.00) - (38 + 576.10) = 3.9\text{m}$$

La variación de pendiente que hay en 3.9m es:

$$\begin{aligned} 3.9 \times 3.5\text{cm} &= 13.65 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{(I)} \\ &= 0.1365 \text{ m} \end{aligned}$$

La diferencia entre el PIV y el punto (4) es:

$$(38 + 646.10) - (38 + 640.00) = 6.10\text{m}$$

La variación de pendiente que hay en 6.10m es:

$$\begin{aligned} 6.10 \times 3.5 &= 21.35 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{(II)} \\ &= 0.2135 \text{ m} \end{aligned}$$

La diferencia entre el punto (5) y el PIV es:

$$(38 + 660.00) - (38 + 646.10) = 13.90 \text{ m}$$

La variación de pendiente que hay en 13.90 m es:

$$\begin{aligned} 13.90 \times 3.5 &= 48.65 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{(III)} \\ &= 0.4865 \text{ m} \end{aligned}$$

La diferencia entre el PTV y el punto (7) es:

$$(38 + 716.10) - (38 + 700.00) = 16.10 \text{ m}$$

La variación de pendiente que hay en 16.10 m es:

$$\begin{aligned} 16.10 \times 3.5 &= 56.35 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{(IV)} \\ &= 0.5635 \text{ m} \end{aligned}$$

La variación de pendiente que hay en 20 m es:

$$\begin{aligned} 20 \times 3.5 &= 70 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{(V)} \\ &= 0.70 \text{ m} \end{aligned}$$

(1) Para encontrar la Cota de la Tangente de entrada del punto tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (1)} &= \text{Cota PCV} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1362.05 + 0.1365 = 1362.19\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (2)} &= \text{Cota punto 1} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1362.19 + 0.7 = 1362.89\text{m} \text{ (se le suma } 0.7, \text{ ya} \\ &\quad \text{que varió } 20\text{m)}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (3)} &= \text{Cota punto 2} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1362.89 + 0.7 = 1363.59\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (4)} &= \text{Cota punto 3} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1363.59 + 0.7 = 1364.29 \text{ m} \end{aligned}$$

Otra forma de obtener el punto (4) es:

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (4)} &= \text{Cota del PIV} - (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1364.50 - 0.2135 = 1364.29 \text{ m} \end{aligned}$$

En el punto (4) debemos tomar como dato la elevación del PIV, y luego restar o sumar su variación.

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (5)} &= \text{Cota del PIV} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1364.50 + 0.4865 = 1364.99 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (6)} &= \text{Cota punto (5)} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1364.99 + 0.7 = 1365.69 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota punto (7)} &= \text{Cota punto (6)} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1365.69 + 0.7 = 1366.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota del PTV} &= \text{Cota punto (7)} + (\text{pend.} \times \text{equidistancia}) \\ &= 1366.39 + 0.5635 = 1366.95 \text{ m} \end{aligned}$$

10.-Valores de "X", para cada uno de los puntos de estudio, tomando la estación como unidad de longitud.

1 unidad van a ser 20 m.

Por lo tanto en el punto (PCV) el valor es cero.

En el primer punto es 0.1950, porque la diferencia entre el-PCV y el 1er punto es 3.9 entonces:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ————— } 20 \text{ m} \\ X \text{ ————— } 3.9\text{m} \end{array} \quad X = 0.1950$$

El 2do. punto varía 20m por lo tanto $X = 1.1950$

El 3er. punto varía 20m por lo tanto $X = 2.1950$

El 4to. punto varía 20m por lo tanto $X = 3.1950$

La diferencia del PIV con el PCV es:

$$(38 + 646.10) - (38 + 576.10) = 70 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ————— } 20 \text{ m} \\ X \text{ ————— } 70 \text{ m} \end{array} \quad X = 3.5$$

El 5to. punto: La diferencia del 5to. punto con el PCV es:

$$(38 + 660.00) - (38 + 576.10) = 83.9 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ————— } 20 \text{ m} \\ X \text{ ————— } 83.9 \text{ m} \end{array} \quad X = 4.195$$

El 6to. punto varía 20 m por lo tanto $X = 5.1950$

El 7mo. punto varía 20 m por lo tanto $X = 6.1950$

La diferencia del PTV con el PCV es:

$$(38 + 716.10) - (38 + 576.10) = 140 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ————— } 20 \text{ m} \\ X \text{ ————— } 140 \text{ m} \end{array} \quad X = 7$$

11.-Valores de Y: Estos valores se encuentran con la siguiente ecuación:

$$Y = K X^2$$

$$K = 0.075$$

12.-Cotas de los puntos de estudio, sobre la curva:

$$\text{Cota de la curva} = \text{Cota sobre la tan.} - Y$$

Los valores obtenidos en el punto 11 y 12 se encuentran en la tabla II.4

| Punto | Km | Cotas de tan. de-entrada | X | X ² | Y | Cotas en la curva. |
|-------|-----------------|--------------------------|--------|----------------|--------|--------------------|
| | PCV 38 + 576.10 | 1362.05 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1362.05 |
| 1 | 580.00 | 1362.19 | 0.1950 | 0.0380 | 0.0029 | 1362.18 |
| 2 | 600.00 | 1362.89 | 1.1950 | 1.4280 | 0.1071 | 1362.78 |
| 3 | 620.00 | 1363.59 | 2.1950 | 4.8180 | 0.3614 | 1363.23 |
| 4 | 640.00 | 1364.29 | 3.1950 | 10.2080 | 0.7656 | 1363.52 |
| | PIV 38 + 646.10 | 1364.50* | 3.5000 | 12.2500 | 0.9182 | 1363.58 |
| 5 | 660.00 | 1364.99 | 4.1950 | 17.5980 | 1.3199 | 1363.67 |
| 6 | 680.00 | 1365.69 | 5.1950 | 26.9880 | 2.0241 | 1363.66 |
| 7 | 700.00 | 1366.95 | 6.1950 | 38.3780 | 2.8784 | 1363.51 |
| | PTV | 716.10 | 7.0000 | 49.0000 | 3.6750 | 1363.275** |

TABLA II.4

* Se debe obtener el valor dado como dato "elev.PIV"

** Se debe obtener el valor calculado en el punto 7

Cota PTV = 1363.275

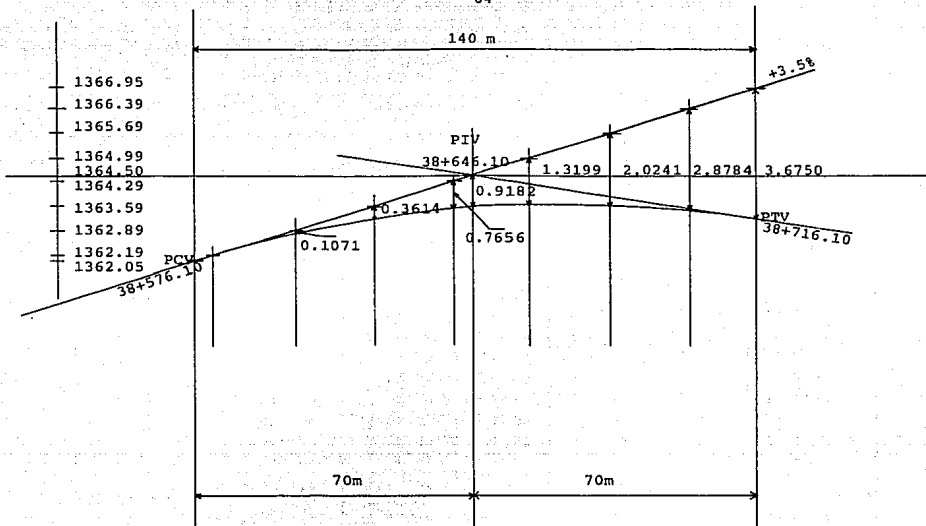


Fig. II.1.3.k Gráfica de Curva Vertical.

II.2 Velocidades Límites.

De la fórmula teórica de la sobre-elevación se deduce que la velocidad máxima admisible depende del peralte y del radio de curvatura.

$$\frac{v^2}{R} = K \cdot h$$
$$v = K \sqrt{R \cdot h}$$

Ahora bien el peralte máximo está fijo, por la condición - volteamiento, cuando algún carro o locomotora misma, se encuentre en la curva considerando que el peralte es el 10% del escantillón tenemos:

$$\begin{aligned} \text{escantillón} &= 1.435\text{m} = 143.5 \text{ cm} \\ \text{peralte} &= 14.35\text{cm} = 15 \text{ cm.} = 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Por lo que si h es una constante se tiene:

$$v = K \sqrt{R}$$

El valor K se toma experimentalmente, si tomamos $K=4$

$$v = 4 \sqrt{R} \quad \text{Para una sobre-elevación de } h = 150\text{mm.}$$

quedando R en metros y v en Km/h.

EJEMPLO:

$$\begin{aligned} R &= 900 \text{ m;} \\ v &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= 4 \sqrt{900} \\ v &= 120 \text{ km/h} \end{aligned}$$

El coeficiente K es conservador cuando su valor es 4 ya que toma en cuenta las condiciones de las vías, equipo y acortamientos.

Para radios inferiores a 300m se aplica la fórmula:

$$V = \frac{4R}{\sqrt{R + 50}}$$

EJEMPLO:

$$R = 175 \text{ m}$$

$$V = \frac{4 \times 175}{\sqrt{225}}$$

$$V = 46 \text{ km/h}$$

Conviene recordar que en las curvas deberá compensarse la pendiente para que no aumente la resistencia. Y por último para elaborar un proyecto teniendo como dato la velocidad de operación, se despeja el radio de las fórmulas anteriores, para obtener las especificaciones límites.

$$R = \frac{v^2}{16} \quad \text{para velocidades mayores de 50 km/h.}$$

$$R = \frac{v^2 \pm \sqrt{v^4 + 3200 v^2}}{32} \quad \text{para velocidades menores de 50km/h.}$$

Las fórmulas anteriores consideran un peralte máximo de 150 mm en la sobre-elevación.

II.3 Repaso de Terracerías.

Cortes.- Son las excavaciones o remociones de los materiales, producto de las mismas, realizadas en el terreno natural, en ampliación de abatimiento de taludes, en derrumbes y en rebajes de terraplenes, con objeto de formar la subrasante, los taludes, las cunetas y los desplantes de los terraplenes.

Los materiales excavados de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga se clasifican en:

- 1.-Material A
- 2.-Material B
- 3.-Material C

Material A es el blando o suelto que puede ser eficientemente excavado con escrope remolcada con tractor de orugas.

Material B Es el que por la dificultad de extracción y carga solo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla. Se considera como material B a las piedras sueltas, como rocas muy alteradas y tepetates.

Material C es el que por su dificultad de extracción solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos de detonación rápida. Entre los materiales clasificables como material C tenemos las rocas basálticas.

En la clasificación de materiales se observarán las siguientes disposiciones:

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción y carga simulándolo al que corresponda de los materiales A, B o C. Siempre se mencionarán los tres tipos de materiales para determinar claramente de cual se trata de la siguiente forma:

20-30-50 que quiere decir, 20 de material A, 30 de material B y 50 de material C y quiere decir que cada material se clasificará por separado y en proporción a su volumen se clasificará el total.

Las excavaciones en los cortes se ejecutarán procurando - seguir un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte.

Al hacer las excavaciones particularmente cuando se emplean explosivos se evitará hasta donde sea posible aflojar - el material en los taludes más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto.

En caso de no ser así todo el material que se derrumbe o se encuentre inestable en los taludes será removido.

Para formar la subrasante si la cama del corte es material C, la excavación se hará hasta una profundidad media de 30 cm, bajo toda la sección de la cama.

Para obtener una buena liga entre los terraplenes antes - de iniciar la construcción de éstos, se cortará una pequeña - parte del terreno natural con espesor de 15 a 20 cm a todo lo ancho del terraplén. Este trabajo recibe el nombre de despalmes.

Para dar por terminada la excavación de un corte se verificarán alineamiento, perfil, sección (forma, anchura y acabados).

La medición de los volúmenes se hará tomando como unidad - el metro cúbico. El resultado se considerará redondeado a la - unidad. En ningún caso se considerará abastamiento.

Préstamos. - Son excavaciones que se ejecutan en los lugares fijados en el proyecto a fin de obtener los materiales pa

ra formar los terraplenes no compensados.

La ubicación y las dimensiones de los préstamos serán fijados en cada caso en el proyecto. Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto, siempre la excavación será en seco, en material apropiado y en la forma más regular posible a fin de facilitar su medición.

Siempre se procurará que los préstamos queden lo mejor drenados posible, por lo que siempre se aconseja que cuando se ataquen préstamos tengan éstos al final una pendiente en un solo sentido para que se drenen longitudinalmente hacia las alcantarillas.

Reafinamiento. - Son excavaciones y movimientos de materiales con volumen total hasta de 3000 m^3 por Km, necesarios para afinar, rehacer o modificar la sección de proyecto de las terracerías ya atacadas con anterioridad.

Canales. - Son excavaciones y remociones de los materiales de producto de las mismas efectuadas de acuerdo con el proyecto para la construcción de canales, contracunetas y rectificación de cauces. La medición de los volúmenes excavados se harán tomando como unidad el m^3 y el resultado se redondeará a la unidad.

Acarreos. - Transporte del material producto de las excavaciones de cortes, adicionales bajo la subrasante, ampliación o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes, escalones o despalmes, préstamos, derrumbes o canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio.

La terracería debe ser estudiada con anterioridad para lograr que tengan las condiciones de resistencia y flexibilidad para tomar cargas hasta de 6 Kg/cm^2 , en casos especiales, para evitar que la superficie de esta infraestructura sufra deformacio-

nes permanentes;al colocarse sobre ella los durmientes de una vía,se coloca entre ésta y aquellos una capa de balasto que sirve para repartir las cargas uniformemente evitando así las deformaciones de las terracerías recomendándose un espesor mínimo de 35 cm abajo de los durmientes,ya que si es insuficiente,los lodos fluyen entre los durmientes y éstos se clavan en las terracerías,conviniendo en algunos terrenos húmedos una capa de material arenoso entre el balasto y la superficie de terracería, para hacer más rápido el drenaje del agua de lluvia que se acumula en la vía,en algunas ocasiones se coloca en lugar de arena escoria triturada,en líneas para cargas por eje de 30T,es conveniente poner una capa de arena no menor de 30 cm y otra de balasto no menor de 40 cm,teniéndose así una magnífica transmisión entre carril,durmiente y terracería.

II.3.1 Cálculo de Curva Masa.

La Curva Masa es un diagrama de los volúmenes acumulativos por estaciones,donde los cortes se consideran con signo positivo y los volúmenes de terraplén con signo negativo,de tal modo que en cualquier lugar,puede conocerse el balance entre ambas cunetas.

En la siguiente figura(II.3.1.a) se observa que las abscisas son los kilometrajes de los puntos de estudio, y las ordenadas son los volúmenes acumulados tanto de corte como de terraplén.

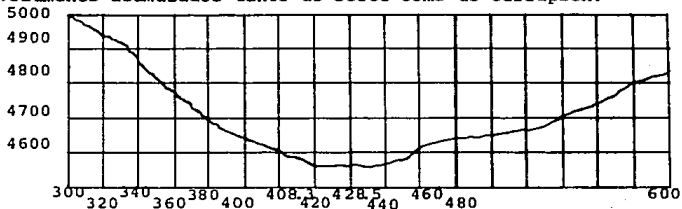


Fig. II.3.1.a

Un tramo ascendente de la curva, señala un corte donde la ordenada parcial de cada estación, representa su volumen en cifras abundadas, a manera de poder igualar los volúmenes unitarios de terraplenes que se formarán con la rezaga o detritus provinientes de la excavación de los cortes.

La curva de masa desciende en igual proporción que los volúmenes netos de terraplén y resulta de ello, el principio básico que señala que toda recta horizontal que corte las sinuosidades de la curva de masas, ya que en cualquier cima o campana o en cualquier sector cóncavo (con forma de columpio o cubeta) marcará iguales volúmenes de terraplén y de material-abundado obtenido del corte.

Por medio de la figura (II.3.1.b), se puede inferir las siguientes propiedades de la curva masa:

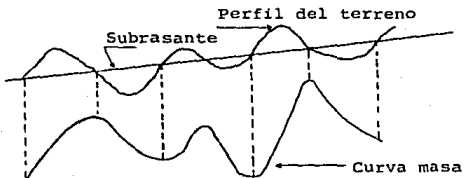


Fig. II.3.1.b.

Propiedad 1.-En Corte, la Curva Masa SUBE. (Fig. II.3.1.c).

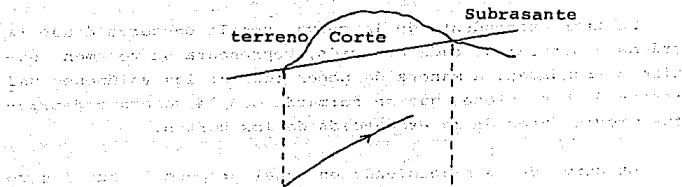


Fig. II.3.1.c

Propiedad 2.- En Terraplén, la Curva Masa BAJA. (Fig.II.3.1.d)

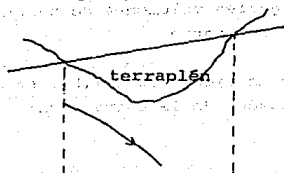


Fig. II.3.1.d

Propiedad 3.- Cuando se pasa de Corte a Terraplén, la Curva Masa presenta un máximo. (Fig.II.3.1.e)

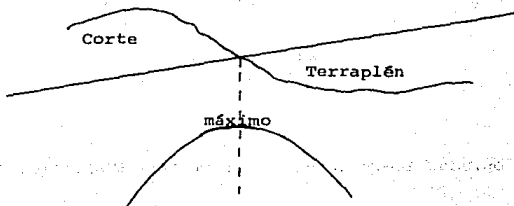


Fig. II.3.1.e

Propiedad 4.-Cuando se pasa de Terraplén a Corte, la Curva - Masa presenta un mínimo. (Fig.II.3.1.f)

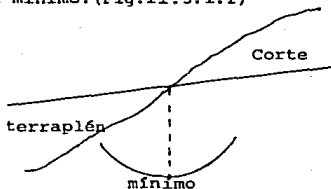


Fig. II.3.1.f

Propiedad 5.-Una línea horizontal cualquiera, implica una compensación entre el Corte y el Terraplén, entre sus límites. A esa horizontal, se le llama también línea distribuidora o compensadora. (Fig.II.3.1.g)

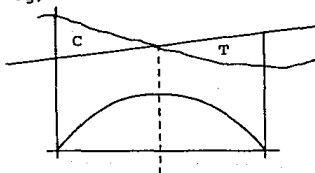


Fig. II.3.1.g

Propiedad 6.-Si la curva Masa, queda arriba de la línea compensadora, el movimiento de tierras, se hará de izquierda a derecha. (Fig.II.3.1.h)

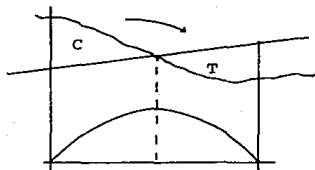


Fig. II.3.1.h

Propiedad 7.- Si la Curva Masa, queda abajo de la línea compensadora, el movimiento de tierras, se hará de derecha a izquierda. (Fig. II.3.1.i)

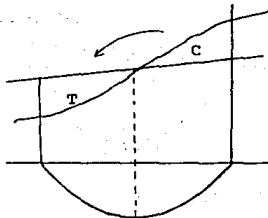


Fig. II.3.1.i

La línea compensadora, generalmente no puede ser una sola línea horizontal a través de una distancia muy grande, se tendrá entonces, una sucesión de líneas compensadoras que abarca tramos reducidos.

Propiedad 8.- Si una nueva compensadora queda más abajo que la anterior, el espacio entre ellas, indica un volúmen de préstamo. (Fig. II.3.1.j)

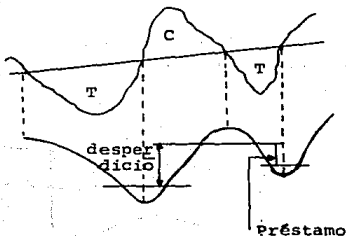


Fig. II.3.1.j

Propiedad 9.-Si una nueva compensadora queda más arriba - que la anterior, el espacio entre ellas indica un volumen de - desperdicio. (Fig.II.3.1.k)

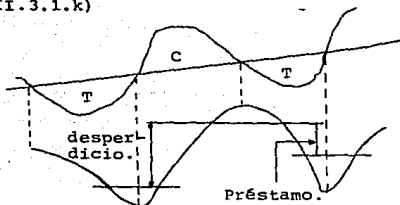


Fig. II.3.1.k

Propiedad 10.-El área entre la Curva Masa y una compensadora, es el acarreo total de material, entre los puntos de cruce. (Fig. II.3.1.l)

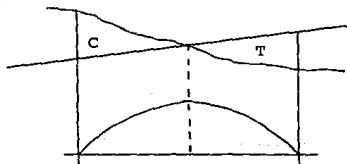


Fig. II.3.1.l

Propiedad 11.-El acarreo más económico es el que se tiene cuando la compensadora hace mínima la suma de áreas entre la curva y la compensadora. (Fig. II.3.1.m)



Fig. II.3.1.m

Propiedad 12.-La posición de la compensadora más económica, es la que corta el mayor número de veces a la Curva Masa. (Fig. II.3.1.n)

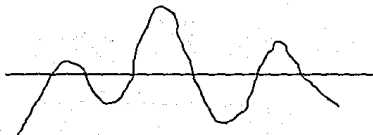


Fig. II.3.1.n

Como es presumible, la economía en la construcción de un camino, es función directa del movimiento de terracerías que se provoque y naturalmente de la forma en que se realice ese movimiento.

Por Ejemplo: Al realizar un corte, una parte del material resultante servirá para hacer el terraplén contiguo, pero para construir el terraplén faltante, podríamos:

- emplear el material restante del corte.
- emplear material de préstamo.

El seguir una u otra alternativa, dependerá de la distancia que se tenga que acarrear el material en cada caso, pues no se debe de pasar por alto el aspecto económico.

II.3.2 Secciones y Gálibos.

La Ingeniería de Túneles hace posible muchos servicios vitales submarinos y subterráneos. Se utilizan técnicas únicas de diseño y construcción, debido a la necesidad de proteger a los constructores y usuarios de estos servicios de los ambientes extraños. Estos servicios deben construirse para dejar fuera los

materiales a través de los que pasan, incluyendo el agua. A menudo tienen que soportar altas presiones. Y cuando se usan para el transporte o la ocupación humana, los túneles deben proveer iluminación adecuada y una atmósfera segura, con medios para eliminar los contaminantes.

Pasos libres en túneles de ferrocarril:

Cada ferrocarril tiene, sus propias especificaciones para adaptar su equipo. Pero en las vías en tangente, los pasos libres para túneles de una y dos vías no deben ser menores que los que se muestran en la figura (II.3.2.a)

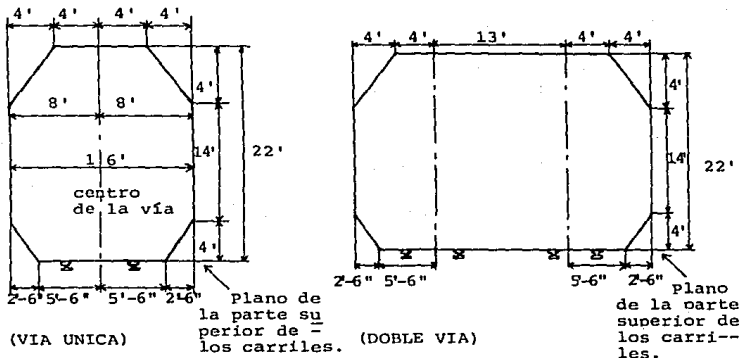


Fig. II.3.2.a Pasos libres de túneles de Ferrocarril en tangente, especificadas por la American Railway-Engineering Association.

Alineación y pendientes para túneles de ferrocarril:

En la operación de los trenes son deseables las alineaciones, rectas y las pendientes tan bajas como sea posible y que, sin embargo, provean un buen drenaje. Pero es preciso tener en cuenta los costos totales de construcción.

Las rasantes en los túneles en curva se deben compensar para la curvatura, como se hace en las líneas al aire libre. En general las pendientes máximas en los túneles no deben ser mayores de un 75% de la rasante que gobierna en la línea. Esta rasante se debe extender cerca de 3000 pies antes del túnel y 1000 pies más allá del mismo.

Los túneles cortos sin ventilación (por debajo de 2500 pies) - deben tener una pendiente constante en toda su longitud. Los túneles largos y ventilados pueden requerir un punto alto cerca del centro para mejor drenaje durante la construcción, si la obra comienza en las dos entradas.

Los radios de las curvas y la superelevación de las vías se gobiernan por la máxima velocidad de los trenes.

Pasos libres para túneles de tránsito rápido:

No existen normas generales para los pasos libres en los túneles de tránsito rápido. Los requerimientos varían con el tamaño del material rodante utilizado en el sistema.

Las secciones tienen en cuenta no solamente el vuelo de los vagones, la inclinación debida a la superelevación y el bamboleo, sino también la posibilidad de un muelle roto o la suspensión defectuosa del coche.

Alineación y Pendientes para los Túneles de Tránsito rápido:

Los radios de curvatura y las pendientes límite las determinan los requerimientos de operación.

La relación de la velocidad con el radio y la superelevación de la vía para curvas horizontales está determinada por:

$$E = \frac{4.65 V^2}{R} - U$$

donde:

E = superelevación, en pulgadas.

R = radio, en pies.

V = velocidad del tren, en millas por hora.

U = superelevación para el caso óptimo o 4 pulg. como máximo absoluto.

Para una velocidad de diseño de 80 millas por hora, el radio con superelevación óptima debe tener 5000 pies. Para una superelevación máxima permisible de 8 1/4 pulg. se requerirá un radio mínimo de 3600 pies. El radio mínimo absoluto para patios y desviadores es de 500 pies. La pendiente máxima en la vía es de 3% y 1% en las estaciones. Para asegurar un buen drenaje, la pendiente, preferiblemente, no debe ser menor del 0.5%.

Con frecuencia, una zona de rocas en contacto con la bóveda del túnel, se derrumba al tiempo de excavarlo o en un lapso más o menos largo de tiempo requerido, por la pérdida de humedad (bufamiento) o por la gradual fracturación de los estratos sujetos a esfuerzos de flexión y corte hasta obtener su propio equilibrio el cual depende del espesor de cada losa y de su resistencia.

Arriba de esa zona derrumbable se definen las dimensiones más importantes para calcular que produce los esfuerzos del ademe y revestimiento, o sea el límite de la zona de acción del arco, señalándose como una función del claro del túnel, su altura y

el tipo de roca y su estratificación, según la fórmula general:

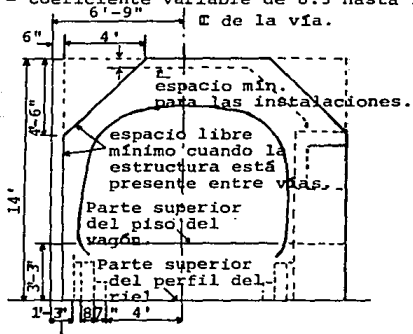
$$H_p = K(B + H_t)$$

donde: H_p = espesor del material derrumbable sobre la bóveda da proyecto.

B = anchura del túnel.

H_t = alto del túnel desde el piso a la bóveda.

K = coeficiente variable de 0.3 hasta 1.5.



Espacio disponible para pasillo donde no haya estructuras.

Fig. II.3.2.b
Esquema de pasos libres para túneles.

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

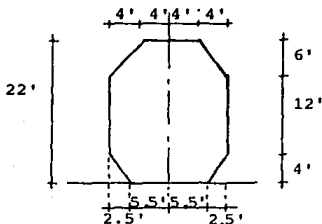


Fig. II.3.2.c
Paso libre para túneles de Ferrocarril.

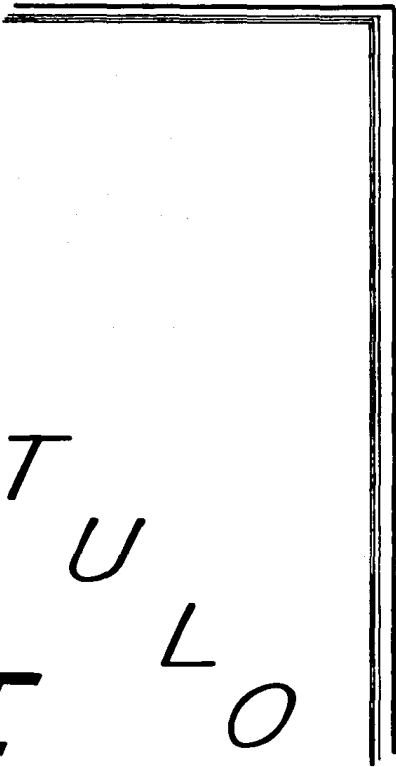
C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO II)

- 1.-¿Cuáles son los elementos principales de las Curvas Circulares Simples?
- 2.-¿Qué diferencia hay entre una Curva de Transición y una Curva Circular Simple?
- 3.-¿Cuál es la función de las Curvas de Transición?
- 4.-Diga ¿Por qué es necesario la sobre-elevación?
- 5.-¿Por qué es necesario la ampliación del escantillón?
- 6.-¿Por qué se utiliza la parábola como resolución de Curvas Verticales?
- 7.-¿Cuando una terracería no es suficientemente buena, que es lo que se requiere para que pueda soportar las cargas que se ejercen?
- 8.-¿En que momento la Curva Masa sube y cuando baja?
- 9.-¿Qué característica debe cumplir un túnel de FFCC y qué se entiende por gálibo?
- 10.-¿Qué se entiende por Reafinamiento?

C
A
P
I
T
U
L
O

III



C A P I T U L O I I I

ESFUERZOS QUE ACTUAN EN LA VIA

III.1 Acción de las Cargas fijas.

Para el cálculo de las cargas fijas analizaremos el método -
estático.

Cálculo de los durmientes:

Para su cálculo se consideran las tres posiciones posibles-
de apoyo del durmiente, en las que influye el descanso de éste -
con respecto al balasto.

1o. Cuando el durmiente está correctamente apoyado en toda -
su longitud puede considerarse una distribución uniforme de es-
fuerzos. (Fig. III.1.a)

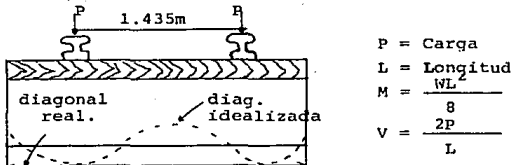


Fig. III.1.a Distribución uniforme de esfuerzos.

2o. Cuando el balasto de las orillas se pierde, y sólo se apoya en el centro del durmiente, su diagrama de carga es de la forma: (Fig. III.1.b)

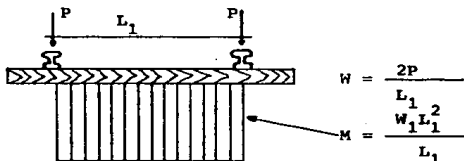


Fig. III.1.b Distribución de esfuerzos cuando el durmiente sólo se apoya en el centro.

3o. Cuando se tiene la posición crítica, se pierde todo balasto y sólo hay un punto de apoyo en el centro del durmiente.

$$f = \frac{M}{I} \quad \text{y} \quad (\text{No existe fuerza normal y el cortante es despreciable}).$$

A continuación se muestran los tres casos expuestos, y para el diseño se usará como ejemplo, una carga de 7 T/rueda, es decir $P = 7 \text{ T/rueda}$. (Ver figura III.1.c)

Para el primer caso.-Tenemos las condiciones iniciales, el diagrama que se forma, es el correspondiente a una viga de dos voladizos.

Para el segundo caso.-Todos los diagramas están contenidos en un triángulo que representa el caso en que el apoyo es un punto. Este segundo caso se considera como el que cuenta con las condiciones más críticas.

Comprobando como para trabajos en éstos dos últimos casos, el esfuerzo de trabajo es mayor que el permisible, para durmientes comerciales de 7" x 8".

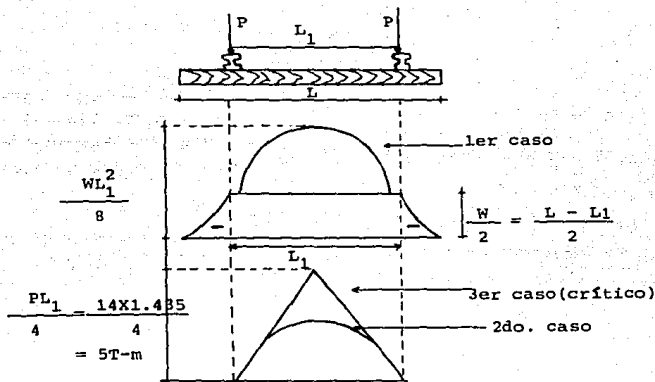


Fig. III.1.C Diagramas de Momentos de acuerdo a las tres posiciones posibles de apoyo.

Viendo el diseño en el segundo caso:

$$W_1 = \frac{2P}{L_1} = \frac{14}{1.435} = 9 \text{ T/m}$$

$$P = 7 \text{ T/rueda}$$

$L_1 =$ Longitud del es
cantillón (1.435
en vías principales).

$$M_1 = \frac{W_1 L_1^2}{8} = \frac{9 (1.435)^2}{8} = 2.3 \text{ T-m}$$

Observando que se cumple para la sección comercial de:
7" x 8" se tiene:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{20 (17.5)^3}{12} = 9000 \text{ cm}^4$$

$$7'' = 17.5 \text{ cm}$$

$$8'' = 20 \text{ cm}$$

$$S = \frac{I}{\bar{Y}} = \frac{9000 \text{ cm}^4}{8.75 \text{ cm}} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\bar{Y} = 17.5/2 = 8.75 \text{ cm}$$

(Esto es debido a que es la distancia a la que se encuentra el centroide del durmiente en el eje Y).

Como esta Viga no está doblemente apoyada, se considera el momento de 1 T-m.

$$f_1 = \frac{M}{S} = \frac{1 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{1 \times 10^3 \text{ cm}^3} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto se acepta la sección propuesta del durmiente.

En realidad, debido a las vibraciones producidas por el tren se origina un reacomodo del balasto en toda la longitud del durmiente y no sólo en los extremos. Por lo cual puede considerarse una viga doblemente empotrada.

$$M_2 = \frac{W L^2}{12} = \frac{W L^2}{8} \times \frac{2}{3} = 1 \times \frac{2}{3} = 0.66 \text{ (Es de$$

cir consideramos las 2/3 partes del momento unitario).

$$f_2 = \frac{0.66 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{1000 \text{ cm}^3} = 66 \text{ kg/cm} \approx f_{\text{perm.}} = 60 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto la sección es correcta.

Analizando el problema ahora, considerando el durmiente doblemente empotrado con un desplazamiento unitario, en uno de sus extremos: (Fig. III.1.d)

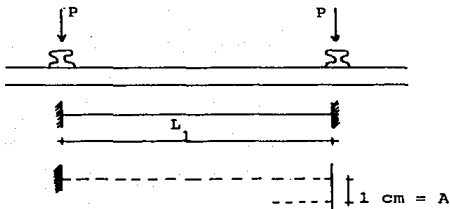


Fig. III.1.d Analizando el durmiente doblemente empotrado, con un desplazamiento unitario.

Al desplazarse se produce un momento de:

$$M = \frac{6 E I}{L_1^2} A$$

Y suponiendo una $E' = 1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ (madera americana). Para la sección $7" \times 8"$:

$$S = 1000 \text{ cm}^3 \quad ; \quad I = 9000 \text{ cm}^4$$

$$M = \frac{6(1 \times 10^5)(9000)}{(143.5)^2} (1) = 262234.6 \text{ kg-cm}$$

$$f = \frac{262234.6 \text{ kg-cm}}{1000} = 262.23 \text{ Kg/cm}$$

$$f_{\text{perm.}} = 60 \text{ Kg/cm}^2$$

$$262.23 \text{ Kg/cm}^2 \gg 60 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{\text{trabajo}} \gg f_{\text{permisible}}$$

Esto es debido a que el hundimiento se considera unitario y en realidad no lo es, el máximo hundimiento permisible es de:

$$A = 0.235 \text{ cm.}$$

Así tenemos:

$$M = \frac{6(1 \times 10^5)(9000)}{(143.5)^2} (0.235) = 61625 \text{ Kg - cm}$$

$$f = \frac{61625.13 \text{ Kg-cm}}{1000 \text{ cm}^3} = 61.63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$61.63 \text{ kg/cm}^2 \doteq 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{trabajo}} \doteq f_{\text{permisible}}$$

También debemos tomar en cuenta que los empotramientos no son efectivos y que el balasto también toma una parte de la carga, por lo cual disminuye el esfuerzo al que trabaja el durmiente.

Cálculo del Riel:

Para el cálculo del riel seguiremos considerando una carga $P = 7 \text{ T}$ por rueda a una distancia de 0.5 m centro a centro (c.a.c) de durmiente. (Fig. III.1.e)

Se observa el caso real es menos crítico, el cual tiene menor claro que el supuesto, considerando el tramo de vía aislado:

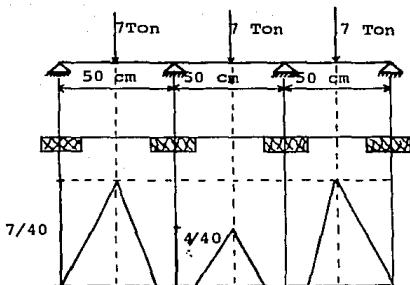


Fig. III.1.e Momentos considerando cargas de 7 Ton/rueda.

$$M = cPL = \frac{7}{40} \times 7000 \times 0.5 = 612.5 \text{ kg -m}$$

Suponiendo un $f = 700 \text{ kg/cm}^2$ tenemos:

$$S = \frac{M}{f} = \frac{61250 \text{ Kg - cm}}{700 \text{ Kg/cm}^2} = 87.5 \text{ cm}^3$$

Con el dato de $S = 87.5 \text{ cm}^3$ se entra en el Manual de Monterey en Rieles, Dimensiones y Propiedades y obtenemos el valor más aproximado, el cual es $S = 109.3$, lo cual nos da una sección de 60 lb/yd. Es decir obtenemos los datos del riel más adecuado: (Ver Tabla III.1)

$$\text{ASCE} - 60$$

$$I = 607.7 \text{ cm}^4$$

$$W = 29.76 \text{ Kg/m}$$

En realidad la carga de 7T, es baja para locomotoras pesadas ya que éstas pesan hasta 30T sobre eje.

Por lo tanto se diseña con 15 T/rueda.

$$M = \frac{7}{40} \times 15000 \times 0.5 = 1311.7 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$S = \frac{1311.7 \text{ Kg} - \text{m}}{700 \text{ Kg/cm}^2} = 187 \text{ cm}^3$$

Con $S = 187 \text{ cm}^3$ de igual forma consultando el Manual Monterey para: $S = 181.9$ (valor más aproximado), obtenemos una sección de 851 lb/yd.

ASCE - 85

$$I = 1252.9 \text{ cm}^4$$

$$W = 42.7 \text{ Kg/m}$$

En la fabricación de rieles es de fundamental interés saberles la mayor estabilidad en relación con su peso.

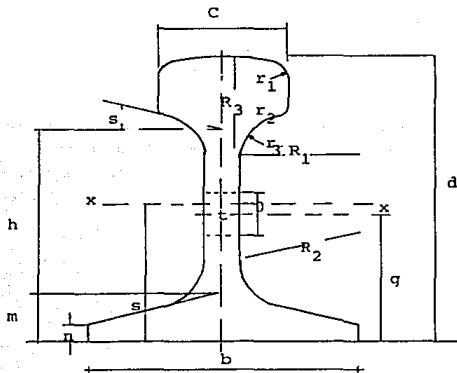
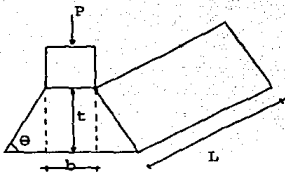


Fig.III.1.f Propiedades de los Rieles(Ver Tabla III.1).

Cálculo del balasto

Fig. III.1.g Cálculo del balasto.



Para calcular el espesor del balasto y tomando como referencia la figura III.1.g tenemos:

$$\text{Vol.} = \left[\frac{t^2}{\text{tg } \theta} + bt \right] \cdot L$$

$$C = \frac{P}{\text{vol}} \quad \therefore \text{vol} = P/C$$

$$\frac{P}{C} = \left[\frac{t^2}{\text{tg } \theta} + bt \right] \cdot L$$

$$\frac{P}{CL} = \frac{t^2}{\text{tg } \theta} + bt$$

$$\frac{t^2}{\text{tg } \theta} + bt - \frac{P}{CL} = 0$$

$$t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 + 4P/\text{tg}\theta CL}}{\frac{2}{\text{tg}\theta}}$$

EJEMPLO:

Si tenemos los siguientes datos:

$$C = 3 \text{ kg/cm}^3$$

$\theta =$ ángulo de transmisión de cargas igual a 60°

2L = 2.5m

W_{locomotora} = 10T/rueda.

Durmiente = 26 X 15.5 cm

Calcular el espesor del balasto:

$$t = \frac{-26 \pm \sqrt{26^2 + 4(10)/\text{tg } 60^\circ(3)(1.25)}}{2/\text{tg } 60^\circ}$$

t = 45.32 , el cual se aproxima a 50 cm

Por lo cual se propone:

Capa de balasto: 30 cm

Capa de sub-balasto = 20 cm

| DIMENSIONES EN MILIMETROS | | | | | | Area cm ² | PROPIEDADES | | | | No. DE SECCION |
|---------------------------|------|----------------|----------------|------------------|-----------|-------------------------|----------------------|-----------------|------|------|-------------------|
| ALMA | | | | Gra- mil g | Ago. o | | EN EL EJE HORIZONTAL | | | | |
| Esp. mín. t | h | Radios | | | | | I | S | r | y | |
| | | R ₁ | R ₂ | | | | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm | |
| 15.1 | 96.8 | 254.0 | 584.2 | 73.0 | 30.2 | 71.03 | 2726.3 | 299.6 | 6.17 | 76.2 | 112 R.E. |
| 14.3 | 83.3 | 355.6 | 355.6 | 63.5 | 30.2 | 64.19 | 2022.9 | 244.2 | 5.61 | 69.6 | 100 R.E. |
| 14.3 | 69.8 | 304.8 | 304.8 | 57.5 | 31.8 | 53.74 | 1252.9 | 181.9 | 4.83 | 62.7 | 85 ASCE |
| 13.9 | 69.8 | 304.8 | 304.8 | 55.6 | 31.8 | 50.71 | 1098.9 | 163.9 | 4.65 | 60.2 | 80 ASCE |
| 12.3 | 57.5 | 304.8 | 304.8 | 48.2 | 25.4 | 38.26 | 607.7 | 109.3 | 3.99 | 52.3 | 60 ASCE |
| 8.3 | 43.6 | 304.8 | 304.8 | 35.3 | 19.0 | 19.35 | 170.7 | 41.8 | 2.97 | 38.6 | 30 ASCE |
| 7.5 | 37.7 | 304.8 | 304.8 | 31.1 | 15.9 | 15.48 | 104.1 | 28.8 | 2.59 | 33.8 | 25 ASCE |
| 6.3 | 37.7 | 304.8 | 304.8 | 29.8 | 15.9 | 12.90 | 80.3 | 23.1 | 2.49 | 32.0 | 20 ASCE |
| 5.6 | 35.3 | 304.8 | 304.8 | 26.8 | 15.9 | 10.06 | 51.2 | 16.4 | 2.26 | 29.0 | 16 ASCE |

Tabla III.1 Rieles, Dimensiones y Propiedades

III.2 Acción de las cargas móviles.

La vía no debe calcularse sólo estáticamente, sino además - dinámicamente tomando en cuenta los fenómenos vibratorios del vehículo de la vía en que debido a los efectos de construcción tanto verticalmente como horizontalmente se producen estos momentos vibratorios.

En vías comunes podemos clasificar según su estado de desnivelación en dos: Ondulaciones y Juntas. De acuerdo a especificaciones:

Buenas : desnivelaciones hasta 4 mm
Regular: desnivelaciones hasta 10 mm
Malas: desnivelaciones hasta 20 mm
Renovaciones: desnivelaciones mayores de 20mm

Con respecto a los vehículos hay movimientos que se oponen al movimiento principal y son debidos a los elementos constitutivos del propio vehículo como son: La flexibilidad y rozamiento de resortes, los desplazamientos transversales entre cojinetes y placas, y a la fuerza centrífuga libre o no compensada de los vehículos.

La influencia dinámica no es perjudicial, en tanto que la - constitución de vehículos y la vía, permitan transformar el trabajo de los choques exteriores en trabajo interno elástico.

Esta condición puede ser absorbida con mayor facilidad en - los vehículos que en la vía. La dicha parte absorbida correspondiente a la vía debe tratarse cuidadosamente ya que un riel demasiado flexible reparte la carga en pocos durmientes y por tan to aumenta considerablemente la presión sobre los mismos los -- cuales a su vez la transmiten al balasto; una vía más robusta es más rígida, lo que implica no ser lo suficiente apta para la -

transformación de trabajo exterior a trabajo elástico.

III.3 Resistencia de los Esfuerzos Verticales, Transversales y Longitudinales.

Tradicionalmente el análisis de los esfuerzos producidos por una vía férrea, se ha llevado acabo tomando en cuenta el eje longitudinal de la vía y las direcciones transversal y vertical de la misma, ver figura(III.3.a)

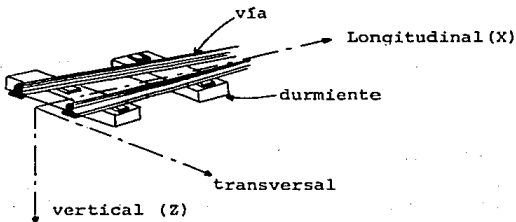


Fig. III.3.a Direcciones utilizadas para la descomposición de los esfuerzos en la vía.

Puede iniciarse de forma fundamental con relación a los esfuerzos verticales se efectúa principalmente el dimensionamiento de los elementos de la vía férrea, transversales limitan la máxima velocidad de circulación de un vehículo y finalmente los esfuerzos longitudinales pueden dar lugar al pandeo de la vía. En la siguiente figura(III.3.b) se indican en forma esquemática, los movimientos que pueden experimentar un vehículo ferroviario y que al generar aceleraciones de sus masas son, en definitiva los -

que van a determinar los esfuerzos sobre la vía.

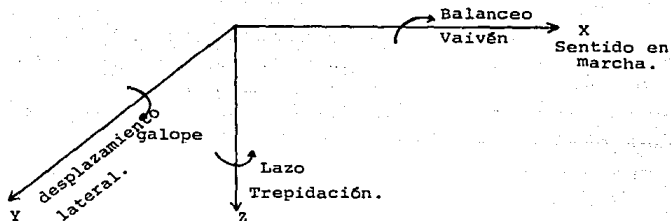


Fig. III.3.b Movimientos de un vehículo ferroviario.

1.-Esfuerzos Verticales

Los esfuerzos verticales son los que se transmiten por las ruedas de los vehículos, y los podemos dividir en:

| | | |
|----------------------|---|--|
| Esfuerzos Verticales | } | Esfuerzos debidos a la vía |
| | | Esfuerzos debidos al vehículo |
| | | Esfuerzos debidos a la dinámica vía - vehículo. |

a) Esfuerzos debidos a la vía: Si consideramos que en la práctica, una vía férrea no se encuentra nunca en perfecto estado, se comprende que ofrezca el máximo interés al conocimiento de los esfuerzos que pueden tener su origen en la misma.

Considerando únicamente, una alineación recta se puede modi-

ficar la carga de naturaleza estática, correspondiente al peso - por rueda de un vehículo, desde el punto de vista de la geometría de la vía, tres factores influyen fundamentalmente:

- a.1) Los defectos del riel
- a.2) El estado de la nivelación
- a.3) La deficiencia de apoyo de los durmientes.

En primer lugar y por lo que se refiere a los defectos existentes en el riel, si un riel está hecho con acero de mala calidad, los esfuerzos verticales que tiene que soportar llegan a producir otra clase de defectos, los cuales llevan a la falla al riel.

Los rieles generalmente resisten fácilmente estos esfuerzos de flexión bajo cargas verticales, a menos de que haya un durmiente mal calzado o suelto, juntas flojas o bridas débiles, lo que duplica el claro entre durmientes.

Vemos entonces que la resistencia de la vía no depende únicamente de la sección y calidad del metal empleado, sino además de las características de los elementos constitutivos.

Además de los rieles trabajando como vigas continuas apoyados sobre soportes aislados, sufren un movimiento ondulatorio al paso de las cargas rodantes, tienden a levantarse a cada lado por la depresión efectuada en la rueda, produciendo un esfuerzo de arranque sobre el tirafondo que eleva al durmiente y acto seguido golpea sobre el balasto.

La influencia del estado de nivelación de la vía, puede ocasionar variación del reparto de peso entre los ejes, así como sacudidas que se producen por la irregularización de la vía, también se observan desigualdades de la repartición del peso de ambas ruedas en el recorrido de las curvas.

Finalmente por lo que se refiere a los durmientes, la deficiencia de sus apoyos da como consecuencia la pérdida de contacto entre su cara inferior y el balasto.

En lo que respecta al balasto, que es el elemento más sensible a los esfuerzos verticales, su resistencia depende de la calidad del material, ya que si éste es deficiente o la capa de balasto insuficiente, causa excesiva incompresibilidad que origina ondulamientos en la vía y a su vez producen fuerzas que actúan de abajo hacia arriba, aflojando los puntos de sujeción, produciendo por consiguiente un aumento de esfuerzos en el balasto que pueden llegar a pulverizarlos.

Por otra parte la superestructura no trabaja como un conjunto clásico, porque hay una separación instantánea de los rieles consecutivos en las juntas o del riel y el durmiente, lo que ocasiona choques de gran fuerza al regresar a su sitio de sujeción.

Por eso es más conveniente rigidizar el riel al durmiente y los choques se efectúen entre el durmiente y el balasto.

El balasto tiene como función repartir los esfuerzos uniformemente sobre la plantilla del terreno.

b) Esfuerzos debidos al vehículo: Por lo que se refiere al vehículo pueden considerarse los siguientes factores como representativos de su incidencia en los esfuerzos producidos sobre la vía.

- b.1) Velocidad de circulación
- b.2) Arranque y frenado
- b.3) Estado de conservación.

El estado de conservación del vehículo es importante ya que la existencia de defectos en las ruedas tiene especial efecto sobre las sobrecargas, que como consecuencia producen los vehículos

los, el diagrama de esfuerzos y de velocidad indicado en la figura (III.3.c), se manifiesta que el esfuerzo crece con la velocidad hasta el intervalo de 20 a 30 Km/h, en el cual alcanza su máximo, después hasta 100 Km/h el esfuerzo disminuye progresivamente para terminar estabilizándose. Como consecuencia de los fenómenos que tienen lugar durante el arranque y el frenado de los vehículos, se producen defectos por cargas verticales que producen estos fenómenos sobre todo en las cercanías de las estaciones.

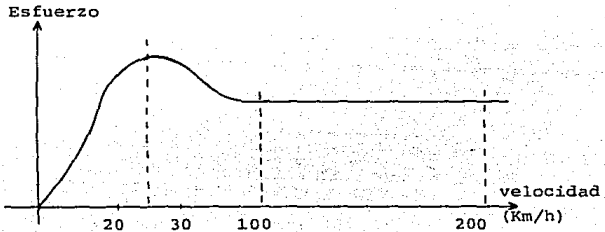


Fig. III.3.c Diagrama de esfuerzo-velocidad producido por un plano en la rueda.

c) Esfuerzos debidos a la dinámica vía - vehículo: El riel no se encuentra apoyado de una manera continua y uniforme sino de forma discreta y no uniforme. En relación al primer aspecto la presencia de los durmientes a distancia constante da lugar a una fuerza dinámica por variación efectiva de la rigidez del soporte del riel. Como consecuencia del cambio de rigidez existen las sobrecargas dinámicas que son de 1.5 a 2 veces superiores a las que producen condiciones estáticas. Ver figura (III.3.d).

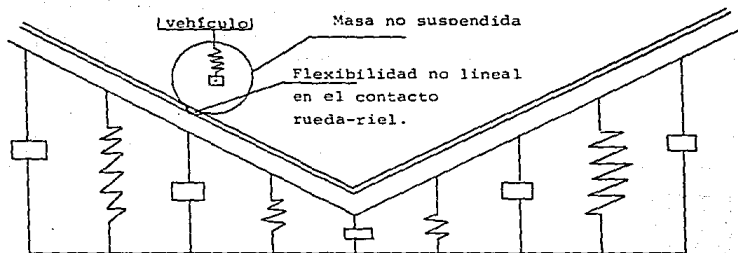


Fig. III.3.d Elasticidad y Amortiguamiento de la Vía.

2.-Esfuerzos Longitudinales

a) Condiciones de construcción de la vía: Los esfuerzos debidos a la temperatura dilatan los rieles y al no haber holguras libres suficientes se producen esfuerzos longitudinales anormales.

Se pueden producir esfuerzos longitudinales constructivos al apretar demasiado las bridas contra los rieles, lo que impide por lo tanto el movimiento longitudinal, originando de esta manera pandeos en la vía.

b) Movimientos de los vehículos sobre la vía: Con respecto a-

este tema tenemos dos tipos de movimientos:

b.1) En el sentido a la marcha del tren; tenemos los siguientes esfuerzos:

b.1.1) Esfuerzos debidos a los golpes de la rueda sobre el desnivel de las cabezas del riel en las juntas, por exceso de juego o rigidez en las bridas. (Fig. III.3.e).

b.1.2) Deformaciones elásticas del riel que producen compresiones y dilataciones en la cabeza y el patín del mismo y causan modificaciones longitudinales que se traducen en el ondulamiento del riel en el sentido de avance del tren.

b.1.3) El rozamiento cuando se produce el deslizamiento del coche por el frenado de trenes, que originan corrientes longitudinales, especialmente en la parte inferior de las pendientes y en las cercanías de las estaciones.

b.1.4) El rozamiento de pestañas de la rueda contra los rieles, esfuerzos causados por el serpenteo de los trenes.

b.1.5) Por el rozamiento de las ruedas interiores en la curva debido a su menor recorrido.

Para contrarrestar estos esfuerzos es necesario el uso de dispositivos especiales que eviten el movimiento del riel con respecto a los durmientes y de un balasto que se incruste en los durmientes impidiendo así el movimiento longitudinal.

b.2) En sentido contrario a la marcha tenemos:

b.2.1) El esfuerzo de tracción que ejercen las ruedas de locomotoras a causa de la adherencia.

b.2.2) La fuerza viva del movimiento giratorio de ruedas no frenadas al frenar otros ejes.

Estos esfuerzos son en realidad pequeños ya que el coeficiente de rodamiento del riel sobre el durmiente es mucho mayor que el de llantas sobre el riel, que es lo que limita el esfuerzo de tracción y frenaje.

Estas dos condiciones que hemos analizado producen esfuerzos que finalmente son soportados por los durmientes y el balasto.

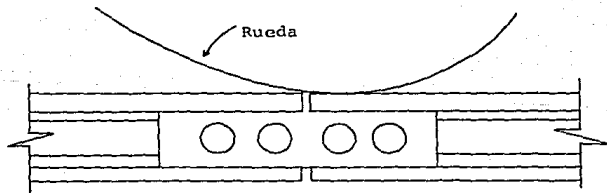


Fig. III.3.e Impacto de la rueda sobre el carril en una junta.

3.-Esfuerzos Transversales

Se producen tanto en las curvas como en las rectas. En las curvas son debidas a la fuerza centrífuga o a la sobre - elevación. Los esfuerzos estarán dirigidos hacia el exterior de la curva, si hay exceso de velocidad, y hacia adentro sino alcanza la velocidad del peralte establecido. En las rectas se producen los esfuerzos transversales por razón de lazo de vehículos y por defectos de ruedas y rieles. Se logran al contacto del riel y llanta de la rueda o del riel y la pestaña de la rueda. Así los esfuerzos transversales los podemos dividir en:

- a) Esfuerzos ejercidos por una rueda
- b) Esfuerzos ejercidos por un eje

a) Esfuerzos ejercidos por una rueda.-El análisis de estos esfuerzos presentan particular importancia en la situación más desfavorable, que corresponde por lo que se refiere a la vía, a la presencia de una curva y por lo que hace referencia al vehículo, a la rueda del guiado del mismo.

Se produce contacto de llanta de rueda y riel cuando tiene como límite el producto uP .

P = Peso de la rueda

u = Coeficiente de fricción entre
rueda y riel (0.15 a 0.25)

Rebasando este límite se origina el contacto entre la pestaña de la rueda y el riel que puede ser de efectos peligrosos.

b) Esfuerzos ejercidos por un eje.-Los esfuerzos ejercidos por un eje intervienen en forma fundamental en el desplazamiento lateral de ésta bajo las cargas de tránsito.

Los rieles por lo tanto no sólo transmiten la carga vertical, sino una resultante producida por el desplazamiento horizontal, transversal y la carga vertical.

Es frecuente que cuando no se considera el desplazamiento transversal se origine que el balasto no reparta uniformemente la presión debidas sobre el terreno y ésto repercute en hundimientos anormales.

III.4 Métodos Topográficos y Fotogramétricos empleados en la localización de Ferrocarriles.

Planear un Ferrocarril, consiste en verificar la posibilidad económica de poder disponer de un tráfico suficiente para justificar las inversiones para las instalaciones, operación y mantenimiento de esa vía férrea.

Una región donde se planea construir una ferrovía, puede tener un tráfico inicial suficiente para poder resolver de inmediato su planteo económico, o puede requerir de un tiempo inicial con escaso tráfico, seguido de un continuado y firme incremento derivado de su alto potencial de carga ferroviaria y finalmente, puede suceder que la vía en estudio, carezca tanto de tráfico, como de potencial, pero que se quiera realizar esa vía, por motivos de otros órdenes, tales como asistencia social a los habitantes de la región, control político de zonas alejadas del núcleo nacional y otros móviles de tipo estratégico.

Para planificar es preciso conocer el tráfico probable, los costos de operar, de conservar y de construir un ferrocarril es la etapa más difícil e importante, donde precisa controlar a la Ingeniería de Proyecto, hasta la completa resolución de la ruta seleccionada, su trazo preeliminar y la localización definitiva de la línea.

Esta operación, queda limitada por el costo real de la construcción al igual que el de la explotación, que depende de las pendientes, curvatura, etc; del proyecto.

La mejor vía férrea para cualquier región, será aquella que proporcione un costo mínimo para la unidad de producción, es decir:

$$\frac{\text{anualidad construcción} + \text{egresos operación} + \text{gastos mant.}}{\text{Suma productos (tons X Km)}} = \text{mínimo}$$

Dentro de esa premisa general, conocida la tasa del crecimiento del tráfico y la actualización de los egresos, se deberá calcular el beneficio actualizado de construir el ferrocarril, al compararlo con otras vías férreas colindantes y con los existentes - caminos carreteros regionales, debiéndose encontrar una rentabilidad máxima.

La fotogrametría puede definirse como la ciencia y técnica - de obtener información fidedigna cuantitativa y cualitativa a - partir de vistas fotográficas denominadas fotogramas o simplemente fotos.

Como lo indica esta definición, la fotogrametría puede dividirse en:

- 1.- Medicional
- 2.- Interpretativa

La primera área de especialización se aplica principalmente en la aerotopografía, es decir en la determinación de distancias y elevaciones de terreno, elaboración de mapas orotopográficos, etc. En esta aplicación se utiliza principalmente la fotografía aérea realizada a bordo de vehículos aeronáuticos, pero en casos especiales se emplea también la fotografía terrestre (realizada por cámaras emplazadas en tierra).

La fotogrametría interpretativa tiene por objeto el reconocimiento de objetos a partir de sus imágenes fotográficas y la apreciación de su significado.

Factores principales a considerar en la identificación de objetos son la forma, tamaño, configuración, sombra, tono y textura de su imagen.

Localizar una vía férrea usando aerofoto y longímetros electrónicos, producen resultados rápidos y económicos, cuando la cantidad de trazo por realizar, sume cifras kilométricas de gran consideración y cuando la vegetación no impida la vista aérea del terreno o que el terreno no presente problemas que ameriten su levantamiento aéreo.

Para localizar un ferrocarril, precisan 5 factores de ingeniería que se designan como:

- 1.- Estudios económicos.
- 2.- Elección de ruta entre varias alternativas.
- 3.- Formular anteproyectos.
- 4.- Realizar el proyecto definitivo.
- 5.- Trazar y afinar en el terreno para construir.

Mosaicos. - Un mosaico aerofotográfico es un conjunto de fotogramas aéreos superpuestos que da una representación continua del terreno, contienen una enorme cantidad de detalles. Un mosaico es una serie de proyecciones en perspectiva.

Fotografía terrestre. - Cualquier cámara fotográfica ordinaria, es un valioso auxiliar, para obtener excelentes informes, durante los reconocimientos terrestres, complementando los croquis orohidrográficos y altimétricos alrededor de los puntos principales del levantamiento del apoyo terrestre, ya sean los

vértices del polígono o de la cadena de triángulos, o simplemente poblados y otros puntos importantes plenamente identificados en los mapas realizados con anterioridad.

El Fototeodolito terrestre, permite medir ángulos y tomar fotos con su cámara especial, de la que se pueden conocer con gran exactitud sus constantes, las cuales son las distancias focal, ángulos, punto principal, línea horizontal y azimut del eje de la vista, etc.

La cámara de cajón puede controlarse toscamente en su posición horizontal al fotografiar, pero en general es preferible referenciar la línea de horizonte, ya sea anotando los lugares a igual altura, o preferentemente anotando el ángulo vertical de puntos salientes fotografiados, mediante el empleo de un clisímetro, o tránsito cuando se requiere la mayor precisión.

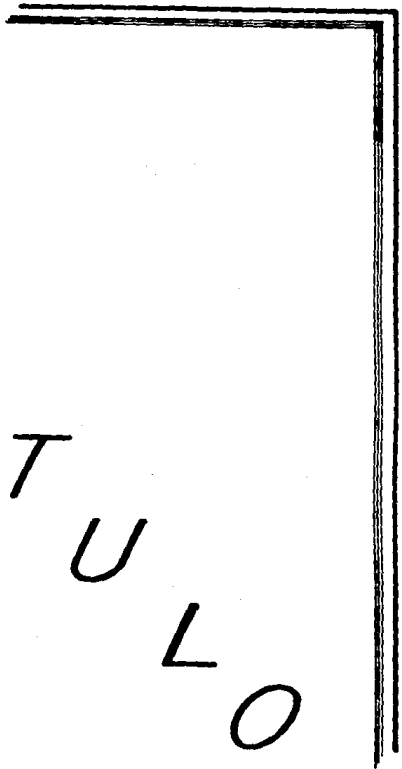
C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO III)

- 1.- Explique lo que son las cargas fijas y móviles.
- 2.- Explique ¿Cuáles son los pasos para el cálculo del durmiente?
- 3.- Explique ¿Cuáles son los pasos para el cálculo del riel?
- 4.- Explique ¿Cuáles son los pasos para el cálculo del balasto?
- 5.-¿Que se entiende por influencia de la velocidad?
- 6.-Especifique ¿Cuáles son los esfuerzos verticales, transversales y longitudinales?
- 7.-¿Cuáles son las consecuencias de los esfuerzos verticales, transversales y longitudinales?
- 8.-¿Qué métodos son los más empleados en la localización de ferrocarriles?

C
A
P
I
T
U
L
O

IV



C A P I T U L O I V

CONSTRUCCION DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA VIA

IV.1 Plataforma

La plataforma es la parte de la infraestructura de una vía que forma el terreno, nivelado por medio de rellenos o cortes, de esta forma no se tienen pendientes, ni curvas pronunciadas presentando menor resistencia al momento producido por el ferrocarril. Otro objetivo es el de ser el elemento resistente de la superestructura; integrada por los rieles, durmientes y balasto, recibiendo los esfuerzos debidos a las cargas fijas y móviles transmitidas por el balasto lo más uniformemente posible. Por ello, la razón constructiva más importante de la plataforma es proporcionar las mejores condiciones de resistencia y flexibilidad.

Para asegurar una estabilidad de la plataforma, que involucra estabilidad de la vía, es importante se encuentre debidamente diseñada, además de garantizar un correcto escurrimiento de las aguas pluviales.

Cuando el terreno es de buena resistencia bastará darle a la plataforma una doble pendiente del 3%. En tramos rectos del vértice es desplazado hacia el lado exterior, con el propósito de evitar la colocación de un mayor espesor de balasto o bien el bombeo se hace con una pendiente hacia el lado interior de la curva. (Ver fig. IV.1.a)

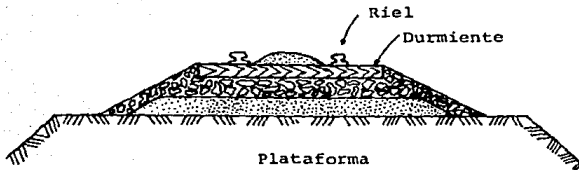


Fig. IV.1.a La plataforma es el elemento resistente de la superestructura (riel, durmiente y balasto).

Clasificación de las Plataformas:

1) Plataforma a cielo abierto.-En este caso las condiciones de resistencia y flexibilidad dependerán de la naturaleza del terreno y de su disposición, como terraplén, trincheras o laderas.

Para evitar en terrenos de consistencia dudosa que la plataforma sufra deformaciones permanentes se aconseja colocar una capa de balasto de mayor espesor, con el objeto de repartir más uniformemente las cargas. El empleo de una capa de balasto de mayor espesor resulta a la postre más económico.

La anchura media de la plataforma americana para doble vía es de 10.50m y de 19.20m, para cuatro vías, más las fosas o cunetas laterales; la separación entre ejes es de 4m, lo que da una entrevía de 2.5m, distancia a la que se añade un sobre ancho en las curvas. (Fig. IV.1.b).

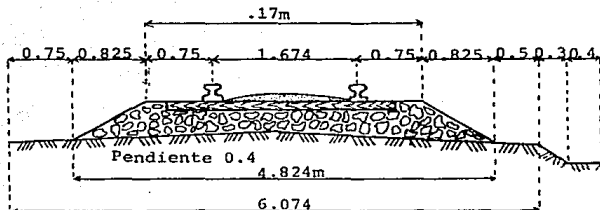


Fig. IV.1.b Plataforma a cielo abierto.

2) Plataforma Rígida.-Se han hecho ensayos en Estados Unidos de la Plataforma rígida de concreto armado y construídos en secciones de 6 m, de longitud; 2.65 m, de ancho y 0.45 m de espesor.

Sus deformaciones máximas en sentido vertical han sido de poca importancia ya que son de 3 ó 4 cm y que pueden ser rescatables.

Las construcciones de este tipo de plataforma, está formada por dos partes, una inferior hecha de concreto ordinario o alguna preparación del suelo cuando es de buena resistencia y la superior prefabricada que se coloca por medio de gatos hidráulicos apoyados en la parte inferior; entre ellos se coloca

una capa de arena fina para así restar un poco la excesiva rigidez.

Este tipo de plataforma tiene como ventajas en su construcción las siguientes: (Fig. IV.1.c).

- 2.a) Las cargas son repartidas más uniformemente hacia la plataforma, de modo que los ejes más pesados al pasar sólo produzcan fatigas al terreno del orden de 0.5 a 0.6 Kg/cm² en vez de las convencionales de 2 a 3 Kg/cm².
- 2.b) La estabilidad de la vía es mucho mayor debido a la solera de cemento ya que ofrece resistencia en todos los sentidos.
- 2.c) Los rieles no trabajan como vigas en 2 apoyos, sino soportan uniformemente su carga a todo lo largo.
- 2.d) A su paso el ruido de las juntas no se percibe, pero a su vez es más metálico debido a la rigidez.

Este tipo de construcción tiene como desventaja su elevado costo.

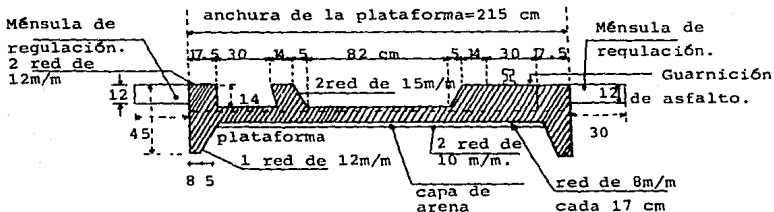


Fig. IV.1.c Esquema de plataforma rígida.

3)Plataforma en túneles.-Lo más común de la plataforma en túneles es construir si es posible la misma constitución y perfil de la vía de la plataforma seguida.

A veces resulta más conveniente el empleo de los túneles de una plataforma de concreto que acusa las ventajas dadas por la plataforma rígida, las de un menor gasto de conservación y la construcción de la estructura rígida del túnel.

Otras veces es preferible colocar una capa de balasto sobre la losa de concreto de la parte inferior del túnel y continuar el mismo perfil de la vía como se ve en la siguiente Figura(IV.1.d).

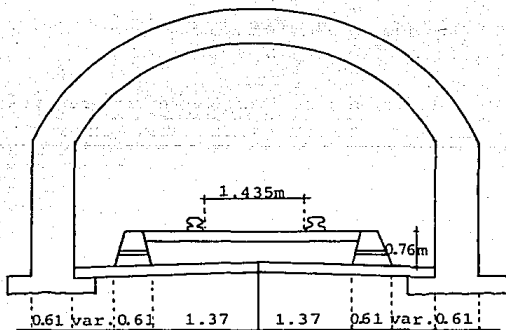


Fig. IV.1.d Esquema de plataforma en Túneles.

IV.2 Cunetas

Las cunetas se construyen de diferentes secciones geométricas: circulares, trapezoidales, triangulares, rectangulares y parabólicas; se encuentran con y sin revestimiento dependiendo especialmente de la importancia que tengan. El revestimiento es en general de concreto o de piedra pequeña. El diseño se basa en consideraciones tales como la clase de camino, la pendiente, la longitud de recorrido del agua, el tipo de suelo, la precipitación y otros factores climatológicos, sin embargo, frecuentemente la geometría de la sección es obtenida empíricamente pues no se tienen generalmente datos confiables para proyecto. El uso de cunetas es extendido a secciones en corte y terraplén.

La pendiente varía entre 1 y 3% de modo que las cunetas triangulares de 30 cm de profundidad por metro de ancho, sólo admiten velocidades entre 1 y 1.5 m/s; (dependiendo de la rugosidad) con gastos máximos promedio de $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ que demandan frecuentemente caños de alivio.

El balasto se ensucia frecuentemente a causa del agua que circula por los canales semicubiertos de mampostería o concreto en las vías de montaña, en tanto que en los tramos de suelo arcilloso de las planicies, es recomendable usar perfiladora - jordan para mantener la sección tersa y limpia de las cunetas, ya sea en suelo natural o con suelo cemento.

Las cunetas deben abatir el nivel del agua respecto a la base del sub-balasto, lo cual requiere desechar el uso de cunetas sobre-elevadas en las curvas.

Clasificación de las cunetas:

1) Cunetas no revestidas:

Perfil transversal: Variables, dependiendo de la naturaleza

za del terreno y gasto.

Berma (a): 10 cm mínimo.

Ancho de plantilla (b): Entre 20 y 40 cm, pero puede haber mayor gasto y éste puede ser mayor.

Altura (c): Si la cuneta sigue la pendiente longitudinal de la plataforma la altura varía entre 20 y 40 cm.

Inclinación del Talud: Roca fija y arcilla 3:2.

Pendiente longitudinal: Siempre mayor de 5mm por metro.

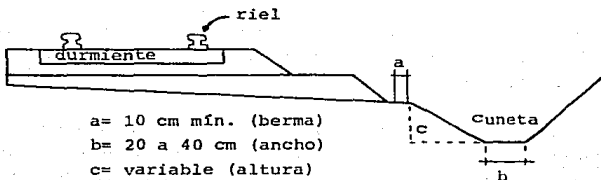


Fig. IV.2.a Esquema general de la cuneta no revestida.

2) Cunetas de mampostería o concreto ciclopeo:

Berma (a): $d = 15$ cm de mampostería o concreto y situada en la parte inferior de la cañería.

Ancho de plantilla (b): de 25 a 40 cm.

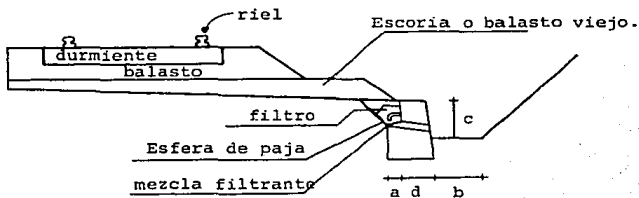
Altura (c): Varía entre 20 y 40 cm, y de 0 a 1.1 de pendiente.

Inclinación del talud: De 1:1.5, si la pared que da al lado de la vía sirve de murete.

Pendiente longitudinal: Ideal si el costo lo permite de 3 mm por metro.

Las paredes de esta cuneta van atravesadas por caños situados a 15 cm debajo del nivel de la plataforma y con una pendiente de 10 cm por metro.

Este tipo de cunetas se construye cuando la naturaleza del terreno no permite tenerlas de tierra y es imposible darles una pendiente longitudinal suficiente. (Fig. IV.2.b).



a = 15 cm

b = 25 a 40 cm

c = variable

Fig. IV.2.b Cunetas de Mampostería.

3) Cuneta prefabricada de concreto armado:

Se fabrican muy distintos tipos de estas cunetas, siendo su principal diferencia entre las de mampostería, la altura, que

varía de 30 a 75 cm. Su fabricación es de tramos de 75 cm de longitud. Se emplean en las mismas condiciones que los de mampostería, pero cuidando que no existan esfuerzos laterales de importancia.

Su principal ventaja sobre las de mampostería es la de poder concluir con una anchura menor, un área de escurrimiento mayor, debido a esto al menor coeficiente de rugosidad y al mejor acabado.

IV.3 Drenes

Características generales:

El drenaje tiene por objeto eliminar el agua corriente que pudiera dañar la estabilidad de la vía, es por ello que debe evitarse que el agua quede depositada en la vía, facilitándole la salida por medio de un buen balasto y drenes laterales.

El buen funcionamiento del drenaje, es fundamental para la conservación de terraplenes y cortes evitando asentamientos, erosiones y deslaves en épocas de lluvia.

Las reglas generales para su construcción son las siguientes:

a) Se debe tender una red de drenes a una profundidad tal que permita dar a las canalizaciones una pendiente mayor de 2mm por metro.

b) No se necesita dar una sección grande de evacuación, ya que no se requiere evacuar volúmenes grandes, y si podría producir una falta de consolidación a las vías vecinas.

c) Es conveniente construir tubos respiradores, ya que -

necesitan una circulación adecuada de aire. En caso de grandes precipitaciones que lo inunden, trabajará como evaporador.

d) Se debe evitar los azolves en el tubo por medio de filtros permitiendo sólo la entrada de agua alejando las arcillas y otros materiales.

Clasificación de drenes:

1) Drenes de superficie

Sirve para eliminar el agua de escurrimiento lateral, esto puede lograrse mediante el bombeo o pendiente transversal, que se le da a la capa que soporta a la superestructura con el fin de evitar permanencia de agua, dando cauce hacia las cunetas donde se recolecta y se desaloja a los lados del terraplén.

También se construyen con tubos de barro vitrificado de 6 a 8 cm de diámetro interior y una longitud de 33 cm acoplando las juntas.

2) Drenes de pendiente continua.

Se construyen con un diámetro interior de 10 cm, pudiendo ser de barro vitrificado, tubos de cemento con juntas y base del filtro de 45 cm.

La arena de los filtros son parte esencial para la buena construcción de ellos y su funcionamiento, por lo que la arena que se utilice debe ser muy dura de aristas vivas y tener magníficas cualidades de absorción, evaporación y capilaridad.

Debe tenerse en cuenta cuando la plataforma por drenar está a nivel se coloquen los drenes a poca profundidad y con un perfil en forma de diente de sierra.

Los cortes que intercepten aguas subterráneas, deben dispo-

ner de subdrenes que abatan el nivel freático; más abajo que - el efecto de ascenso (por capilaridad) característico de cada suelo.

Un terreno arenoso, puede tolerar agua freática a menor profundidad que un suelo fino donde la capilaridad adquiere mayor altura de ascenso.

La instalación de los drenes subterráneos, requiere por lo menos de una zanja de metro y medio de profundidad bajo la sub rasante del corte, la cual precisa llenarse con material permeable y dotarse de un caño formado por grandes piedras con una - cubierta de baldosas o colocar tubos preesforzados o faltos de junteo, que sirva de colector al agua freática y la conduzcan - hacia afuera.

IV.4 Colectores

Están contruidos con tubos de cemento de un diámetro no - menor de 20 cm adecuado al gasto para evacuar, usualmente es de 30 cm.

Si el terreno que atraviesa al colector es firme, el tubo - estará colocado directamente sobre la excavación, de lo contrario si el terreno es poco o nada firme se hará necesario el - uso de una base de concreto o de concreto armado según sea el caso.

Sus juntas van guarnecidas con mortero de cemento, la pendiente usual es de 2 mm por metro.
(Ver figura IV.4.a)

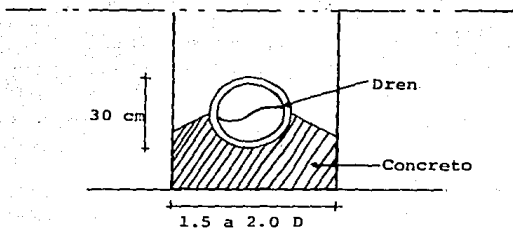


Fig. IV.4.a Esquema general de un colector.

IV.5 Colocación de rieles

Mediante el tren de trabajo con una grúa o burro se realiza la descarga del riel, el cual puede traer colocadas en un extremo el par de planchuelas.

Los rieles se colocan usando cuñas de expansión acordes con la temperatura, presentando tornillos para armar la vía, donde el clavado sólo afirma al riel en las llantas y centros, dejando la mayoría restante del clavado, para realizarse a máquina, una vez alineado y asegurado el escantillón.

En la actualidad los rieles se almacenan a lo largo de la banqueta y cunetas de la línea, utilizando tractores automotores y remolques tipo forestal, para su transporte desde la estación próxima.

El riel se coloca con auxilio de una grúa automotora procediéndose a realizar un clavado de centros y llantas seguido del clavado a máquina y del apretado de tuercas también realizado a máquina.

Cuando se trata de un cambio de riel o tendido de nueva

vía, se le descarga a un lado o al centro de la vía y se desclava a máquina el riel viejo, retirándose las placas y demás accesorios de un sólo riel, para permitir el apoyo de la máquina entalladora, la cual alisa el asiento de los durmientes en buen estado.

Primero se cambia el riel izquierdo y luego el riel del lado opuesto o escantillón, debiéndose alinear el hongo del riel con tránsito, con precisión al milímetro.

El cambio del riel debe complementarse con refuerzo de durmiente así como un alineado y nivelación con refuerzo de balasto fresco por lo menos de 3" de levante de los niveles.

Una vez tendido el riel nuevo o el cambio de riel, se procede a soldar las juntas aisladas entre los largos tramos soldados en el taller y se procede a colocar anclas y observar los niveles al paso de los primeros trenes, para poder corregir los asentamientos con balasto y calzado adicional, hasta obtener la nivelación definitiva.

El avance máximo de cambio del riel, es de 2 Kilómetros diarios.

El riel largo resulta ideal para cambio de riel, cuando los tramos exceden de 48 hasta 144 metros o más.

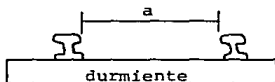
Los largos tramos transportados en plataformas se les ancla sus extremos en el lugar de la descarga en la vía y se jala en tren bajando al riel sobre los durmientes con el auxilio de rodillos portátiles, para evitar rozamientos.

Las plataformas disponen de una ranura metálica para guiar la descarga del riel que resbala sobre rodillos y roles colocados tanto en la plataforma como sobre algunos durmientes.

IV.5.1 Ancho de Vía

De mucho más interés desde el punto de vista operativo es el hecho de que sea preciso la existencia de una cierta separación, prácticamente constante, entre los carriles de la vía. Esta separación recibe el nombre del ancho de vía y se puede asegurar, que es el parámetro que más fuertemente caracteriza al camino de circulación del ferrocarril.

El ancho de vía se mide como la distancia entre las superficies más próximas de las caras laterales de las cabezas de los dos carriles, a 14 mm por debajo del plano de rodadura. En la figura se ilustra la determinación de esta magnitud, denotada con la letra "a". (Fig. IV.5.1.a)



a = ancho de vía

Fig. IV.5.1.a A la separación entre los dos carriles de la vía se le llama "Ancho de Vía".

La elección del ancho de vía es una de las primeras decisiones a la hora de proyectar una nueva línea, siendo preciso para llevar acabo esta elección tener en cuenta, entre otros, -- los siguientes aspectos:

a) Posibilidad de enlace en la nueva línea con otras existentes, tanto en la misma Nación como en el exterior. Esta unión interesaría realizarse directamente, por adopción del mismo ancho que el de la línea o líneas más características del entorno, en el supuesto de que todas ellas lo tengan igual.

En caso contrario entran en juego los aspectos económicos con derivados de los mayores costos del primer establecimiento de vías más anchas, contrapuestos a su mayor capacidad de transporte y, por consiguiente, mayor rentabilidad teórica.

Es muy importante resaltar, en relación con el ancho de vía, el disponer de vías de ancho diferente del o de los países más avanzados en el campo ferroviario conduce a una problemática grave en el campo de la investigación, tanto de la vía como de los propios vehículos, puesto que dichos resultados obtenidos para vías de un ancho determinado, no pueden ser extrapolados sin más a vías de anchos diferentes, sobretodo en lo que respecta a aquéllos resultados de carácter experimental.

En la construcción de la vía, el ancho normal debe conservarse en el tendido de tramos rectos, en las curvas debe aumentar el sobreancho necesario.

Los rieles deben tener una cierta inclinación con respecto a la vertical que generalmente es de 1/20, los americanos e ingleses adaptan 1/40; la colocación vertical, según la experiencia ocasiona un desgaste oblicuo en el hongo del riel, aplastamiento en la zona interior de la cabeza del riel y una descarga anormal de la llanta de la rueda. Los rieles por la razón antes vista tienden a tener un par de volteo que representa en el empuje de los tirafondos y durmientes, este efecto es aún más grave en las curvas.

Se tiene que dar una cierta tolerancia al ancho nominal de la vía, pues en la práctica no puede ser constante, surgen sobre anchos que provienen de desgastes del riel en su parte interior, torceduras de los tirafondos, o deslizamiento de durmientes; los estrechamientos de la vía suelen efectuarse por una inclinación anormal del riel o a la conicidad de las llantas de las ruedas.

La tolerancia para el ancho de la vía, se mide en un plano inferior en 10 mm al plano de rodadura.

Las tolerancias admitidas en línea recta son de 3mm a 6mm; en curvas suelen ser de 5mm a 10mm; en aparatos de vía son reducidas de 2mm a 4mm.

En las figuras (IV.5.1.b y IV.5.1.c), se pueden observar las medidas estándar del ancho de vía y las tolerancias admitidas en línea recta.

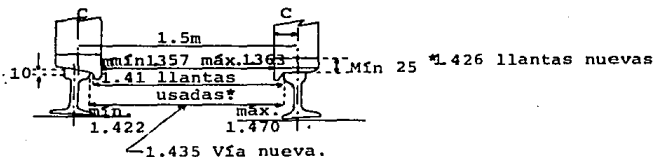
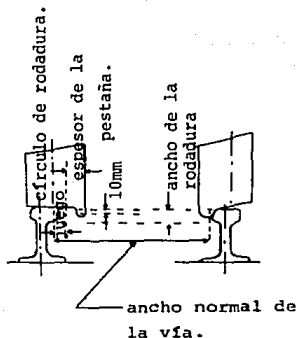


Fig. IV.5.1.b Medidas estándar del ancho de vía.

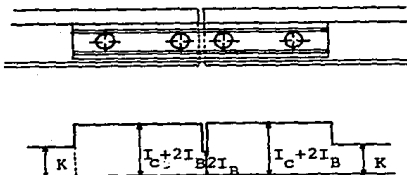
Fig. IV.5.1.c Tolerancias admitidas en línea recta.



IV.5.2 Juntas

La unión longitudinal de los carriles consecutivos se efectúa por medio de unas piezas especiales, denominadas bridas.

En lugares en que se realiza dicha unión longitudinal de los carriles se denominan juntas y constituyen los puntos débiles de la vía, especialmente desde el punto de vista dinámico. La discontinuidad en la rigidez de la vía en la zona de juntas, debida a la variación brusca del valor del momento de inercia disponible (mostrado en la figura IV.5.2.a), determina un choque al paso de las ruedas, cuyos efectos negativos son: aumentar la resistencia a la tracción de los trenes, colaborar al corrimiento longitudinal de los carriles, producir el machacado del balasto e imponer al carril flexiones y deformaciones que pueden llegar a ser permanentes.



I_C = Momento de inercia del carril respecto a un baricéntrico horizontal.

I_B = Momento de Inercia de una brida a un eje baricéntrico horizontal.

Fig. IV.5.2.a Esquema de variación del momento de inercia en zona de junta de carriles.

Las juntas pueden ser suspendidas, apoyadas y semiapoyadas.

a) Juntas suspendidas:

Han sido y son las más utilizadas en muchos ferrocarriles. Consisten en colocar la interrupción de los carriles entre dos durmientes, de forma que el punto de junta propiamente dicho cargue de apoyo efectivo sobre las traviesas. Estas suelen acercarse más en las zonas de juntas, con objeto de mejorar su calidad, aunque la longitud de las bridas es tal que no alcanzan a las traviesas de junta; cuando, además de las inmediatas a la junta, se aproximan las adyacentes a éstas, se les denomina durmientes de contra junta, llamándose al resto traviesas intermedias.

Estas juntas suspendidas son elásticas y el desgaste de los extremos del carril es inferior al de otros tipos de juntas; su principal inconveniente consiste en que, como consecuencia de la gran flexión en condiciones duras. (Fig. IV.5.2.b)

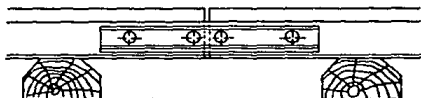


Fig. IV.5.2.b Junta suspendida.

b) Juntas apoyadas:

Este tipo, menos extendido que el anterior, se emplea en Alemania y Francia como en otros países. En estas juntas el apoyo de la parte interrumpida del hilo del carril se produce sobre uno

o dos durmientes que le sirven de soporte, lo que proporciona a la junta una mayor resistencia a los desplazamientos transversales y verticales, pero poseen, por el contrario, un carácter rígido y dificultan el trabajo de bateo bajo los durmientes de junta. (Fig. IV.5.2.c)



Fig. IV.5.2.c Junta apoyada.

c) Junta semisuspendida:

Son similares a las suspendidas, pero la longitud de las bridas es tal que alcanzan a los durmientes de junta.

Además de atender a la constitución de la junta propiamente dicha, se debe tener en cuenta la distribución de unas juntas respecto de otras en la vía, por lo que se puede distinguir dos procedimientos de establecimiento: juntas alternas y a escuadra o enfrentadas (Fig. IV.5.2.d)

c.1) Juntas alternadas.-La disposición de estas juntas evita que los vehículos "caigan" prácticamente en la junta, aunque esto podría dar lugar a una oscilación de los vehículos alrededor de su eje longitudinal. (Fig. IV.5.2.e)

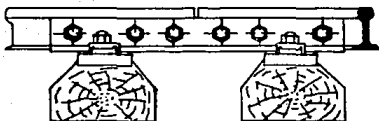


Fig. IV.5.2.d Junta semisuspendida

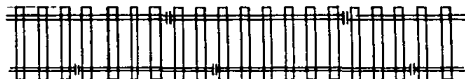


Fig. IV.5.2.e Juntas alternadas

c.2) Juntas a escuadra.-En esta disposición se hace que ambos hilos de carril tengan las juntas en un mismo plano perpendicular al eje de la vía, lo que produce un bache en ésta cada cierta distancia, que puede acentuar el movimiento de galope de los vehículos, con peligro de cebado. (Fig. IV.5.2.f)

Las juntas también desempeñan una función vital en los cambios de temperatura, ya que los rieles varían de longitud al oscilar; al aumento de temperatura la longitud del riel crece, al disminuir aquéllas, ésta decrece, por lo que necesitan poseer un correcto intervalo ya que en el primer caso al quedar la junta pe-



Fig. IV.5.2.f Juntas a escuadra.

queña, se produce al contacto del riel con el riel una compresión exagerada, que proporcionaría el corrimiento de la vía e irregularidades en el trazado de la misma; con respecto al segundo caso, siendo la junta más grande de lo debido, durante las bajas temperaturas, se produce una contracción del riel que ocasionaría choques y saltos demasiado violentos de las ruedas, dando lugar a desnivelaciones en la vía.

IV.5.3 Accesorios de los rieles

a) Placas de unión o planchuelas

Solamente debe usarse la sección más robusta para cada calibre para poder reducir el vencimiento de las puntas de los rieles, pudiéndose usar 2 a 3 agujeros para cada extremo del riel, según la importancia del esfuerzo de tensión a que se someta la unión.

Las juntas de riel se localizan entre 2 durmientes, donde el esfuerzo cortante es nulo y existe momento flexionante máximo - positivo, en la viga continua que representa el riel; la junta debe permitir la libre dilatación, debiéndose limpiar y lubricar adecuadamente.

La expansión resulta permisible por la forma ovalada de los agujeros de la planchuela, en tanto que el diámetro del tornillo lo determina su esfuerzo cortante deducido de la tensión por temperatura; la expansión puede aumentarse de 2/3" hasta 1", usando tornillos de mínimo diámetro para poder tender la vía con planchuela provisional, mientras se les reemplaza por soldadura en el campo sin tener que reajustar la separación necesaria entre los rieles.

b) Anclas

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

Deben colocarse con facilidad y extraerse sólo con herramienta especial.

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

El resultado del anclaje por fricción, depende no sólo del coeficiente con mayor valor, sino de la fuerza de apriete continuado entre el riel y el durmiente.

La colocación de anclas precisa estudiar previamente la dirección del corrimiento del riel cuya tendencia depende del sentido del tráfico pesado, las pendientes y frenajes, etc.

IV.5.4 Accesorios de fijación

a) Placas de asiento

Los rieles se apoyan en el durmiente por intermedio de la llamada "placa de asiento", cuyo fin es:

- Distribuir uniformemente las cargas transmitidas por el equipo.
- Evitar el degollamiento del durmiente.

Las placas de asiento pueden ser de dos tipos:

a.1) De acero con espesor constante, de ancho mayor que del patín con uno o dos rebordes en su cara superior, llamados hombros, destinados a confinar lateralmente al riel, con 4 ó 6 agujeros para dar cabida a los accesorios de fijación con los clavos.

a.2) De caucho o neopreno, son de espesor constante, pero de ancho igual al del patín del riel, no lleva hombros ni agujeros, en este caso los accesorios de fijación son tirafondos y placas elásticas.

Esta placa de caucho, tiene su cara inferior estriada para evitar su deslizamiento longitudinal.

En cualquiera de los dos casos, la placa de asiento va confinada a una muesca que previamente se le hace al durmiente con el fin de garantizar su inmovilidad transversal.

(fig. IV.5.4.a) y (IV.5.4.b)

b) Escarpías

Consisten en un clavo de sección cuadrada con punta bise-

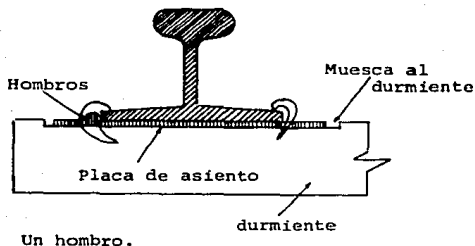


Fig. IV.5.4.a Placa de asiento de acero.

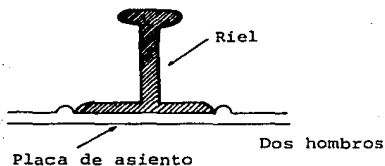


Fig. IV.5.4.b Placa de asiento de caucho o Neupreno.

lada o en tronco de cono, que se hinca en el durmiente y cuya cabeza se prolonga hacia un lado, para quedar sobre el patín del riel, estando dotada de una pequeña uña en el opuesto, o en los flancos que permite su extracción. La fuerza de sujeción es proporcionada por el rozamiento de la parte clavada con la madera, por lo que, dada la sección cuadrada del vástago y teniendo en cuenta la imposibilidad económica de practicar orificios cuadrados para su hincado, es preciso desaprovechar, - a veces una pequeña parte de la capacidad de anclaje de las es carpías como consecuencia de no existir contacto entre la totalidad de las superficies laterales de éstas y del orificio clavado. (fig. IV.5.4.c) y (IV.5.4.d)

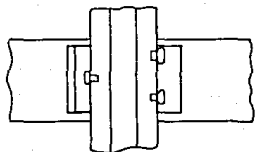
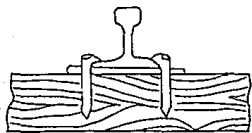


Fig. IV.5.4.c Sujeción directa por escarpías.

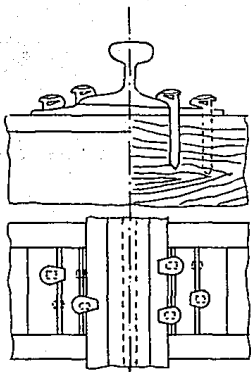


Fig. IV.5.4.d Sujeción mixta por escarpías.

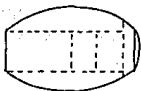


Fig. IV.5.4.e Sección cuadrada de la escarpía.

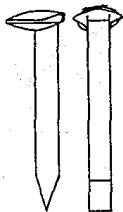


Fig. IV.5.4.f Escarpía con punta biselada o en tronco de cono.

c) Tirafondos

Si se emplea durmiente de madera como de concreto, si se usa placa de asiento de caucho, la fijación del riel al durmiente, se hará con tornillos conocidos como tirafondos colocados mecánicamente.

Estos elementos han sido y siguen siendo de utilización muy extendida en todo el mundo, pudiendo decirse que constituyen la sujeción tradicionalmente empleada para durmiente de madera.

Los tirafondos, en el caso de los durmientes de madera, son elementos de acero cónicos o cilíndricos, con un filete helicoidal cuya cabeza desborda ampliamente al espárrago, para comprimir al patín, y está coronada por un prisma cuadrado o rectangular, que se acopla al cubo de la llave que se atornilla o afloja al durmiente.

La utilización de este tipo de sujeción en durmientes de concreto se realiza, atornillando los tirafondos en unos tacos de madera o material sintético, embebidos en el concreto, o bien con el empleo de una rosca metálica especial, también embebida en él o directamente atornillada al concreto, sin ningún elemento intermedio. (Fig. IV.5.4.g).

d) Clavos elásticos

En un intento de combinar la sencillez de las sujeciones clásicas con las ventajas de las sujeciones elásticas, surge la idea de los clavos elásticos que, aparte de la facilidad de su colocación, con un martillo manual o neumático, proporcionan sistemas de sujeción con número mínimo de piezas, facilidad de montaje y conservación, y son capaces de mantener su actuación

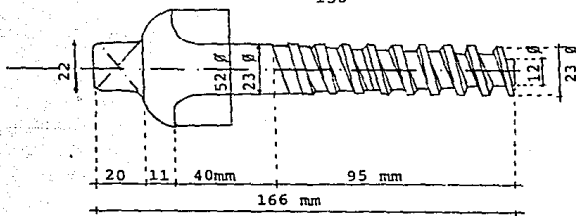


Fig. IV.5.4.g Esquema que muestra las medidas estándar de los tirafondos.

correcta durante largo tiempo.

Los clavos elásticos pueden ser sencillos o dobles, dependiendo del número de vástagos separados que se clavan en los durmientes.

La fuerza de anclaje de los clavos se consigue, como en el caso de las escarpías, por rozamiento de la parte hincada, aunque este efecto se refuerza en algunos tipos de sujeción por medio de dispositivos constructivos de los clavos que, al deformarse en su posición de trabajo, aumenta la presión de la superficie de los vástagos contra las paredes del orificio. La presión sobre el patín del riel se logra por la respuesta elástica de la cabeza del clavo a la deformación producida por su apoyo sobre aquél. (Fig. IV.5.4.h y IV.5.4.i)

c) Taquete de madera dura o plástico

Un clavo elástico, o un tirafondo, pueden usarse con larga -

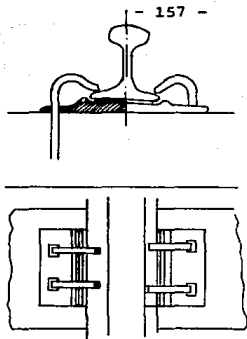


Fig. IV.5.4.h Sujeción con clavos elásticos.

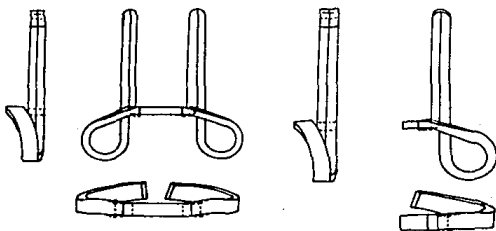


Fig. IV.5.4.i Clavos tipo Dorcken doble y sencillo.

duración, si se usan taquetes de encino encajados a presión en orificios grandes practicados en los durmientes de madera blanca.

También pueden evitarse las fisuras del concreto, ahogando taquetes de encino o de plástico para usar tirafondos en los durmientes de concreto y mixtos.

f) Empleo de tornillos y tuercas

Un durmiente de fierro troquelado también llamado concha o la barra de fierro estructural de un durmiente mixto de blocks de concreto emplean pernos con rosca en un extremo y cabeza de anclaje en el otro al virar 1/4 de vuelta.

El apriete mediante la tuerca, produce rigidez que se debe reducir gracias a las roldanas o grapa elástica, absorbiendo la variación de tensión y vibraciones que el tráfico somete a los tirafondos.

g) Grapilla elástica

La grapilla elástica "R.N." es un componente elástico diseñado para sujetar el riel al durmiente, estando fijo a éste, por medio de un tirafondo o un perno.

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

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

La elasticidad de la solera, que con su curvatura da un brazo de palanca variable, se opone a todo levantamiento o golpeo del riel, manteniendo un apoyo constante de éste, sobre la placa de hule, de modo que el deslizamiento del riel sobre el durmiente, es virtualmente imposible. (Fig. IV.5.4.j)

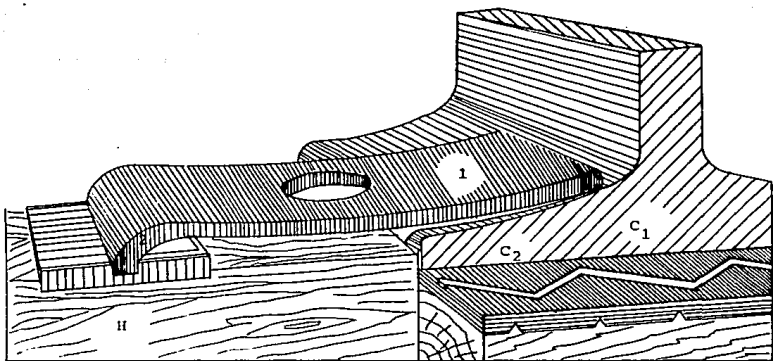


Fig. IV.5.4.j Esquema general de la Grapilla Elástica.

h) Grapa elástica (ver fig. IV.5.4.k)

La grapa elástica "R.N" mantiene una presión elevada y un iforme sobre el patín del riel, mediante una solera (a), que per-

mite un ligero abatimiento del riel sobre la placa de hule acanalada (s) al paso de los trenes, pero oponiéndose a todo deslizamiento y levantamiento del riel. La elasticidad de la placa de hule amortigua las vibraciones y los golpes hacia abajo. La elasticidad no lineal de la solera (a) de la grapa "R.N" evita los levantamientos del riel. El conjunto que forma la placa de hule acanalada y la grapa "R.N" es una sujeción elástica, que sujeta sin juego, el riel sobre el durmiente. Este conjunto es un verdadero "filtro" que absorbe las vibraciones. La solera (b) sirve de tope lateral al patín del riel interviniendo únicamente cuando los esfuerzos laterales sobrepasan el elevado frotamiento del patín del riel sobre la placa de hule. Estos esfuerzos son transmitidos al durmiente por el bucle (c) sin que el perno intervenga. Dichos esfuerzos están formados por la presión elevada y permanente del bucle en el fondo de la ranura en donde éste está incrustado dado una reacción oblicua admitida sólo por el concreto.

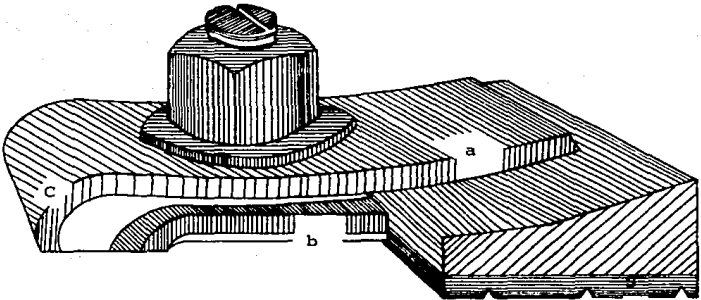


Fig. IV.5.4.k Esquema general de la grapa elástica.

i) Placa de hule

Debido a que el hule mantiene un volumen constante aunque cambie de forma, fué muy fácil el diseñar una placa experimental tal que, en sus dos superficies tuviera ranuras superficiales cerca unas de las otras, para permitir una libre expansión del hule. En vista que las propiedades elásticas del hule bajo condiciones cortantes, son mucho más eficientes que bajo la simple compresión, se investigó la forma de hacer las ranuras en ambas superficies de la placa, de tal forma que la línea central sea ondulada. Fué de este modo como se llegó a la placa de hule de tipo francés que tiene ranuras alternadas en cada superficie.

Estas placas son muy delgadas de 4.5 mm y tiene una elasticidad a la compresión bajo cargas normales transmitidas por el riel, un poco mayor que la de los durmientes de madera. (Fig. IV.5.4.1)

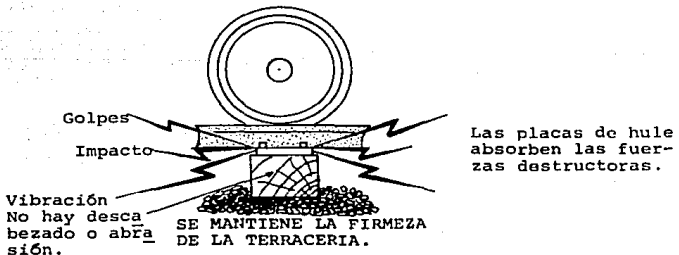


Fig. IV.5.4.1 Daños que evitan las placas de hule, las cuales absorben las fuerzas destructoras.

IV.6 Riel Continuo

La vía sin juntas tiene grandes ventajas, en lo referente al ahorro de durmientes, bridas y materiales de vía en general, así como en costos de conservación.

Si la vía es eléctrica el empleo de rieles largos permite, suprimir las juntas eléctricas entre rieles proporcionando una excelente conducción.

Las juntas siempre han sido el punto inicial de la destrucción de la vía, sin junta tendrá mucho mayor protección y duración.

Rebasado el límite normal en la longitud del riel se hace necesario la soldadura de los mismos. El método más sencillo y evidente para realizar esta unión consiste en la incorporación de bridas, que desde los primeros tiempos del ferrocarril y en forma general han permitido materializar continuidad de la estructura longitudinal.

La presencia de las juntas en la vía han sido un mal necesario que ha estado siempre presente en la historia del ferrocarril, ya que la longitud de los rieles estaba limitado por un lado, a las posibilidades de laminación y transporte y por otro al problema de la dilatación térmica.

La soldadura de los rieles se puede hacer por fusión o por presión. La mínima longitud de vía soldada precisa para que se comporte como Riel Continuo Soldado (RCS), depende del tipo de riel, sujeciones, durmientes, balasto y régimen térmico de la zona, aunque se puede indicar que una longitud de 200 m, en general actuará ya como RCS.

En la actualidad, la aceptación del RCS en el mundo ferroviario es total, estando desde hace mucho tiempo ampliamente experimentado.

El desarrollo del RCS ha sido necesario debido a las consideraciones económicas, unidas a las ventajas técnicas que la vía soldada posee sobre la vía con juntas. La supresión de una gran mayoría de las juntas entre rieles se pueden lograr aumentando la longitud de estos, lo cual se consigue soldando rieles de longitud estándar.

La presencia de juntas en la vía, dan lugar entre otros a los siguientes problemas importantes: El asiento de los durmientes se deteriora rápidamente a causa de los impactos de las ruedas, produciendo una degradación intensa de la nivelación de la vía, como consecuencia de los impactos, los extremos de los rieles se deforman aumentando el peligro de rotura en la zona de juntas, el desgaste del material rodante es excesivo.

Frente a estos inconvenientes el RCS presenta las siguientes ventajas: Reduce el número de durmientes por kilómetro de vía, ahorros de bridas y tornillos de bridas, ahorro de placas especiales para juntas, ahorro de conexiones eléctricas, la vida de los rieles puede aumentar un 30%, los gastos de conservación pueden disminuir un 50%.

IV.6.1 Tipos de Soldadura

La mejor calidad y menor precio se obtienen usando métodos de taller, producción en serie, usando energía eléctrica del servicio público etc; para una gran producción continuada.

Esta máxima fábrica de soldadura podría instalarse en las laminadoras de rieles pero los tramos soldados resultarían de-

2 a 3 rieles máximo a causa de problemas de transporte sobre -
plataformas a miles de kilómetros.

Una solución intermedia consiste en fábricas portátiles de soldadura eléctrica montadas en carros de ferrocarril, pudiendo usar corriente pública o generando su propia energía.

Finalmente el menor tamaño individual de soldadura es el -
proceso aluminio-térmico aplicable en la vía, que resulta indis-
pensable para labores aisladas y para conectar los tramos solda-
dos en el taller exclusivamente, a menos de realizarse obras-
aisladas y de pequeña cuantía.

1) Soldadura aluminio - térmica: A fusión

Se basa en la propiedad que tiene el aluminio de combinar-
se rápidamente con el oxígeno de los óxidos metálicos, formando
óxido (corindón), y liberando el metal.

Esta reacción alcanza los 3000°C pero requiere de 800 a -
1000°C para iniciarse.

El proceso consta de las siguientes operaciones:

1.a) Separación deseada.- Por medio de una regla graduada en
cuña, se mide la separación de los rieles, siendo el óptimo -
15 mm. Si no es así, se procede a adaptar a la misma los extre-
mos de los rieles. (Fig. IV. 6.1.a)

1.b) Reglaje de los rieles en sentido longitudinal.- Se uti-
liza una regla metálica de un metro como mínimo, para verificar
la alineación lo más rigurosamente posible.

1.c) Reglaje de los rieles en el plano vertical.- Los dos --
rieles deben ser reglados con una ligera elevación de los extre

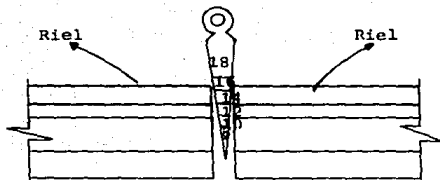


Fig. IV.6.1.a Medida de la separación entre extremos de rieles a soldar.

mos a soldar, esta elevación es necesaria para compensar la disminución debida a la contracción de la soldadura, evitándose con dicha precaución, tener juntas bajas, aunque una elevación excesiva dará lugar a juntas demasiado levantadas, que necesitarían un esmerilado costoso.

1.d) Confección y colocación de los moldes.- los moldes pueden ser prefabricados con sus machos de obturación preparados, contruidos en situ con material de las siguientes características: arcilla 17%, sílice 8%, humedad 6%. Se fija el riel con ayuda de una prensa aprieta-moldes, que permite colocar y apretar los dos semimoldes uno frente a otro. (Fig. IV.6.1.b)

1.e) Pre calentamiento.- El objeto de ésta operación es elevar la temperatura de los extremos de los rieles que van a soldar, hasta el rojo cereza claro (850 a 950°C). Se hace por medio de un quemador de gasolina y aire, de aire y propano, que proyecta una llama, sobre el molde, el cual previamente se habrá colocado bien

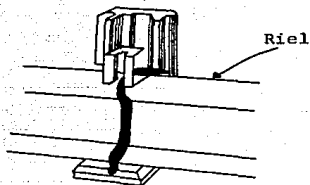


Fig. IV.6.1.b Corte de molde prefabricado.

concentrado, con los extremos de los rieles a unir.

1.f) Colada.-Durante la operación de precalentamiento, el crisol ha estado colocado en su soporte y girado a un lado. Una vez comprobado el buen estado de la junta de obturación, se vierte la carga de soldadura en el crisol, teniendo la precaución de mezclar previamente los componentes. Finalmente encima se echa un poco de pólvora, para iniciar bien el encendido. (Fig. IV.6.1.c)

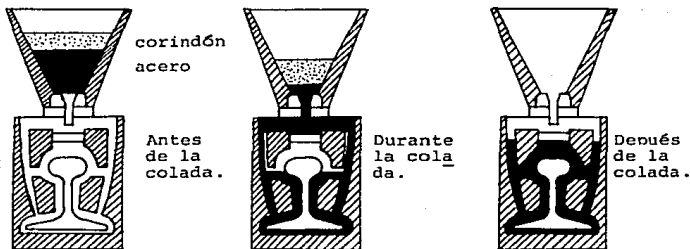


Fig. IV.6.1.c Soldadura Aluminio - térmica.

Cuando el soldador juzga que la temperatura de los extremos de los rieles es suficiente, inicia la reacción de la carga de soldadura contenida en el crisol con la ayuda de un tizón encendido, y entonces se retira el quemador y se hace pivotear el crisol sobre su soporte, hasta colocarlo encima del orificio de colada del molde.

El destapado inferior del crisol no se debe efectuar hasta unos 10 seg después del fin de la reacción, para permitir la decantación total del acero y del corindón.

Durante la colada fluye primeramente el metal aluminio-térmico, que produce la fusión de los rieles a soldar y rellena el espacio libre en el molde, por lo que queda un excedente de metal sobre la superficie de rodadura.

1.g) Desmoldeo y rebarbado.-Aproximadamente tres minutos después del fin de la colada se quitan los moldes, trabajo que debe ser ejecutado con mucha precaución y tras limpiar con un cepillo metálico los residuos adheridos al riel, se procede al rebarbado con martillo neumático. (Fig. IV.6.1.d)

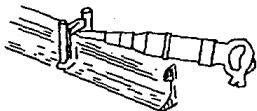


Fig. IV.6.1.d Rebarbado del riel con martillo neumático.

1.h) Esmerilado.-Una vez fría y rebarbada, se esmerila la ca beza de la junta, a fin de dar a la soldadura el perfil del ri el. Normalmente se utilizan esmeriladoras de motor de comb ustión.

2) Soldadura Aluminio - térmica: A Presión.

Es una variante poco usada de la descrita anteriormente, y consiste en introducir el metal en fusión, procedente de la rea cción aluminio-térmica, por la parte inferior de los rieles a un ir, mientras que entre las cabezas de los mismos se interpone una lámina de acero dulce de 2 a 3 mm de espesor que se sujeta por medio de una prensa. El acero líquido suelda el patín y el alma, rellenoando el hueco, mientras que las escorias líquidas en vuelven la cabeza del riel elevando su temperatura y la de la placa de acero dulce hasta la soldadura, momento en el que la pre nsa actúa comprimiendo ambos extremos de los rieles, produ- ciéndose la soldadura.

3) Soldadura eléctrica:

Se comienza produciendo un calentamiento, al circular una cor riente de alta intensidad y bajo voltaje a través de los rie les puestos en contacto. A continuación con una corriente de ba ja intensidad y alto voltaje se realizan movimientos alternati vos de aproximación y separación de los extremos de los rieles, con lo que se provoca la formación de arcos voltaicos que gene ran gran cantidad de calor, dando lugar a la fusión y posterior volatilización de parte del metal de los rieles.

Los vapores metálicos impiden el acceso del aire a la zona de soldadura y por consiguiente la oxidación de la misma.

Cuando se ha consumado una longitud de riel de 8 a 10 mm, se sueldan las barras por presión. Este procedimiento muy emplea

do para otros usos, es poco recomendable por su bajo rendimiento térmico, lo que hace que no se encuentre muy extendido en el campo ferroviario.

4) Soldadura eléctrica: Por Resistencia (Flash Butt)

El calor se obtiene por contacto bajo presión de los extremos de los rieles por lo que se hace pasar una corriente de bajo voltaje y muy alta intensidad (5 voltios y 35,000 amperios). La corriente se transmite a los rieles a través de unas mordazas pertenecientes a la máquina de soldar, que a la vez proporciona la presión de contacto precisa. Como consecuencia del imperfecto contacto entre las caras extremas de los rieles a soldar se producen una serie de chispas que calientan los rieles y cuando la temperatura es de unos 600 a 800°C, se juntan y separan los extremos, durante intervalos predeterminados, hasta -- que a una temperatura entre 100 y 1500°C, se aplica una fuerza longitudinal de 40 a 50 T-m sobre los rieles, con los que se realiza la soldadura.

IV.6.2 Tipos de fijación y durmientes más adecuados

La vía clavada usada en México hoy en día consiste básicamente en durmientes de madera blanda en su mayoría, en número de 2000 por kilómetro, soportando en muchas de nuestras líneas, rieles sin placas de asiento y sin sujeción vertical y solo con la necesaria fijación lateral para conservar el escanti---llón, mediante clavos de vía en un número de 8 por durmiente. Los rieles de 39' de largo van unidos entre sí, con planchuelas sujetas con tornillos y tuercas. Esta vía se calza para tener una mayor o menor nivelación, con material tomado de los cortes, designado como balasto impermeable y dejando al descubierto la cabeza de los durmientes, lo cual permite el más fácil y continuo lancheo o desplazamiento lateral de la vía.

La única mejora consiste en el aumento en el calibre de los rieles. Se utilizan hoy en día, en México calibres de riel entre 90 y 112 libras y en los Estados Unidos de 155 libras - por yarda.

Mientras en Norteamérica, el sistema de vía clavada subsiste y se concede al clavo la cualidad de soltar el riel, con un juego que proporciona cierto muelleo. En Europa especialmente - en Italia y Francia, hace muchos años que se abandonó la práctica de los clavos, utilizando tirafondos que dan mayor amarre a la vía pero el mayor adelanto que se ha logrado en la técnica ferroviaria es el conocido con el nombre de Vía Elástica - (francesa). (Fig. IV.6.2.a) B.

Esta técnica consiste básicamente en el empleo de riel - soldado en largos tramos, generalmente de 800 m con sujeción - riel-durmiente, por medio de grapas elásticas, una placa de hule entre el riel y el durmiente y utilización de durmientes - de concreto armado.

Esta vía permite alcanzar altas velocidades, hasta de - 140 Km/h para trenes de pasajeros y de 80 a 90 Km/h para trenes de carga, a la vez que permite una fuerte reducción en los gastos de conservación y mantenimiento de la vía.

El empleo de la vía moderna tipo francés, proporciona un - viaje cómodo y silencioso para los pasajeros, con el consiguien - te ahorro de gastos de conservación del equipo y material ro - dante.

Uno de los principales problemas que se han presentado en la técnica ferroviaria, desde su iniciación hasta nuestros - días ha sido la sujeción del riel al durmiente. Cuando uno exa - mina una vía en servicio, después de un tiempo de haber sido - construída, lo primero que llama la atención es el juego que - existe entre el clavo y el riel.

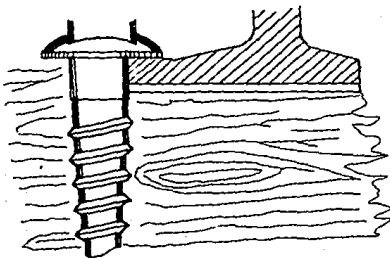


Fig. IV.6.2.a(A) Vía tipo Alemán.

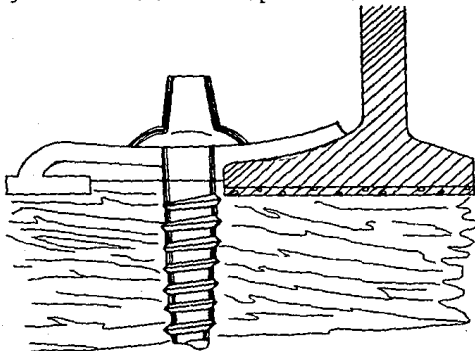


Fig. IV.6.2.a (B) Vía tipo francés S.N.C.F.

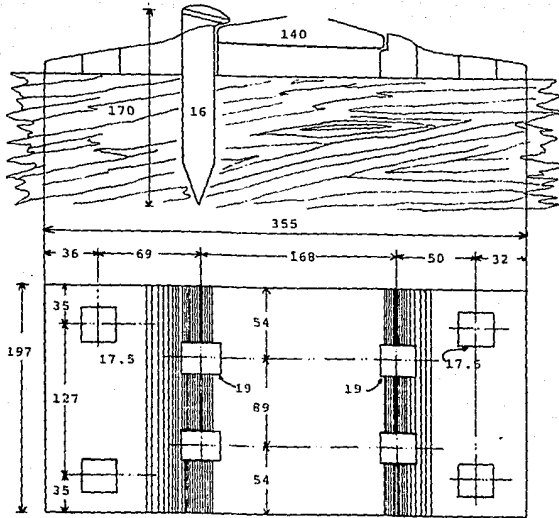


Fig. IV.6.2.3 (C) VIA TIPO AMERICANO.

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

La autoridad ferroviaria americana William G. Raymond y sus sucesores comentan: El tirafondo amarra la vía 4 veces más que el clavo, daña mucho menos al durmiente y en especial, protege mucho mejor que el clavo los durmientes blandos y evita la destrucción del durmiente por la penetración de agua a través del hueco del clavo.

La falta de firmeza de la sujeción mediante clavo, origina fenómenos vibratorios y esfuerzos dinámicos casi imposibles de valuar pero indudablemente de gran magnitud. Es innegable que un gran número de descarrilamientos y desastres ferroviarios han sido originados por clavos de vía sueltos, con las consiguientes pérdidas de vidas, destrucción de material rodante y de la vía misma.

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

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

Estos problemas, han tratado de solucionarse con el empleo de un mayor número de clavos por durmiente (con la consiguiente disminución de la vida del durmiente), con el empleo de --

placas metálicas de asiento (cada vez más pesadas y de mayor costo) y con el uso de un mayor número de anclas y dispositivos antideslizantes.

En Europa en vez de clavo de vía, se emplea el tirafondo o tornillo, que aunque tiene una mayor resistencia a las fuerzas de tracción que el clavo, requiere igualmente una conservación esmerada con reapretados periódicos y sistemáticos. Debido a esto, los ferrocarriles franceses han desarrollado una técnica especial, que ha venido a solucionar el problema de fijación del riel-durmiente. Esta técnica se conoce con el nombre de "Sujeción Elástica". (Fig IV.6.2.b y IV.6.2.c).

Este tipo de fijación elástica actualmente aprobado por la S.N.C.F. después de numerosos ensayos, consta básicamente de los siguientes elementos:

Una placa de hule acanalada que se coloca entre el riel y el durmiente con dos grapas elásticas de acero, apretadas fuertemente por un tornillo que sujeta el patín del riel. La grapa elástica P.N. cuando está suelta, tiene un cierto juego entre el borde del patín del riel y la grapa misma, juego que depende de la forma del riel y del tipo de durmiente. Al apretar el tornillo, la grapa cede y entra en contacto con el borde del patín del riel.

Las acanaladuras o estrías, dispuestas alternadamente sobre las dos caras permiten la expansión del hule y evitan los desplazamientos importantes entre la placa, el riel y el durmiente. Si la placa no estuviera acanalada, estos desplazamientos serían considerablemente frenados por fricciones superficiales. Además la placa no podría recuperarse y permaneciendo deformada perdería su elasticidad y se gastaría rápidamente. Este sistema ha sido perfeccionado después de un largo estudio, a fin de lograr en forma sencilla y económica el amortizamiento óptimo de las vibraciones teniendo en cuenta la amplitud de los

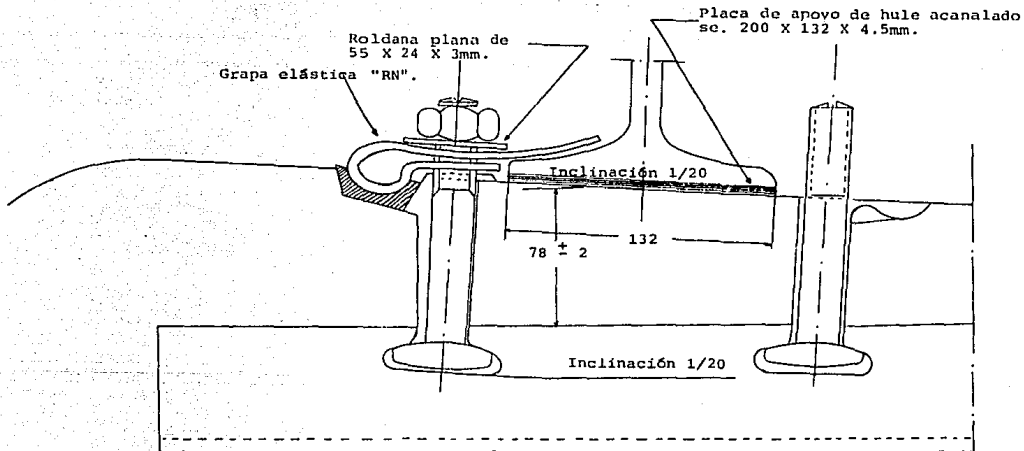


Fig. IV.6.2.b Dispositivo de sujeción elástica para durmientes
S.N.C.F. - R.S.

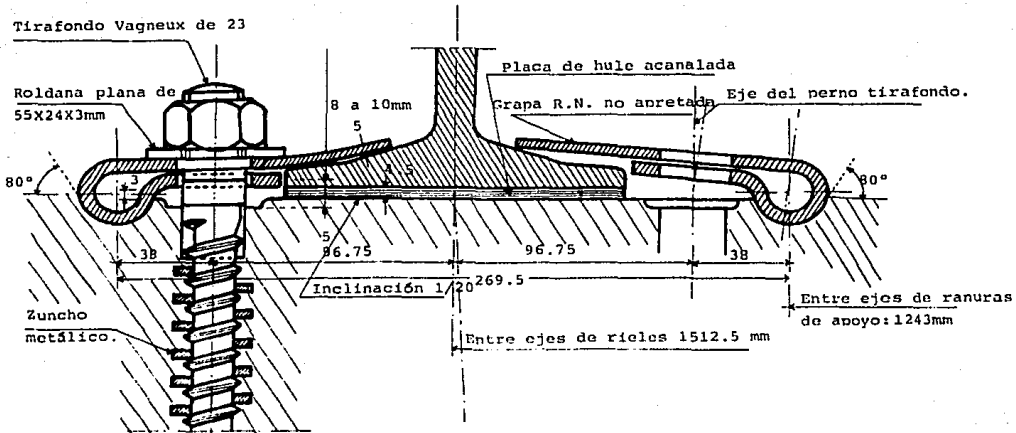


Fig. IV.6.2.c Dispositivo de sujeción elástica para durmientes
S.N.C.F. - V.W.

desplazamientos y la escala de los esfuerzos previamente determinados.

En durmientes de concreto es fácil anclar los tornillos - firmemente, de manera que no tengan movimientos posteriores debidos al tráfico. Por el contrario, en madera los tirafondos - tienden a aflojarse lentamente con el tiempo por la deformación de las fibras y más si están sujetas a esfuerzos alternados y elevados de tracción.

El problema es pues más difícil con la madera para solucionarlo se ha creado una grapilla tipo RN. La grapilla difiere de la grapa, en que tiene una rama más larga que la de la grapa, - con el objeto que sea más flexible. No hay necesidad de la rama inferior, que en el caso de la grapa sirve para mantener el riel lateralmente al escantillón, ya que en el durmiente de - madera son los rebordes del entallado y los mismos tirafondos, los que lo sujetan. El esfuerzo de apriete está también limitado por el juego del segundo contacto sobre el ala del patín - del riel. Se utilizan placas de hule acanaladas y además una pe queña calza metálica, colocada dentro de una segunda entalladura del durmiente, para apoyar el extremo exterior de la grapi--lla.

Los múltiples ensayos llevados a cabo con diferentes tipos de sujeción, dan una idea clara, de que en igualdad de circuns--tancias, la vía elástica ahorra varias veces el costo de conser vación, en comparación con la vía clavada, no sólo por gastos de reclavado y cambio de durmientes, sino también por la posibilidad de emplear calibres menores de riel, además del ahorro en - pérdidas por accidentes originados por la mala sujeción que - proporciona el clavo de vía.

En resumen el durmiente de concreto y la sujeción elástica además de aumentar la superficie en la cual se apoya el riel, - disminuyen notablemente los esfuerzos dinámicos, a los cuales -

se encuentra sujeto el riel, originando una gran economía en toneladas de riel por kilómetro de vía, al permitir secciones menores a igualdad de condiciones de carga. (Fig. IV.6.2.d)

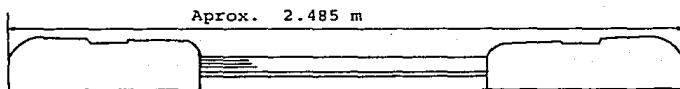


Fig. IV.6.2.d Durmientes de Concreto.

IV.7 Aparatos de Vía

Una particularidad específica de las línea férreas es su carácter de guiado, que obliga al material rodante a recorrer un camino prefijado y establecido. Esta restricción, que se impone en los grados de libertad del movimiento de los vehículos ferroviarios y que tantas ventajas tiene a efectos cibernéticos, presenta no obstante, diversos inconvenientes, desde el punto de vista de la explotación, ya que en condiciones normales, se presenta la necesidad de realizar cruces, alcan--ces, apartado de material, clasificación del mismo y otras ope--raciones. De esta circunstancia surge la necesidad de los apa--ratos de vía.

El aparato de vía es un dispositivo que permite asegurar la continuidad de ésta, para un itinerario seleccionado entre varios, divergentes o secantes.

Los componentes elementales de los aparatos de vía son:
(Fig. IV.7.a)

- Cambios
- Rieles o cupones de unión
- Cruzamientos

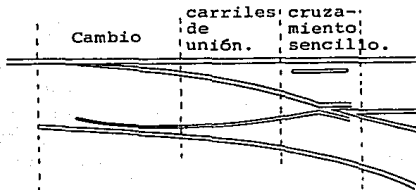
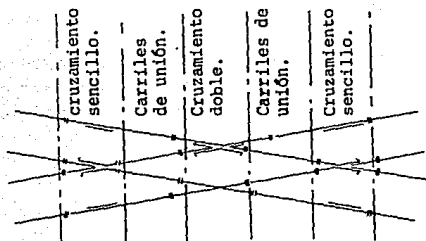


Fig. IV.7.a Esquema primario de un desvío.



Figg. IV.7.b Esquema primario de una traviesa simple.

La seguridad y velocidad de los trenes están condicionadas por la calidad de los aparatos de vía, lo que hace necesario - exigir a éstos unas determinadas características. Dichas características pueden situarse en el marco geométrico, cinemático o dinámico, o simultáneamente en todos, y en relación con exigencias del propio aparato o de los vehículos que sobre él circularán.

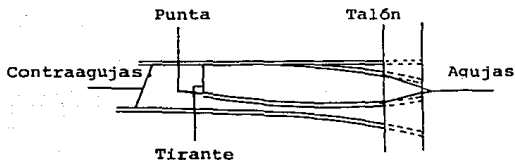
En este sentido, se puede indicar que la inserción del propio aparato en el trazado general de la vía, hace necesario con siderar no sólo la longitud del aparato o conjunto de ellos, - sino también los aspectos relacionados con el gálibo, por posible existencia de obstáculos o por interferencias con las vías adyacentes.

IV.7.1 Diferentes clases de aparatos de vía

a) Cambios

La misión de los cambios es producir el desvío de las circulaciones hacia una vía determinada.

En el cambio existen cuatro piezas fundamentales: las dos exteriores, llamadas contraagujas, que son fijas, y las dos interiores que siendo solidarias por uno o varios tirantes, tienen carácter móvil y cuya posición, según se efectúe el acoplamiento sobre uno u otra contraaguja determinará la dirección que deberá seguir la circulación. Las agujas están empotradas o articuladas en su talón quedando libres en su otro extremo llamado punta. (Fig. IV.7.1.a)



IV.7.1.a Los cambios producen desvíos de las circulaciones hacia una vía determinada.

Un cambio puede ser tomado por el tren desde la punta, en cuyo caso tomará la dirección obligada por la posición de las-

agujas, sin más problemas; pero, si el cambio es tomado por el talón, sin estar orientadas debidamente las agujas, se dice que ha sido talonado. Cuando este talonamiento produce roturas o de formaciones no elásticas de alguno de sus elementos constitutivos, se dice que el cambio no es talonable.

b) Contraagujas

Son unos cupones o rieles enteros que forman la parte fija del cambio. Se obtienen normalmente a partir de rieles ordinarios y se caracterizan por los siguiente:

- b.1) La forma en planta es tal, que la aguja o espadín se ajusta a ella.
- b.2) La cara lateral del lado del borde activo cepillada es para alojar a la aguja cubriendo especialmente la punta de la misma, para preservarla de los golpes de la pestaña de la rueda.
- b.3) A veces se cepilla también el patín de las contraagujas.

En la figura (IV.7.1.b) puede observarse el esquema de la aguja acoplada a la contraaguja y algunos perfiles tipo.

c) Espadines o Agujas

Son cupones de rieles cepillados debidamente, para permitir tanto el ajuste perfecto a la contraaguja como el cumplimiento de su función, consistente en guiar y soportar las ruedas del material.

Las agujas pueden ser mecanizadas a partir de:

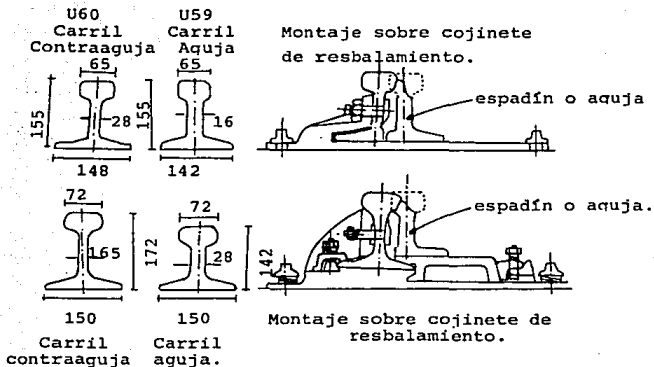


Fig IV.7.1.b Cambio tipo 50 Kg U 36 y cambio tipo 60 kg U 80.

- c.1) Rieles de perfil normal.
- c.2) Rieles de perfil especial de la misma altura que las contraagujas.
- c.3) Rieles de menor altura que las contraagujas.

Dispositivos de anclaje:

Está destinado a fijar a la aguja por su talón y además -asegurarle una movilidad en el plano horizontal. Los dispositivos de anclaje pueden ser tipo clavija y de tipo cojinete-placa. El primero ya no se utiliza a causa de los muchos inconvenientes que presenta. En el segundo la junta del talón está suspendida y montada sobre un puente. En el talón de la aguja se-

inserta, del lado del patín, un cojinete de acero.

En la figura (IV.7.1.c), la aguja E y el riel F adyacente, están unidos por una brida de hierro H, que es fija, pero que permite el cambio de la aguja de una posición a otra. La principal ventaja de este anclaje es la resistencia y sencillez de la estructura y el pequeño número de piezas que se precisa.

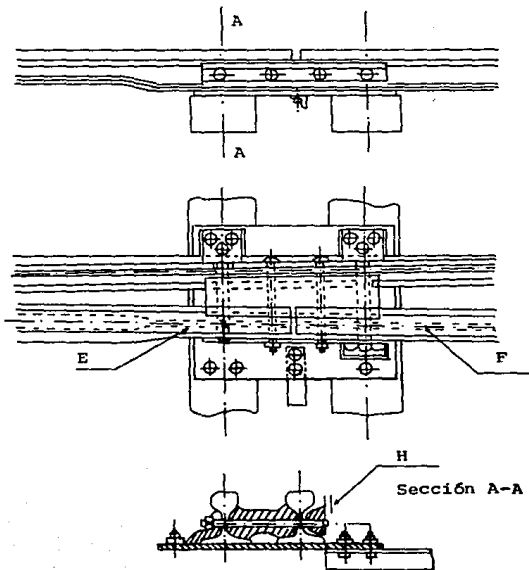


Fig. IV.7.1.c Dispositivo de anclaje tipo cojinete-placa.

La mejor disposición para el anclaje de estos elementos - es la llamada de agujas elásticas, que consiste en utilizar - una junta normal de carriles con bridas totalmente apretadas - en A y debilitan el patín de la aguja en puntos determinados que le permiten una deformación en el plano horizontal. (Fig. IV.7.1.d y IV.7.1.e)

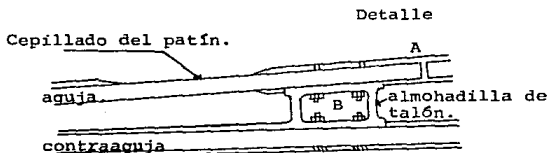


Fig. IV.7.1.d Esquema de agujas elásticas.

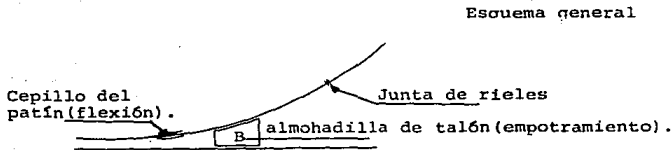


Fig. IV.7.1.e Corte de agujas elásticas.

Esta fijación es sencilla y cómoda, además de resistente y estable. Posee un número pequeño de piezas.

Se pueden considerar además cambios:

- Almohadillas de talón A(Fig.IV.7.1.f)
- Cojinetes de resbalamiento B ..(Fig.IV.7.1.g)
- Tirantes de maniobra y mecanismo de cambio(Fig.IV.7.1.g)
- Placas especiales D(Fig.IV.7.1.f)

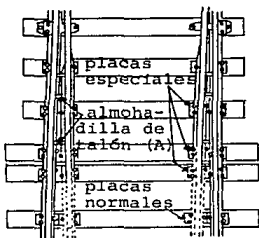


Fig. IV.7.1.f Cambio de detalle del talón.

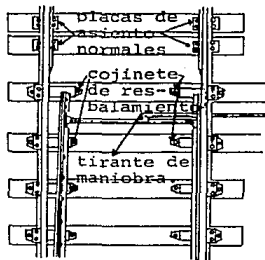


Fig. IV.7.1.g Cambio de detalle de la punta.

Hay que distinguir entre los cambios que se colocan en las estaciones y zonas de maniobras, donde el espacio es escaso y las velocidades reducidas, de aquellos otros colocados en plano línea, donde las velocidades pueden ser elevadas. En los primeros, el radio de la vía desviada es pequeño y el aparato en sí, corto; en los segundos, la longitud del aparato y su radio son mucho mayores.

Se puede hacer también la distinción entre cambios sencillos y dobles. Los primeros sólo permiten una desviación, que puede ser a la derecha o a la izquierda. Los cambios dobles tienen la ventaja de permitir la posibilidad de desviación por dos vías diferentes además de la directa, pero ocupando sólo la longitud de un cambio sencillo. El movimiento de las agujas, se consigue en este tipo de cambios mediante la disposición de dos mandos que actúan sobre las agujas a, c y d, d.

También se puede distinguir entre cambios simétricos y asimétricos, y entre éstos últimos, los convergentes de los divergentes. Por su parte, los simétricos son siempre divergentes.

En la Figura (IV.7.1.h y IV.7.1.i) se muestran los esquemas de un cambio sencillo y un cambio doble.

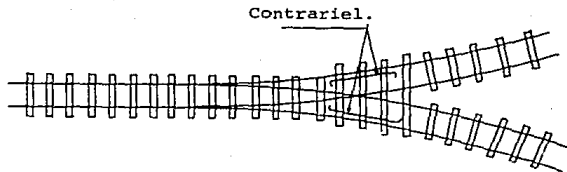


Fig. IV.7.1.h Cambio sencillo.

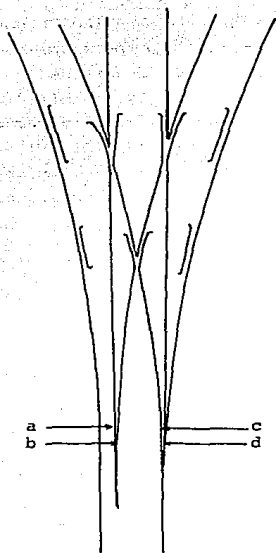


Fig. IV.7.1.i Cambio doble.

d) Cruzamientos

Los cruzamientos solucionan la intersección de rieles que ofrecen la superficie de rodamiento en el mismo plano. La zona de intersección se denomina corazón. Para que la pestaña pueda pasar los rieles han de ofrecer una solución de continuidad,-

hecho que se produce en el espacio vacío, llamado laguna, la parte exterior de la llanta se apoya sobre la pata de liebre correspondiente, al tiempo que la otra rueda del eje, única guiada en ese momento, lo es por su riel y contrariél. (Fig. IV.7.1.j)

La parte más delicada de un cruzamiento es el corazón, que puede estar formado por los extremos de los rieles convergentes unidos con roblones, o bien fundido en una sola pieza. Este último es el llamado corazón monoblock, que presenta múltiples ventajas respecto a los otros, como consecuencia del monolitismo que posee. (Fig. IV.7.1.k)

El ángulo de las caras de trabajo del corazón reciben el nombre de ángulo de cruzamiento.

La punta del corazón suele estar rebajada, para conseguir un ascenso suave de la rueda sobre él. Es la parte del cruzamiento que trabaja en condiciones más desfavorables, por los repetidos golpes que recibe; por ello, se fabrica de aceros especiales como cromo o con aleaciones austeníticas de manganeso.

El único inconveniente de estas estructuras es que no son soldables con facilidad y, por tanto, impiden la incorporación de los cruzamientos al riel.

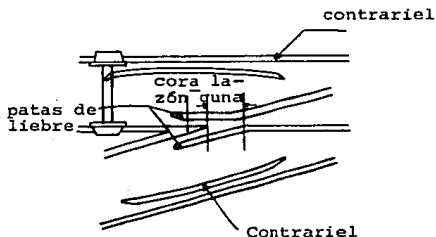


Fig. IV.7.1.j Esquema general de un cruzamiento.



IV.7.1.k Detalle del corazón.

A la vista de lo anterior, se puede concretar que las piezas principales de un cruzamiento son:

- 1) Patas de liebre, que soportan el peso de las ruedas, mientras éstas pasan por la laguna.
- 2) Corazón, que representa la unión de los rieles de las dos vías que se cruzan.
- 3) Contrarieles, cuya misión es asegurar el guiado doble de la rueda de un eje al paso de la otra por la laguna.

Las patas de liebre y los contra-rieles están doblados, en sus extremos hacia el interior, para evitar colisiones con las pestañas de la rueda.

d.1) Cruzamiento recto:

En él las caras laterales de trabajo del corazón son planas. Su ventaja fundamental es la posibilidad de utilizarlo en toda clase de desvíos.

d.2) Cruzamientos curvos:

En los de este tipo, las caras laterales de trabajo del co-

razón y de la pata de liebre son superficies curvas.

Sus características principales son:

- Complejidad de fabricación.
- Poca versatilidad
- Mayor adaptabilidad al trazado

d.3)Cruzamiento de rieles:

Se forman por roblonado de rieles, pero tienen el inconveniente de poseer un excesivo número de piezas, que pueden desajustarse en la práctica con cierta frecuencia.

d.4)Cruzamiento de corazón fundido:

Se moldean juntos el corazón y las partes de la pata de liebre que está frente a él. Tiene pequeños números de piezas, gran robustez y mayor duración que los montados con rieles.

d.5)Cruzamiento monolítico fundido:

En los de esta clase, se funde todo el aparato en una sola pieza. Su monolitismo le confiere gran duración, mayor estabilidad y superior resistencia que los de otros tipos por utilizarse aceros especiales.

d.6)Cruzamientos especiales:

Quando el ángulo del cruzamiento es muy pequeño, la longitud de la laguna se hace excesiva, siendo incompatible con la seguridad, por lo que hay que introducir unos elementos móviles -- que eliminan aquélla convirtiéndola en innecesario a los contrarrieles. En la figura (IV.7.1.1), aparece a la izquierda un esquema de corazón móvil flexible; a la derecha puede observarse un esquema de corazón móvil articulado. Existe la posibilidad de dejar el corazón y hacer móviles las patas de liebre.

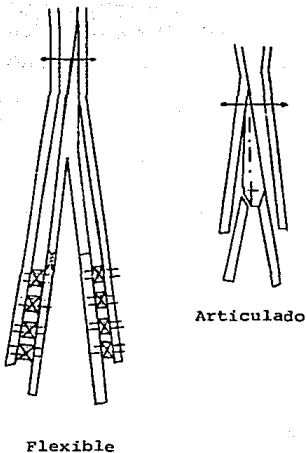


Fig. IV.7.1.1 Cruzamientos especiales.

e) Desvíos

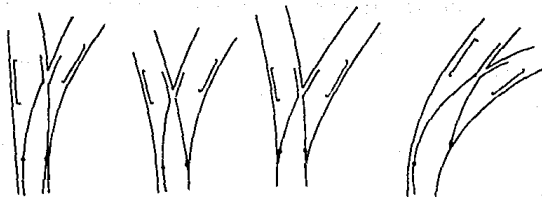
Los desvíos son una combinación de aparatos (cambios y cruzamientos), que permite a las circulaciones tomar una, entre varias vías concurrentes.

Su clasificación, de acuerdo con la forma en planta, es parecida a la de los cambios, pues éstos son los que definen el desvío.

Podemos distinguir los siguientes tipos de desvío.
Fig(IV.7.1.m)

e.1) Ordinario

- e.2) Simétrico
- e.3) Divergente
- e.4) Convergente



desvío ordinario simétrico divergente convergente

Fig. IV.7.1.m Tipos de desvíos.

f) Travesías

Permiten el paso de una vía a través de otra, cuyos ejes se cortan, correspondiéndoles la siguiente estructura, en el caso de una travesía simple: cruzamiento sencillo, rieles de unión, cruzamiento doble, rieles de unión y cruzamiento sencillo.

f.1) Travesía rectangular:

Puede ser de intersección de dos vías de un mismo ancho,-

o de intersección de vías de ancho diferente. Está constituida por:

- Cuatro cruzamientos en ángulo recto
- Cuatro contrarrieles
- Un contrarriel interior de contorno cerrado
- Otras piezas menores

Este tipo de travesía, la rueda del vehículo, al cruzar las lagunas, pueden dar un golpe sobre los corazones o el contrarriel, y con el objeto de evitarlo, se coloca a veces un cojinete bicónico entre el riel y el contrarriel, sobre el que se apoya la pestaña de la rueda. (fig. IV.7.1.n y IV.7.1.o)

Las travesías rectangulares pueden estar constituidas por rieles ensamblados o cruzamientos fundidos, soportados por durmientes de madera.

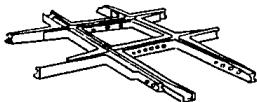


Fig. IV.7.1.n Travesía rectangular.

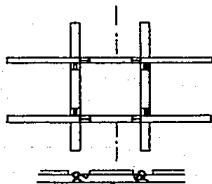


Fig. IV.7.1.o Sección A-B

f.2) Travesía Oblicua:

En forma análoga a las de tipo rectangular, las vías cuya intersección facilita, pueden ser del mismo ancho o de anchos-

diferentes. (Fig.IV.7.1.p y IV.7.1.q)

Sus elementos constitutivos son:

- Dos cruzamientos agudos
- Dos cruzamientos obtusos(dobles)
- Rieles
- Durmientes de apoyo
- Otras piezas menores

Los cruzamientos dobles tienen dos corazones,el contrariel forma parte del cruzamiento y queda elevado en algunos casos - respecto a la superficie de rodadura de los rieles.

Estos cruzamientos dobles pueden ser:

- Totalmente fundidos
- Ensamblados, con corazón fundido
- Armados de rieles

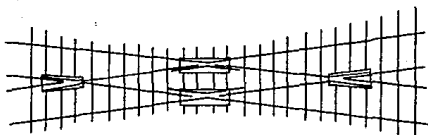


Fig. IV.7.1.p Travesía oblicua.

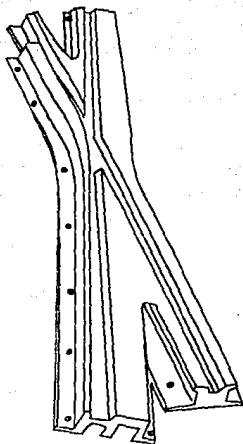


Fig. IV.7.1.q Cruzamiento doble.

f.3) Travesía de unión doble

Representa la combinación de una travesía sencilla oblicua y elementos de desvíos simples, permite la circulación de los trenes en cuatro direcciones y sustituye a los de desvío ordinario. Como su longitud es sensiblemente la mitad de la que ocuparían aquéllos, son muy convenientes en los casos de falta de espacio; no obstante, son peligrosas a velocidades superiores a 70 km/h, por lo que se utilizan en las vías de servicio de las estaciones y nunca en las generales.

Estas travesías están formadas por: Dos cruzamientos simples, dos cruzamientos dobles, cuatro pares de agujas, rieles, durmientes, y otras piezas menores. (Fig.IV.7.1.r)

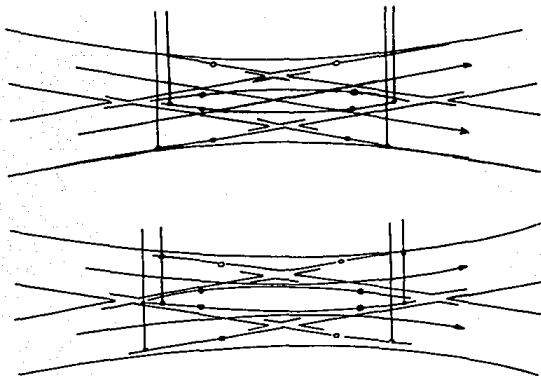


Fig. IV.7.1.r Travesía de unión doble.

f.4) Travesía Curva:

Se llama así a aquéllas que proporcionan el cruce de una vía recta con una curva, o bien el cruce entre dos vías curvas.

C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO IV)

- 1.- ¿Qué función cumple la Plataforma y los Colectores?
- 2.-¿Cómo es medido el Ancho de Vía
- 3.-Explique que son y para qué se utilizan las bridas?
- 4.-¿Qué le ocurre a los rieles cuando se presentan cambios de temperatura?
- 5.-Cuáles son los accesorios de los rieles?
- 6.-¿Qué función cumplen las placas de asiento y cuántos tipos hay?
- 7.-¿Qué nombre reciben los clavos de sección cuadrada y punta biselada?
- 8.-¿Que características requiere un tirafondo para durmientes de madera?
- 9.-¿En que consiste la soldadura aluminio - térmica?
- 10.-¿Cuáles son los elementos que se utilizan para la fijación elástica?
- 11.-¿Para qué se utilizan los cambios y cruzamientos?

C
A
P
I
T
U
L
O
V

C A P I T U L O V

PERFIL VIRTUAL

V.1 Fuerza tractiva de las Locomotoras

La fuerza tractiva es proporcional a la cantidad de corriente (amperes) y se aplica a su valor máximo al arrancar el tren con la máxima fuerza y ésta se va reduciendo al acelerar (velocidad creciente) hasta que el voltaje negativo del generador va reduciendo el amperaje máximo demandado y se obtiene un equilibrio entre generador, motor y velocidad en forma eficiente.

| Velocidad | P O T E N C I A (H P) | | | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1500 | 1700 | 1900 | 2100 | 2300 | 2500 |
| 5 Km/h | 69768 | 76280 | 85254 | 94228 | 103202 | 112176 |
| 10 | 34884 | 38140 | 42627 | 41114 | 51601 | 56088 |
| 15 | 23256 | 25427 | 28418 | 31409 | 34401 | 37392 |
| 20 | 17442 | 19070 | 21313 | 23557 | 25800 | 28044 |
| 25 | 13954 | 15256 | 17051 | 18845 | 20640 | 22435 |
| 30 | 11628 | 12713 | 14209 | 15705 | 17200 | 18969 |
| 35 | 9969 | 10897 | 12179 | 13461 | 14743 | 16025 |
| 40 | 8721 | 9535 | 10657 | 11778 | 12900 | 14022 |
| 45 | 7752 | 8476 | 9423 | 10470 | 11467 | 12464 |
| 50 | 6977 | 7628 | 8525 | 9423 | 10320 | 11218 |
| 55 | 6813 | 6934 | 7750 | 8566 | 9382 | 10198 |
| 60 | 5814 | 6357 | 7104 | 7852 | 8600 | 9348 |
| 65 | 5367 | 5868 | 6558 | 7248 | 7939 | 8629 |
| 70 | 4983 | 5449 | 6090 | 6731 | 7372 | 8013 |
| 75 | 4651 | 5085 | 5684 | 6282 | 6880 | 7478 |
| 80 | 4361 | 4767 | 5328 | 5889 | 6450 | 7011 |
| 85 | 4104 | 4486 | 5015 | 5543 | 6070 | 6599 |
| 90 | 3876 | 4238 | 4736 | 5235 | 5733 | 6232 |
| 95 | 3672 | 4015 | 4487 | 4959 | 5432 | 5904 |
| 100 | 3488 | 3814 | 4263 | 4711 | 5160 | 5609 |

Tabla V.1 Fuerza tractiva de las Locomotoras

V.2 Resistencia que obran en los trenes

Se conoce como resistencia en un tren al conjunto de fuerzas que se oponen al movimiento y por consiguiente a la fuerza tractiva esto es un esfuerzo de tracción.

a) Resistencia al rodamiento:

Se debe a fricciones del propio equipo, más las fricciones entre las cejas de las ruedas y los rieles, más la resistencia del aire, donde ésta última es proporcional al área transversal, al modelo, y al cuadrado de la velocidad relativa.

Un vehículo moviéndose en una vía en tangente y a nivel, a velocidad constante y con viento en calma, representa una resistencia al rodamiento total específica. La cual se calcula de la siguiente manera:

$$R = 0.65 + 13.2/W + 0.0094V + (0.00458AV^2/Wn) \quad (\text{Locomotora})$$

$$R = 0.65 + 13.2/W + 0.0141V + (0.000954AV^2/Wn) \quad (\text{Carros})$$

$$R = 0.65 + 13.2/W + 0.0094V + (0.000648AV^2/Wn) \quad (\text{Coches})$$

donde:

R = Resistencia del vehículo en Kg/ton métrica

W = Peso por eje, en Ton métrica

A = Area efectiva de la sección transversal del carro
o locomotora en m²

V = Velocidad en Km/h

n = Número de ejes por carro o locomotora

La resistencia disminuye con el diseño aerodinámico del -

equipo que incluye vestíbulos cubiertos y ejes sobre baleros, en lugar de los antiguos coches separados y carentes de aeromodelismo, con ejes sobre chumaceras con diferente lubricación.

b) Resistencia por pendiente:

En la figura se muestra a un carro con un peso W , colocado en un plano inclinado DF ; el peso se puede descomponer en dos fuerzas una normal " N " al plano inclinado y otra tangencial " T " que obliga a que el carro se deslice cuesta abajo, siendo esta última la resistencia por pendiente que se trata de calcular. (Fig.V.2.a)

$$\frac{F'}{W} = \frac{CB}{AC}$$

$$\therefore F' = F W \frac{CB}{AC}$$

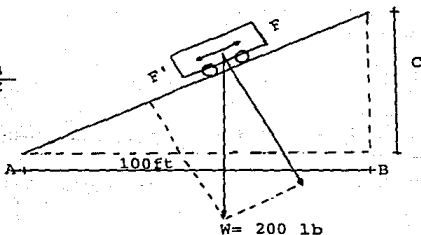


Fig. V.2.a Resistencia por pendiente.

Observando los triángulos rectángulos semejantes formados por la figura, tenemos:

$$\frac{F'}{W} = \frac{CB}{AC} \quad ; \quad T = W \frac{CB}{AC}$$

Considerando un peso W de 1 Ton. métrica, y una pendiente de 1%

$$CB = 1 \text{ T} - m ; \quad AC = 100 \text{ m}$$

$$W = 1 \text{ T métrica}$$

sustituyendo

$$T = 1000 \times \frac{1}{100} = 10 \text{ kg}$$

Es decir, para subir una tonelada métrica a través de una pendiente de 1%, se necesita una fuerza de 10Kg.

En general el peso bruto del tren, multiplicado por el porcentaje (o por la milla) de la máxima pendiente del distrito- en estudio.

$R_p = W_p$, igual a la máxima resistencia por pendiente, expresada ya sea en libras por tonelada corta (a razón de 20 libras- por cada uno por ciento de pendiente) o en kilogramos por tonelada métrica (a razón de 10 Kg/ton), por cada uno por ciento - de pendiente.

c) Resistencia por Curvatura:

Representa el trabajo empleado por vencer la fricción entre las cejas y pisadas de las ruedas contra el hongo de los rieles, principalmente del riel exterior.

La longitud de un riel con relación a la longitud de la - curva tiene influencia sobre la resistencia por curvatura, por ejemplo: Un tren de 100 carros en una curva que tiene una longitud equivalente a 60 carros, no experimenta la resistencia- por curvatura en todo el tren, solamente en un 60% de su longitud. La resistencia por curvatura tiene un valor mínimo cuando el tren entra en la curva. Esta resistencia luego decrece a cero, una vez que el último carro deje la curva.

d) Resistencia por aceleración:

En relación con este tipo de resistencia, hay que considerar, en primer lugar, los producidos por el proceso de tracción, bien en el arranque o en la marcha del material motor, por efectos de adherencia, estos esfuerzos dan lugar, en la zona del riel inmediato anterior a la rueda, a una tracción y en la parte posterior, a una compresión. La acción del frenado del vehículo determina efectos contrarios.

La resistencia a la aceleración es igual y contraria a la fuerza tractiva necesaria para acelerar de una velocidad a otra, con una distancia o tiempo conocido.

$$R_A = 4.13/d (v_2^2 - v_1^2)$$

donde:

- R_A = resistencia a la aceleración en Kg.
- d = distancia en la que se efectuó el cambio
- v_2 = velocidad correspondiente a t_2
- v_1 = velocidad correspondiente a t_1

e) Resistencia de arranque:

La resistencia al arranque son mucho mayores que las resistencias cuando el equipo está en movimiento.

La resistencia al arranque puede ser tan alta como 15,20-6 aún 25 Kg/T, pero desciende rápidamente conforme el tren aumenta la velocidad.

f) Resistencia debido al viento:

La resistencia adicional debido al viento de frente, puede

ser estimada sumando simplemente la velocidad del viento a la velocidad del tren, para ser sustituida en la fórmula de la resistencia al rodamiento.

V.2.1 Velocidades adquiribles

a) Velocidad Máxima:

Físicamente puede desarrollarse durante un breve intervalo de tiempo, llamándosele también velocidad instantánea.

b) Velocidad Media:

Se obtiene en un tramo determinado, dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo empleado.

c) Velocidad Comercial:

Es la velocidad media entre las terminales de los recorridos, incluyendo los tiempos perdidos en demoras, paradas y encuentros.

V.2.2 Pendiente de aceleración

La pendiente de aceleración es la rapidez o lentitud en alcanzar una cierta velocidad, se representa gráficamente, y al ser trazada sobre un eje representativo de distancias, y en combinación con el valor de la carga de velocidades, indicará la distancia que tiene que recorrer el móvil, para alcanzar cierta velocidad.

Se puede observar que a partir de los datos proporcionados por la Tabla V.1 y las tablas V.2, V.3 y V.4, éstas últimas se presentan a continuación, es posible efectuar el cálculo de las

pendientes de aceleración, dato necesario para la construcción del perfil virtual, el cual posteriormente se detallará.

Tabla V.2 .- Resistencia al desplazamiento en tangente y a nivel, para locomotoras.

| Velocidad | Wn= 120 Ton; n=6 | | Wn= 100 Ton; n=4 | |
|-----------|------------------|--------|------------------|-------|
| | Kg/ton | Kg | Kg/ton | Kg |
| 5 Km/h | 1.368 | 164.13 | 1.238 | 123.8 |
| 10 | 1.447 | 173.64 | 1.324 | 132.4 |
| 15 | 1.548 | 185.73 | 1.436 | 143.6 |
| 20 | 1.670 | 200.4 | 1.574 | 157.4 |
| 25 | 1.814 | 217.65 | 1.737 | 173.7 |
| 30 | 1.979 | 237.48 | 1.927 | 192.7 |
| 35 | 2.166 | 259.89 | 2.143 | 214.3 |
| 40 | 2.374 | 284.88 | 2.384 | 238.4 |
| 45 | 2.604 | 312.45 | 2.625 | 262.5 |
| 50 | 2.855 | 342.60 | 2.945 | 294.5 |
| 55 | 3.128 | 375.33 | 3.265 | 326.5 |
| 60 | 3.422 | 410.64 | 3.610 | 361.0 |
| 65 | 3.738 | 448.53 | 3.981 | 398.1 |
| 70 | 4.075 | 489.00 | 4.379 | 437.9 |
| 75 | 4.434 | 532.05 | 4.802 | 480.2 |
| 80 | 4.814 | 577.68 | 5.251 | 525.1 |
| 85 | 5.215 | 625.89 | 5.726 | 572.6 |
| 90 | 5.639 | 676.68 | 6.227 | 622.7 |
| 95 | 6.084 | 730.05 | 6.754 | 675.4 |
| 100 | 6.550 | 786.00 | 7.307 | 730.7 |

Tabla V.3 .- Resistencias al desplazamiento en tangente y a nivel de carros vacíos, carros llenos y coches.

| Velocidad | Carro Vacío | | Carro lleno | | Coche | |
|-----------|-------------|---------|-------------|--------|-------|--------|
| | Kg/T | Kg | Kg/T | Kg | Kg/T | Kg |
| 5 Km/h | 2.613 | 73.164 | 1.604 | 96.24 | 1.458 | 101.69 |
| 10 | 2.705 | 75.740 | 1.684 | 101.04 | 1.506 | 106.39 |
| 15 | 2.811 | 78.708 | 1.771 | 106.26 | 1.562 | 109.34 |
| 20 | 2.932 | 82.096 | 1.865 | 111.90 | 1.622 | 113.57 |
| 25 | 3.066 | 85.848 | 1.966 | 117.96 | 1.686 | 118.05 |
| 30 | 3.215 | 90.020 | 2.073 | 124.38 | 1.754 | 122.81 |
| 35 | 3.378 | 94.584 | 2.186 | 131.16 | 1.826 | 127.83 |
| 40 | 3.556 | 99.568 | 2.307 | 138.42 | 1.902 | 133.11 |
| 45 | 3.747 | 104.906 | 2.434 | 146.04 | 1.981 | 138.66 |
| 50 | 3.953 | 110.684 | 2.568 | 154.08 | 2.064 | 144.48 |
| 55 | 4.173 | 116.844 | 2.708 | 162.48 | 2.151 | 150.56 |
| 60 | 4.408 | 123.424 | 2.855 | 171.30 | 2.242 | 156.91 |
| 65 | 4.656 | 130.368 | 3.008 | 180.48 | 2.336 | 163.52 |
| 70 | 4.919 | 137.732 | 3.168 | 190.08 | 2.434 | 170.41 |
| 75 | 5.196 | 145.488 | 3.337 | 200.22 | 2.536 | 177.55 |
| 80 | 5.488 | 153.664 | 3.509 | 210.54 | 2.642 | 184.97 |
| 85 | 5.795 | 162.250 | 3.676 | 220.55 | 2.752 | 192.65 |
| 90 | 6.115 | 171.210 | 3.861 | 231.67 | 2.865 | 200.59 |
| 95 | 6.450 | 180.530 | 4.061 | 244.23 | 2.983 | 208.80 |
| 100 | 6.789 | 190.290 | 4.263 | 256.25 | 3.104 | 217.28 |

Tabla V.4 Cargas de Velocidad

| Velocidad (Km/h) | h (m) |
|------------------|---------|
| 5 | 0.1043 |
| 10 | 0.4174 |
| 15 | 0.9391 |
| 20 | 1.6696 |
| 25 | 2.6087 |
| 30 | 3.7566 |
| 35 | 5.1131 |
| 40 | 6.6784 |
| 45 | 8.4523 |
| 50 | 10.4350 |
| 55 | 12.6263 |
| 60 | 15.0264 |
| 65 | 17.6351 |
| 70 | 20.4526 |
| 75 | 23.4787 |
| 80 | 26.7136 |
| 85 | 30.1571 |
| 90 | 33.8094 |
| 95 | 37.6703 |
| 100 | 41.7400 |

Ejemplo:

Una locomotora de 2100 HP, $W_n = 120$ T, 6 carros llenos, con una velocidad definida entre 40 y 45 Km/h. Calcular la fuerza tractiva, resistencias de locomotora, fuerza tractiva en la barra, resistencia de los carros, fuerza de aceleración, pendiente de aceleración, carga de velocidades.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Velocidad Km/h | Fza. Tract. kg | Resistencias de la locomot. Kg | Fza. Tract. en la barra Kg | Resistencia de los carros Kg |
| | De la tabla No. 1 | De la tabla - No. 2 | <u>Col. 2</u> <u>Col. 3</u> Col. 4 | Tabla No. 3 X núm. de ca- rros. |

| (6) | (7) | (8) | (9) |
|--|---|--|---------------------------------|
| Fuerza de aceleración Kg | Kg/T | Pendiente de aceleración en %. | Carga de Velocidades (m) |
| <u>col. 4</u> <u>col. 5</u> col. 6 | <u>col. 6</u> peso total del convoy | <u>Col. 7</u> 10 10 Kg Fza, por subir 1% de - pendiente. | De la Tabla número 4 |

Tabla V.5 Procedimiento para la realización del ejemplo anterior.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|-----------|-------|------------|-----------|-----------|------------------|--------|--------------------------|---------------------|
| Velocidad | F.T. | R.Locomot. | F.T barra | R. carros | Fza. aceleración | | Pendiente de aceleración | Cargas de Velocidad |
| | | | | | Kg | Kg/Ton | | |
| 40 | 11778 | 284.88 | 11493.12 | 11493.12 | 10662.6 | 22.21 | 2.22 | 6.6784 |
| 45 | 10470 | 312.45 | 10157.55 | 10157.55 | 9281.31 | 19.33 | 1.933 | 8.4523 |

Tabla V.6 Resultados obtenidos del ejemplo anterior.

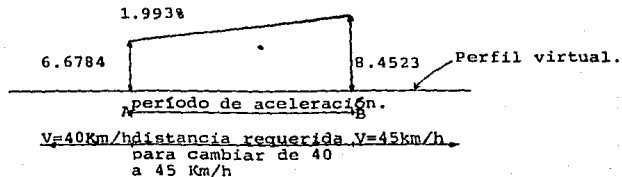


Fig.V.2.2.a Variación de la aceleración en función de la distancia.

1) Se traza indefinida la línea representativa de la pendiente de aceleración que se usará, será precisamente la correspondiente a la que se va a llegar. (Fig.V.2.2.b)

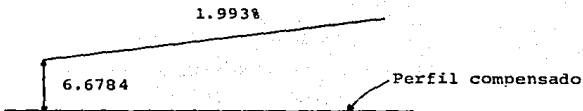


Fig. V.2.2.b

2) Con una escala, se va midiendo la distancia entre el perfil compensado y la pendiente, hasta dar el valor de la carga de velocidad a la que se va a llegar. (Fig. V.2.2.c)

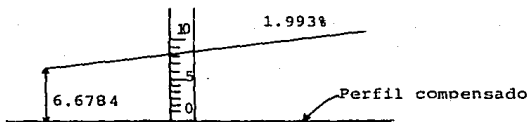


Fig. V.2.2.c

Al ser mayor la pendiente de aceleración, menor será la distancia que habrá de recorrer el tren para pasar de 40 a 45 Km/h. (Fig.V.2.2.d y V.2.2.e)

Pequeña pendiente
de aceleración.

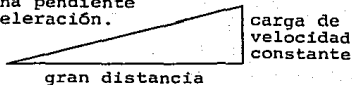


Fig. V.2.2.d

Mayor pendiente
de aceleración.

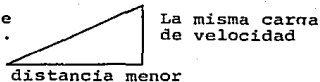


Fig. V.2.2.e

V.3 Cálculo y construcción de un perfil virtual y el tonelaje ecuacionado correspondiente.

El perfil virtual se construirá sobre una línea imaginaria principiando por analizar, por secciones, el período de aceleración, hasta lograr una velocidad de 70 Km/h.

Sección para 10 Km/h.

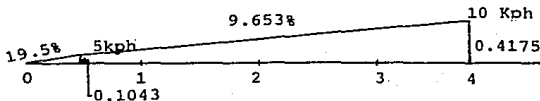


Fig. V.3.a

Sección para 15 Km/h.

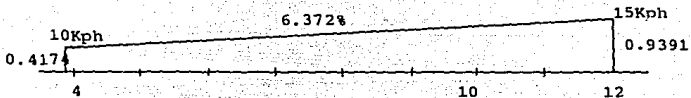


Fig. V.3.b

Sección para 20 Km/h.

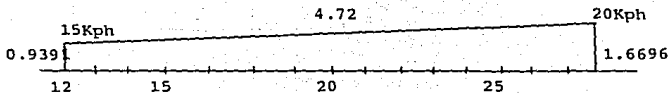


Fig. V.3.c

Sección para 25 Km/h

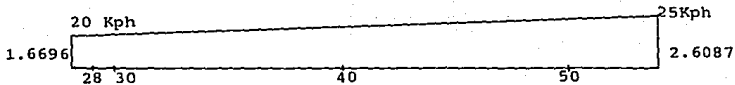


Fig. V.3.d

Sección para 30 Km/h

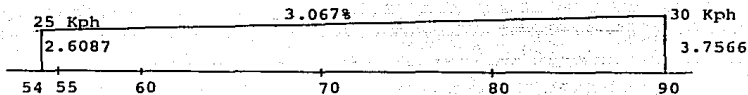


Fig. V.3.e

Sección para 35 Km/h

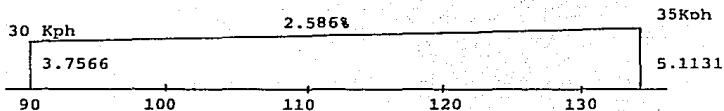


Fig. V.3.f

Sección para 40 Km/h

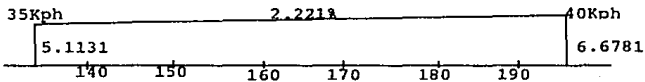


Fig. V.3.g

Sección para 45 Km/h

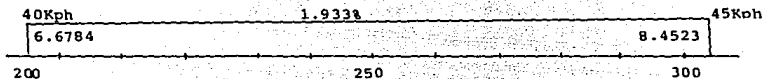


Fig. V.3.h

Sección para 50 Km/h

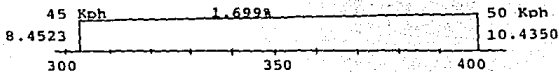


Fig. V.3.i

Sección para 55 Km/h

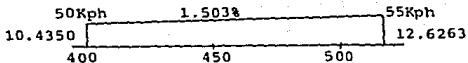


Fig. V.3.j

Sección para 60 Km/h

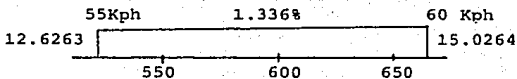


Fig. V.3.k

Sección para 65 Km/h

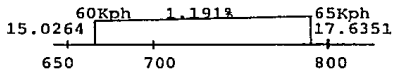


Fig. V.3.l

Sección para 70 Km/h

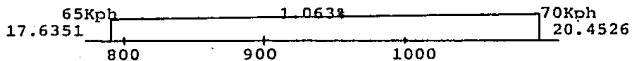


Fig. V.3.m

Perfil Virtual:

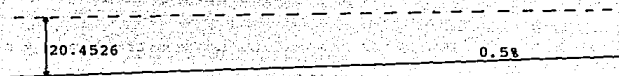


Fig. V.3.n

Cuando cesa la aceleración, el perfil virtual se hace horizontal, obviamente se va reduciendo la carga de velocidad, porque el terreno tiene pendiente negativa.

Tonelaje ecuacionado:

Es un artificio técnico, por el cual se puede compensar - la resistencias al rodamiento y por pendiente, de trenes compuestos de carros cargados o vacíos o de la combinación de ambos, cualquiera que sea el número y el peso de las unidades - de que se compongan.

Para obtener el tonelaje ecuacionado, se ideó el coeficiente de correlación "Factor carro". Este coeficiente es un tonelaje ficticio que agregado al tonelaje real del carro, determina el tonelaje ecuacionado del mismo.

El proceso se debe realizar es el siguiente:

1) Calcular la fuerza tractiva de la locomotora, aunque también puede consultarse en tablas, de acuerdo a:

$$F.T. = N \frac{273.6 \text{ HP}}{V}$$

2) Se calcula la fuerza disponible en la barra de tracción, restando a la F.T. del inciso anterior, las resistencias al desplazamiento en tangente y a nivel, por pendiente y por curvatura de la locomotora.

$$FT_{\text{barra}} = FT \cdot (\text{Suma de resistencias})$$

3) Se determinan las resistencias para carro lleno y carro vacío, R_C y R_V respectivamente.

4) Se calcula el tonelaje de carros cargados (T_C)

$$T_C = \frac{FT_{\text{barra}}}{R_C}$$

y el tonelaje de vacíos (T_V)

$$T_V = \frac{FT_{\text{barra}}}{R_V}$$

5) Número de carros llenos o cargados (N_C)

$$N_C = \frac{T_C}{P_C}$$

y el número de carros vacíos (N_V)

$$N_V = \frac{T_V}{P_V}$$

P_C y P_V = Peso de los carros cargados y vacíos.

Con lo anterior se puede resolver el caso del tren homogéneo, es decir, formado por carros llenos o por carros vacíos, para el caso del tren heterogéneo, formado por carros llenos y

carros vacíos, se procede como se muestra a continuación:

6) Cálculo del factor carro:

$$F = \frac{T_c - T_v}{N_v - N_c}$$

7) Se determina la ecuación de tonelaje:

$$TE = N_c F + T_c$$

$$TE = N_v F + T_v$$

Al darse el como dato un número de carros (llenos o vacíos) y requerir calcular el número de carros (vacíos o llenos), se está en condiciones de:

8) Cálculo de tonelaje parcial:

$$T_{pc} = N_{pc} \times P_c$$

$$T_{pv} = N_{pv} \times P_v$$

9) Estos valores se sustituyen en la ecuación que se presenta a continuación, despejándose el valor que se desee calcular:

$$T_{pc} + T_{pv} + (N_{pc} \times F) + (N_{pv} \times F) = TE$$

Lo anterior será más entendible mediante un ejemplo:

DATOS:

| Locomotora | Distrito | Carros |
|------------|---------------------|-----------|
| HP = 2500 | Pend. máx = 2% | Pc = 60 T |
| W = 100 T | Curv. máx = 4° | Pv = 28 T |
| | Vel. oper. = 70 kph | |

1) Fuerza tractiva:

$$FT = 8013 \text{ kg}$$

2) Fuerza disponible en la barra de tracción:

$$FT_{\text{barra}} = FT - \Sigma \text{resistencias}$$

2.a) Resistencia al desplazamiento en tangente y a nivel:

$$R_d = 437.9 \text{ Kg}$$

2.b) Resistencia por pendiente:

$$R_p = 1/100 \times 100,000 \times 2 = 2,000 \text{ Kg}$$

2.c) Resistencia por curvatura:

$$R_c = 0.5 \times 100 \times 4 = 200 \text{ Kg}$$

2.d) Suma de resistencias:

$$R = 437.9 + 2000 + 200 = 2637.9 \text{ Kg}$$

$$FT_{\text{barra}} = 8013 - 2637.9 = 5375.1 \text{ Kg}$$

3) Resistencia de los carros:

3.a.1) Al desplazamiento en tangente y a nivel

$$R_d = 3.168 \text{ Kg/Ton}$$

3.a.2) Por pendiente

$$R_p = 1/100 \times 1000 \times 2 = 20 \text{ Kg/Ton}$$

3.a.3) Por curvatura

$$R_c = 0.5 \times 1 \times 4 = 2 \text{ Kg/Ton}$$

$$R_c = 3.168 + 20 + 2 = 25.168 \text{ Kg/Ton}$$

3.b.1) Al desplazamiento en tangente y a nivel

$$R_d = 4.919 \text{ Kg/Ton}$$

3.b.2) Por pendiente

$$R_p = 1/100 \times 1000 \times 2 = 20 \text{ Kg/Ton}$$

3.b.3) Por curvatura

$$R_c = 0.5 \times 1 \times 4 = 2 \text{ Kg/Ton}$$

$$R_v = 4.919 + 20 + 2 = 26.919 \text{ Kg/Ton}$$

4) Tonelajes

4.a) De carros cargados

$$T_C = \frac{FT_{\text{barra}}}{R_C} = \frac{5375.1}{25.168} = 213.57 \text{ Ton.}$$

4.b) De carros vacíos

$$T_V = \frac{FT_{\text{barra}}}{R_V} = \frac{5373.1}{26.919} = 199.67 \text{ Ton.}$$

5) Número de carros:

5.a) Número de carros cargados.

$$N_C = \frac{T_C}{P_C} = \frac{213.57}{60} = 3.55 \approx 4$$

5.b) Número de carros vacíos.

$$N_V = \frac{T_V}{P_V} = \frac{199.67}{28} = 7.13 \approx 7 \text{ carros}$$

6) Factor Carro:

$$F = \frac{T_C - T_V}{N_C - N_V} = \frac{213.57 - 199.67}{7.13 - 3.55} = \frac{13.9}{3.58} = 3.8826$$

7) Tonelaje ecuacionado:

$$TE = N_C F + T_C = 3.55 \times 3.8826 + 213.57 = 227.35$$

$$TE = N_V F + T_V = 7.13 \times 3.8826 + 199.67 = 227.35$$

Si se fueran a llevar dos carros cargados, ¿Cuántos vacíos se podrían llevar?

8) Sustituyendo estos valores en la ecuación:

$$T_{pc} = N_{pc} \times P_c = 2 \times 60 = 120$$

$$T_{pv} = N_{pv} \times P_v = 28 N_{pv}$$

$$N_{pc} \times F = 2 \times 3.8826 = 7.76$$

$$N_{pv} \times F = 3.8826 N_{pv}$$

9) Sustituyendo estos valores en la ecuación:

$$T_{pc} + T_{pv} + (N_{pc} \times F) + (N_{pv} \times F) = TE$$

$$120 + 28 N_{pv} + 7.76 + 3.8826 N_{pv} = 227.76$$

$$31.88 N_{pv} = 227.35 - 127.76$$

$$N_{pv} = \frac{99.59}{31.88} = 3.12 \approx 3 \text{ carros vacíos}$$

Resumiendo:

Tonelaje ecuacionado.- Es una base nominal técnica que tiene por objeto compensar uniformemente el factor "resistencia" - por pendientes o fricción para los trenes compuestos de carros cargados y vacíos, o de cargados y vacíos al mismo tiempo, cualquiera que sea el número de unidades de que se compongan.

C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO V)

- 1.- Describa brevemente los diferentes tipos de locomotoras:
- 2.- Mencione las resistencias que obran en los trenes:
- 3.- Defina los conceptos de cargas de velocidad:
- 4.- Defina el concepto de Perfil Virtual:
- 5.- Resuelva el problema citado con los siguientes datos:

| Locomotora | Distrito | Carros |
|-------------|---------------------|----------------|
| HP = 2100 | Pend. máx. = 0.5% | $P_C = 60$ Ton |
| W = 120 Ton | Curv. máx. = 130' | $P_V = 28$ Ton |
| | Vel. oper. = 30 Kph | |

C
A
P
I
T
U
L
O
VI

C A P I T U L O V I

ESTACIONES , PATIOS Y TERMINALES

VI.1 Estaciones

De acuerdo con el reglamento de transportes de los ferrocarriles que operan actualmente en la República Mexicana, una estación es un lugar designado en el horario con determinado nombre y kilómetro, en dicho lugar el ferrocarril proporciona servicio de carga y pasaje.

a) Estación de pasajeros:

Para proyectar una estación ferroviaria de pasajeros es necesario analizar cual es la función de la misma, y planear, - cuantificar y solucionar en forma adecuada el problema que se - nos presenta. Con el objeto de analizar el funcionamiento de una estación de pasajeros, vamos a dividir en dos aspectos principales los movimientos que en ella se efectúan:

- a.1) Movimiento de personas
- a.2) Movimiento de trenes

a.1) Movimiento de personas.- La estación de pasajeros en este caso, es un conjunto de instalaciones que se construyen para proporcionar una forma adecuada al pasajero para salir de una -

ciudad, llegar a ella o pasar por la misma.

Ahora bien de lo indicado en el párrafo anterior se deduce que el usuario utiliza el edificio de la estación de pasajeros en forma momentánea o por un lapso de tiempo relativamente corto, ya que para salir de la ciudad tiene que llegar al edificio de la estación y realizar una serie de movimientos dentro de ella ajustados a una secuencia determinada, terminando éstos en el momento que el pasajero aborda el tren que lo llevará a su destino. Cuando el pasajero llega a una estación, utiliza el edificio de la estación, desde el momento en que desciende del tren en que realizó su viaje, hasta que abandona la estación, para dirigirse a su destino final dentro de la ciudad, ya sea usando medios propios de transporte o servicios urbanos establecido. Finalmente cuando un pasajero pasa por el edificio de la estación haciendo conexión y transbordo del tren en que inicialmente viajaba para abordar el tren que lo llevará a su destino, el pasajero permanece en la estación el tiempo que transcurre desde su llegada hasta el momento que aborda su nuevo tren, por lo tanto hay que tomar en consideración que es necesario proporcionar a este tipo de pasaje los servicios adecuados durante su estancia en el edificio de la estación, esto es válido cuando la estancia del pasajero es relativamente corta, pues en caso de que la conexión entre los trenes se haga de un día para otro, el pasajero permanece en la ciudad o en el hotel para poder estar cerca de la estación, procediendo primeramente en la forma en que lo hace el usuario que llega a su destino final, y después como procede quien sale de la ciudad.

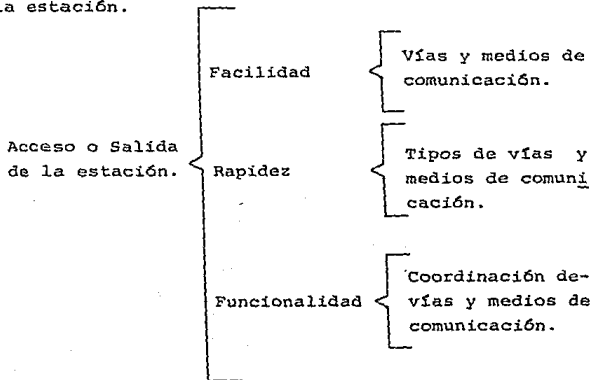
Lo anterior expuesto hace resaltar en forma definitiva la importancia que presenta para proporcionar un buen servicio, la adecuada localización de la estación de pasajeros respecto a la ciudad. En términos generales podemos asegurar que la localización de la estación de pasajeros es tanto más conveniente, -

conforme se acerque al centro de la ciudad. El acceso y salida del edificio de la estación debe ser fácil, rápido y funcional.

La facilidad para llegar o salir del edificio de la estación, se logra a través de vías y medios de comunicación disponibles o susceptibles de establecer.

La rapidez depende tanto del tipo de vías como de los medios de comunicación que proporciona o pueden proporcionar en un futuro servicio a la estación.

La funcionalidad es producto de la organización y coordinación de los diferentes medios de comunicación que den servicio a la estación.



Las vías que comunican al edificio de la estación con la ciudad y suburbios de la misma generalmente son terrestres y pueden clasificarse en tres clases: Subterráneas, a nivel, elevadas o aéreas. En el caso específico de estaciones marítimas, la comunicación con la estación es mixta, ya que se llega y sale de ella por vías terrestres y marítimas.

En las principales capitales del mundo, en que el transporte masivo de personas dentro del área urbana lo han resuelto a base de trenes subterráneos o elevados, uno de los principales medios de comunicación con la estación de pasajeros ferroviaria es precisamente este tipo de transportes. Es óbvio que en el proyecto de las instalaciones y áreas del edificio de la estación, destinado a la circulación y movimiento de pasajeros en el interior de la misma debe tomar como uno de los principales factores, precisamente la existencia y localización de la estación del tren subterráneo que proporcione servicio a la estación. Deberán proyectarse zonas de circulación adecuadas y definir el sentido de circulación en las mismas, tomando en consideración los movimientos que debe hacer un pasajero desde el momento que llega a la estación y toma su tren y viceversa.

En las capitales o ciudades menos populosas, los medios de transporte utilizados para llegar o salir de la estación de pasajeros son: autobuses urbanos, suburbanos o de línea, tranvía, trolebuses y automóviles como taxis o particulares.

Todos los medios de transporte deben ser complementarios - pues cada uno de ellos proporcionan un servicio específico, dependiendo del tipo y volumen de pasajeros o de carga por mover, así como las velocidades, distancias y tarifas correspondientes. Por lo tanto debe preverse que en algunos casos la estación ferroviaria de pasajeros y la de autobuses formen una sola unidad.

Con lo antes expuesto, resalta la necesidad de contar con instalaciones anexas que permitan un funcionamiento adecuado a los diferentes medios de comunicación que dan servicio a una estación ferroviaria de pasajeros. Entre las principales instalaciones y servicios para lograr tal fin podemos indicar las siguientes: Estacionamiento para automóviles, sitios de taxis, lugares de parada adecuados para autobuses, trolebuses, etc; incluyendo zonas de circulación suficientes y funcionales para-

dichos vehículos.

a.2) Movimiento de trenes.-Existen dos métodos principales para llevar a cabo el movimiento de trenes:

a.2.1) Correr trenes espaciándolos por tiempo.

a.2.2) Correr trenes espaciándolos por distancia.

a.2.1) Correr trenes espaciándolos por tiempo, consiste en que dos trenes sucesivos que se desplazan en la misma dirección conservan un intervalo de tiempo determinado, en México por ejemplo dicho plazo es de 10 minutos, al pasar sobre un mismo punto y cuando se trata de dos trenes que se desplazan en sentido contrario (válido al mover los trenes sobre vía única), uno de ellos el de menor derecho, deja la vía troncal expédita metiéndose a un lado de encuentros o quedándose en un patio cuando menos 10 minutos antes de que pase por dicho lugar el tren de mayor derecho.

a.2.2) El despacho de trenes por distancia, consiste en dos trenes que se muevan en el mismo sentido y por una misma vía, deben conservar en su recorrido una distancia mínima determinada de antemano. Dicha distancia se determina tomando en consideración el número de trenes que se desplazan diariamente por cada distrito de operación, así como la velocidad asignadas a los mismos, trazo de la línea, etc. La distancia que deben guardar dos trenes consecutivos se garantiza por medio de una señalización adecuada y el establecimiento de block, ya sea telefónico, manual o automático, el cual impide que dos trenes ocupen simultáneamente un mismo tramo de vía. Cuando los trenes corren en sentido contrario por una misma vía uno de ellos deja la vía expédita dejando el paso libre al otro de acuerdo con las indicaciones dadas por las señales. Cuando un tren rápido va a rebasar a un tren lento al moverse sobre la misma vía y dirección, se procede en la misma forma

que se indicó.

b) Estación de Carga:

Al igual que las terminales de viajeros, la definición de una terminal de carga más correcta en la época actual es aquella que hace equivaler la Terminal a un sistema dinámico compuesta de infraestructura, e instalaciones, mediante el cual el ferrocarril puede realizar el tráfico de trenes, el transbordo de mercancías, desde vagones específicos a los complementarios de dispersión y concentración, y la transferencia directa de aquéllos, del vagón al cliente y viceversa. El objetivo básico tradicional, de estas terminales ha sido el transbordo de mercancías, el cual subsiste todavía sometido a las circunstancias sociopolíticas y económicas de la demanda externa. Para atender a este imperativo de la demanda y como segundo objetivo de las terminales, el ferrocarril ha establecido modernamente dos canales distintos de actuación: Las derivaciones particulares y el servicio intermodal.

Las derivaciones particulares consisten en las penetraciones de la vía férrea dentro del recinto o dominio geográfico-territorial del cliente o usuario de la Administración, recibiendo y expidiendo por consiguiente, la mercancía en su propio domicilio. Es evidente que esta fórmula tiene un campo de actuación limitada geográficamente, puesto que sólo puede aplicarse a las empresas, fábricas, centros de producción que estén implantadas en las proximidades de las líneas férreas.

En el servicio intermodal en el sistema de transporte en contenedores, cajas móviles, semirremolques, etc.

Una terminal de carga tiene como misiones básicas las siguientes:

- 1) Realización del plan técnico de transporte de trenes de mercancías en su campo específico de recepción, - expedición, formación y clasificación del material - remolcado.
- 2) Realización del transbordo de las mercancías desde - los vagones a los medios complementarios.

Localización y características de las estaciones:

Al planear nuevos sistemas deben considerarse varios factores para decidir la localización de estaciones. Estos son:

-Reestricciones físicas.-Espacio disponible para la estación, para estacionamiento, circulación de automóviles y autobuses.

-Accesibilidad.-Localización conveniente con red de avenidas y arterias y rutas alimentadoras de autobuses.

-Potencial de servicio.-Número de personas, amas de casa, - estudiantes y los tipos de empleados localizados dentro de los 200m, 500m y 1000m de cada estación. La mayor parte de la gente que vive o trabaja dentro de los 1000m más cercanos a esa estación caminará hasta ella. En las afueras, en las áreas de baja densidad, los automóviles y las líneas alimentadoras de autobuses expandirán el área de servicio de una estación.

-Efectos en el vecindario.-Congestionamiento localizado de tránsito, reforzamiento de los centros y límites comunitarios - y adaptación a los planes locales de desarrollo.

-Viajes proyectados.-Número de viajeros que entran o salen de cada estación, proyectado para 25 años.

A partir de lo anterior será posible determinar tentativamente la localización de cada estación para atraer el máximo número de viajeros y ofrecer el mejor servicio.

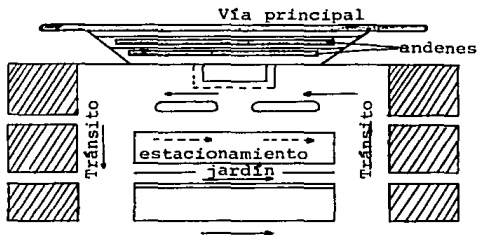


Fig. VI.1.a. Esquema de "estación de paso" para trenes de pasajeros.

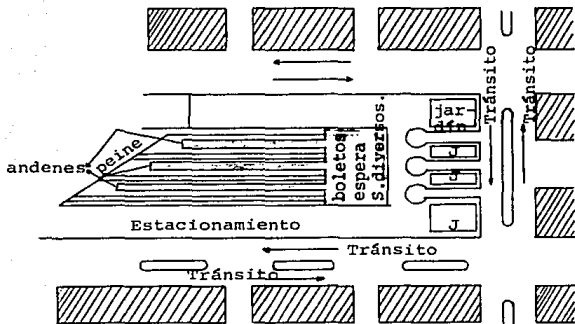


Fig. VI.1.b. Esquema de estación de pasajeros de "cabecera" o de "cola"

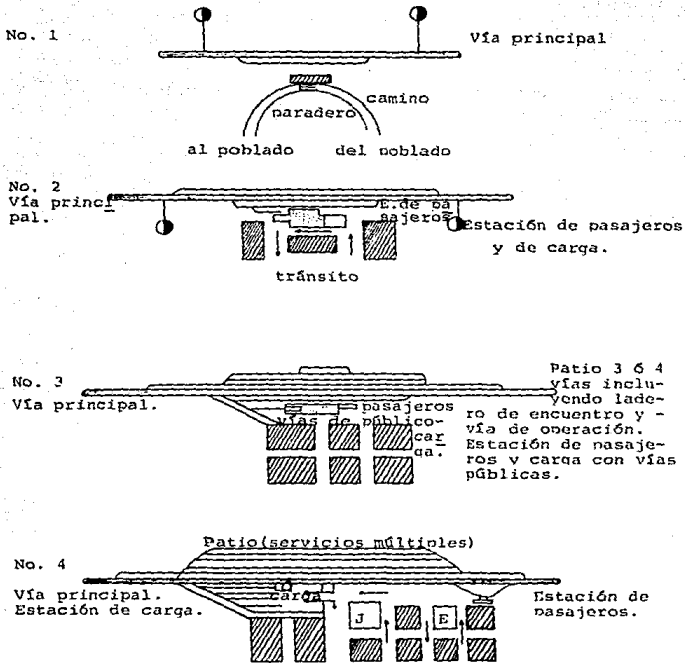


Fig. VI.1.c. Croquis básico de diferentes estaciones desde una de pasajeros hasta una de carga y pasajeros.

VI.2 Patios

Es un sistema de vías dentro de límites definidos, destinado a la formación de trenes, almacenamiento de carros u otros fines sobre los cuales pueden efectuarse movimientos no autorizados por el horario ni por órdenes de tren, pero sujetos a las señales y reglas prescritas o instrucciones especiales.

Los patios de ferrocarril independientemente del tamaño, comprenden básicamente seis grupos de vías destinadas a diferentes usos, los cuales se definen como sigue:

1)Patio de sección o de recibo:

Este grupo de vías está destinado a dar entrada a los trenes procedentes de las distintas rutas, operando generalmente como vías de llegada. Así mismo debe realizarse la inspección de todos los carros, con el objeto de que sean detectados y señalados los que se encuentran en mal estado, de donde posteriormente son enviados para su reparación.

2)Patio de clasificación:

Comprende varias vías, conectadas en forma de peine o peines, a una o varias vías de trabajo, las cuales se destinan a la formación de grupos de carros (lotes), con destino a la industria local y otras terminales o subterminales, en donde según sea el caso se reclasificarán en base a su destino final. En este patio deben destinarse las vías suficientes para la formación de lotes de reclasificación local, es decir, para agrupamiento al detalle de los diferentes carros, de acuerdo con las vías de reparto industrial que se tenga, y también para cada una de las rutas a servir por los trenes locales.

3)Patio de despacho:

Este patio comprende el grupo de vías cuya función principal consiste en estacionar los trenes de salida, dicho de otra forma, en estas vías es donde se agrega a la formación de carros correspondientes, la fuerza tractiva o locomotoras necesarias y el cabús. En estas vías también se revisa la conformación y condiciones del tren en forma rápida por las tripulaciones, ya que de otra manera el número de vías requerido puede llegar a ser considerablemente mayor que el necesario, estas vías de salida pueden agruparse en varias secciones, dependiendo del tamaño de la terminal y de la disposición de las diferentes rutas que convergen al lugar.

4)Patio de reclasificación:

Comprende las vías necesarias conectadas en forma de peine o peines a vías de trabajo, destinadas a la reclasificación u ordenamiento sucesivo de los carros destinados a zonas industriales o rutas de trenes; también en estas vías se separan los grupos de carros que deben ser estacionados para su carga o descarga en vías del público.

5)Patio de estacionamiento:

Comprende uno o varios grupos de vías, destinados a estacionar carros (cargados o vacíos), locomotoras y cabuses por tiempos prolongados para su reparación menos, carga o descarga, aprovechamiento, etc. Estas secciones comprenden las vías del público, los cabuses y las de talleres de mantenimiento.

6)Pacios Industriales o de Transfers:

Comprende uno o varios grupos de vías destinadas a estacionar y despachar los carros clasificados o reclasificados a la --

industria local; desde este grupo de vías se alimenta a las industrias con los carros que requieran, los cuales regresarán cargados o vacíos. En esta instalación se deberá prever un adecuado número de vías para el estacionamiento de carros que momentáneamente no pueden ser recibidos por la industria, debido principalmente a sus horarios de trabajo.

Cabe mencionar, que adicionalmente, todos los patios o secciones de vías se encuentran debidamente conectadas por vías de operación y de circulación, con acceso a todas las áreas en forma conveniente, las cuales nunca deberán ser ocupadas con equipo estacionado, ni transitorio, ni permanente; y únicamente servirán para el traslado de una sección a otra o para el acceso a las vías de trabajo correspondiente.

VI.2.1 Principios básicos para el diseño geométrico y dinámico de los patios de clasificación.

En principio todo empalme y terminal importante debería proyectarse evolutivamente hacia la creación y desarrollo de un patio de gravedad haciendo factible su instalación futura, lo cual establece condiciones previas a su localización.

a) Localización de patios:

De ser posible debe alojarse el patio donde esté alguna loma u ondulación natural 5 ó 6 metros más alta que los terrenos planos colindantes para construir la joroba necesaria para impulsar los carros hacia las vías de clasificación dado que de no existir esas condiciones topográficas naturales, entonces precisaremos construir y compactar las terracerías de una loma de 5 metros de altura cuyo volumen es considerable y cuyo peso puede exceder la capacidad de soporte del suelo natural.

b) Trazo de patios:

Se ha comprobado que el trazo elemental consiste en una comunicación directa desde la línea principal a la de recepción, de aquí a los apartaderos de clasificación; de éstos a los de salida y de los patios de salida a la línea principal. Ahora bien esta disposición comprende patios separados para las líneas ascendente y descendente, y hay muchos casos en que el tráfico no justifica la existencia de los patios, o no se dispone de terreno suficiente para esta disposición y por tanto, un sólo patio ha de servir para ambas líneas.

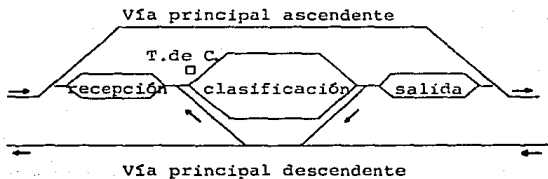


Fig. VI.2.1.a Disposición elemental para patios de clasificación en líneas principales y de doble circulación.

Es fácil apreciar que los trenes deben tener acceso a los apartaderos de llegada desde ambos extremos, y del mismo modo a de poder partir de los apartaderos de salida por ambos extremos, si se quiere evitar complicados movimientos de inversión. También deben preverse las facilidades necesarias para que las máquinas de los trenes de la línea de recepción pasen a la de los apartaderos de salida, y para la circulación de los furgones.

A veces no se dispone de apartaderos de salida adecuados, ni siquiera cuando existe un sólo patio para el tráfico ascendente y descendente, entonces surge un nuevo compromiso: Utilizar un grupo o grupos de apartaderos de clasificación para el tráfico de un sólo sentido haciendo una salida para éstos en el extremo de la joroba que da a la línea del otro sentido.

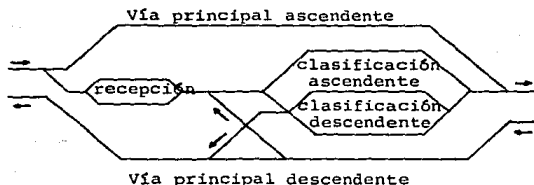


Fig.VI.2.1.b Disposición elemental para patios de clasificación sin apartaderos de salida.

También puede haber dificultad en el emplazamiento de los apartaderos de recepción, por la limitación de espacio en el acercamiento directo de la joroba, hasta el punto de tener que situar las líneas de recepción al lado de los apartaderos de clasificación, con un sólo extremo de maniobras sobre la joroba.

A partir del freno primario se localizan 3 ó 4 peines en cada rama, para formar 6 a 8 vías secundarias, donde se instalan en cada una, los retardadores de grupo distantes unos 200m desde la cima de la joroba. La pendiente del segundo tramo citado se reduce a un 2% y finalmente se llega al gran patio o playa de clasificación, donde cada vía secundaria se divide en 5 ó 6

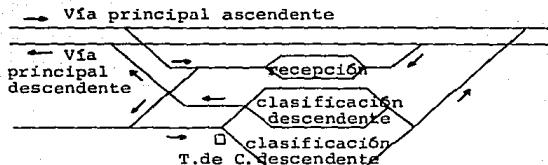


Fig. VI.2.1.c Patio de clasificación sin vías de salida, con apartaderos laterales de recepción y desviación en un sólo extremo.

vías de clasificación, obteniéndose un total entre 30 y 48 vías para el patio del llano (Ver Fig. VI.2.1.d)

c) Especificaciones generales:

Cada patio es un problema especial donde el número de carros por tren define las dimensiones del patio de clasificación y donde es preciso conocer los tipos de retardadores y el número de sapos.

d) Operación dinámica:

La máquina de patio se concreta a extraer del patio de recepción carros con igual destino y subirlos hasta la cima de la joroba, donde los impulsarán hacia las vías de clasificación con velocidad teórica óptima de 10 Kph cifra que se considera como la carga de velocidad inicial de patio.

Los carros en un elevado porcentaje cruzarán la joroba con esa velocidad inicial teórica, aún cuando resulta evidente que

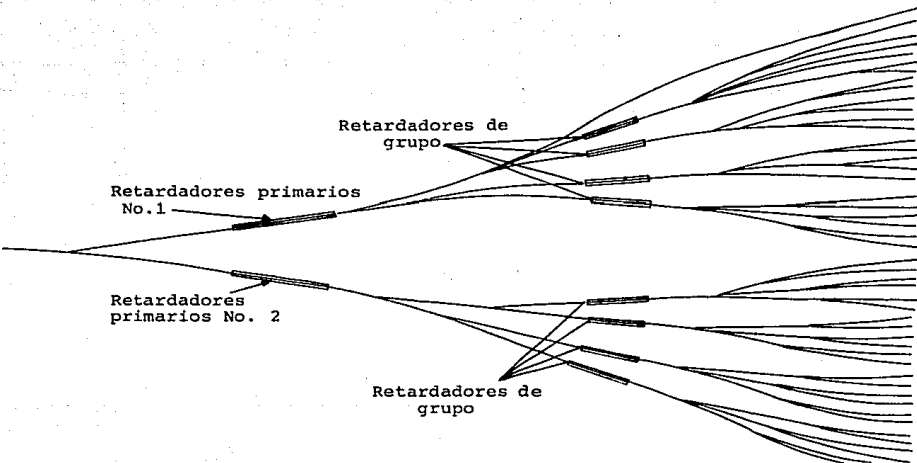


Fig.VI.2.1.d Patio de 48 apartaderos.

no todos ellos cumplirán el requisito existiendo unos lentos y otros rápidos.

Una equivocación cuantiosa de velocidad en exceso provoca que el carro lanzado desde la cumbre de la joroba, choque contra otros carros estacionados o alcance a los que están en tránsito, un carro lento obliga a las máquinas de patio a penetrar a la zona de clasificación y empujarlo hasta reunirlo con sus carros compañeros del nuevo destino, ambas situaciones, creadas por el 5 ó 15% de carros malos, ha dado origen desde 1930 al uso de frenos retardadores, que controlan la velocidad de los carros lanzados desde la joroba con excesiva fuerza, mediante un apretón mecánico de las cejas de las ruedas, calculando en función de la velocidad y características de cada carro y la distancia por recorrer hasta su paradero de clasificación.

En los patios por gravedad operados manualmente, ya casi fuera de uso, un garrotero sube a cada vagón y controla su velocidad de entrada a la vía por medio de un palo que se inserta en la rueda del freno de mano. La tasa de clasificación o paso por la joroba en esa clase de patios ha sido de 60 a 120 vagones por hora.

Los patios semiautomáticos tienen unidades retardadoras colocadas en los puntos de acceso a un grupo de vías. Los retardadores controlan la velocidad del vagón ésto se hace haciendo presión con zapatas de freno, que se aplican por medios eléctricos o electroneumáticos, contra cada cara de la rueda, a medida que el vagón pasa por el dispositivo. Los operadores situados en torres, mediante botones controlan la presión de frenado -- que es necesario aplicar y la velocidad. En esta clase de patios las tasas de clasificación varían entre 100 y 180 vagones por hora.

En los patios totalmente automáticos se emplean dispositi-

vos electrónicos y de radar para estimar el peso y la velocidad de cada vagón, aplicándose automáticamente la disminución adecuada de la velocidad. La computadora electrónica a la cual se encomienda el control, toma en cuenta la temperatura, los efectos del viento, la resistencia al rodamiento y mediante una medición adicional, calcula la distancia que ha de recorrer el vagón para enganchar, con lo que se encuentra ya una determinada vía. La velocidad a la cual no causa daño al vagón ni a su contenido es aproximadamente 6.5 Kph. Todo lo que tiene que hacer el operador es oprimir un botón para indicar la vía que le corresponde a cada vagón. A partir de esto las agujas se cambian y el control se ejerce electrónicamente. Se pueden obtener tasas de clasificación de 200 a 300 por hora cuando no hay demora por causas externas. Hay que mencionar que existe ya el procedimiento técnico para operar a control la locomotora que empuja los motores hasta la joroba y desengancharlos. De manera que el elemento humano se puede eliminar del todo en esta fase de la operación.

Una parte esencial del patio es un sistema completo de comunicación. En la actualidad se emplean el teléfono, el autoparlante, los sistemas de dos direcciones, la radio, el teléfono de inducción, el teletipo, la televisión y el tubo neumático.

e) Diseño geométrico:

La planta más popular consiste en situar la torre de control próxima a la cima de la joroba que eleva su nivel de 5 a 7 metros sobre los patios de clasificación y ese desnivel permite pasar una vía de salida con paso a desnivel bajo la vía única de la cima de la joroba.

La vía de la cima se bifurca en dos ramales donde se instalan un retardador primario para cada una, de tal modo que se tenga un recorrido de 100 m aproximadamente desde la cima hasta

el freno primario; la pendiente de este sector es la máxima y varía entre 3.0% y 2.5% con lo cual se vence aproximadamente la mitad de la altura total de la joroba.

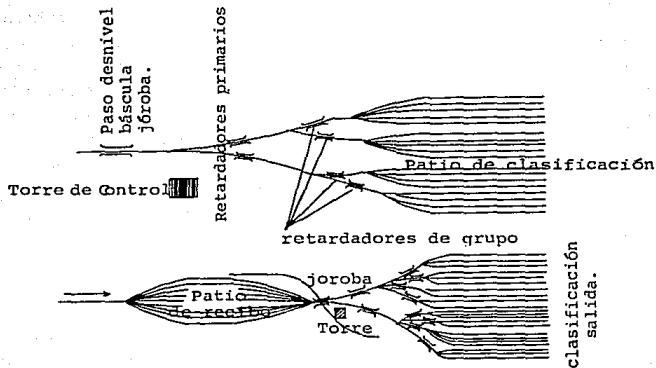


Fig. VI.2.1.e Esquema de la operación dinámica de los Patios de clasificación.

VI.3 Terminales

Una terminal ferroviaria es un conjunto de instalaciones - localizadas generalmente en puntos nodales de la red férrea a efecto de facilitar el intercambio de trenes de y hacia las diferentes líneas o rutas que se desprenden del nodo, cuyas principales operaciones son:

- 1.-Recibir los trenes y clasificar los carros, separando éstos según su destino.
- 2.-Formar y despachar los grupos de carros destinados a las vías particulares.
- 3.-Recibir y clasificar los grupos de carros procedentes de las vías particulares, separándolos según su destino.
- 4.-Formar y despachar trenes para su salida de acuerdo a los itinerarios y rutas establecidas.

Para llevar acabo estas operaciones cuenta con las siguientes instalaciones:

- 1.-Estación de pasajeros.
- 2.-Estación de carga (vías del público)
- 3.-Patio de recibo
- 4.-Patio de clasificación
- 5.-Patio de despacho
- 6.-Patio de estacionamiento
- 7.-Talleres de mantenimiento y reparación de equipo
- 8.-Patio de servicio para contenedores y remolques, sobre plataformas (piggy-back)
- 9.-Instalaciones administrativas
- 10.-Servicios colaterales

Es precisamente en las terminales ferroviarias de carga - donde se producen las mayores concentraciones de carros, debido principalmente a su largo ciclo de carga dura, ocasionado porque emplean de un 80 a 90% de su tiempo útil dentro de las terminales, sometidos a las principales operaciones que dentro de ellas se realizan.

El tráfico que manejan las principales terminales ferroviarias hoy en día, es de tal magnitud que se provoca la constante saturación y bloqueo de sus instalaciones. Así cada día que se pierde innecesariamente en ellas, representa para los ferrocarriles una pérdida considerable por concepto de renta y falta de aprovechamiento del equipo, y para los usuarios, - a su vez, una pérdida por la paralización de sus existencias.

Dichas pérdidas alcanzan proporciones tales que fácilmente pueden justificarse importantes inversiones, ya sea encaminadas a la modificación o ampliación de las instalaciones actuales, o a la construcción de la misma de otras modernas, - adecuadas a las demandas de tráfico que se darán en corto, mediano y largo plazo.

VI.3.1 Talleres e Instalaciones Administrativas

Es necesario que las locomotoras tengan adecuadas instalaciones para su reparación, mantenimiento e inspección de locomotoras diesel de patio y camino.

La tendencia en el planeado y diseño de talleres diesel - en muchos casos es efectuar el desarmado, reparaciones y mantenimiento en un sólo edificio. El edificio principal del taller está dividido generalmente en dos secciones: La sección de reparaciones pesadas en la cual se efectúan también el desmantelado y la sección de mantenimiento donde se efectúan inspecciones y algunos otros trabajos.

La sección de reparaciones pesadas generalmente tiene el piso a nivel de la superficie del hongo del riel y está provisto de una grúa viajera. La sección de mantenimiento tiene fosas, pisos a nivel inferior, plataformas elevadas y en algunos casos grúas viajeras de pequeña capacidad. En unión a estas dos principales secciones, el taller deberá contener locales o áreas para reparaciones finas a máquina, equipo eléctrico, ruedas, desmantelado de motor, reparaciones al generador de vapor, corte de láminas, frenos de aire, un área para reparación de trucks, cuarto para limpieza de filtros y otras piezas pequeñas, cuarto de reacondicionamiento de piezas chicas, talleres de reparación de baterías y plomería, almacenamiento de aceite lubricante, almacén, cuarto herramienta, oficina, vestidor, comedor, WC., y lavabos.

a) Taller eléctrico:

Se emplean para la reparación de desmantelados del equipo eléctrico así como para el mantenimiento de las instalaciones de fuerza, luz, calefacción y ventilación, protección contra incendio, equipo de grúa y gastos de maniobra.

b) Taller de desmantelado de motores:

Este taller se emplea principalmente para desmantelar y armar motores, cuyas operaciones se efectúan más satisfactoriamente en un área separada del taller principal y provista de grúa viajera.

Dado que el trabajo sobre el motor requiere el manejo de partes pesadas, es necesario contar con un equipo elevador de capacidad adecuada.

c) Taller de reacondicionamiento de partes pequeñas:

Se debe prever un espacio para el reacondicionamiento de partes pequeñas, de tamaño adecuado.

d) Local para limpieza de filtros y otras piezas:

Es necesario que este local se encuentre aislado de otras áreas de trabajo porque el vapor y suciedad es perjudicial a la máquina fina empleada en otros talleres.

Se deberán colocar mamparas sobre los tanques de limpieza. Se instalará en este local una pequeña grúa viajera para el manejo de los filtros y otras piezas.

e) Almacén:

Es necesario contar con un almacén de partes diesel el cual formará parte integral del taller. Deberá estar bien alumbrado, ventilado, limpio y con clima artificial y localizado a nivel de las plataformas elevadas para mejor comodidad en el trabajo durante el reemplazo de piezas.

f) Oficina

La oficina de supervisión estará localizada adyacente al taller principal para obtener una mayor eficiencia en las labores de supervisión y control en los servicios de mantenimiento, localizada de preferencia al nivel de las plataformas.

g) Vestidores y baño:

Se contará con vestidores, comedor y baños localizados tan accesibles como sea posible. Se deberán observar las disposiciones dictadas por los reglamentos sanitarios; sin embargo, se sugieren a continuación los requisitos mínimos necesarios.

1 W.C. por cada 20 empleados
1 Mingitorio por cada 40 empleados
1 lavabo por cada 10 empleados
1 regadera por cada 20 empleados
Bebederos necesarios

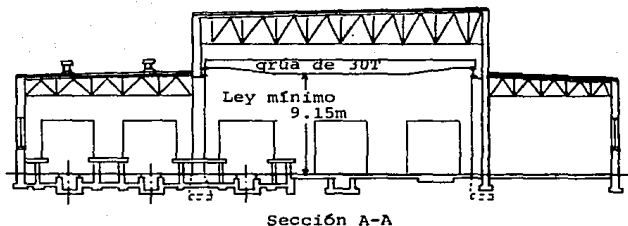


Fig.VI.3.1.a Corte transversal de un Taller de desmantelado de motores.

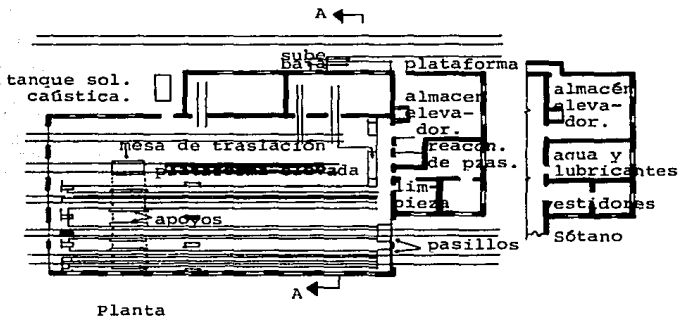


Fig. VI.3.1.b Taller típico de reparaciones pesadas e inspecciones de viaje para locomotoras Diesel-eléctricas.

Se instalarán en lugares convenientes del taller y áreas de trabajo.

h) Instalaciones de servicio y aprovisionamiento:

Estas instalaciones son: Alimentación de aceite lubricante para cambio rápido del mismo en los motores diesel. El sistema de alimentación de agua que algunas veces recibe un tratamiento especial para emplearla en el enfriamiento de los motores.

La instalación de aire comprimido, para limpieza, accionamiento de máquinas, herramientas, etc. Otras instalaciones de servicio comprenden: El acondicionamiento de aire (calefacción y ventilación), protección contra incendio y las instalaciones eléctricas de alumbrados interior, exterior y de vigilancia, y la instalación eléctrica de fuerza.

i) Taller para coches de pasajeros:

En estos talleres se deben tener en cuenta los siguientes puntos de vista:

- i.1) Se proveerán futuras ampliaciones
- i.2) La capacidad se determinará sobre la base del número de carros, a repararse.
- i.3) Todos los edificios serán a prueba de fuego.
- i.4) Las vías se espaciarán como mínimo 7.30 metros de las caras de las columnas.
- i.5) La altura mínima será de 6.70 m desde el suelo hasta la parte inferior de la grúa móvil.
- i.6) La longitud del taller de coches no será menor que la del coche más largo.
- i.7) Las puertas serán de 4.27 X 5.18 m
- i.8) Es conveniente el empleo de grúas viajeras, malacates y monorrieles.
- i.9) El diseño será tal que todas las operaciones se efectúen en la secuencia lógica tanto como sea posible.

- 1.10) Es esencial también un espacio amplio para almacenaje y acabado de carros.
- 1.11) Se tomarán medidas para combatir incendios.

j) Taller de reparación de carros:

La siguiente figura representa las dimensiones mínimas recomendables para talleres de carros de carga.

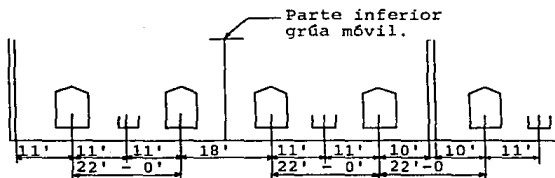


Fig Vi.3.1.c Taller de reparación de carros

- j.1) Los talleres estarán diseñados de modo de poder sacar los carros por ambos lados.
- j.2) Las vías en el taller serán de medidas estándar.
- j.3) El taller estará pavimentado
- j.4) En talleres sin grúa la altura mínima será de 6.10m
- j.5) Las puertas serán de 3.96m de ancho por 5.18m
- j.6) Los talleres serán amplios razonablemente
- j.7) Se proveerán medios para obtener con rapidez el manejo de materiales por medio de grúa, carros, motor, monorrieles, malacates, etc.
- j.8) Se recomienda una construcción a prueba de incendios.
- j.9) Se recomienda que la construcción de techo y paredes sea tal que ofrezcan la máxima intensidad de

alumbrado natural y ventilación.

1.10) Se recomienda una buena iluminación artificial.

Además de éstos talleres, son necesarios también los de - pinturas para coches y carros los cuales se localizan en lugares separados.

VI.3.2 Sistema CTC

El fin principal de la señalización es parar un tren a tiempo, antes de que alcance al que le precede o choque con otro que venga en sentido opuesto y evitar que cruce una zona de cambios y cruceros antes de que las agujas hayan sido acomodadas para su paso.

Los problemas de seguridad que se presentan pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- 1.- La seguridad en las estaciones y terminales.
- 2.-El espaciamiento entre trenes.
- 3.-La seguridad en la vía.
- 4.-La seguridad en paso a nivel.

En el origen del ferrocarril, por el año de 1830, la velocidad de los trenes era muy reducida, y el número de maniobras pequeño. Los cambios eran escasos y su maniobra se hacía a mano y en el lugar. Desde el momento en que la velocidad de los trenes aumentó (alrededor de 1840), apareció la necesidad de crear señales fijas para permitir a los maquinistas parar su tren con seguridad. Así aparecen diferentes señales como el disco rojo, señal de parada, etc; y la señal CTC.

La primera instalación CTC (Control de Tráfico Centralizado), fué puesta en servicio el 25 de Julio de 1927 en un tra-

mo de 64 km, del New York Central Sistem.

La sección de Señales A.A.R. (Asociación Americana de Ferrocarriles) define el sistema CTC como:

Término aplicado a un sistema de operación de ferrocarriles por medio del cual el movimiento de trenes sobre rutas en una determinada sección de vía o vías es directamente controlada sin el uso de órdenes ni superioridades de tren.

El sistema CTC está basado en un circuito eléctrico en que los rieles de una o varias vías se emplean como conductores. - Fué inventado en el año de 1872 por el Dr. William Robinson basado en la ley física que establece que la electricidad siempre toma el camino de menor resistencia eléctrica.

Los rieles de la vía se emplean como conductores eléctricos. En uno de sus extremos se intercala una pila eléctrica y en el otro un relé (relay) que recibe la corriente que le suministra la pila eléctrica o la batería a través de los rieles - que son los conductores, pero al pasar un tren cada par de ruedas y su eje, forman un puente metálico que unen un riel con otro. Este es un camino más fácil de recorrer para la corriente eléctrica funcionando como el devanado de la bobina del relé.

El relé al estar alimentado por la corriente opera ciertos circuitos y el carecer de alimentación, como sucede al pasar un tren, establece otro circuito, lo que hace aparecer las señales respectivas sin posibilidad de errores. Basta un riel roto para cortar el circuito y hacer aparecer la señal de "vía ocupada".

En el sistema CTC todo se reduce a electroimanes y conexiones eléctricas, no existen mecanismos de relojería y en el caso de que varios trenes a la vez, manden sus claves al mismo tiempo que el despachador, éstos se concentrarán en relés lla-

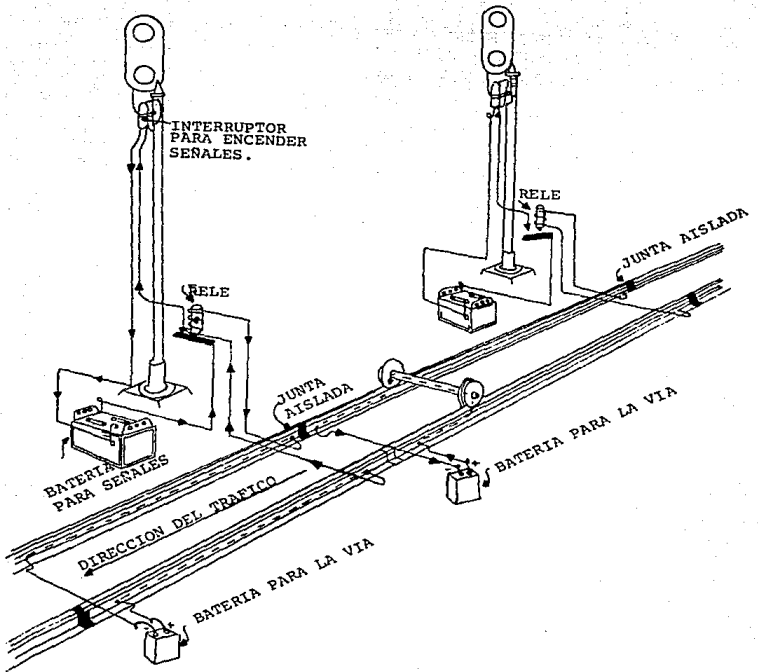


Fig. VI.3.2.a Diagrama del Funcionamiento de señales del sistema C.T.C.

mados de almacenamiento, encargados de retener cierta clave - mientras se efectúa la transmisión de otra u otras preferentes para transmitirse después de clave o claves que se habían re-
nido, lo cual se lleva acabo en unos cuantos segundos.

Definamos ahora algunos términos y tipos de señales emplea
dos en el sistema CTC:

1)Tramos:

Longitud de vía con límites definidos y cuyo uso es go
bernado por señales de tramo.

2)Sistema de tramos:

Serie de tramos consecutivos.

3)Sistema automático de tramos:

Serie de tramos consecutivos gobernados por señales de
tramo, los cuales son operados por un tren o máquina, o -
por cualquier otra condición que afecte el uso de un tramo.

4)Señal fija:

Señal de colocación fija, indicando una condición de -
que afecte el movimiento de un tren o máquina.

5)Señal de tramo permisiva:

Señal de un final, de colocación fija a la entrada de
un tramo, la cual sirve para gobernar los trenes que lo in
vaden.

6)Señal absoluta:

Señal de colocación fija que se usa en conexión con -
una o más señales, para gobernar la entrada a un lugar de-
terminado.

7)Señal enana:(absoluta)

Una señal fija que se encuentra colocada en un pequeño

pedestal y que sirve para gobernar el movimiento de los trenes o máquinas para salir del escape (o una vía auxiliar) a la vía principal.

8) Velocidad restringida:

Aquella velocidad que permite detenerse a corta distancia de otro tren, de una obstrucción o de un cambio que no esté propiamente alineado e ir pendiente de encontrar un riel dañado.

9) Velocidad de patio:

Velocidad que permite detenerse antes de la mitad de la distancia libre que se tenga a la vista, entre límites de patio.

Veamos ahora las indicaciones de las señales y su significado:

-Señal tipo absoluta de dos unidades:

| <u>Indicación</u> | <u>Significado</u> |
|-------------------|---|
| Verde sobre rojo | Proceder |
| Ambar sobre rojo | Proceder, preparado para detenerse en la próxima señal. |
| Rojo sobre ámba | Al escape o vía divergente. |
| Rojo sobre rojo | Parada absoluta. |

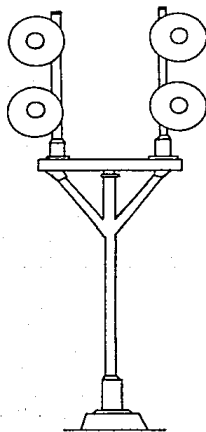
-Señal tipo absoluta (enana) de una unidad:

| <u>Indicación</u> | <u>Significado</u> |
|-------------------|---|
| Verde | Proceder |
| Ambar | Proceder, preparado para detenerse en la próxima señal. |
| Rojo | Parada absoluta. |

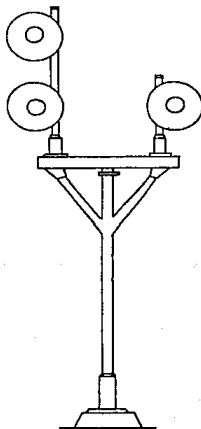
Señal tipo permisiva de una unidad (intermedia):

| <u>Indicación</u> | <u>Significado</u> |
|-------------------|---|
| Verde | Proceder |
| Ambar | Proceder, preparado para detenerse en la próxima señal. |
| Rojó | Parada, y proceder velocidad restringida. |

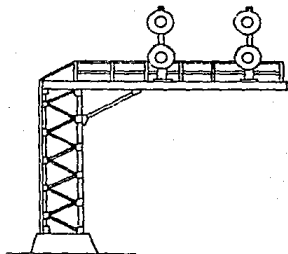
Una señal imperfectamente exhibida o apagada se considera como si ésta mostrara su indicación más restrictiva.



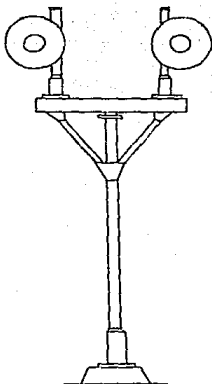
TIPO ABSOLUTA
Colocadas sobre la
Cruceta de un poste
alto.



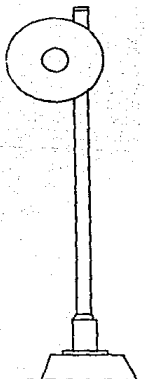
TIPO ABSOLUTA
Colocadas sobre la
cruceta de un poste
alto



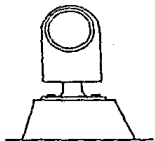
TIPO ABSOLUTA
Colocadas sobre
la ménsula de una
estructura metálica
(Cantiliver).



TIPO PERMISIVA (INTERMEDIA)
Colocadas sobre la cruceta
de un poste alto.



TIPO PERMISIVA



TIPO ABSOLUTA ENANA

Fig. VI.3.2.b Diferentes tipos
de señales C.T.C.

VI.3.3 Electrificación del Sistema

La tracción eléctrica nació como solución para resolver - las dificultades técnicas aisladas, que planteaban los medios de tracción, pero posteriormente los técnicos ferroviarios - percibieron que no sólo era un medio de solventar dificultades de tracción, sino también de hacer economías en la explotación, aún en las líneas de perfil favorable, a condición de que el tráfico sea suficiente para asegurar la rentabilidad - de las instalaciones.

El 31 de Mayo de 1879 se considera como la fecha de inicio de la tracción eléctrica. Siemens pone en funcionamiento en la exposición de Berlín una pequeña locomotora de 3 CV alimentada por tercer carril a 150 volts corriente continua (CC). Su velocidad máxima era de 12 Km/h y arrastraba 3 coches con un total de 18 viajeros; seguidamente se extiende a tranvías metropolitanos con tensiones hasta 800 V CC con hilo aéreo simple para alimentación y también tercer carril.

Posteriormente como consecuencia del nacimiento de la línea de transmisión trifásica, se aplicó en 1891 en Frankfurt-este sistema a la tracción de tranvías y se extendió a los ferrocarriles, principalmente en Italia, Suiza, Hungría y Alemania.

En la actualidad se están construyendo series de locomotoras con motores trifásicos asíncronos, los cuales ofrecen - grandes ventajas.

Con la aparición de la crisis del petróleo se ha optado - de una manera decidida por prestar la máxima atención a conseguir la mayor economía de energía, adoptando la solución de - electrificar los ferrocarriles.

1) Toma de energía:

La energía necesaria para el movimiento de los trenes es suministrada por las líneas de alta tensión, en puntos determinados situados a lo largo de la línea férrea.

En ellos es transformada y acondicionada convenientemente, para ser entregada, a su vez, a la línea eléctrica que facilitará la toma de energía que habrá de alimentar a los motores de tracción situados en cualquier punto de la misma. Las características de esta toma de energía, y la variabilidad de la posición y velocidad que experimenta el tren durante su circulación constituye el problema fundamental de la electrificación.

Su función es transportar la energía eléctrica desde la subestación hasta los motores de los vehículos para transformarla en energía mecánica.

Los sistemas de electrificación pueden resumirse en:

Línea aérea de contacto y Tercer carril.

La línea aérea de contacto está formada por una serie de hilos y cables que se reparten el cometido de la conducción eléctrica y la propia sustentación. De ella toma la corriente el vehículo motor por medio de un elemento llamado pantógrafo.

La aplicación de la toma de corriente por tercer carril se caracteriza por tomar la corriente eléctrica de un perfil metálico situado al lado de la vía y paralelo a ella. Dicho perfil que se encuentra con tensión eléctrica, se protege convenientemente para evitar accidentes.

La tracción eléctrica sin necesidad de línea se lleva a cabo instalando en las locomotoras acumuladores eléctricos de-

gran potencia en relación con su peso, capaces de generar energía autónoma en un cierto límite de recorrido y que todavía no ha sido puesto en el ámbito comercial.

2) Catenaria:

Con la palabra catenaria se expresa el conjunto de los elementos que constituyen la línea aérea que ha de mantener contacto con el pantógrafo, tanto de naturaleza mecánica como eléctrica.

Su función es suministrar la energía eléctrica necesaria a los vehículos motores para su accionamiento y a través del pantógrafo, a lo largo de toda la línea férrea.

3) Tercer carril:

Con la expresión tercer carril se indica el conjunto de elementos que constituyen la disposición de suministro de energía por tracción eléctrica por medio de un perfil metálico situado a lo largo de la vía y paralelo a ella, emplazado próximo al nivel del suelo o fijado a la bóveda del túnel.

La naturaleza de dicho perfil conductor puede ser de acero o aluminio y acero.

Las estaciones de cierta importancia exigen el establecimiento de un complejo sistema de terceros carriles próximos al suelo, con sus correspondientes interruptores y sus dispositivos adicionales, lo cual constituye peligro para las personas.

La variante de fijar el tercer carril a la bóveda del túnel recibe el nombre de "línea aérea rígida". Este sistema tiene las siguientes ventajas: Evita peligro al personal, en caso de descarrilamiento; no presenta el peligro de producirse corto circuito entre el tercer carril con tensión y el de circula---

ción a través de los vehículos.

4)Telemando:

Al crecer y desarrollarse el servicio ferroviario mediante la tracción eléctrica y aumentar, consiguientemente, la necesidad de fiabilidad en la automatización y racionalización de -- las subestaciones, se han incrementado las exigencias para el personal responsable de las mismas. Como consecuencia de esta -- situación surgió la necesidad de crear sistemas de información y mando eficaces y rápidos que posibiliten un control centrali-- zado y permitan tomar, en cualquier momento, las medidas oportunas, para realizar la operación correspondiente.

VI.4 Terminal del Valle de México

1)Características:

Se encuentra localizada entre los kilómetros 4 y 14 de -- las troncales "A" y "B" que conducen de la Ciudad de México a -- la de Cd. Juárez, Chihuahua y Nuevo Laredo, Tamaulipas respectivamente.

La Terminal Ferroviaria del Valle de México se inauguró en Junio de 1956 bajo el gobierno del Sr. Presidente Adolfo Ruíz-Cortines.

2)Instalaciones actuales:

Las principales instalaciones con que cuenta la Terminal -- la constituyen los patios de recibo, clasificación y despacho, contando también con instalaciones conexas tales como talleres para locomotoras, talleres para carros y coches, un torno de -- fosa y un centro de capacitación entre otros servicios.

A continuación se describen algunas características físicas de los patios:

a) Patio de recibo oriente: Compuesto de 5 vías con capacidad total para 350 carros de 18 m c/u.

b) Patio de recibo poniente: Compuesto de 5 vías con capacidad total para 350 carros de 18m c/u.

c) Patio de clasificación: Que cuenta con 48 vías en 6 grupos de 8 vías c/u con capacidad total para 1120 carros.

d) Patio de reclasificación; (Oriente): Cuenta con 9 vías con capacidad total para 193 carros.

e) Patio de reclasificación; (Poniente): Compuesto de 9 vías con capacidad total para 193 carros.

f) Patio de despacho (poniente): 14 vías con capacidad total de 407 carros.

g) Patio de despacho (Oriente): 14 vías con capacidad total de 407 carros.

Actualmente los patios de reclasificación se utilizan prácticamente como patios de despacho.

Para lograr una mejor operación de la Terminal, se construyeron dos patios auxiliares, uno en Lechería sobre la troncal "B" (México-Nuevo Laredo), a la altura de los kilómetros B-22 al B-24+500, que cuenta con dos vías con longitudes de 1997m, cada una, las que arrojan una capacidad total de 210 carros de carga con flete de y al sureste, con el fin de que se evitara el paso de estas unidades por los patios de la Terminal. Otro en Ferrería, al Poniente de la troncal "A" (México-Cd. Juárez) a la altura de los kilómetros A-7 al A-8+350, que cuenta con 5 vías -

con capacidad total de 364 unidades de carga para el flete de los trenes "Transfers".

3) Características generales de las instalaciones conexas:

3.a) Talleres para locomotoras:

Para la atención de las locomotoras Diesel-eléctricas se cuenta con dos instalaciones; una que es la casa de máquinas (Casa redonda) y otra el taller diesel.

La casa redonda cuenta con 34 vías, una mesa giratoria y talleres auxiliares; la capacidad de cada una de las vías es de una locomotora por vía a excepción de 4 de ellas que es de 2 por vía. Además dos vías tienen fosa a todo lo largo y las 32 restantes tienen plataforma para trabajar a nivel de piso de locomotora.

En estas instalaciones se atiende por lo general a locomotoras destinadas al servicio de flete tanto en inspecciones de viaje como mensuales.

Por lo que respecta al Taller Diesel, éste tiene 6 vías de 90 m de longitud cada una, con fosa a todo lo largo. Las vías 1 y 2 son utilizadas para hacer inspecciones mensuales y reparaciones semestrales; mientras que en las vías 5 y 6 se hacen reparaciones semestrales a locomotoras de patio.

En el interior de este taller se tiene una mesa de descenso para las reparaciones de trucks defectuosos.

3.b) Taller para carros y coches:

El taller de carros, cuenta con 3 vías, cuya capacidad es de 10 unidades en cada vía, así como de talleres auxiliares tales como: Herrería, carpintería, reparaciones ligeras y medianas a las unidades de carga, así como de conservación. Adjunto

al taller de carros se encuentra el taller de ruedas y ejes y el Spot System. En el primero se tornean las ruedas y ejes en mal estado y en el Spot System, por medio de gatos eléctricos se reponen mancuernas defectuosas a los carros vacíos o cargados.

Se cuenta también con un taller para el mantenimiento y reparación del equipo de pasajeros, que está dotado de 4 vías para 16 unidades y en galeras laterales quedan instalados los talleres auxiliares.

3.c) Torno de Fosa:

En el área de talleres para la conservación y reparación de locomotoras, se encuentra instalado un torno de fosa, cuya función principal es la de tornear ruedas en mal estado, ya sean de locomotoras, coches o de carros sin que sea necesario desmontarlas de estas unidades.

3.d) Centro de capacitación:

Su función principal es el de preparar mecánicos electricistas y airistas de locomotoras diésel-eléctricas. Los trabajadores por medio de cursos obtienen una experiencia muy amplia en la búsqueda de fallas eléctricas y mecánicas al colaborar junto con su instructor en prácticas de taller sobre las mismas locomotoras que se revisan en esta Terminal, lo que complementa su aprendizaje teórico. También se imparten cursos al personal de transportes, vía, telecomunicaciones y señales.

4) Descripción general de su Operación:

4.a) Patio de recibo:

En este patio se reciben trenes y transfers de las divisiones México, Querétaro, Puebla, Pacífico y Mexicano, además del flete que producen 14 zonas industriales de la periferia de

la Terminal; está dividida en dos secciones denominadas Oriente y Poniente, cada una con 5 vías de estacionamiento y una de circulación.

Los trenes y transfers al llegar al patio, se manejan de acuerdo con las señales recibidas del cambiador, el cual les indica la vía de entrada; ahí mismo los tomadores de trenes anotan a paso de tren los números e iniciales de los carros y envían la lista correspondiente a la Mesa de Carros ubicada en el edificio central para ser confrontada con las guías del conductor o Mayordomo, en esa oficina se procesa la lista de maniobras para su goteo, misma que es enviada por medio de un teletipo a las oficinas de la joroba, retardadores, báscula y torre general de operaciones.

Los trenes situados en las vías del patio después de ser revisadas por las cuadrillas de inspección y trabajados por los empleados de la Mesa de Carros, son empujados a la joroba para su goteo hacia la zona de clasificación.

4.b) Patio de clasificación:

En este patio la clasificación se hace por medio de gravedad y los carros se mueven a las vías respectivas de acuerdo a su destino. En la cresta de la joroba está colocada la oficina de rutas, en ésta se encuentra la consola en donde se indica cada vía en la que deberá ser goteado cada carro.

Los carros pasan a través de la joroba, son controlados por el operador de retardadores, accionando manualmente, en la consola de control correspondiente, los mecanismos que aprietan y aflojan los retardadores de acuerdo con el peso de los carros, esta consola se encuentra en la denominada "Torre de Control de Retardadores".

4.c) Patio de despacho:

Después de recibir y clasificar los carros, la siguiente -

operación consiste en formar y despachar trenes. Las maniobras para formar trenes y transfers son lentas y complicadas, ya que para jalar el flete de las vías de clasificación a los patios de despacho únicamente existen dos vías de trabajo y las máquinas encargadas de la extracción se interfiere continuamente en sus movimientos. En el Patio Oriente, se forman y despachan trenes y transfers para las divisiones Puebla, Querétaro, México y Mexicano y en el Poniente para la México y Pacífico, así como para la periferia de la terminal.

Enseguida se presentan croquis que contienen en forma esquemática las instalaciones actuales de la Terminal del Valle de México.

Las instalaciones de la actual Terminal del Valle de México, correspondientes a los Patios de recibo, clasificación y despacho con porcentajes de ocupación de 84.9, 75.5 y 95.3, respectivamente, se encuentran prácticamente saturados.

En estas condiciones, se estima que la Terminal, con los serios problemas que ya afronta por la falta de capacidad de sus instalaciones, sólo se podrá ocupar con tráfico creciente por un período no mayor de 4 años a partir de 1986.

Un aspecto físico muy importante es la limitada disposición de las vías de extracción entre el Patio de Clasificación y Despachos; esta limitación interfiere en una eficiente operación y utilización de la fuerza tractiva.

Las alternativas que pueden adoptarse para solucionar la falta de capacidad física de la actual Terminal comprende dos opciones:

- a) La ampliación y modificación de las instalaciones existentes dentro del derecho de vía disponible.
- b) La construcción de una nueva Terminal al Norte de la ac

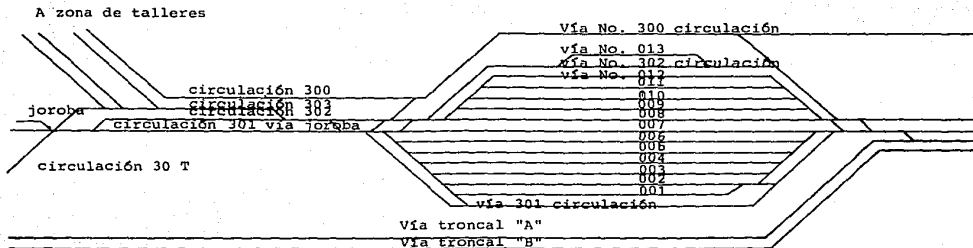


Fig.VI.4 as Esquema actual de la Terminal del Valle de México.
Patio de Recibo.

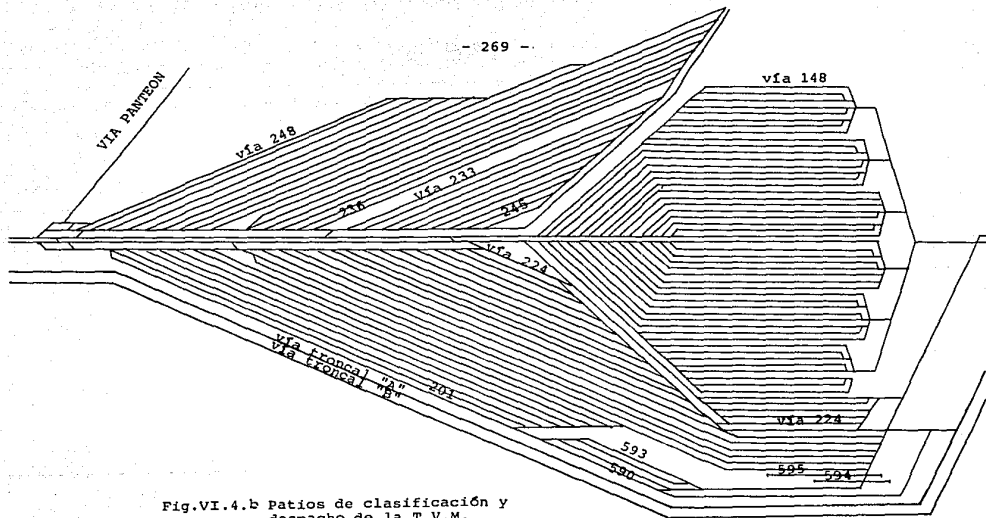
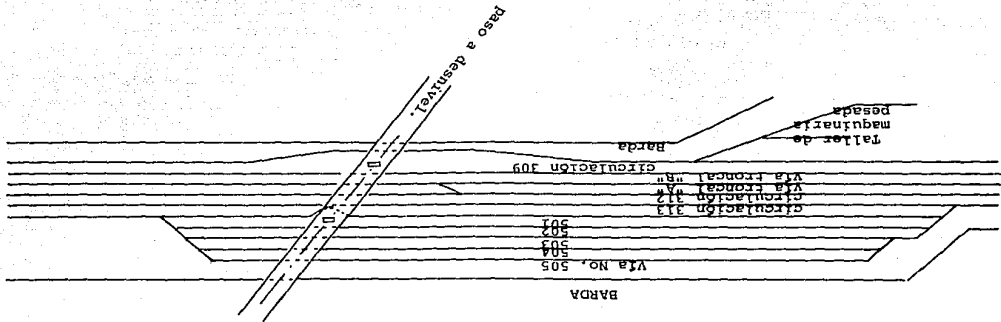


Fig.VI.4.b Patios de clasificación y despacho de la T.V.M.

Fig. VI.4. c. Plano de Transfers de la T.V.M.



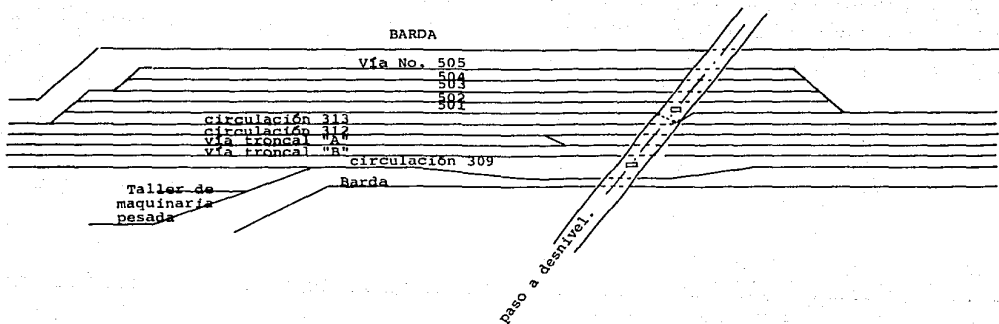


Fig. VI.4.c Patio de Transfers de la T.V.M.

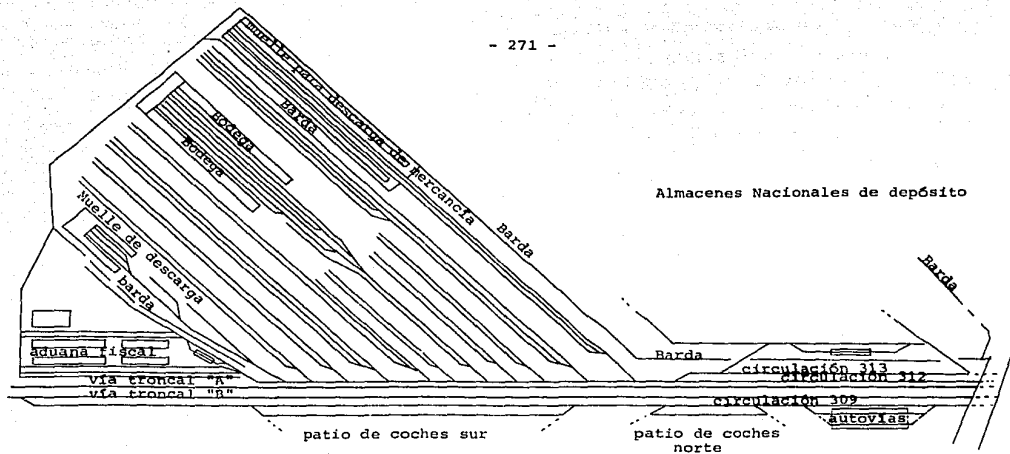


Fig. Vi.4.d Patio de Pantaco Carga (Servicio público)

tual junto a las troncales "A" y "B" de la altura de Huehuetoca.

Considerando el largo tiempo que lleva el madurar el proyecto de construcción de una nueva Terminal, su alto costo de construcción y los problemas que presentarían para la adquisición del terreno; se concluye que inicialmente se modernice la actual Terminal.

De modernizarse la Terminal actual, las ampliaciones, que podrían hacerse a las facilidades de vía incrementarían su capacidad física en un 88% en el Patio de recibo; en un 65% en el Patio de clasificación y, entre un 26% y 50% en los Patios de despacho poniente y oriente respectivamente.

Con la joroba actual con que cuenta la Terminal sólo es posible obtener una frecuencia del orden de 3 carros/min; siempre y cuando se modernicen los equipos de control de la clasificación existente. Con esta base sólo se podrían procesar aproximadamente 2600 carros/día, significando una vida útil estimada de 12 años a partir de 1990.

Dado que se pretende lograr una vida útil mayor en consecuencia incrementar el número de carros a gotear, se pretende hacer una modificación al perfil de la joroba y área de cambios. Del estudio de esta modificación se detectó que si se incrementa en aproximadamente un metro la cresta de la joroba sería factible gotear un máximo de 4 carros por minuto, representando 3456 carros/día y una vida útil de 21 años considerando el mismo año de referencia.

Respecto a la inversión requerida para la modernización de la Terminal se estima una cifra de 31 300 millones de pesos considerando un 10% de imprevistos.

Por lo anterior expuesto, se concluye que sería altamente atractivo para los Ferrocarriles Nacionales de México y para nuestro País el llevar acabo la modernización integral de la Terminal del Valle de México.

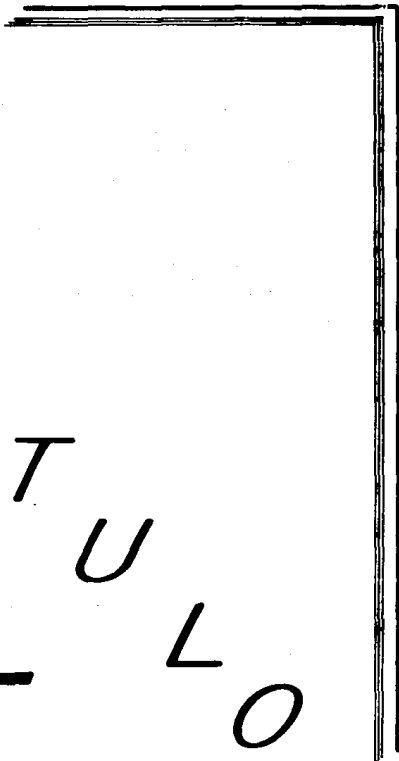
C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO VI)

- 1.-Explicar brevemente ¿Cuál es la función de los Patios de una Terminal?
- 2.-Diga ¿Cuáles son las características con las que debe contar una estación?
- 3.-¿Qué es el sistema C.T.C y cuál es su funcionamiento?
- 4.-¿Qué es una estación de paso y de cabecera?
- 5.-Diga ¿Cuál es la función de la joroba y los retardadores en un patio de clasificación?
- 6.-¿Cómo funciona la Terminal del Valle de México?
- 7.-¿Cuáles son las necesidades actuales de la Terminal del Valle de México)
- 8.-¿Cuántos y Cuáles son los tipos de señales C.T.C. existentes?
- 9.-¿Cuál es la planta más popular para el diseño geométrico de un Patio de clasificación?
- 10.-¿Con qué instalaciones anexas debe contar una Terminal?

C
A
P
I
T
U
L
O

VII



C A P I T U L O V I I

CONSERVACION Y REHABILITACION DE LA VIA

VII.1 Conservación, rehabilitación, normas, cambios y renovación de balasto, durmientes, riel y accesorios.

a) BALASTO

Antes de proceder al cambio o renovación del balasto, es importante hacer sondeos, es decir, abrir una excavación en el balasto para saber si todo el espesor es de buen material o ya está mezclado con tierra, ya que muchas veces se llega a descargar material limpio sobre otro necesariamente retirable de la vía por no ser material impermeable.

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

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

Generalmente en los trabajos normales de conservación los trabajos de balastado o rebalastado no llega a efectuarse en grandes longitudes, dichos trabajos se efectuarán con las siguientes actividades:

a.1.-Verificación del escantillón y reclavado, cerrándolo cuando sea necesario.

a.2.-Vaciado de la vía o elevación sobre el balasto viejo o simplemente retirarán los golpes.

a.3.-Renovarán los durmientes viejos y efectuarán el re-espaciado de los mismos.

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

Al finalizar las actividades anteriores, se determinará el número de góndolas o tolvas que se necesitarán.

En el caso de que el balasto haya sido descargado en un tramo de vía vacía que en conservación no se presenta muy frecuente, se procederá a efectuarse uno o dos levantamientos cuyo espesor quedará determinado por el encargado, colocándose los gatos de vía por pares y por "el lado exterior del riel" , calzándose los durmientes, utilizándose calzadores de mano o bien calzadores mecánicos, empleándose 4 reparadores por cada durmiente, 2 en cada cabeza, utilizando invariablemente el nivel de vía o niveleta si es necesario; en este caso deberá ser comprobado periódicamente.

Al efectuarse en conservación los trabajos de renovación o cambios de balasto o bien rebalastado, tanto al quitar los golpes como en el trabajo de nivelación es importante recordar que los "gatos de vía invariablemente se colocarán por el lado de afuera de la vía" esto tiene por objeto poder retirar

los de la vía rápidamente y con seguridad antes de que pasen los trenes, pues si se colocan del lado interior del riel, se quitarán con más dificultad y si se dejan entre los rieles, - una retranca caída o fierro pueden dañarlos o aventarlos sobre los rieles y provocar un accidente.

B) DURMIENTES

La renovación o cambio de los durmientes, es un trabajo - muy importante en la conservación de la vía, por lo cual debe - rá tenerse mucho cuidado en la selección de las piezas por - cambiarse.

Al efectuarse el recuento, no siempre se marcan correctamente los durmientes y aveces se retiran de la vía algunos - que son de "media vida" o que pueden durar un año más; para - evitar ésto , y con objeto de orientar el criterio que debe - seguirse deben considerarse como "durmientes de 2 rayas " a - aquellos que estén podridos, descabezados o cortados, rajados, etc; y que por su estado no permiten sujetar el riel al durmiente mediante el clavo de vía, aún volteando los durmientes; además, deben considerarse en este caso los quebrados que a - juicio de los encargados deben ser cambiados de inmediato.

Una vez efectuado el recuento de durmientes faltantes o - de 2 rayas, el jefe de la vía, estará en condiciones de saber en cada kilómetro la cantidad de piezas por cambiar, siguiendo el criterio de atacar en primer lugar los grupos más grandes, los de 9, 8, 7, 6 6 juntos, procurando que al efectuarse el cambio, éste se haga terciado es decir, dejando si es posible, aislados durmientes de 2 rayas, así por ejemplo en los - grupos de 3, se cambiará el del centro, en los de 5 únicamente se retirarán 2, etc; como se indica en la figura VII.1.a, en la que en el esquema A aparece un grupo de 3 y uno de 5 y en el esquema B ya han sido cambiados los durmientes uno en el grupo de 3 y 2 en el de 5.

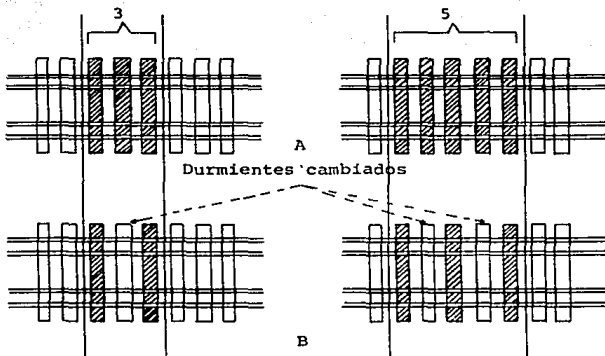


Fig. VII.1.a Cambio alternado de durmientes.

Ahora bien, debe tenerse en cuenta que para relevar los durmientes de 2 rayas deberá procederse de la siguiente forma:

En primer término, los durmientes de las juntas: Se deberán retirar los grupos de durmientes de 2 rayas de las curvas y después los grupos de las tangentes. Esto completa el procedimiento de suprimir los grupos de durmientes en mal estado, los que serán eliminando teniendo en cuenta el mayor número de durmientes de 2 rayas juntos como se usó en la figura VII.1.a.

Cuando los durmientes impregnados se hayan distribuido ya sea a paso de tren o armones, se observará si los durmientes por relevar tienen placas de asiento, clavos y en dado caso anclas de vía; si faltan, se proporcionará la cantidad necesaria para una jornada de trabajo.

Se excavará o vaciará el cajón de cada lado del durmiente, por el lado de la cabeza donde vaya a ser sacado, el vaciado se hará a una profundidad no mayor de 2.5 cm (1") a partir de la cara inferior del durmiente viejo ó a 20 cm (8") a partir del patín del riel cuando el durmiente por cambiarse se ha encajado en éste o con anterioridad ha sido hachazuelado, ésto tiene por objeto alterar lo menos posible la cama del durmiente viejo y por consecuencia evitar que se afloje el balasto por encontrarse compactado.

El balasto que se retire, se amontonará, evitando se mezcle con tierra; se aflojará el durmiente, se quitarán las placas de asiento y las anclas en caso de contar con ellas, en seguida se sacará el durmiente. Para el caso de sustituir dos durmientes juntos, se vaciará el cajón intermedio, siguiendo el mismo método señalado con anterioridad. En ambos casos los durmientes viejos se retirarán siempre con tenazas especiales.

Una vez retirado el durmiente viejo se procederá a colocar inmediatamente el nuevo; al descargarse se procurará que los durmientes nuevos queden frente al lugar donde va a ser utilizado.

Al colocar los durmientes nuevos, se cumplirá con la regla 653 utilizando los de madera suave en tangentes y los duros en curvas de 3°o mayores, en las juntas de rieles o "llantas" aquellos que tangen mejor escuadría, derechos que permitan el asiento del patín del riel y la placa sin necesidad de hachazuelarlos; se colocarán en ángulo recto, es decir, a escuadría con la vía según lo establecido en la regla 654, debidamente espaciados; a este respecto y en vía principal con rieles de 11.89m (30') el espaciamiento será de 49 cm de centro a centro de durmiente; con rieles de 9.14 m (30') el espaciamiento será de 51 cm.

Cuando los durmientes impregnados ya se encuentran coloca-

dos en la vía, sus extremos o cabezas deberán quedar a la misma distancia del patín del riel por el lado de alineamiento de la vía o "lado de ojo" en las tangentes y en las curvas se tomará como referencia el riel interior, ésto tiene por objeto - dar una buena presentación al trabajo de cambio de durmientes.

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

Al efectuarse el calzado de los durmientes, es necesario - recordar la regla 594 que especifica que a partir de la cabeza de los durmientes hasta 40 cm adentro de la vía y en el centro únicamente quedará embodegado el balasto.

Calzados los durmientes y colocadas las placas de asiento, se procederá al clavado; para ésto, se colocará el escantillón de la vía y si es necesario, con las barras de línea se empujará el riel hacia adentro hasta tener el escantillón correcto; - el clavo se colocará verticalmente de acuerdo con la regla 637 que indica que dicho clavo no deberá doblarse o cargarse sobre el patín del riel, sobretodo en aquellos casos en que no se -- utilice placa de asiento, pues entonces se abocardará el agujero y el escantillón de la vía llegará a abrirse.

Clavado el durmiente se procederá a colocar las anclas, debiendo quedar éstas completamente pegadas a las caras laterales del durmiente, de lo contrario al dejarse un espacio por - pequeño que sea, el durmiente se moverá o descuadrará tendien-

do a desnivelarse.

Al relevarse en una jornada de varios durmientes de 2 rayas, aún de forma terciada, es posible que se haya perdido el alineamiento y en este caso, se procederá a rectificarlo antes de clavar los durmientes nuevos, quitando los codos que se hayan formado y dejando correcto el alineamiento de la vía.

Debe tenerse presente que, al efectuarse la renovación o cambio de durmientes, no se deberán dejar cajones vacíos, durmientes nuevos sin calzar y sin clavar al fin de la jornada, y todos los accesorios quedarán bien colocados.

c) RIEL

El reglamento de Conservación de Vía y Estructuras en su norma 623 especifica la clasificación que corresponde a los diferentes tipos de riel nuevo a utilizar en el Sistema, indicando la existencia de rieles con extremos sin pintar; extremos pintados de azul; extremos pintados de amarillo, extremos pintados de verde, con longitudes de 24 a 38' inclusive; extremos pintados de blanco, con longitud de 24 a 30' inclusive. Ver la figura VII.1.b

Es importante tener presente esta clasificación ya que es básica y fundamental para la colocación inicial del riel en una vía, debido a que los rieles nuevos corresponden a los que tienen extremos sin pintar, deberán ser utilizados en tangentes y curvas suaves. Entendiéndose por curvas suaves aquellas de 3° menores.

Los rieles con extremos pintados de azul, se utilizarán principalmente en curvas de fuerte graduación; es decir, mayores de 3°.

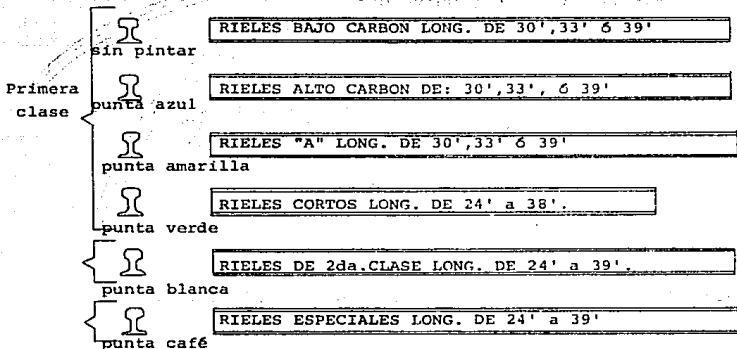


Fig. VII.1.b Clasificación correspondiente de los diferentes tipos de riel.

Por lo que se refiere a los rieles con los extremos pintados de amarillo, (que son los de primera clase, rieles "A"), se utilizarán exclusivamente en tangentes como muestra la figura VII.1.c.

Respecto a los rieles cortos, los de primera clase se utilizarán preferentemente para conservar el "cuatrabeo" en las curvas, de acuerdo con la regla 629; así mismo pueden utilizarse en la manufactura de herrajes de cambio, o bien, en los "ti

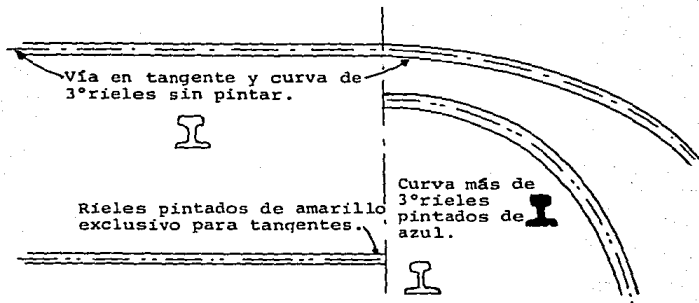


Fig. VII.1.c Dependiendo de la clasificación del riel se colocará en rectas o curvas.

ros" de los propios cambios.

Una vez que los rieles, sea cual fuera su tipo y color, se encuentran colocados en la vía, experimentan una serie de desgastes, defectos ó fallas provocados ya sea por el propio tránsito, o bien, resultado de un mal manejo por el personal - al colocar el riel; o también durante la ejecución de los trabajos de conservación.

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

Por otra parte, también pueden ocurrir en el hongo otra clase de defectos o desgastes, como son las quemaduras provocadas por el frenaje de las ruedas de las locomotoras, o bien, provocar el desgaste del hongo principalmente en su filete interior en las curvas, ésto también es originado por el paso de los trenes y el exceso o falta de sobre-elevación en las curvas. Además se produce el escurrimiento del metal en la parte superior del hongo, exactamente en las juntas o llantas, - lo que muchas veces da lugar a que la punta del riel se "desgaste".

Aparte de los desgastes señalados, debe tenerse presente la existencia de patines rotos, de grietas a partir de las perforaciones de los tornillos y grietas en el hongo, provocadas por los defectos internos.

De acuerdo con el Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras, la Regla 634 especifica que para permitir la expansión o sea la dilatación de los rieles, se deberá dejar, un espacio libre entre los extremos mismos; este espacio obligado al que se ha hecho referencia, es el lugar donde precisamente se produce el golpeteo. Ahora bien, es importante tener presente que el aplastamiento de los extremos de los rieles depende de la conservación, o mejor dicho, de la clase de conservación que se efectúa en la vía o vías donde se presente este defecto. Las medidas preventivas que pueden ser adoptadas para reducir a su mínimo esta falla pueden ser las siguientes:

- 1.-Que los extremos de los rieles sean endurecidos - previamente en la laminación.
- 2.-Tender los rieles y nivelar la vía cuidadosamente.
- 3.-Mejorar el drenaje y evitar que se formen golpes - "aguachinados" bajo las juntas.
- 4.-Quitar el balasto sucio que esté debajo de las jun

tas, reemplazándolo con material limpio.

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

6.-En caso necesario, biselar los extremos de los rieles mediante el esmerilado o ranurado, para evitar el despostillamiento de sus extremos.

Respecto a este último punto, el despostillamiento del riel, se debe a que el metal del hongo se escurre hacia la junta de la llanta; entonces, se puede dar el caso de que la junta o llanta, desaparezcan aparentemente y se vea que el riel sea continuo. Esto trae como consecuencia la rotura o fractura del hongo, puesto que el espacio libre para permitir la dilatación ha sido ocupado por el metal escurrido en dicho sitio.

Otro de los desgastes que experimenta el riel, es el provocado en la banda de rodamiento al paso de los trenes, ya sea que el riel esté en tangente o en curva. Cuando el riel se encuentra colocado en tangente, el desgaste sobre la banda de rodamiento, en términos generales es uniforme; es decir, su forma original se conserva en forma regular. Es importante tener presente que llega un momento en el cual, por efecto del desgaste, el riel fuera cual fuera su tipo, calibre, color, etc; debe ser relevado por otro, por haber llegado al límite de su vida útil; o mejor dicho, al límite de seguridad para el tráfico.

Para obtener un mejor aprovechamiento de los rieles que se desgastan en las curvas, en muchas ocasiones se recomienda cuando el riel exterior presenta un desgaste del 12% de la superficie del hongo, se cambia hacia el lado interior de la curva y, el riel interior, pase al lado exterior de la misma con lo que se logran dos cosas; que el desgaste correspondiente al 12% quede al exterior del riel interior y que el riel interior

al colocarse en el lado exterior de la curva, presente una banda de rodamiento uniforme, así como un filete interior sin desgaste.

Otra de las soluciones consiste en voltear el riel exterior punta por punta, cuando el desgaste sea del 12%, volviéndolo a curvar y controlando el desgaste del filete y banda de rodamiento hasta que tenga un 13% de desgaste; que sumado al 12% inicial nos dará el 25% del desgaste en la superficie del hongo requerido para su condenación.

Las dos condiciones propuestas tienen como objeto obtener - el mejor rendimiento en la utilización de los rieles en las curvas y proporcionar la mayor superficie o banda de rodamiento a las ruedas de los carros y locomotoras.

Cuando el riel es colocado en la vía o se efectúen los trabajos correspondientes al relevo o cambio de los durmientes de 2 rayas, las placas de asiento pueden quedar colocadas mal, es decir "chuecas" y entonces el hombro o los hombros de la placa de asiento obligan al patín del riel a montarse sobre ellos, de tal manera que, al paso del primer tren, pueden provocar la rotura del patín del riel, lo que da lugar a que el riel pierda su resistencia, se debilite y pueda quebrarse posteriormente.

En el caso de que los rieles presenten defectos internos, - que no se observan a simple vista, se emplea un carro detector de rieles llamado "Sperry" para conocer el lugar en donde está localizado el defecto y si es o no peligroso para el tránsito de los trenes. Dicho carro, marca los rieles defectuosos con dos tipos de pintura: Si los defectos son peligrosos y es necesario cambiar los rieles de inmediato, el riel o los rieles quedarán pintados de rojo en los lugares donde se localicen los defectos. Si el defecto o defectos no requiere el cambio inmediato de riel o rieles, éstos quedarán pintados con pintura amarilla.

Los rieles que hayan sido marcados en rojo, deberán ser des-
truidos o cortados y los rieles pintados de amarillo se podrán-
utilizar en vías secundarias, ya sea en laderos o patios.

d) ACCESORIOS DE VIA

Independientemente del tipo de planchuelas por emplearse, -
previamente deberán engrasar los lados o caras que van a quedar
en contacto con el riel, teniendo por objeto, el libre desliza-
miento de los rieles por efecto de temperatura y evitar las jun-
tas o "llantas" rígidas, así como la oxidación entre la plan-
chuela y el riel; además deberá engrasarse la parte del riel --
que va a quedar en contacto con la planchuela, limpiando previa-
mente con cepillos de alambre, las partes deberán quedar engra-
sadas tanto en el riel, como en la planchuela.

Al colocarse las planchuelas se deberá cuidar ajustarlas per-
fectamente con el riel, evitando que éstas queden flojas, para-
lo cual primero se apretarán los tornillos del centro y después
los de los extremos, además que el apriete no sea en exceso ya-
que ésto puede provocar juntas o llantas rígidas que durante la
temporada de frío pueden dar lugar a la rotura de los tornillos
y en los calores, a que la vía se "chicotee".

Una vez que las planchuelas han sido colocadas en la vía, se
deberá tener cuidado de que no se lleguen a formar golpes peli-
grosos en las juntas o llantas, procurando que las puntas de --
los rieles tengan la separación reglamentaria, buen apriete de-
las planchuelas; que los durmientes estén en buenas condiciones
y que la vía esté bien calzada, pues de lo contrario, aparte de
que las puntas de los rieles se aplanan, las planchuelas llega-
rán a vencerse y en muchos casos se agrietarán y romperán poste-
riormente; ésto mismo puede suceder si las planchuelas están -
flojas.

Por otra parte, como resultado del deslizamiento del riel, -

los tornillos pueden abocardar los taladros de las planchuelas y del propio riel, llegando a darse el caso de que el cuello del tornillo se juegue y por lo tanto no se pueda apretar, quedando por consiguiente floja la planchuela.

Respecto a los tornillos, al igual que las planchuelas deben ser engrasados antes de su colocación para evitar que se lleguen a enmohecer sobretodo donde va la tuerca, muchas veces para quitarlos, hay necesidad de cortarlos con tajadera; también se debe tener cuidado que la cuerda se encuentre en buenas condiciones y el cuello ajuste perfectamente bien en el taladro de la planchuela. Al colocarse los tornillos, éstos se pondrán en forma alterna, es decir, se colocarán unos tornillos con las tuercas por dentro de la vía y otros con la tuerca por el lado de afuera, esto es aplicable a rieles cuyo peso sea mayor de 56 lb/yd. Para calibres inferiores, todas las tuercas quedarán por el lado de afuera.

Colocando los tornillos y estando apretados correctamente, la caña de los mismos puede reducirse en su espesor formándose un cuello hasta que llega a romperse o degollarse. Esto último se debe a que al moverse o desalojarse las juntas de los rieles por efectos de los cambios de temperatura, los filetes de los taladros del riel se recargan sobre la caña del tornillo cortándola o gastándola hasta provocar la ruptura. Muchas veces, antes de que se produzca lo anterior, el tornillo se empieza a vencer o a doblarse de tal manera que la tuerca pierde su alineamiento con la planchuela, debiendo relevar de inmediato el tornillo o tornillos que se encuentren en estas condiciones, sustituyéndolos por tornillos nuevos y evitando así que las planchuelas se aflojen.

Las placas de asiento también contribuyen a que no se aborde rápidamente el agujero del clavo por efecto de los empujes o esfuerzos laterales de las ruedas de los carros sobre el riel y sobre el clavo.

Las placas de asiento siempre deberán colocarse ajustando - sus hombros al patín del riel y por otra parte, deberán apoyarse totalmente sobre la cara superior del durmiente; de no ser - así, se desbastará o hachazuelará el durmiente hasta que la placa de asiento quede perfectamente bien apoyada y por consiguente, el patín del riel se apoyará totalmente sobre ésta.

Se deberá evitar que las placas queden chuecas o bien, que su hombro u hombros queden debajo del patín del riel, en este - caso se corre el peligro de que el paso del primer tren se rompa el patín del riel y posteriormente se provoque su falla total.

Referente a los clavos de vía, éstos tienen por objeto mantener los rieles sujetos a los durmientes, conservar correcto - el escantillón y evitar que los rieles se lleguen a voltear o - virar, así como el que se abra la vía.

Al colocarse los clavos para sujetar el riel, éstos se colocarán en forma cuatrapeada, es decir, los del lado exterior de la vía quedarán generalmente más hacia el norte y los interiores más hacia el sur.

Durante los trabajos de clavado o reclavado se evitará golpear el patín del riel, esto puede dar lugar a que se inicia - una fractura en el mismo.

Para controlar el movimiento de los rieles, se utilizan las anclas de vía. Se deberán colocar perfectamente apoyadas en las - caras laterales de los durmientes, evitando siempre que lleguen a apoyarse en los cantos de las placas de asiento, en este caso, no podrán sostener el riel y evitar que éste se deslice.

Como regla general en los Ferrocarriles Nacionales de México, se llegan a colocar 6, 8, 10, 12 y hasta 14 anclas al riel,

dependiendo de las observaciones efectuadas al moverse los rieles.

Cuando las anclas se han separado de los durmientes, ya no cumplen con su misión y por consiguiente hay necesidad de quitarlas y volver a colocarlas en los durmientes.

Cuando los accesorios de la vía se encuentran almacenados en las bodegas de las secciones o de las cabeceras de distrito, se deberá procurar que aquéllos que se encuentran en sus empaques originales, se conserven en lugares secos para evitar su oxidación y los accesorios que estén sueltos, deberán ser engra^usados o por lo menos, darles un baño de petróleo entonqándolos en bodega, clasificándolos por sus dimensiones o calibres.

VII.2 Sistema Ferroviario Nacional, renovación y modificaciones más urgentes.

La calidad de la vía y el grado de seguridad que ésta presenta, se mejoró notablemente en el año de 1985 mediante el cumplimiento del primer programa de emergencia para reparar de inmediato 28 tramos críticos que en total sumaban 1,684 kilómetros y un segundo programa de conservación en otros 27 tramos con longitud sumada de 1,570 kilómetros.

Para establecer el diagnóstico y trazar el programa, se emplearon los medios tecnológicos más avanzados; con el carro electrónico registrador de defectos geométricos de vía se efectuaron inspecciones que suman 14,393 kilómetros de vía en las principales rutas de la red y por medio del carro detector de defectos internos del riel de la compañía "Sperry", se inspeccióno la vía en una longitu de 12,057 kilómetros. La inspección se completó con recorridos a pié del personal de Vía y Estructu--ras en todos los troncales y patios del Sistema.

1.-Estado físico de la Estructura de la Vía.

La nivelación y alineamiento; la sustitución de rieles con fallas internas que representaban peligro para el tráfico; el proveer de apoyo a estos rieles mediante durmientes de madera nuevos; dotar de espesor suficiente de balasto a las vías así como ensanchar los tramos de terraplén muy escasos, fueron las principales acciones que se desarrollaron para el cumplimiento de los programas citados.

La vía se alineó y niveló en una longitud total de 1,122-kilómetros, se reforzaron 170 kilómetros de terracerías cuyas coronas demasiado angostas impedían la correcta distribución de las cargas y no podían contener la sección de balasto reglamentaria, provocando la pérdida de este material y el deterioro de la vía; se cambiaron 809,112 durmientes de madera que se encontraban en malas condiciones aplicando el criterio de desintegrar grupos que presentaban peligro para el tráfico.

Con el fin de eliminar el peligro que representaban para el tránsito de trenes, las quemaduras en los rieles producidas por el patinamiento de locomotoras y que pueden evolucionar en roturas de los mismos al paso de los trenes, se repararon 3,711 rieles aplicándoles soldadura eléctrica.

En el importante renglón de los patios y cambios, se sustituyeron 312 juegos o completos de herrajes, se cambiaron 586 sapos de diferente número y calibre y se reconstruyeron 327 a base de reperfilado con soldadura eléctrica. Para asegurar el correcto apoyo de los herrajes, se cambio un total de 409 juegos de madera para cambio.

Los programas de rehabilitación con riel nuevo y con riel de recobro, fueron 169 kilómetros con vía rehabilitada con riel nuevo y 135 de riel de recobro, los cuales se superaron en el año de 1986.

2.-Puentes.

La problemática de los puentes se ha venido resolviendo mediante programas basados en los objetivos fundamentales que son: Garantizar la seguridad del tránsito de trenes, mantener la fluidez de éste, sin interrupciones que dañen el servicio y permitir el paso del equipo pesado sin restricciones especiales para operar en la misma forma que en el resto de la vía.

Atendiendo los objetivos anteriores, las acciones para los puentes se han priorizado en la siguiente forma:

- 2.a) Retirar el nivel de seguridad, en puentes provisionales de madera o definitivos de acero en condiciones peligrosas por el deterioro de la estructura.
- 2.b) Elevar la capacidad de carga de los puentes, localizados en líneas de alta densidad de tráfico y con circulación de equipo pesado, mediante reforzamiento o sustitución por estructuras Cooper E-72.
- 2.c) Elevar la capacidad de carga de puentes de líneas de menor densidad de tránsito, cuando esta capacidad es manifiestamente baja y obliga a limitar el peso del equipo de los trenes y su velocidad.
- 2.d) Sustitución de puentes de estructura de madera por estructura de concreto de capacidad E-72 para probables incendios de puentes que por su localización están expuestos a ser consumidos por el fuego.

Con el criterio anterior se construyeron 80 puentes y 75 alcantarillas, se reforzaron 30 puentes de estructura metálica, así como 26 puentes con rieles empatinados para sumar 211 obras que en total tienen una longitud de 2,103 m, y que significaron un 85% de los metros programados para 1985.

Todas estas obras se ejecutaron en vías con tránsito normal, sin interrumpirlo por lo cual el esfuerzo desarrollado es relevante.

En las obras realizadas en 1985 se llevan reconstruidas o reforzadas 2,120 desde el inicio de los programas y quedan por solucionar 1,560 puentes de baja capacidad, que se localizan en vías principales y rutas importantes.

Todo el trabajo realizado hasta la fecha en la reconstrucción y reforzamiento de puentes, ha hecho posible que durante el año de 1986 se acepte el tránsito pesado con carros de 100 Ton; y locomotoras de 167 toneladas.

Por lo que respecta a conservación, se atendieron a 1550-estructuras a las cuales se efectuaron diversas reparaciones- desde sustitución de piso hasta reparación de pilas o estribos o reforzamientos parciales y se aplicó protección anticorrosiva en 122 de los principales puentes de la red, a base de pinturas epóxicas y de mínimo de plomo.

3.-Maquinaria de Via.

Las metas que se han fijado para mecanizar los trabajos de rehabilitación y conservación de la vía no se han podido alcanzar debido a la gran escasez de equipo ya que actualmente sólo se cuenta con 13 grupos de maquinaria de nivelación, algunos de los cuales tienen una producción muy baja debido principalmente a su edad u obsolescencia y aunado a ésto falta de refacciones para efectuar las reparaciones oportunamente.

Estos grupos que constan de:

1 máquina calzadora niveladora

1 máquina alineadora de vía
1 máquina reguladora
1 máquina compactadora

Se calzó, reguló y compactó el balasto, nivelando y alineando vía en una longitud de 1,122 kilómetros con 1,480 en un total contando los tramos que se tuvieron que reparar.

4.-Contratos y Presupuestos.

Por ejemplo para llevar a cabo el programa de 1985 se celebraron 88 concursos de los cuales 26 fueron celebrados con convocatoria pública y 62 de invitación y se realizaron 7 asignaciones directas. En total la cantidad ejercida con las obras con tratadas ascendió a \$ 2,113'907,901.00. Considerando las adquisiciones para rehabilitación de vía y la compra de maquinaria se tiene un total aproximado de \$ 17,439'982,138.00 como ejercicio de Vía y Estructura en 1985.

De lo anterior se puede concluir que la mayor asignación está dirigida a la conservación y mantenimiento de la vía y compra de equipo para la misma. Esperando continuar con la misma política por algunos años más en el futuro.

5.-Obras de Apoyo.

Para apoyar el Area de Fuerza Motriz se realizaron diversas obras en Talleres y Terminales siendo las sobresalientes la rehabilitación de Zona de Abasto de San Luis Potosí, y el Cobertizo para torno de Guadalajara.

6.-Sucesos Importantes.

El sismo que se registró el día 19 de Septiembre de 1985, - así como el siguiente día 20, vinieron a detener el ritmo de muchas de las actividades de coordinación, en los Programas de -

Vía y Estructuras al sufrir daños algunos centros de trabajo en la Zona Metropolitana y en el Puerto de Lázaro Cárdenas, resultando con mayores afectaciones el edificio que alberga las Oficinas Centrales de Ferrocarriles Nacionales, de tal modo que hyo necesidad de suspender las actividades en estas oficinas.

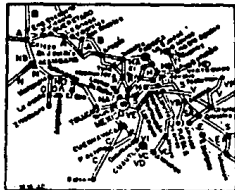
TRABAJOS DE REHABILITACION DE VIA CON RIEL DE RECUBRO, LLEVADOS
A CABO DURANTE EL AÑO DE 1985

| DIVISION LINEA | TRAMO | KMS.REHAB. | OBSERVACIONES |
|----------------|----------------|------------|---------------|
| PUEBLA | "E" 50+000 a1 | 51+970 | 1+970 |
| | " 138+660 a1 | 141+820 | 3+160 |
| | " 146+700 a1 | 149+500 | 2+800 |
| | " 154+464 a1 | 157+700 | 3+236 |
| | " 177+907 a1 | 180+738 | 2+831 |
| | " 182+660 a1 | 183+840 | 1+180 |
| | " 290+000 a1 | 275+712 | 14+288 |
| | " 271+742 a1 | 266+726 | 5+016 |
| | " 195+730 a1 | 198+418 | 2+680 |
| | " 48+840 a1 | 50+000 | 1+160 |
| "EB" | 22+620 a1 | 18+900 | 3+720 |
| "VB" | 109+000 a1 | 108+480 | 0+520 |
| SURESTE | "K"227+700 a1 | 251+765 | 24+065 |
| -PA | " 253+190 a1 | 254+000 | 0+810 |
| MEXICO | "HD" 17+783 a1 | 25+274 | 8+067 |
| CARDENAS | "L"427+000 a1 | 429+400 | 2+400 |
| SURESTE | "Z" 52+480 a1 | 47+120 | 5+360 |
| -NT | " 56+360 a1 | 58+720 | 2+360 |
| | " 46+000 a1 | 46+720 | 0+720 |
| QUERETARO | "C" 47+120 a1 | 52+420 | 5+300 |
| | " 19+420 a1 | 23+540 | 4+300 |
| | " 17+000 a1 | 18+850 | 1+850 |
| | " 20+120 a1 | 21+420 | 1+300 |
| | " 56+300 a1 | 57+480 | 1+180 |
| | "B" | 159+840 a1 | 160+120 |

| DIVISION | LINEA | | TRAMO | KMS.REHAB. | OBSERVACIONES |
|--------------------------------|-------|---------|------------|------------|---|
| JALAPA | "V" | 364+360 | al 364+900 | 0+540 | En tramos |
| | " | 388+600 | al 388+990 | 0+390 | En tramos |
| | " | 333+900 | al 336+240 | 0+340 | En tramos |
| | " | 380+780 | al 381+030 | 0+250 | En tramos |
| SAN LUIS | "BD" | 25+780 | al 47+720 | 21+940 | |
| | " | 47+780 | al 51+660 | 3+880 | |
| | " | 53+720 | al 54+500 | 0+780 | |
| SUBDIVI- SION DU- RANGO. | "DB" | 87+500 | al 93+600 | 6+100 | |
| CARDENAS | "L" | 465+000 | al 472+050 | 7+050 | |
| | " | 464+761 | al 465+000 | 0+239 | |
| GOLFO | "M" | 448+000 | al 414+386 | 33+614 | |
| | " | 412+715 | al 406+410 | 6+305 | |
| | " | 405+595 | al 400+626 | 4+969 | |
| | " | 299+800 | al 317+374 | 17+574 | |
| | " | 369+500 | al 370+765 | 1+265 | |
| | " | 449+476 | al 448+000 | 1+476 | |
| JALAPA | "V" | 362+420 | al 363+480 | 1+060 | Sólo en curvas mayores de 3° Con riel cromo molibdeno. |
| | " | 367+300 | al 371+420 | 4+120 | |
| | " | 373+660 | al 383+780 | 2+650 | |
| QUERETARO | "B" | 136+480 | al 150+420 | 13+940 | |
| | " | 160+480 | al 150+480 | 10+000 | |
| | " | 171+687 | al 173+180 | 1+493 | |

| DIVISION | LINEA | TRAMO | KMS.REHAB. | OBSERVACIONES |
|-------------|-------|------------|------------|---------------|
| SURESTE-VCI | "G" | 101+113 a1 | 126+948 | 25+835 |
| | " | 133+431 a1 | 167+517 | 34+086 |
| | " | 197+659 a1 | 200+922 | 3+263 |
| | | SUMA: | 168+939 | |

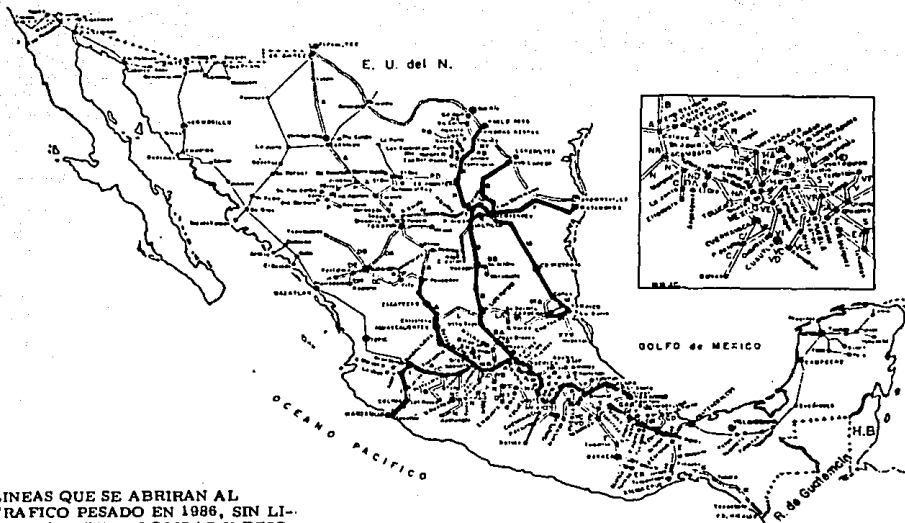
E. U. del N.



PROGRAMA DE EMERGENCIA DE VIA
1984 - 1985

TRAMOS CRITICOS

TRAMOS DE CONSERVACION INTENSIVA



LÍNEAS QUE SE ABRIRÁN AL TRAFICO PESADO EN 1986, SIN LIMITACION DE VELOCIDAD Y PESO POR HABERSE YA REFORZADO O RECONSTRUIDO LOS PUENTES -- CON LA APLICACION DE PROGRAMAS DE INVERSIONES.

C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO VII)

- 1.-¿Cómo se lleva acabo la renovación del balasto?
- 2.-¿Cómo se lleva acabo la renovación y cambios de durmientes?
- 3.-Mencione algunas medidas preventivas para reducir el aplastamiento de los extremos de los rieles:
- 4.-Mencione los cuidados que se deben tener para la renovación o cambio de los accesorios de la vía:
- 5.-Dentro del Sistema Ferroviario Nacional, diga ¿Cuáles fueron las modificaciones más urgentes en el año de 1985?

C
A
P
I
T
U
L
O

VIII

C A P I T U L O VIII

FERROCARRILES METROPOLITANOS

VIII.1 Planeación Urbana

Londres, Budapest y París fueron las primeras ciudades - que usaron ferrocarriles metropolitanos para descongestionar sus calles del intenso tránsito de carruajes y carretas de - tracción animal, hacia fines del siglo pasado.

Más tarde Nueva York, Berlín, Madrid, Tokio, Buenos Ai-- res; han sido obligados por la gran invasión del automóvil - que paraliza las grandes urbes y a fechas más recientes, Cleveland, Moscú, Seattle, Montreal, San Francisco, Boston, Ciudad de México; se adhieren al grupo de metrópolis que necesitan del transporte colectivo por tren.

El México antaño fue campesino en su mayoría, con un pequeño porcentaje dedicado a la producción de bienes y servicios en las escasas grandes ciudades.

El México moderno tiende a reducir la importación de bienes de capital, aumentar el consumo interno, pretende exportar productos manufacturados (o por lo menos semimanufacturados) y evoluciona hacia una mayoría de trabajadores industriales, respecto a un cada vez menor porcentaje campesino, el - cual tiende a mecanizarse y usar fertilizantes.

Las áreas urbanas crecen en consecuencia, en forma espectacular y solo resulta inaceptable, su gigantismo y la excesiva-concentración industrial, que provoca serios problemas de planeación urbana y el encarecimiento del precio de manufacturas, a causa de una costosa transportación de insumos y la distribución de productos acabados hasta los consumidores nacionales o los puertos de exportación.

Las grandes ciudades que carecen del metro tales como Monterrey y otras grandes cuyo crecimiento se ve amenazado por la avalancha de automóviles, saturando calles, son las que mejor pueden resolver el futuro problema a base de correcta planeación urbana incluyendo el anteproyecto de las vías del metro, como medio lógico para transportar personas de la zona habitacional a las zonas de trabajo, escolares, etc; además de impedir la saturación del centro de oficinas y comercios, por los automóviles privados, estacionados que hacen lento su tránsito.

En México el aumento de kilómetros en el Metro es el resultado de una ardua labor de planeación y de la ampliación de planes y programas establecidos, responsablemente revisados y actualizados.

La planeación rige y marca las pautas en la ampliación sistemática de la red y es congruente también con las políticas y objetivos de otros programas con los que se entrelazan.

La necesidad de conocer a fondo las características de movilidad de la Ciudad de México, determinó la realización de la encuesta Origen-Destino, instrumento que hizo posible cuantificar la demanda de transporte público.

El objetivo de esta encuesta de gran alcance fue obtener información sobre la demanda y características del movimiento de personas dentro del área metropolitana de la Ciudad de México. Permitted determinar el origen y el destino de los viajes-

diarios, los medios de transporte utilizados, los motivos de los viajes, el nivel socioeconómico de los viajeros, su edad e incluso precisar la demanda de estacionamientos.

El horizonte de planeación año 2010, fecha en que la red - deberá alcanzar a lo largo de 25 años, 315.349 kilómetros, con un total de 15 líneas, 274 estaciones y 838 trenes que atenderán una demanda según pronósticos, de 13.23 millones de pasajeros diarios y en la Hora de Máxima Demanda (HMD), 2.99 millones de viajes.

Los trabajos de planeación en el corto, mediano y largo - plazo destierran la improvisación y el capricho, toda vez que permiten identificar y seleccionar las alternativas de acción y realizar el proceso de toma de decisiones.

VIII.1.1 Tráfico Urbano

Las grandes ciudades se componen de zonas residenciales - con baja densidad de población, poseedores de automóviles; zonas con alta densidad de población en barrios populosos y viviendas colectivas con escasas áreas verdes, que poseen menor proporción de autos privados y que en consecuencia utilizan mayor porcentaje de autobuses colectivos y tranvías.

Además de las áreas habitacionales, la Ciudad contiene - otras áreas (fabriles, oficinas de gobierno y privadas, parques deportivos, recreativos, escuelas, mercados), y otros lugares que constituyen FOCOS de tráfico.

En la Ciudad, peatones y ciclistas, pueden alcanzar mayor - velocidad media que el automóvil, autobús y tranvía, a medida que se alcanza la saturación de las calles del centro comercial con mayor tránsito en las horas máximas.

Un automóvil puede representar 1.7 pasajeros en algún país rico y 2.5 a 3 en países de escasos recursos.

El autobús puede movilizar 40 pasajeros; cada línea de tráfico puede admitir 1 autobús por cada 4 autos privados, o por cada 3 taxis; por ellos cada autobús, sólo opera (a menor velocidad) triple número de pasajeros que los automóviles y en esa forma, la ciudad se satura de una mezcla de autobuses y autos-privados y taxis cuyo porcentaje señala distribución de ingresos.

VIII.2 Transportes más adecuados para la Ciudad de México.

El transporte de pasajeros representaba uno de los principales problemas de la ciudad. El intenso movimiento diario de personas en transportes urbanos, era causa de congestión de tránsito que resultaba de poca importancia en las zonas periféricas, pero que se incrementaban en el área denominada como "zona central", alcanzando su máxima intensidad en el primer cuadro.

Ante esta situación y dentro de una planeación racional se vio la conveniencia de construir un sistema rápido de transporte colectivo en vía libre, conocido mundialmente como Ferrocarril Metropolitano ó "Metro", para que constituyera la columna vertebral de un sistema integral de transporte.

En 1979 circulaban un millón 990 mil vehículos, incluyendo los que provenían de los municipios conurbados y se generaban diariamente 18 millones 400 mil viajes.

Los medios con que disponía la ciudad para movilizar tal cantidad de viajes eran: Los autobuses, que participaban con el 50.8% del total, los taxis con el 13%, el metro con el 11.4%, los trolebuses y tranvías con el 3.3%, los automóviles con el

19.2% y otros vehículos, que incluían bicicletas y motocicletas, participaban con el 2.3%.

El metro con sus grandes ventajas por sí sólo, no resuelve el problema del transporte urbano, forma parte de un sistema constituido por el transporte de superficie: autobuses, trolebuses, tranvías y taxis.

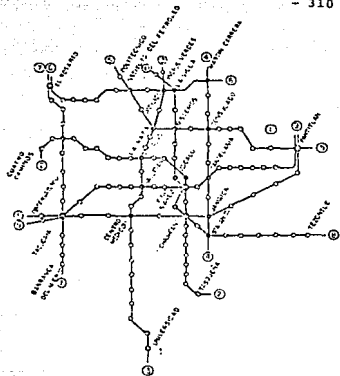
Actualmente se requiere del Metro para comunicar las distancias de la urbe, en donde se cuenta con 4.8 millones de viajes/persona/día.

En el programa Maestro se determinan las etapas de ampliación de la red. La primera comprende las obras realizadas entre 1967 y 1970 de la línea 1 (Zaragoza-Observatorio), 2 (Tacuba - Tasqueña) y 3 (Tlatelolco - Centro Médico). En 1977, se inicia la segunda etapa que abarca el proyecto y la construcción de las líneas 4 (Martín Carrera - Santa Anita), 5 (Pantitlán - Politécnico) y 6 (Instituto del Petróleo - El Rosario), así como la ampliación de la línea 3, en su parte Norte (Tlatelolco - Indios Verdes) y Sur (Hospital General - Zapata). La tercera etapa, que da principio hacia 1982, incluye ampliaciones a la Línea 1 Oriente (Zaragoza - Pantitlán), 2 Poniente (Tacuba - Cuatro Caminos), 3 Sur (Zapata - Universidad) y el proyecto de la línea 7 (Tacuba - Barranca del Muerto). Finalmente, la cuarta etapa corresponde a la ampliación de las líneas 6 (Instituto Politécnico - Martín Carrera) y 7 (Tacuba - El Rosario), además de la construcción de la línea 9 (Observatorio - Pantitlán).

Las características básicas del Sistema Metro son seguridad, rapidez y eficacia. Su funcionamiento y características espaciales y urbanas, se derivan fundamentalmente de prácticas, experiencias y normas de sistemas similares de transporte en otros países. Enseguida se muestra la tabla VIII.1 que muestra las longitudes de cada línea y también se presentan croquis de las 9 líneas que forman la red del metro en el D.F.

| Línea | 1a. etapa | 2a. etapa | 3a. etapa | 4a. etapa | Longitud total de la línea. | Longitud total de servicio | No. de estaciones | Transbordos por línea. |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | 17,346.603 | | 1,648.208 | 1,230.000 | 19,115.054 | 16,596.292 | 20 | 5 |
| 2 | 19,205.786 | | 4,212.216 | | 23,418.002 | 21,275.019 | 24 | 5 |
| 3 | 5,462.287 | 11,608.637 | 6,534.947 | | 23,605.871 | 21,275.019 | 21 | 6 |
| 4 | | 10,711.998 | | | 10,711.998 | 9,363.196 | 10 | 5 |
| 5 | | 14,773.492 | 902.590 | | 15,676.082 | 14,435.673 | 13 | 5 |
| 6 | | 9,264.343 | | 4,683.160 | 13,947.503 | 11,434.373 | 11 | 5 |
| 7 | | 13,166.567 | | 5,597.078 | 18,763.645 | 17,017.702 | 14 | 3 |
| 8 | | | | 20,797.928 | 20,797.928 | 19,247.928 | 18 | 7 |
| 9 | | | | 16,460.881 | 16,460.881 | 14,534.614 | 13 | 6 |
| TOTALES | 42,014.676 | 46,358.470 | 26,464.528 | 48,769.047 | 162,496.974 | 144,621.554 | 144 | |

TABLA VIII.1 SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO
LONGITUD TOTAL POR LINEA Y ETAPA.

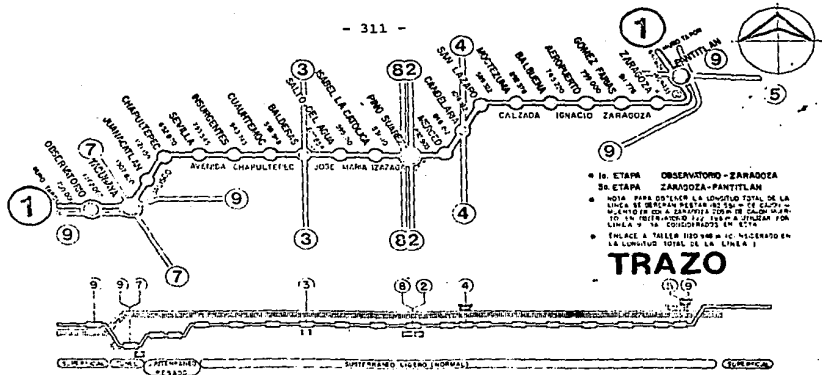


| N. DE LINEA | LONGITUD (Km) 1914 | N. DE ESTACIONES |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 19.115.064 | 20 |
| 2 | 23.418.002 | 24 |
| 3 | 23.624.871 | 71 |
| 4 | 10.711.998 | 10 |
| 5 | 15.676.082 | 13 |
| 6 | 13.947.503 | 11 |
| 7 | 18.762.645 | 14 |
| 8 | 20.797.928 | 18 |
| 9 | 16.460.881 | 13 |
| TOTAL | | 162.496.374 |
| No TRANSBORDOS | | 20 |

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

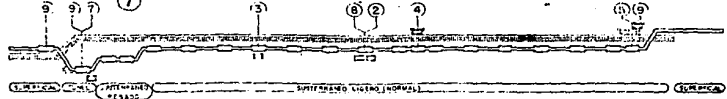
RED DEL SISTEMA HASTA 4a. ETAPA

SEPTIEMBRE 1904



- 1a. ETAPA OBSERVATORIO - ZARAGOZA
- 2a. ETAPA ZARAGOZA - PANTITLÁN
- NOTA: PARA OBTENER LA LONGITUD TOTAL DE LA LÍNEA SE DEBE SUMAR DESDE 150 M. DE CADA MANTENIMIENTO CON LA ZARAGOZA DONDE SE CUMPLE EL MANTENIMIENTO EN TRES MODOS: 150, 100 Y 50 METROS POR LÍNEA Y SE CONSIDERARÁN EN 150 M.
- ENLACE A TALLER 100x60 M. C. UBICADO EN LA LONGITUD TOTAL DE LA LÍNEA 1

TRAZO



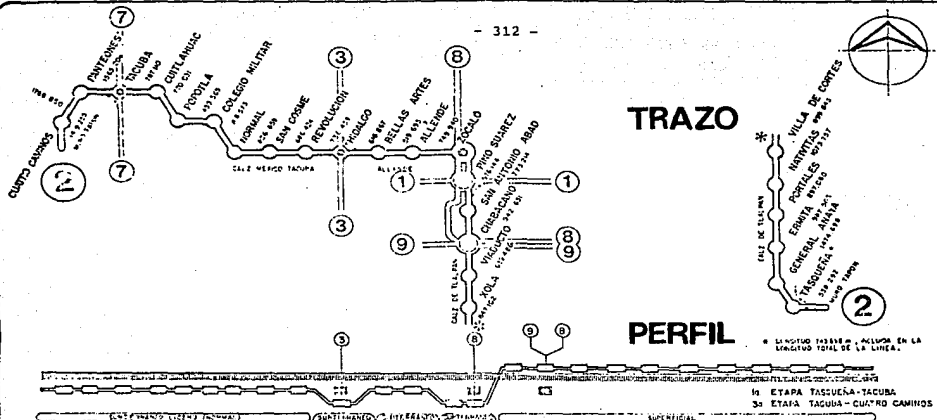
PERFIL

observatorio
pantitlán
LINEA 1

| INFORMACION TECNICA | |
|----------------------------------|-------------------------|
| LONGITUD DE SERVIDIO 15,206.032 | NUMERO DE ESTACIONES 20 |
| LONGITUD TOTAL 13,815.004 | DE PASO 14 |
| LONGITUD EN 1a. ETAPA 17,346.403 | DE TRANSVERSO 6 |
| LONGITUD EN 2a. ETAPA 1,504.708 | |
| LONGITUD EN 3a. ETAPA 1,350.000 | |
| ENLACE 174 M. C. | 249 M. C. |
| ENLACE CON L-8 | 275 M. C. |

| SIMBOLOGIA. | |
|------------------------|--|
| ESTACION DE PASO | |
| ESTACION DE TRANSVERSO | |
| ENLACE | |
| DEPOSITO | |
| TALLER GRAN REVISION | |
| TALLER TRANSVERSO | |





INFORMACION TECNICA

LONGITUD DE SERVICIO 20,715,757 m.
 LONGITUD TOTAL 23,419,026 m.
 LONGITUD EN LA ETAPA 17,225,736 m.
 LONGITUD EN 3ª ETAPA 4,212,216 m.

ENLACE CON LINEA 1 548,813 m.
 ENLACE CON LINEA 3 253,012 m.
 ENLACE CON LINEA 4 1262,543 m.
 Nº DE ESTACIONES DE PASO 19
 DE TRANSBORDO 5

SIMBOLOGIA

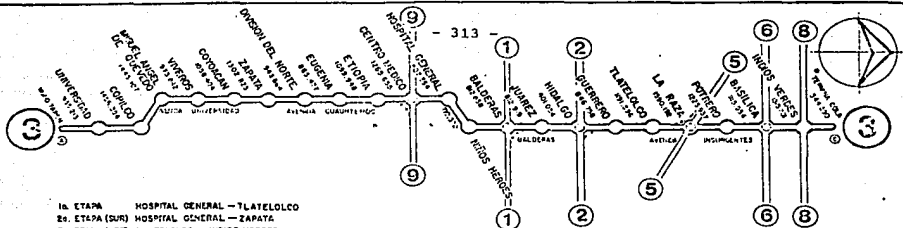
ESTACION DE PARO
 ESTACION DE TRANSBORDO
 ENLACE



cuatro caminos
tasqueña

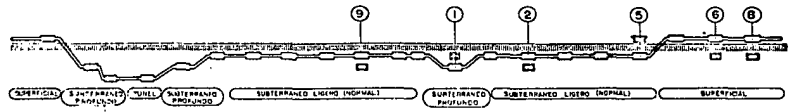
LINEA 2

* LONGITUD TABERNE M., APLICADA EN LA LONGITUD TOTAL DE LA LINEA.
 1ª ETAPA TACUBA - CUICLANUAC
 3ª ETAPA TACUBA - CUATRO CAMINOS



- 1a. ETAPA HOSPITAL GENERAL — TLATELOLCO
 2a. ETAPA (SUR) HOSPITAL GENERAL — ZAPATA
 3a. ETAPA (NTE) TLATELOLCO — INDIOS VERDES
 3a. ETAPA ZAPATA — UNIVERSIDAD
- ENLACE A TALLERES 891 249 m. INCLUIDO EN LA LONGITUD TOTAL DE LA LINEA

TRAZO



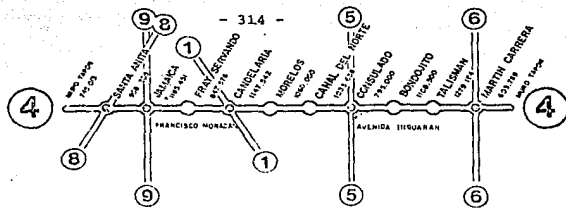
PERFIL

| INFORMACION TECNICA | | |
|-----------------------|--------------|-------------------------|
| LONGITUD DE SERVICIO | 21,275.019 m | ENLACE CON L-8 253,812 |
| LONGITUD TOTAL | 23,605.871 m | ENLACE CON L-5 532,241 |
| LONGITUD EN 1ra ETAPA | 5,462.258 m | ENLACE CON L-9 590,000 |
| LONGITUD EN 2da ETAPA | 5,496.597 m | NUMERO DE ESTACIONES 21 |
| LONGITUD EN 3ra ETAPA | 10,334.549 m | DE PASO 16 |
| ENLACE CON L-1 | 85,020 m | DE TRANSBORDO 6 |

| SIMBOLOGIA | |
|------------|------------------------|
| | ESTACION DE PASO |
| | ESTACION DE TRANSBORDO |
| | ENLACE |
| | DEPOSITO |
| | TALLER GRAN REVISION |

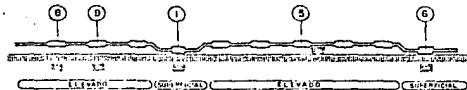
indios verdes
universidad

LINEA 3



2a. ETAPA SANTA ANITA - MARTÍN CARRERA

TRAZO



PERFIL

INFORMACION TECNICA

| | | | |
|----------------------|--------------|------------------|----|
| LONGITUD DE SERVICIO | 9,363.195 m | Nº DE ESTACIONES | 10 |
| LONGITUD TOTAL | 10,711.890 m | DE PASO | 3 |
| ENLACE CON LINEAS | 361.094 m | TRANSBORDO | 3 |

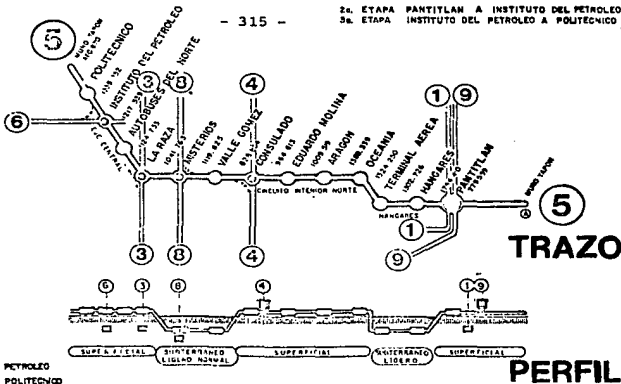
SIMBOLOGIA

| | |
|------------------------|--|
| ESTACION DE PAJO | |
| ESTACION DE TRANSBORDO | |
| ENLACE | |



**martín carrera
santa Anita**

LINEA 4



2a. ETAPA - PANTITLÁN - INSTITUTO DEL PETRÓLEO
3a. ETAPA - INSTITUTO DEL PETRÓLEO - POLITÉCNICO

PERFIL

INFORMACION TÉCNICA

| | | | |
|----------------------|--------------|----------------------|-----------|
| LONGITUD DE SERVIDIO | 14,435.673 m | ENLACE LINEA 6 | 769.130 m |
| LONGITUD TOTAL | 15,076.062 " | ENLACE LINEA 8 | 424.000 " |
| LONGITUD 2a ETAPA | 14,773.497 " | NÚMERO DE ESTACIONES | 13 |
| LONGITUD 3a ETAPA | 902.510 " | DE PASO | 8 |
| IMPULSA TALLERES | 24455024 | DE TRANSICIÓN | 5 |
| | 307025 | | |
| ENLACE CON LINEA 3 | 512.241 " | | |
| " LINEA 4 | 561.034 " | | |
| " LINEA 6 | 463.912 " | | |

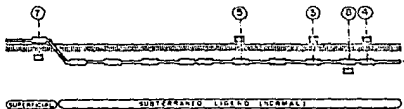
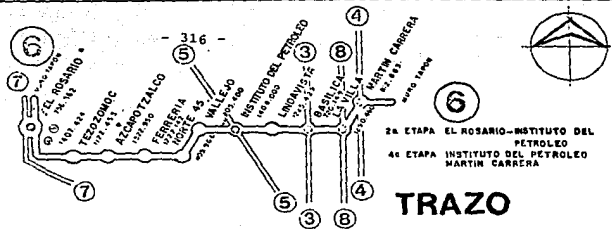
SIMBOLOGIA

- ESTACION DE PASO
- ESTACION DE TRANSBORDO
- ENLACE
- DEPOSITO
- TRIPLE TRANSICIÓN



**politécnico
pantitlán**

LINEA 5



* ENLACE A TALLER 945 885 = , INCLUIDO EN LA LONGITUD TOTAL DE LA LINEA.

PERFIL

INFORMACION TECNICA

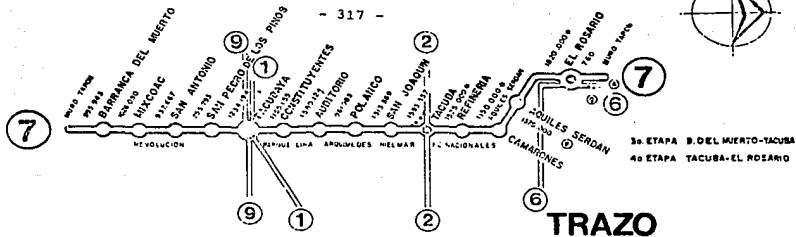
| | | | |
|----------------------|--------------|--------------------|----|
| LONGITUD DE OBRAS | 11,624.37m | No. DE ESTACIONES: | 11 |
| LONGITUD TOTAL | 13,947.303 " | DE PASO | 8 |
| LONGITUD EN 2a ETAPA | 9,264.242 " | DE TRANSBORDO | 5 |
| LONGITUD EN 4a ETAPA | 4,683.160 " | | |
| ESPUERA CON LINEA 5 | 459.912 " | | |
| ESPUERA CON LINEA 7 | 136.107 " | | |

SIMBOLOGIA

| | |
|----------------------------|--|
| ESTACION DE PASO | |
| ESTACION DE TRANSBORDO | |
| ENLACE | |
| DEPOSITO | |
| TALLER DE PEQUEÑA REVISION | |

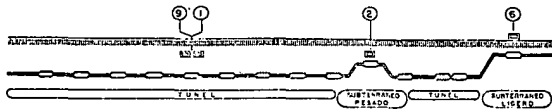
el rosario
martín carrera

LINEA 6



3a ETAPA B. DEL MUERTO-TACUBA
4a ETAPA TACUBA-EL ROSARIO

TRAZO



PERFIL

VALORES GRAFICOS PARA 4a ETAPA LO QUE MODIFICARA
LAS LONGITUDES TOTALES DE LA LINEA

INFORMACION TECNICA

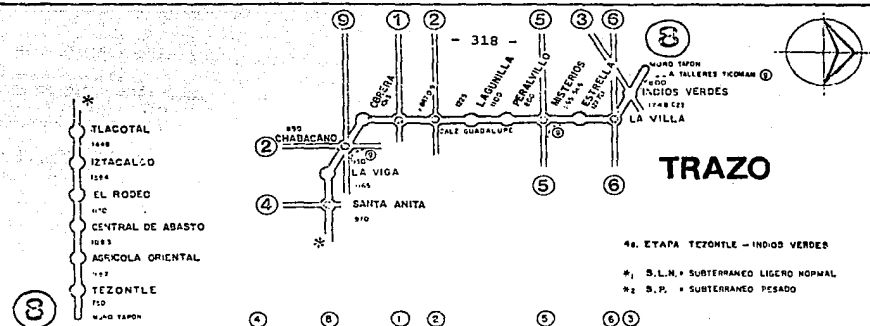
| | | | |
|----------------------|---------------|------------------|----|
| LONGITUD DE SERVIDIO | 17,017 702 m. | Nº DE ESTACIONES | 14 |
| LONGITUD TOTAL | 10,763 845 " | Nº DE PASO | 11 |
| LONGITUD EN 3a ETAPA | 13,6 367 " | DE TRANSICION | 3 |
| LONGITUD EN 4a ETAPA | 5,597 079 " | | |
| ENLACE CON LINEA 2 | 1,262,443' | | |
| ENLACE CON LINEA 6 | 136,1075' | | |

SIMBOLOGIA

| | |
|------------------------|--|
| ESTACION DE PASO | |
| ESTACION DE TRANSICION | |
| DISTANCIA GRAFICA | |
| ENLACE | |
| DEPOSITO | |
| TRIPLE TRANSICION | |

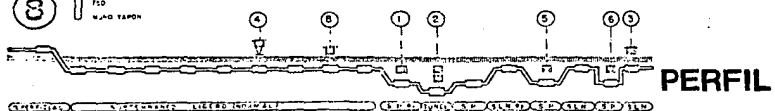
barranca del muerto
tacuba

LINEA 7



TRAZO

- 46. ETAPA TEZONTLE - INDIOS VERDES
- * S.L.M. = SUBTERRANEO LIGERO NORMAL
- ** S.P. = SUBTERRANEO PESADO



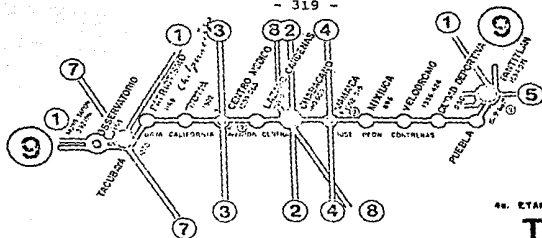
PERFIL

| INFORMACION TECNICA | | |
|-----------------------------|------------|---------------------|
| LONGITUD DE SERVICIO | 19,247.025 | Nº DE ESTACIONES 18 |
| LONGITUD TOTAL | 20,777.927 | EST. DE PASO 11 |
| LONGITUD EN 4ª ETAPA | 20,787.928 | DE TRANSBORDO 7 |
| ENLACE CON LINEA 5 | 789.135 | |
| ENLACE CON LINEA 9 | 263.070 | |
| ENLACE CON TALLERES TICOMAN | 450.000 | |

| SIMBOLOGIA | |
|------------------------|--|
| ESTACION DE PASO | |
| ESTACION DE TRANSBORDO | |
| ENLACE | |
| DEPOSITO | |
| TEJADERIA AERICA | |

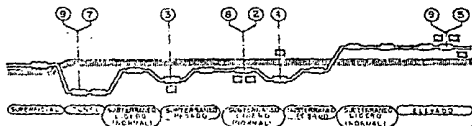
indios verdes
tezontle

LINEA 8



4a. ETAPA OBSERVATORIO-PANTITLÁN

TRAZO



PERFIL

INFORMACION TECNICA

| | | |
|---------------------------------|--------------------|----|
| LONGITUD DE SERVICIO 14,534.814 | NÚM. DE ESTACIONES | 13 |
| LONGITUD TOTAL 15,400.841 | DE PASO | 7 |
| LONGITUD 4a ETAPA 715,460.851 | DE TRANSBORDO | 6 |
| ENLACE CON LINEA 3 390.002 | | |
| ENLACE CON LINEA 9 424.003 | | |
| ENLACE CON LINEA 5 253.000 | | |

SIMBOLOGIA

| | |
|------------------------|--|
| ESTACION DE PASO | |
| ESTACION DE TRANSBORDO | |
| ENLACE | |
| INDICACIONES GRAFICAS | |
| SEÑALAMIENTO DE PASO | |

observatorio
pantitlán

LINEA 9

La Ingeniería Civil Mexicana tiene en la Obra del Metro un singular exponente. No obstante las dificultades técnicas que presenta el subsuelo de la ciudad y su compleja trama de instalaciones y servicios subterráneos, se han comprendido obras en beneficio de la población que, en muchos casos, sólo se percata de la dimensión de los trabajos ejecutados cuando los recibe totalmente terminados.

En la primera etapa de construcción del Metro, el suministro de energía eléctrica a las subestaciones de alumbrado y fuerza, y a las subestaciones de rectificación se llevaba a cabo mediante un sistema de alimentación central a través de dos subestaciones con dos transformadores de 38.5 kilovoltios amperes cada una, ubicadas en el Puesto Central de Control.

Durante la ampliación del Metro, a partir de la segunda etapa, se efectuaron estudios y análisis técnicos y económicos para revisar el sistema de alimentación eléctrica que convenía adoptar. Estos estudios condujeron a una modificación consistente en realizar el suministro a través de dos alimentadores subterráneos exclusivos para el Metro en 23 kilovoltios, para las subestaciones de rectificación y las cabeceras para alumbrado y fuerza, tomados directamente de subestaciones cercanas a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, en lugar de alimentación central que se utilizó antes.

Este cambio ha permitido una mayor confiabilidad y versatilidad en la operación eléctrica del sistema Metro, sin acrecentar excesivamente los costos de instalación.

El Metro de la Ciudad de México contaba en su inicio con un sistema de vías sobre durmientes de madera, durante la primera etapa, éstos se importan de Camerún, Africa; extraídos de un árbol de dureza extraordinaria llamado azobé.

Posteriormente se opta por la búsqueda de tecnologías de vía con durmiente de concreto que pueda elaborarse en el país.

Así, a partir de la Línea 4, se utiliza ya el durmiente de concreto tipo bibloque de tecnología francesa empleado anteriormente en algunas líneas de Metro de Marsella y Lyon, - cristalizándose en realidades todas las ventajas ofrecidas - por dicho producto.

El durmiente bibloque se integra por un par de prismas de concreto armado, unidos entre sí por un tirante metálico. Los prismas se elaboran en moldes especiales, con las preparaciones para recibir los elementos de fijación y colados industrialmente. El tirante de unión es un perfil de acero, originalmente de riel de 25 libras o un perfil equivalente.

Un sistema de durmiente de concreto alternativo es el tipo monobloque, sujetar las vías y mantener su separación. Por lo general requiere de un armado con preesfuerzo, es decir, - pretensado o postensado, según si las barras de acero que lo hacen resistente son sometidas a tensión antes o después de - que el concreto ha fraguado.

Las mayores cualidades del durmiente de concreto son, sin duda el suministro eficiente y el menor costo a largo plazo, - por lo que en definitiva ha ganado la preferencia general.

También con el fin de disminuir el costo de la implantación de la vía, se decidió buscar alternativas diferentes a - la tradicional de hacerlo sobre durmientes y balasto. Entre - ellas se planteó la construcción de vías fijas directamente - sobre el concreto. Para ejecutarla es condición básica asegurar que la estructura contenedora no presenta movimientos diferenciales a lo largo de la línea, por lo que sólo es aprovechable en zonas de baja compresibilidad del terreno.

De los tres perfiles que constituyen a la vía (riel, pista y barra guía), la barra guía, que originalmente se importaba - de Francia, se fabrica en el País, y se utilizó desde 1980 para la Línea 3. Lo mismo sucede con la pista que, a partir de la Línea 9, se hace en México. Sin embargo, el riel es aún un suministro extranjero.

Con lo que respecta a capacidad, el nivel máximo permisible de ocupación de los carros del Metro, se obtiene conociendo el número de asientos con que cuenta, así como el número de pasajeros que pueden ir de pie en cada unidad. En el piso libre de los carros del Metro normalmente es aceptada una ocupación de 6 pasajeros por metro cuadrado, con un promedio de 70 Kg de peso, teniendo en cuenta la máxima incomodidad que razonablemente pueden tolerarse, como resultado de la experiencia en diversos países y en México.

Los carros del S.T.C. cuentan con 22 m² de piso libre, 38 asientos en los carros motrices y 40 en los remolques, por lo que la ocupación máxima admisible debería ser de 170 ó 172 pasajeros por carro, o tal vez 180 cuando el promedio de peso es un poco menor de 70 kg.

Durante las "horas pico" del servicio del Metro, que tienen lugar de 6:30 a 9:30 de la mañana y de 17:00 a 20:00 en la tarde, o sea 6 horas diarias, es usual la ocupación de unos - 240 pasajeros en la mayoría de los carros que forman cada tren o convoy, que equivalen a más de 9 pasajeros por metro cuadrado, los que en ocasiones llegan a 10 ó un poco más. Esto significa, en términos generales, la ocupación de los carros en dichos lapsos es de 50 ó 60% más intensa que la máxima aceptable desde el punto de vista de la incomodidad tolerable.

Llantas portadoras.- Cada tren de 9 carros está provisto de 72 llantas portadoras y 72 llantas guía. Las más problemáticas son las primeras, dado que cuando una sola resulta "poncha

da", se hace necesario evacuar el tren y llevarlo a una vía auxiliar. Las "ponchaduras" de estas llantas tienen lugar con un promedio de 3 veces por mes.

Limpieza en estaciones y trenes.-En las estaciones se efectúa escrupulosa limpieza a fin de que al inicio de los servicios se tenga la mejor presentación posible de las estaciones. Posteriormente durante la operación normal, se cuenta con personal de limpieza especializado a fin de mantener un alto nivel de aseo y recoger las basuras emitidas por los usuarios.

Respecto a los trenes, sistemáticamente se les aplica limpieza profunda y durante el servicio, en las terminales, constantemente se barre el interior de todos los carros mientras se efectúa la maniobra de cambio de dirección del tren.

Entre los desarrollos tecnológicos que se tienen en proyecto, se puede mencionar el Metro Ligero que será una modificación respecto al Metro Neumático. Estará equipado con ruedas de acero y, por sus características, será de capacidad intermedia y de menor costo.

La alimentación eléctrica para el Metro neumático normal se efectúa mediante un par de barras guías, colocadas en la vía, a un lado de las pistas de rodamiento.

Este tipo de alimentación, debido a la doble barra guía hace costosa, tanto la instalación como el mantenimiento del sistema de vías, así como el propio sistema de tracción, además de ser poco versátil en el caso de intervenciones al tren en operación y exige el confinamiento de la vía.

Pensando en lo anterior, así como en el problema del cruce vehicular a nivel, para el que debía estar diseñado un sistema de capacidad intermedia, se optó por utilización de cate

naria, tanto en el Tren Ligerero, actualmente en operación, como en Metro Ligerero. Consta el sistema de una catenaria por vía, formada por cables alimentadores, cable portador e hilos de contacto; conservar la altura necesaria para la circulación de los trenes por medio de ménsulas con doble aislamiento, colocadas en postes a todo lo largo de la Línea.

Esta solución permite efectuar trabajos de mantenimiento a nivel de las vías, sin necesidad de interrumpir el sistema eléctrico de la red.

El costo de la catenaria resulta más ventajoso que el del sistema de las barras guía, considerando a futuro la integración de partes nacionales y la utilización de durmientes de la línea que no requiere el uso de aisladores para soportar la barra guía.

Así mismo, permite "desconectar" físicamente el tren de una línea energizada, a voluntad, tan solo replegando los pantógrafos. Esta labor resulta imposible en el Metro sin la previa interrupción de la corriente; posibilita, además, el cruce a nivel en vialidades.

VIII.2.1 Elecciones de rutas más adecuadas para transporte superficial, elevado y subterráneo.

La red actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro, está constituido por estructuras de tipo subterráneo, bien sea de cajón, superficial o elevada.

Cualquiera que sea la elección, siempre ha de procurarse que el tipo de línea se integre totalmente al contexto urbano de la ciudad.

Podemos afirmar que desde la etapa de planeación se vislumbra el tipo de línea que se empleará. En efecto simultáneamente al proceso de seleccionar el recorrido de una línea del Metro se inicia el análisis preliminar de factibilidad física, es decir, el estudio de las interferencias con redes de agua potable, alcantarillado, electricidad, teléfonos, gas y ductos de petróleo.

Se toman en cuenta las restricciones relativas a las pendientes del terreno, condiciones del subsuelo, amplitud y continuidad de las calles, alturas y tipos de las construcciones-aledañas al trazo, usos de suelo, zonas arqueológicas, históricas y del patrimonio de la ciudad.

Se consideran además las alternativas de desvíos de tránsito necesarias en las etapas de construcción, las afectaciones y las obras viales inducidas por la construcción de las líneas.

Existen otros factores de suma importancia en el proceso de selección del tipo de línea, ellos son el costo de obra civil por Km, el tiempo de ejecución de la obra civil, conservación de obras y equipo y mantenimiento de la vía.

En general podemos decir que para la selección del tipo de línea se toman en cuenta los siguientes factores:

- Costo de obra civil por Km.
- Tiempo de ejecución de la obra civil.
- Obstrucciones de la vía pública durante la ejecución.
- Interferencias en los servicios municipales.
- Conservación de obras y equipo
- Mantenimiento de la vía
- Paisaje Urbano: Aspecto estético y barrera física.

- Futura disponibilidad vial.
- Libramientos viales perpendiculares inducidos.
- Selección adecuada del procedimiento para construcción de un túnel.

1.- Solución Superficial:

La solución superficial consiste en una losa de concreto reforzado de 8 m de ancho y dos muretes laterales de contención, desplantada sobre terreno previamente mejorado y a una profundidad aproximada de 1.30 m para lograr así una adecuada compensación de cargas. Requiere una amplitud vial mínima de 50 m para lograr soluciones satisfactorias, desde el punto de vista estética del paisaje urbano.

Debido a la profundidad de desplante de esta alternativa, la interferencia con instalaciones municipales se ve disminuida.

Dada la simplicidad del proceso constructivo se tienen rendimientos de 130 a 150 m por mes, que son los más altos en comparación con los otros tipos de líneas.

Las molestias al tránsito y al público, durante la fase de construcción, no son de gran magnitud.

2.-Solución Subterránea en cajón:

La solución subterránea en cajón es una estructura de concreto armado, de sección rectangular, desplantada a la menor profundidad posible.

Debe cumplir con los requisitos de estabilidad, compensación, flexibilidad e impermeabilidad que se requieren para suelo con características tan particulares como las del Valle

de México.

Es posible construir el cajón en vialidades de poca amplitud empleando el método constructivo de muros milán o tablaestaca. Si existe espacio suficiente el cajón puede ser construido a cielo abierto.

La construcción del cajón conlleva a fuertes interferencias con las instalaciones municipales, lo cual obliga a realizar un gran número de obras inducidas para librarlas.

La realización de las obras inducidas aunadas a la naturaleza del procedimiento constructivo del cajón, hacen de esta solución la más conflictiva respecto a molestias al público y el tránsito de vehículos.

Los rendimientos de la solución en cajón subterráneo son del orden de 90 a 110 m por mes.

3.-Solución elevada:

La solución elevada es una estructura similar a un puente continuo. La cimentación es a base de zapatas de concreto sobre pilotes de fricción.

Las líneas elevadas se pueden alojar en vialidades con amplitud mínima de 40 m.

El principal objetivo de la construcción del metro elevado es evitar la construcción de pasos a desnivel en los cruces con avenidas importantes o vías de ferrocarril.

Las interferencias con instalaciones municipales no son de gran consideración respecto a la solución en cajón subterráneo.

El tránsito no se ve interrumpido aún durante las etapas -

de construcción y las molestias al público también son mínimas.

En esta solución se tienen rendimientos aproximados de 70 a 90 m por mes.

4.- Solución en Túnel Profundo:

El túnel profundo constituye un paso subterráneo abierto artificialmente para la circulación del metro.

Las líneas en túnel profundo resultan de la necesidad de evitar fuertes desvíos de tránsito, es decir cuando el trazo se localiza sobre avenidas importantes de alta densidad vehicular.

Aunque las inversiones económicas son muy altas, se tienen una serie de condiciones ventajosas; no existen restricciones respecto a la amplitud de las vialidades, no existen interferencias con instalaciones municipales y las molestias ocasionadas al público y al tránsito son mínimas.

Esta alternativa presenta rendimientos del orden de 90 a 110 m por mes.

Respecto al costo de la obra civil de las líneas citadas y en forma general el más alto corresponde a la línea en túnel profundo, en tanto que los costos intermedios los poseen las líneas en cajón subterráneo y elevada, en ese orden, el más bajo corresponde a la línea superficial.

Tal vez uno de los factores más importantes es el del paisaje urbano, ya que el aspecto estético, se altera de acuerdo al tipo de solución elegido. La magnitud de la alteración del paisaje urbano depende primordialmente del ancho de la calle, así por ejemplo, el problema causado por la línea elevada se acentúa en calles de anchura menor de 40 m, en tanto que la solución superficial se requiere de anchura mínima de 50m para lo

grar soluciones satisfactorias. En estas consideraciones se debe tomar en cuenta, además el tipo de zona por la que atraviesa la línea industrial, comercial o residencial, el tipo de usuarios a quien beneficiará y la formación de una barrera continua que no existe para el tipo de soluciones elevadas o subterráneas.



Fig. VIII.2.1.a Solución superficial

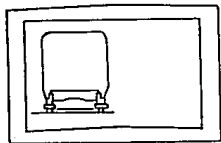


Fig. VIII.2.1.b Solución en cajón subterráneo.

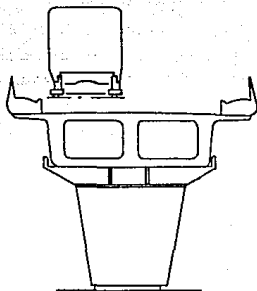


Fig. VIII.2.1.c Solución elevada

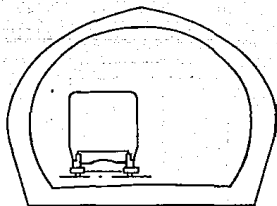


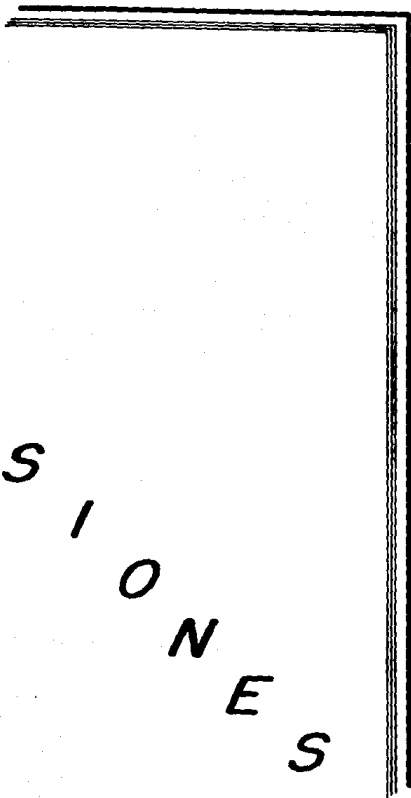
Fig. VIII.2.1.d Solución en Túnel

C U E S T I O N A R I O

(CAPITULO VIII)

- 1.- ¿Qué problemas se presentaron en la Cd. de México, para - que se tomara la decisión de construir el METRO?
- 2.- Mencione algunos porcentajes de los medios con que disponía la Ciudad de México para movilizar a sus habitantes:
- 3.-¿En qué consiste el Plan Maestro del METRO?
- 4.- Mencione algunas características del ME
- 5.- ¿Porqué se optó por cambiar los durmientes de madera que se usaron en la primera etapa de construcción del metro- por durmientes de concreto?
- 6.-¿Qué factores se toman en cuenta para la elección del tipo de línea?
- 7.- ¿ Cuáles son las características de una línea superficial?
- 8.- ¿ Cuáles son las características de una línea subterránea?
- 9.- ¿ Cuáles son las características de una línea elevada?
- 10.-¿ Cuáles son las características de una línea en Túnel Pro- fundo?

*C
O
N
C
L
U
S
I
O
N
E
S*



CONCLUSIONES

Es importante conocer la historia y desarrollo de los Ferrocarriles, puesto que muchos de los actuales problemas y adelantos del Sistema Nacional son consecuencia de las circunstancias que en el pasado definieron la trayectoria de los mismos. Por otra parte, el análisis y conocimiento del estado de las instalaciones y equipo determinará la estrategia a seguir para el mejoramiento de estos elementos, es por tanto indispensable mejorar los aspectos como defectos en los rieles, condiciones de servicio de vías, así como de carros etc.

Debido a su enorme capacidad de carga y su consecuente longitud, el Ferrocarril presenta problemas de tipo geométrico en lo que se refiere a la circulación sobre la vía, es por tal motivo que se estudian los diversos tipos de curvas, así como las velocidades recomendables del transporte.

En lo referente a la magnitud de las fuerzas actuantes sobre la vía, podemos decir que éstas determinan de manera directa el tipo de estructura sobre el cual descansarán los equipos; cabe aclarar que la naturaleza de estas fuerzas es también factor determinante en el diseño de dicha estructura. Así mismo, junto con la construcción de lo que es en sí la vía se toman en cuenta elementos periféricos de apoyo como son drenes, colectores y cunetas.

Dentro del aspecto Vía están implícitos los rieles que son la superficie de rodamiento, así como los accesorios de fijación para con el durmiente como son clavos, tirafondos, pernos, anclas, etc.

Aspecto por demás importante es la clasificación de los trenes en función de la carga que transportan. Las locom-

deben tener una potencia acorde al tonelaje de la carga por transportar, para que el desarrollo de las actividades resulte económico. Además los trenes pesados tienen mayores restricciones en cuanto a velocidades permisibles de circulación tanto en terrenos planos como en los tramos con pendiente.

Otros elementos que no podemos menospreciar son las estaciones, patios y terminales; dichos elementos componen la parte más importante de la Infraestructura ferrocarrilera, dado que en ellos se realizan las maniobras de carga y descarga, mantenimiento de los equipos y servicios administrativos.

La versión más moderna de los Ferrocarriles lo encontramos en las Ciudades, los Ferrocarriles Metropolitanos destinados al transporte de pasajeros poseen la más reciente tecnología en lo que a fuerza motriz se refiere, y como son eléctricos el nivel de contaminación es mínimo. Es indiscutible que este tipo de Ferrocarril son la solución más elocuente al problema de transporte dentro de las grandes metrópolis. Como están destinados únicamente al transporte de personas, son trenes rápidos y ligeros, por tanto, pueden ser diseñados para trabajar no sólo a nivel del terreno, sino también trabajan eficientemente como trenes subterráneos o elevados.

Se puede hablar de muchas carencias dentro del Sistema Ferrovionario Nacional, destacando entre ellas, el mantenimiento el cual es muy deficiente y costoso, existe una cantidad de vagones y locomotoras fuera de servicio, por este motivo; y si consideramos las condiciones del equipo que se encuentra fuera de servicio muchas unidades no satisfacen ni el mínimo de requisitos para desempeñar de manera rentable sus funciones.

La recopilación de información contenida en diferentes publicaciones, las cuales cabe mencionar, no se encuentran al alcance de manera directa, es el resultado de la presente Tesis llamada "Apuntes de Ferrocarriles", la cual pretende en su

desarrollo darle al alumno una visión genral de lo que son los Ferrocarriles.

A P E N D I C E

Abocardar.- Ensanchar la entrada de un agujero.

Acotamiento.- Porción del balasto entre el extremo del durmiente y el pie del talud del balasto.

Aguja de cambio.- Intersección de la línea de escantillón del riel del cambio, prolongada, y la línea de escantillón del riel de apoyo.

Aguja de Sapo.- La parte de un Sapo que queda entre las extensiones de las líneas de escantillón desde su intersección hasta el extremo del talón (la parte más lejana del desvío o cambio).

Alineación.- Localización horizontal de una vía férrea, descrita por sus tangentes y curvas.

Angulo de sapo.- Angulo formado por la intersección de las líneas de escantillón de un sapo.

Balasto.- Material seleccionado, como piedra cuebrada, colocado en la cama de la vía para mantener la vía alineada y nivelada.

Balasto superior.- Material de carácter superior que se esparce sobre un sub-balasto para soportar la estructura de vía, distribuir la carga y proporcionar un buen drenaje.

Cambio.- Estructura de vía para cambiar de dirección al equipo rodante de una vía a otra.

Cruce.- Construcción usada donde una vía cruza con otra a nivel, consiste en cuatro sapos conectados.

Curva compuesta.- Cambio continuo de alineamiento efectuado con dos o más curvas simples contiguas de diferente radio-pero con una tangente común en cada unión.

Curva Gufa.- Curva entre el cambio y el sapo de una desviación.

Curva inversa.- Curva formada por dos curvas simples contiguas con una tangente común, pero con centros de curvatura en lados opuestos de la tangente.

Curva Simple.- Cambio continuo en el alineamiento efectuado con arco de radio constante y centro fijo.

Curva de Transición.- Curva cuyo radio varía para proporcionar transición gradual entre una tangente y una curva simple o entre dos curvas simples de diferente radio.

Curva Vertical.- Curva de transición que conecta líneas con pendientes que se intersecan.

Chicoteo.- Azotar

Derecho de Vía.- Terrenos o derechos usados o reservados para la operación del ferrocarril.

Durmiente, calzado.- Colocación de los durmientes.

Durmiente, cambio.- Durmiente que funciona como traviesa, pero es el más largo y soporta un cruce o desviación.

Durmiente, traviesa.- Miembro transversal de la estructura de la Vía al que se fijan los rieles para dar el ancho, amortiguar y distribuir las cargas del tráfico.

Entongar.- Apilar

Escantillón.- Distancia entre dos líneas de rodadura.

Grado de la Curva.- Angulo subtendido al centro de una curva simple, por una cuerda de 100 pies.

Hachazuelar.- Afinar con hacha los durmientes.

Ladero.- Vía, auxiliar de la vía principal para permitir que pasen los trenes.

Pantógrafo.- Especie de trole articulado para locomotoras eléctricas.

Planchuela.- Miembro rígido de acero usado comunmente (en pares) para unir los extremos de los rieles y sujetarlos con firmeza, en forma pareja y con presición en superficie y alineamiento por rodadura.

Ramal.- Línea o líneas secundarias de un ferrocarril.

Rasante.- Línea en perfil que representa la parte superior de los terraplenes y la inferior de cortes listos para recibir balasto.

Riel (vía).- Perfil de acero rolado, comunmente con sección "T", puesta de punta a punta, en durmientes u otros soportes adecuados que forman una vía para que ruede equipo ferroviario.

Sapo.- Estructura de vía en la intersección de dos rieles

de viaje para proporcionar soporte a las ruedas y pasajes a sus cajas, lo cual permite que las ruedas de cada riel crucen el otro.

Sobre-elevación.- Altura del riel externo sobre el interno a lo largo de la curva.

Sub-balasto.- Material de calidad superior esparcida en la subrasante terminada de una base de vía bajo el balasto superior para proporcionar un buen drenaje, evitar levantamientos por congelación y distribuir las cargas sobre el lecho de la vía.

Subrasante.- Superficie terminada del lecho de la vía bajo el balasto y la vía.

Tangente.- Riel o vías rectos; específicamente, la vía recta contigua a una curva.

Tajadera.- Cuchilla en forma de media luna que sirve para cortar algunas cosas.

Trole.- Dispositivo que asegura, por un contacto que rueda o sea deslizada, la unión eléctrica entre un conductor aéreo y un receptor móvil.

Vía.- Ensamblado de rieles, durmientes y sujetadores sobre el que se mueven carros, locomotoras y trenes.

Vía maestra.- Vía que conecta el cuerpo de vías de un patio.

Vía principal.- Vía que se extiende través de los patios y entre estaciones, sobre la que son operados los trenes por-

un horario o por un programa o por ambos, cuyo uso está gobernado por señales de bloque.

Vía en Y .- Arreglo triangular de vías en que los carros, locomotoras y trenes pueden dar la vuelta.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- FERROCARRILES
Francisco M. Togno.
- 2.- TRATADO DE FERROCARRILES TOMO I Y II
Fernando Oliveros Rives.
- 3.- MANUAL DE DEFECTOS DE RIELES
Instituto de Capacitación ferrocarrilera.
- 4.- GENERALIDADES SOBRE VIAS DE FERROCARRIL
Instituto de Capacitación ferrocarrilera.
- 5.- DETALLE PARA CONSTRUCCION Y REPARACION DE CARROS
Instituto de Capacitación ferrocarrilera.
- 6.- TOPOGRAFIA
Ing. Miguel Montes de Oca.
- 7.- TOPOGRAFIA MODERNA
Russell C. Brinker
Paul R. Wolf
- 8.- MANUAL DEL INGENIERO CIVIL
Frederick S. Merritt
- 9.- APUNTES DE FERROCARRILES
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 10.- VIAS DE COMUNICACION
Heinen.
- 11.- INGENIERIA DE TRANSPORTE
William W. Hay.

- 12.- VIA
Instituto de Capacitación Ferrocarrilera
Tomo II señalización. Ing. A. Cárdenas.
- 13.- TERMINAL DEL VALLE DE MEXICO
Ferrocarriles Nacionales de México
Instituto de Capacitación Ferrocarrilera. 1956.
- 14.- PATIOS DE CLASIFICACION POR GRAVEDAD
J.K. Dodds
United Kingdom Railway Advisory Service (1962)
- 15.- MODERNIZACION DE LA TERMINAL FERROVIARIA DEL VALLE DE MEXICO
Rafael Avalos Domenzai
- 16.- ANTEPROYECTO PARA LA NUEVA TERMINAL FERROVIARIA DE CARGA DE
MONTERREY, NUEVO LEON.
Alfredo de Jesús Gómez Hernández.
- 17.- AUTOEVALUACION DE LA CONSERVACION Y REHABILITACION DE LA -
VIA Y SUS ESTRUCTURAS EN EL AÑO DE 1985.
Instituto de Capacitación Ferrocarrilera.
- 18.- PROGRAMA NACIONAL DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES(1984-1985).
Poder Ejecutivo Federal.
- 19.- REQUERIMIENTO PARA CUBRIR LAS NECESIDADES DEL TRAFICO DE
CARGA EN EL AÑO 2000.
Abril de 1980
Ferrocarriles Nacionales de México.
- 20.- REGLAMENTO DE CONSERVACION DE VIA Y ESTRUCTURAS PARA LOS
FERROCARRILES MEXICANOS.
Ferrocarriles Nacionales de México.

- 21.- NUEVOS CAMINOS PARA EL METRO
COVITUR (1982-1988)
- 22.- PLAN REACTOR DE VIALIDAD Y TRANSPORTE DEL D.F.
COVITUR (1982).
- 23.- MANUAL PARA CONSTRUCTORES.
Compañía fundidora de fierro y acero
de Monterrey, S.A.