

24
59



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"GENERALIDADES SOBRE CONSTRUCCION Y
OPERACION DE SISTEMAS CARRETERAS
Y FERROVIARIAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A:

C H A V E Z R O S I L E S J O R G E



MEXICO, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-175

Señor CHAVEZ ROSILES JORGE
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Luis Heredia Lozano, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"GENERALIDADES SOBRE CONSTRUCCION Y OPERACION
DE SISTEMAS CARRETEROS Y FERROVIARIOS"

- I. TERRACERIAS
- II. PAVIMENTOS
- III. TENDIDO DE VIAS FERREAS
- IV. OPERACION DE CARRETERAS
- V. OPERACION FERROVIARIA

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, - el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 6 de agosto de 1986.
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A RASCON CHAVEZ

OARCH/GZM/ard.-

I N D I C E

Indice	ii
Introducción	vi
1.- Terracerías	1
1.1. Materiales y especificaciones de construcción (SCT)..	1
1.2. Equipo y mano de obra	7
1.2.1. Factores que influyen en el rendimiento del equipo utilizado en la construcción de caminos	7
A) Resistencia al rodamiento	
B) Resistencia debida a la pendiente	
C) Eficiencia del operador	
D) Naturaleza del terreno	
E) Efectos de la humedad del material	
F) Condiciones climatéricas	
G) Efectos de la ASNM	
1.2.2. Empleo de las diferentes máquinas en la construcción de carreteras	9
A) Tractores sobre orugas	
B) Tractores sobre neumáticos	
C) Escarificadores	
D) Escrepas y motoescrepas	
E) Motoconformadoras	
F) Palas, grúas y dragas de arrastre	
G) Vehículos de transporte (camiones)	
1.3. Procedimientos de construcción	20
1.3.1. Procedimientos para fijar estacas laterales	21
A) En cortes	
B) En terraplén	
1.3.2. Construcción de terraplenes con préstamos laterales	24
1.3.3. Construcción de terraplenes en zonas pantanosas	27
A) Por sustitución	
B) Por flotación	
C) Por consolidación	
D) Por hundimiento total del terraplén	
1.4. Acarreos, curva masa y equipo empleado en ellas	28
1.4.1. Diferentes tipos de acarreo	28
A) Acarreo libre	
B) Sobre acarreo	
C) Acarreo corto	
D) Acarreo largo	

1.4.2.	Curva masa	29
1.4.3.	Equipo empleado en acarreos	32
2.-	Pavimentos	33
2.1.	Materiales para pavimentos y especificaciones de construcción (SCT)	33
2.1.1.	Generalidades	33
2.1.2.	Especificaciones de construcción (SCT)	35
	A) Materiales empleados en sub-bases y bases	
	B) Materiales empleados en carpetas y mezclas asfálticas	
2.2.	Equipo empleado en la construcción de pavimentos	41
2.2.1.	Equipo empleado en la producción de materiales	41
	A) Trituradoras de quijadas	
	B) Trituradoras de molino de martillos	
	C) Trituradoras de rodillos	
	D) Trituradoras giratorias	
	E) Trituradoras cónicas	
2.2.2.	Equipo para compactación de suelos	47
	A) Rodillos pata de cabra	
	B) Aplanadoras de rodillos metálicos lisos	
	C) Aplanadoras de rodillos de rejilla	
	D) Rodillos de ruedas segmentadas	
	E) Rodillos vibratorios	
	F) Compactadores combinados	
	G) Aplanadoras de neumáticos	
2.2.3.	Otros equipos empleados en la construcción de pavimentos	55
	A) Barredor	
	B) Esparcidores de materiales pétreos	
	C) Petrolizadoras	
	D) Plantas dosificadoras de mezclas asfálticas	
	E) Máquinas estabilizadoras	
2.3.	Sub-base, base y superficie de rodamiento. Procedimientos de construcción	60
2.3.1.	Sub-bases y bases	60
2.3.2.	Superficie de rodamiento	62
	A) Carpetas asfálticas por el sistema de riegos	
	B) Carpetas asfálticas por el sistema de --- mezcla en el lugar	
	C) Carpetas de concreto asfáltico	

3.-	Tendido de vía	69
3.1.	Introducción	69
3.2.	Tendido de vía clásica	70
3.2.1.	Juntas	70
3.2.2.	Juntas de compromiso	71
3.2.3.	Clavado de vía	72
3.3.	Tendido de vía elástica.....	73
3.3.1.	Tendido de vía directo en el campo con durmiente de madera o concreto	74
	A) Distribución del riel	
	B) Distribución del durmiente	
	C) Distribución de accesorios	
	D) Alineado de durmientes	
	E) Colocación de las placas de huele	
	F) Colocación de los rieles sobre los durmientes y emplanchuelamiento	
	G) Distribución de los demás accesorios	
	H) Espaciamiento definitivo y alineamiento de rieles	
	I) Soldadura de rieles en taller y en campo	
	J) Juntas de dilatación	
3.3.2.	Armado de vía con durmiente de madera	82
3.3.3.	Armado de vía con durmiente de concreto	86
3.4.	Sistemas constructivos de vía elástica	87
3.4.1.	Sistema constructivo empleando pórticos	87
3.4.2.	Sistema constructivo empleando una grúa y -- plataformas de lorrys ,.....	91
3.4.3.	Sistema constructivo empleando una grúa y -- una combinación de plataformas de ferrocarril y de lorrys	94
3.4.4.	Sistema constructivo empleando pórticos fijos y un trineo	99
3.4.5.	Sistema constructivo empleando por la Sociedad Nacional de los Ferrocarriles Franceses (SNCF)	102
3.4.	Balastado	105
3.5.1.	Primer tiro de balasto	105
3.5.2.	Segundo tiro de balasto	107
4.-	Operación de una carretera	109
4.1.	Breve reseña histórica de los caminos de México	109

4.2.	Aspectos de la operación de una carretera	110
4.2.1.	Control automático o semiautomático del -- tráfico	111
4.2.2.	Empleo de medios para informar al usuario de neblina, accidentes, etc.	111
4.2.3.	Problemas de operación cuando se llevan a ca bo obras viales y de mantenimiento bajo trá- fico	112
4.2.4.	Servicios para el usuario	112
4.3.	Señalamientos	113
4.3.1.	Señales preventivas	113
4.3.2.	Señales restrictivas	115
4.3.3.	Señales informativas	115
5.-	Operación de un ferrocarril	117
5.1.	Introducción	117
5.2.	Operación de trenes	118
5.3.	Aspectos de la operación de vía simple	120
5.4.	Ordenes de tren y señales	121
5.5.	Bloqueo primitivo	122
5.6.	Estaciones, patios y terminales	123
	Conclusiones	128
	Bibliografía	130

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

La construcción de sistemas carreteros y ferroviarios representa un papel de suma importancia dentro del desarrollo nacional, no sólo por la cuestión económica, sino también por lo que representan o pudieran representar socialmente.

Actualmente en nuestro país, el transporte terrestre, el carretero más que el ferroviario, son los medios de transporte que mueven una gran cantidad, tanto de carga como de pasajeros. El sistema carretero absorbe el 97% de los movimientos de transporte interurbano de personas y dentro del transporte nacional de carga, los autotransportes -- realizan el 80% del movimiento nacional de carga, sin incluir el petróleo y sus derivados.

En cuanto al sistema ferroviario, éste se encuentra rezagado debido a los siguientes problemas principalmente:

- La red ferroviaria de 25,500 Km, de vía sencilla casi en su totalidad, presenta un notable atraso respecto a las necesidades actuales, además de presentar una deficiente conservación.

- Los sistemas operativos requieren de una modernización -- sustancial. La mayor parte de la red opera con el antiguo procedimiento de órdenes de tren, con deficiente señalización y menos de 1,000 Km con sistemas de control de tráfico centralizado.

- Problemas laborales, bajos salarios y contrato colectivo que limita la productividad.

- La situación financiera se ha deteriorado a un nivel crítico que desalienta el desarrollo de los ferrocarriles, pues no reflejan su productividad.

Por las razones y los problemas antes expuestos, dichos sistemas merecen ser analizados y estudiados.

La construcción y la operación, tanto de carreteras como de ferrocarriles, son etapas dentro de las obras que realiza la Ingeniería Civil y como las demás etapas (Planeación, Proyecto, Conservación, etc.) tienen gran importancia.

En este trabajo se describen en los capítulos 1 y 2 algunos aspectos de la construcción de terracería y pavimentos de caminos, como lo son los materiales empleados en su construcción, la maquinaria y algunos procedimientos constructivos empleados en dichos trabajos. En el capítulo 3 se describen algunos de los sistemas para realizar el tendido de vía. En los capítulos 4 y 5 se tratan aspectos de la operación de caminos y ferrocarriles y, finalmente se exponen algunas conclusiones.

Quisiera advertir del aspecto limitado del trabajo, ya que -- debido a la extensión del tema, cada uno de los capítulos podría ser -- tratado más ampliamente, pero lo anterior no es el fin de este trabajo.

GENERALIDADES SOBRE CONSTRUCCION Y OPERACION DE SISTEMAS CARRETEROS Y FERROVIARIOS

CAPITULO 1

T E R R A C E R I A S

1. 1. MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION (SCT)

Uno de los costos más importantes en la construcción de vías terrestres corresponde a los materiales utilizados como roca, grava, arena y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierte en uno de los problemas básicos del Ingeniero Civil. La experiencia en este campo, nos ha enseñado que si se le dá la importancia debida a este aspecto, se podrán localizar depósitos de materiales apropiados -- cerca del lugar de su utilización, con lo que se abaten los costos de su transportación.

La localización de un banco de materiales es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o roca que puedan emplearse en la construcción de una determinada parte de un camino, satisfaciendo las especificaciones de calidad y los requerimientos de volumen del caso. Algunas de las características que deben de garantizarse al seleccionar un banco de materiales son:

En primer lugar, cumplir con la calidad según el uso al que se dedicarán.

En segundo lugar, tienen que ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos.

En tercer lugar, tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra, ya que este ren-

glón repercute en forma importante en los costos.

En cuarto lugar, tienen que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, requiriendo los mínimos tratamientos.

En quinto lugar, deben de estar localizados en tal lugar que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución o causen problemas a la comunidad o región en donde se encuentren.

Lo más común es que sea necesario localizar bancos para terracerías, para capa subrasante, para sub-base y base de pavimento y para carpeta, aunque muchas veces, un mismo banco puede proporcionar material para varios de esos usos, sometiendo su producto a diferentes tratamientos. Los bancos para terracerías en general abundan y son fáciles de localizar, pues para ese fin sirven casi todos los materiales que sean económicos explotables, a excepción de los suelos MH, CH y OH con límite líquido mayor que 100% y los suelos P_t o Turba. Además conviene fijarlos no demasiado espaciados, para no dar lugar a distancias de acarreo excesivas, la separación óptima está en la mayoría de los casos -- prácticos, en donde se alcance el equilibrio de costos entre el acarreo, por un lado y el costo del despilme y preparación del banco por el otro. Las distancias que resultan no suelen exceder los 5 Km entre banco y -- banco, aunque habrá casos en que sean mucho mayores, como en el caso de las zonas agrícolas, ya que los costos de afectación son muy altos.

Los materiales para terracerías no suelen sujetarse a ningún tipo de tratamiento especial y se utilizan tal como se obtienen, ya que en esa condición natural deberán cumplir las especificaciones constructivas y de calidad señaladas más adelante. Se considera antieconómico el empleo de tratamientos, salvo en casos muy especiales. Los materia-

les empleados para terracerías se clasifican de acuerdo con lo indicado en el cuadro anexo # 1, además de la carta de plasticidad que se utiliza como complemento en la clasificación de suelos. Respecto a -- las características y recomendaciones para el uso de materiales en terracerías, se recomienda que dichos materiales cumplan con lo indicado en el cuadro No. 2.

Los materiales que se utilicen en la capa subrasante deberán cumplir con las normas de calidad que se indican en el cuadro No. 2. -- (última columna). En algunos casos será posible emplear en la construcción de la capa subrasante, materiales estabilizados con cal, cemento - Portland, materiales puzolánicos o materiales asfálticos, pero para esto, será necesario realizar los estudios y proyectos correspondientes.

Es importante señalar también que, en general, los materiales empleados en la formación de las terracerías se obtienen de tres -- fuentes distintas.

Se utiliza el obtenido de la excavación de un corte para formar un terraplén vecino; este procedimiento suele denominarse de compensación longitudinal y resulta económico, en el sentido de que tiende a disminuir los volúmenes de desperdicio y a utilizar todo el material removido; es obvio que en muchos casos la compensación que se logra no es completa, produciéndose faltantes o desperdicios, según los volúmenes de terraplén superen o no a los de corte y es obvio también que el procedimiento está limitado por la calidad de los materiales que se obtengan al excavar los cortes y la que se requiera en el que se haya de colocar en los terraplenes.

El segundo procedimiento para la obtención de materiales es el llamado préstamo lateral. En él se extrae el material necesario de

CUADRO NUMERO 2

TIPO	SUB-TIPOS	SIMBOLO DEL GRUPO	CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBAS ESPECIFICADAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMETRICOS BELOS MAXIMOS	RECOMENDACIONES PARA SU USO				
					CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA DE SUB-BASANTE EN TERRAPLENES Y CORTES			
FRAGMENTOS DE ROCA	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg Fgm Fgo Fgnc Fgcm	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándolos en su posición más estable, entendiéndose que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE			
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fm Fmc Fmg Fmcg Fmgc	Susceptibles de acomodarse por bande con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE			
	CHICOS MAYORES DE 7.6 cm y MENORES DE 20 cm	Fc Fcm Fcg Fcmg Fcmc	Susceptibles de acomodarse por bande con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE			
S U B T I P O S	GRUESOS	GRAVAS	GW GP GM GG	AASHO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA DINAMICA En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	90% de Compactación	95% de Compactación			
		ARENAS	SW SP SM SC						
	FINOS	LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	ML CL OL				Susceptibles de compactarse con equipo especial.	90% de Compactación	95% de Compactación en carretas. En Aeropistas no deben usarse.
		LIMITE LIQUIDO ENTRE 50 Y 100	MH ₁ CH ₁ OH ₁						
		LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 100	MH ₂ CH ₂ OH ₂						
	ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	PL					NO DEBEN USARSE	NO DEBEN USARSE

El proyecto deberá especificar aquellos casos en que no sea posible construir por capas, todo o parte del terraplén. Los casos de este tipo deberán ser indicados en el proyecto. El uso de equipo especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación. Esto solo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto figurará el procedimiento a seguir en estos casos.

No deberán usarse materiales a a valor relativo de soporte actualizado menor de 5% o expansión mayor de 5%.

excavaciones paralelas al eje de la vía y adosadas a ésta, generalmente dentro del derecho de vía; el ancho puede ser de 20, 40, 60, 80 ó 100 m como máximo. Con este procedimiento se disminuyen los acarreos de los materiales, que son un renglón importante en el costo total de construcción. El préstamo lateral sólo debe emplearse cuando produzca materiales apropiados, sean fáciles de drenar las zanjas a que dá lugar y quede a razonable distancia del camino.

El tercer método para obtener materiales de construcción en los caminos (en vías terrestres), es la localización de un depósito o formación naturales de material apropiado, para explotarlo en forma masiva, acarrearlo y tenderlo en la vía. Al respecto se ha hablado ya al principio del inciso.

Por lo que respecta a la capa subrasante, esta es la capa -- subyacente a la subcorona, tanto en corte como en terraplén su espesor es normalmente de 30 cm, y está formada por material seleccionado ya -- que soportará las cargas que le transmita el pavimento.

En los terraplanes se escoge el material y se compacta al -- 95% de su peso volumétrico máximo. En los cortes se pueden dar los siguientes casos:

- Con material arcilloso de mala calidad, se saca el material 30 cm abajo del nivel de la rasante, se sustituye por material de buena calidad y se compacta al 95% de su peso volumétrico máximo (PVM).
- Con material de buena calidad, se escarifica, se humedece, se tiende y se compacta al 95% de su PVM.
- En los cortes en roca, se perfora y se truena 30 cm abajo del nivel de la rasante, se permiten que queden picos de 15 cm arriba -

De esta profundidad (15 cm abajo del nivel de la rasante), se rellena con material adecuado al nivel de la rasante y se compacta al 95% de su PVM.

1. 2. EQUIPO Y MANO DE OBRA

1.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION DE CAMINOS

A.- Resistencia al rodamiento

Es la resistencia que encuentra un vehículo y que se opone a su movimiento sobre un terreno a nivel. Esta resistencia varía mucho y es función de las condiciones de la superficie sobre la cual se mueve el vehículo, y además del tipo de llanta empleado. Esto se puede ejemplificar de la siguiente manera: un suelo suave presente una resistencia mayor que uno duro. Para los vehículos que se desplazan sobre llantas de hule la resistencia al rodamiento varía con la presión, el diseño de las estrías y las dimensiones de las llantas. En cambio, para los vehículos que se mueven sobre orugas la resistencia al rodamiento varía de acuerdo con la condición de la superficie sobre la cual se desplaza el equipo. La resistencia al rodamiento se expresa en kg por toneladas de peso bruto del vehículo, asignándole valores aproximados a las condiciones del camino de acarreo.

B.- Resistencia debido a la pendiente

El efecto de la pendiente en un camino es el de aumentar, en pendiente ascendente, y el de disminuir, en pendiente descendente, la tracción requerida para mantener el vehículo en movimiento. Esta resistencia varía en proporción directa al ángulo de la pendiente y al peso de la máquina y equivale al 10 kg por tonelada métrica bruta por cada 1% de pendiente. Hay que tener presente que cuando un tractor esta ti-

rando una carga, para determinar el efecto de la pendiente deben emplearse los pesos brutos combinados del tractor y de la carga. De aquí se puede concluir que es de mucha importancia localizar los bancos de materiales a alturas mayores que la de los terraplenes o zonas en las cuales los materiales vayan a ser usados, pues de esta manera la pendiente descendente ayudará a los vehículos cargados y podrán llevar cargas mayores.

C.- Eficiencia del operador

Esta es muy difícil de determinar ya que varía no solamente de temporada, sino aún a diferentes horas de un mismo día. La mayor o menor habilidad del operador influye grandemente en el rendimiento de las máquinas, por lo que es común la implantación de planes de incentivos, que aumentarán la eficiencia del operador. Aunque se recomienda contar con hombres experimentados y orgullosos de su habilidad. Combinado los defectos en la habilidad del operador con las irregularidades en la carga y en el acarrero de los materiales, se llega a una hora efectiva de trabajo de algo menos de 60 minutos. La experiencia ha demostrado que es difícil mantener, durante períodos prolongados, una eficiencia de más de 83%, lo que equivale a una hora efectiva de 50 min.

D.- Naturaleza del terreno

Debido a las características diferentes de cada suelo, ya sea por sus condiciones granulométricas o por sus condiciones plásticas, hay que tener en cuenta el tipo de suelo a atacar y su factor de abundamiento, porque no es lo mismo, por ejemplo, atacar un suelo granular cementado que el suelo de una arena fina.

E.- Efectos de la humedad del material

Tanto la tierra ordinaria como la arena cuando se encuentran

secas ocupan sólomente la capacidad útil de la hoja empujadora o de la excavadora, mientras que en estado húmedo tienen una adherencia que aumenta el volumen transportado. Sin embargo, cuando la humedad es en exceso, el volumen transportado será análogo al volumen en estado seco.

F.- Condiciones climáticas

Respecto a este factor, es casi imposible preveer su influencia ya que puede llegar hasta duplicar el tiempo previsto para la terminación de los trabajos, ya que el barro y la humedad afectan grandemente al sistema de tracción de las máquinas.

G.- Efectos de la altura en el comportamiento de los motores

Debido a que los motores de combustión interna trabajan mediante la mezcla del oxígeno del aire con el combustible quemado para efectuar la conversión de la energía latente en energía mecánica, si se reduce la densidad del aire debido a la altura, entonces la cantidad de oxígeno será menor que al nivel del mar. Por lo tanto, para hacer que permanezca constante la relación aire-combustible, será necesario reducir la cantidad de combustible, regulando el carburador. Para fines prácticos es suficiente suponer que los motores de gasolina de cuatro ciclos y los motores diesel, tendrán una pérdida en potencia con respecto al nivel del mar de 3% por cada 300 m arriba de los primeros 300 m.

1. 2. 2. EMPLEO DE LAS DIFERENTES MAQUINAS EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS.

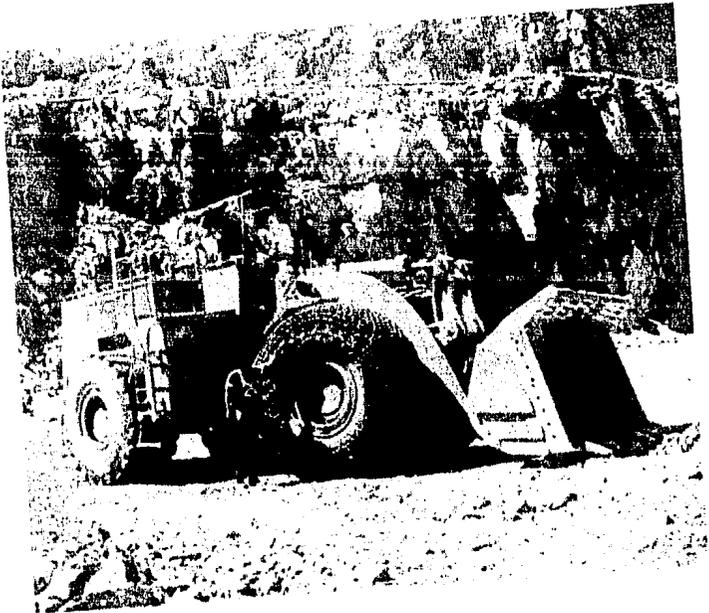
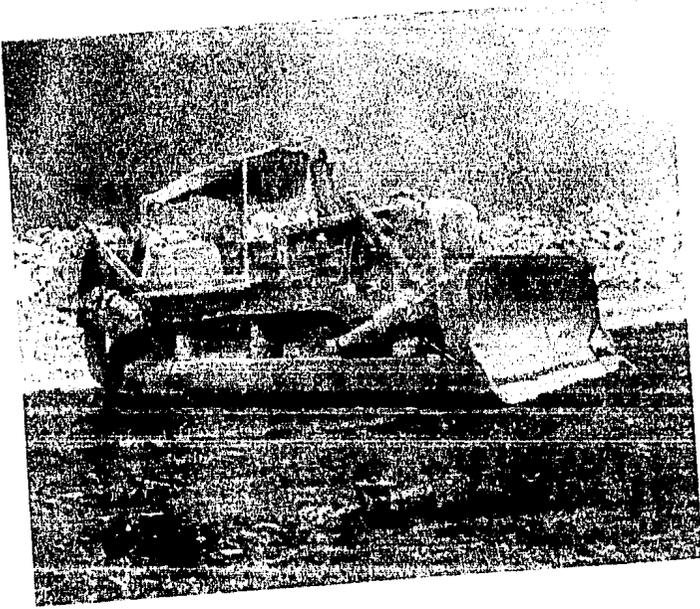
A continuación se hablará de una serie de equipos que tienen uso común en la construcción de caminos. Al respecto, cabe hacer la aclaración que en este inciso no se tratará toda la maquinaria usada, si no que se hablará del equipo más usual para la formación de terracerías y más adelante, (en el capítulo 2) se hablará del resto del equipo, por

ahora nos dedicaremos a los siguientes equipos:

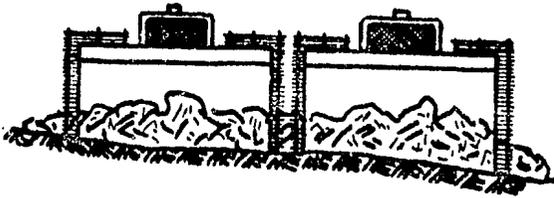
A.- Tractores sobre orugas

Los tractores sobre orugas son máquinas que tienen una gran variedad de usos en la construcción de caminos, y así los vemos tanto en la limpieza de terrenos como moviendo materiales a corta distancia, efectuando cortes en laderas, limpiando de escombros algunas zonas, nivelando pisos de bancos, empujando escrepas o tirando de ellas, etc. -- En la actualidad el término BULLDOZER se usa en sentido general tanto para los BULLDOZER propiamente dichos como para los ANGLEDOZER. Los BULLDOZER son los que se montan con su cuchilla perpendicular a la dirección de su avance, mientras que los ANGLEDOZER se montan con su cuchilla formando un determinado ángulo con la dirección del avance. El manejo de los DOZER puede hacerse por medio de cables o por medio de un sistema hidráulico. En cuanto a la eficiencia ya sabemos que toda eficiencia que se calcule a 100% de eficiencia en el rendimiento humano y mecánico, no se ajusta a la realidad, pues hay ciertos factores que afectan dicho rendimiento (ya mencionados anteriormente). Debido a que para calcular los rendimientos se hace necesario cuantificar todos los factores que afectan el rendimiento, se ha llegado a establecer una serie de eficiencias horarias según las condiciones de operación y aplicables a la mayoría de los equipos de maquinaria pesada empleados en el movimiento de tierras.

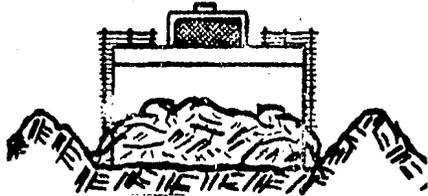
Se puede decir que el BULLDOZER es la máquina más adecuada para construir caminos a media ladera. Además, el BULLDOZER permite efectuar nivelaciones rápidas en terrenos de poca extensión, ya que retroceder, remover y empujar las tierras en cualquier dirección y más rápido que otros equipos. Efectúa el trabajo preliminar de una nivela---



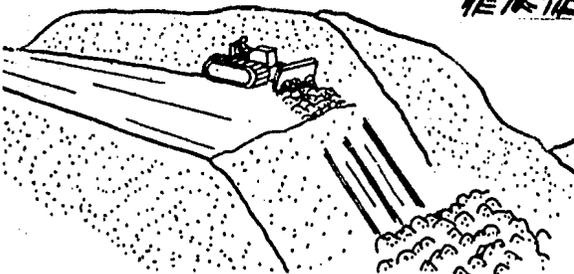
ción mas completa y facilita el de las máquinas que vayan a usarse después. La experiencia ha demostrado que el uso del BULLDOZER para mover tierras a distancias superiores de 60 m horizontales disminuye su rendimiento en forma notable. Para conseguir máximos rendimientos en los tractores existen algunos de los procedimientos de construcción señalados a continuación: Trabajo en pareja (colocación de las cuchillas de los tractores una al lado de la otra de tal manera que actúen como si fuera una sola). Método del canal (se trata de aprovechar los montones de tierra que se forma en la primera pasada para que encuadren a la cuchilla y evitar así el desbordamiento lateral del material) y Método de descenso (cuando se mueve material en pendientes fuertes no es necesario descender en cada viaje sino que puede formarse en el borde un montón debido a varias cargas y después dar un empujón final al material para que llegue hasta el fondo).



Trabajo en pareja



Método del canal



Método de descenso

B.- Tractores sobre neumáticos

Los tractores sobre neumáticos, aparecen debido a la necesidad de contar con unidades que se muevan más rápido que los tractores sobre oruga. Actualmente, los tractores sobre neumáticos alcanzan velocidades mayores a los 45 km/hr por lo que compiten en muchas obras con los montados sobre orugas.

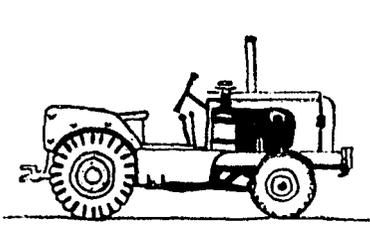
Los tractores sobre neumáticos se fabrican de dos tipos, sobre dos y sobre cuatro ruedas. Los últimos tienen la ventaja de poderse separar de las unidades de arrastre y trabajar solos. En contrapartida, los tractores sobre dos ruedas tiene mayor tracción en el eje motriz y menos llantas que mantener.

C.- Escarificadores

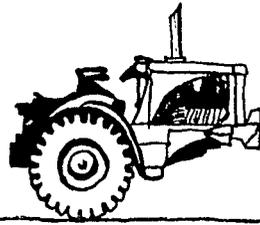
La función de este equipo es desgarrar (escarificar) materiales que se encuentren muy compactos para aflojarlos. Debido a su sencillez, resistencia y utilidad el escarificador es único en su tipo, ya que permite aumentar el rendimiento de los tractores, de las escrepas y de las motoconformadoras. Los factores que limitan la operación de escarificación son: la capacidad de los dientes para poder penetrar en el material y la potencia del equipo en el cual se use. A medida que aumenta la dureza del material, es conveniente ir suprimiendo dientes del escarificador, para aumentar sobre los dientes que quedan, la fuerza de penetración y fragmentación aunque en una sola línea de corte.

D.- Escrepas y Motoescrepas

La escrepa es una máquina montada en cuatro ruedas, remolcada por un tractor de oruga, que excava, carga, acarrea, descarga y extiende la tierra en un solo viaje. Esta máquina efectúa nivelaciones más precisas que los tractores. Las operaciones principales de la es--



Tractor de 4 ruedas



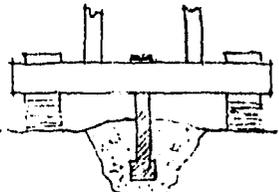
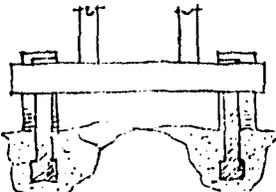
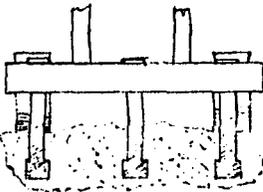
Tractor de 2 ruedas

Uso de 3, 2 ó 1 dientes para la máxima penetración

Material Promedio

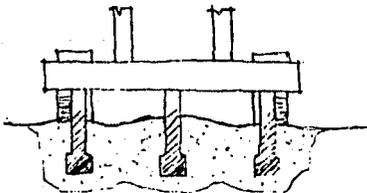
Material Duro

Material muy Duro

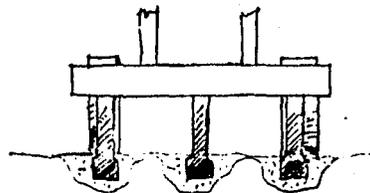


1. En material promedio use tres dientes para todo el rompimiento
2. Si las espigas no cavan.
3. Entonces quite la espiga del centro para reducir la resistencia de penetración.
4. Si las espigas aún no cavan.
5. Quite las espigas exteriores y coloque el diente central.
6. Cuando se emplea una espiga siempre se coloca al centro.

Penetración de los dientes



Correcto



Incorrecto

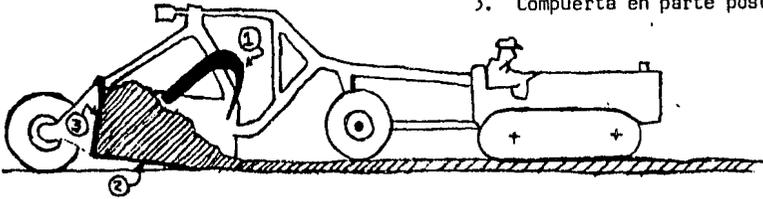
crepa se efectúan en la siguiente forma: carga (delantal levantando, hoja enterrada, compuerta en la parte posterior), acarreo (hoja levantada, delantal cerrado) y extendido (delantal levantado, hoja colocada para dar el espesor deseado, la compuerta se empuja hacia adelante para desalojar todo el material). Para que las escrepas puedan ser utilizadas en forma eficiente, es necesario tener presente las condiciones de carga, el transporte de material al lugar de descarga y el tendido de material. Respecto a las condiciones de carga, debe tratarse siempre de cargar la capacidad máxima tolerable y procurar efectuar esta operación a la distancia más corta, (30 m o menos). Con relación al transporte de material hay que mencionar que el estado del camino debe permitir las velocidades máximas, ya que la vibración y los golpes provocarán fatiga al operador, lo que ocasionará disminución del rendimiento. El tendido del material se ejecuta, generalmente, mediante la descarga de las escrepas en capas horizontales de igual espesor. A fin de que el rendimiento sea máximo, debe efectuarse la descarga a la mayor velocidad y en la mínima distancia, en capas de 15 ó 20 cm de espesor de acuerdo con el tipo de material.

En cuanto a las motoescrepas, son una combinación de tractor y escrepa, ambos sobre neumáticos, que permiten una gran rapidez en su movimiento por lo que se obtiene mayor rendimiento. Generalmente, estas máquinas pueden marchar a una velocidad máxima de 50 km/hr. Existen dos tipos: tractor sobre cuatro ruedas, como los tractores ordinarios y tractor sobre dos ruedas, con el peso del motor colocada delante del eje tractor y equilibrando la carga con la parte delantera de la escrepa aplicada ligeramente detrás del eje. Debido a la falta de las orugas, las cuales tienen más adherencia con el terreno, las motoescrepas son incapaces de cargarse por sí solas y por ello la necesidad de -

Uso de la motoescrepa

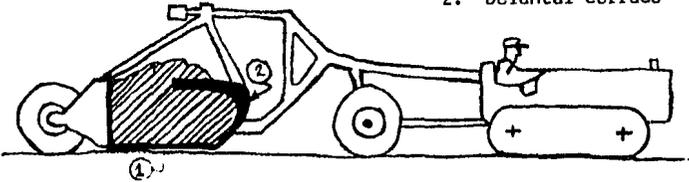
Carga

1. Delantal levantado
2. Hoja enterrada
3. Compuerta en parte posterior



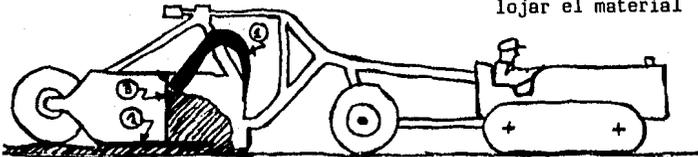
Acarreo

1. Hoja levantada
2. Delantal cerrado



Extendido

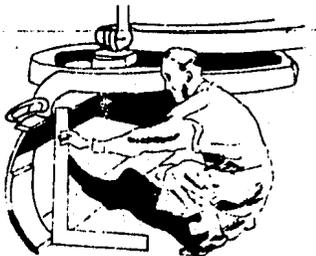
1. Delantal levantado
2. Hoja colocada para dar el espesor deseado
3. La compuerta empujando -- hacia adelante para desalojar el material



un tractor de empuje es importantísima. La motoescrepa es eficiente sólomente para distancias de 300 a 1,200 m que puedan ser recorridos rápidamente.

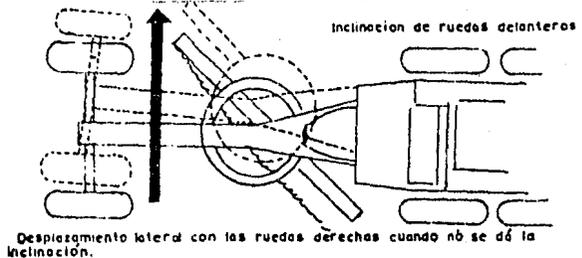
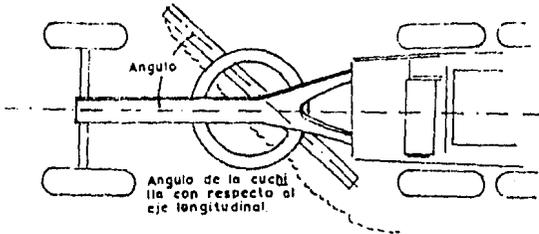
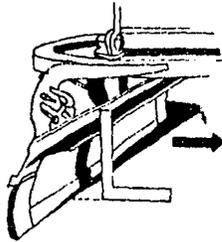
E.- Motoconformadoras

La motoconformadora es una de las máquinas de mayor uso en la construcción y conservación de caminos, ya que se emplea tanto para revolver materiales como para extender y conformar los mismos. De igual manera se suele emplear para afinar taludes, para hacer zanjas, para conservar cunetas, etc. Por su sistema de transmisión hay dos tipos de motoconformadoras, una, la más común, es la que únicamente las ruedas traseras son motrices y las delanteras direccionales; la otra, que es la menos usual, en donde tanto las ruedas traseras como las delanteras son motrices. Las motoconformadoras tienen una cuchilla que puede moverse por rotación alrededor de un eje vertical, por rotación alrededor del eje longitudinal de la cuchilla y por traslación siguiendo este eje. Para llevar a cabo los trabajos de que es capaz la motoconformadora, es indispensable aprovechar al máximo la potencia de la máquina. Un factor que afecta esta potencia es el ajuste de la cuchilla y siendo cóncava la forma de ésta, su diseño es tal que la posición frontal más efectiva para cortar y revolver se logra cuando su filo queda vertical al lado superior.



Posición frontal de la cuchilla para cortar o revolver.

Posición de la
cuchilla para
rastreos.



Con respecto a la posición de la cuchilla con relación al eje longitudinal de la máquina, el ángulo debe limitarse al apropiado para que el material pueda correr libremente hacia el extremo de la cuchilla. La inclinación de las ruedas delanteras es básica, ya que en casi todas sus aplicaciones las motoconformadoras soportan una fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado. Para contrarrestar esta fuerza, las ruedas delanteras deben inclinarse hacia la dirección que lleva la tierra al correr sobre

la hoja o cuchilla. Además, la motoconformadora es una máquina que por su forma de trabajo hacia adelante, debe voltear en tramos de longitud no menor de 300 m ya que para menores distancias conviene utilizar la reversa para regresar.

F.- Palas, Grúas y Dragas de arrastre

Estas máquinas sirven para ejecutar una serie de trabajos tan variados como numerosos en condiciones que cambian continuamente, todas estas máquinas han sido ideadas para utilizar una gran variedad de accesorios, de tal manera que puedan hacerle frente a las exigencias del movimiento y a las diferentes condiciones del suelo.

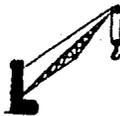
Los accesorios de estas máquinas se clasifican en tres grupos fundamentales: aguilón de pala, aguilón tipo grúa y aguilón de azadón.

Generalmente los accesorios son intercambiables.

Aguilón de Pala



Aguilón de Grúa



Aguilón de Azadón



Herramientas Excavadoras	Canchos	Herramientas de agarre	Herramientas para materiales a granel
 Baldes para dragas de arrastre  Cucharon de Alcega  Cucheta de cuatro secciones  Hoja de Pelicosa	 Gancho sencillo  Vestor  Gancho de trípode  Estringa  Gancho especial	 Terceros  Gancho  Mordazas  Electro-arranc  Alcega	 Balde para hormigón  Cubeta  Plataforma de carga  Plataforma de vaciado por el fondo PESAS  Demolador  Martinete

G.- Vehículos de transporte (camiones)

Uno de los factores más importantes para preparar correctamente la obra es el suministro de vehículos de transporte del tamaño adecuado y en la cantidad indispensable para realizar un ciclo de trabajo uniforme e ininterrumpido con el equipo de carga y obtener así un rendimiento máximo, ya que cualquier deficiencia en la flota del transporte se refleja directamente en el rendimiento del equipo cargador. Algunas de las causas principales que ocasionan lo anterior son las siguientes:

- Son de tamaño demasiado pequeño
- Son insuficientes en número
- Pierden mucho tiempo de su trabajo
- No se mueven con la conveniente sincronización
- No se colocan bien para ser cargados por el equipo que para ello se selecciona

El equipo tratado hasta aquí corresponde al más usado en el movimiento de tierras para la construcción de caminos. Lo anterior no implica, de ninguna manera, que sea el único. Como se dijo anteriormente, en el capítulo 2 se tratará el resto del equipo más usual en la construcción de caminos. Entre estos últimos mencionaremos las trituradoras, el equipo para compactación y el equipo para la --carpeta asfáltica.

1. 3. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

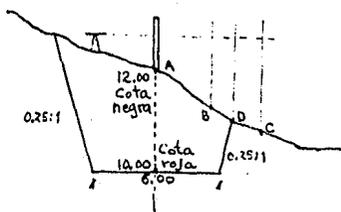
Todo proyecto que haya sido bien elaborado, merece y debe ser bien construido. A continuación se expondrán algunos procedimientos básicos de la construcción de caminos.

1.3.1. PROCEDIMIENTOS PARA FIJAR ESTACAS LATERALES

Antes de efectuar cualquier movimiento de tierras es necesario, colocar las estacas que sirven de guía al trabajo. Estas estacas se colocan a cada lado de la línea de centro, en los puntos en que el talud lateral del corte o del terraplén intercepte la superficie del terreno natural. Las estacas colocadas en los puntos en donde el corte o el terraplén es cero, definen los límites del trabajo, así como las áreas que hay que limpiar. Usualmente se sigue la costumbre de inclinar hacia la línea del centro la estaca que marque corte, mientras que la que indique terraplén se inclina hacia afuera. Los números en las estacas indican el corte o terraplén que hay que hacer en relación con la cota de la subrasante en la línea del centro. Es necesario referenciar todas las estacas y para ello se fija una distancia para el emplazamiento o colocación de las estacas de referencia, lo que permite reemplazar las que se muevan o se pierdan durante la ejecución de los trabajos. A continuación se expone el procedimiento topográfico para fijar la posición de las estacas laterales.

A.- Procedimiento para fijar estacas laterales en corte

El procedimiento a seguir es por medio de tanteos y para explicarlo nos ayudaremos de un perfil transversal en corte a escala, ya que precisamente nos estará representado el terreno real y las distancias que en él midamos serán las reales.



Los datos que se llevan al campo son la cota del terreno en el eje del camino, la cota de la subrasante en el eje del camino, ancho de la sección del camino y taludes del camino. El procedimiento es el siguiente: se colocan el aparato y el estadal tal como se indican en la figura y se obtiene:

Cota en A	=	12.00 m (dato)
Lectura en A	=	1.00 m
Altura del aparato	=	12.00 + 1.00 = 13.00 m

A continuación se realiza el primer tanteo.

Lectura en B	=	1.80 m
Cota en B	=	13.00 - 1.80 = 11.20 m
Cota de la subrasante	=	10.00 m (dato)
Profundidad del corte	=	11.20 - 10.00 = 1.20 m
Distancia horizontal calculada	=	3.00 + $\frac{1.20}{4}$ = 3.30 m
Distancia horizontal media en campo	=	3.00 m no concuerdan

Como no concuerdan la distancia horizontal calculada y la distancia horizontal medida se realiza un segundo tanteo:

Altura del aparato	=	13.00 m
Lectura en C	=	2.10 m
Cota en C	=	13.00 - 2.10 = 10.90 m
Cota de la subrasante	=	10.00 m
Profundidad del corte	=	10.90 - 10.00 = 0.90 m
Distancia horizontal calculada	=	3.00 + $\frac{0.90}{4}$ = 3.225 m
Distancia horizontal medida en campo	=	3.90 m no concuerdan, por ello realizamos

un tercer tanteo.

Altura del aparato	=	13.00 m
Lectura en D	=	1.95 m
Cota en D	=	$13.00 - 1.95 = 11.05$ m
Profundidad del corte	=	$11.05 - 10.00 = 1.05$ m
Distancia horizontal calculada	=	$3.00 + \frac{1.05}{4} = 3.26$ m

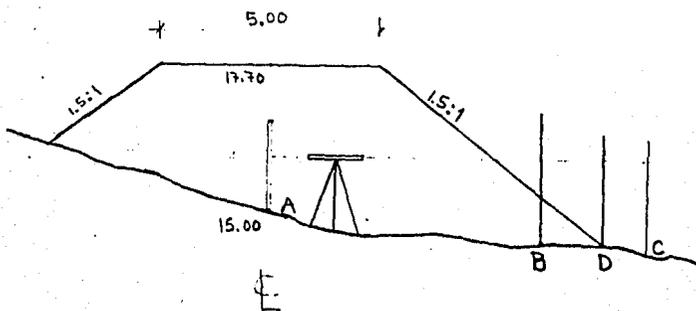
Distancia horizontal medida en campo = 3.26 m concuerdan por lo tanto esa es la posición de la estaca o sea, el punto D

B.- Procedimiento para fijar estacas laterales en terraplén

En el caso de los terraplenes el procedimiento es igual al caso de los cortes, éste se ejemplifica en la siguiente manera:

D a t o s

Cota del terreno en el eje del camino	=	15.00 m
Cota del la subrasante en el eje del camino	=	17.70 m
Ancho de la sección del camino	=	5.00 m
Taludes del terraplén	=	1.5 : 1



Y se procede de la siguiente manera: se coloca en aparato tal como se indica en la figura y se obtiene:

Cota en A = 15.00 m (dato)
 Lectura en A = 1.00 m
 Altura del aparato = 15.00 + 1.00 = 16.00 m

En seguida se realiza el primer tanteo:

Lectura en B = 1.40 m
 Cota en B = 14.60 m
 Altura del terraplén = 17.70 - 14.60 = 3.10 m
 Distancia horizontal calculada = 2.50 + 1.5 x 3.1 = 7.15 m
 Distancia horizontal medida en campo = 5.70 m no concuerdan

Hacemos otro tanteo en C y suponiendo que la distancia horizontal medida es mayor que la calculada, ello significará que ya nos pasamos. Por lo que realizamos otro tanteo entre B y C, hecho en la misma forma, con lo que muy probablemente acertaremos, es decir, la distancia horizontal calculada será igual a la distancia horizontal medida en campo.

1.3.2. CONSTRUCCION DE TERRAPLANES CON PRESTAMOS LATERALES

A continuación se presenta una serie de esquemas que nos muestran diversos procedimientos de construcción de terraplanes con préstamos laterales.



Fig 1

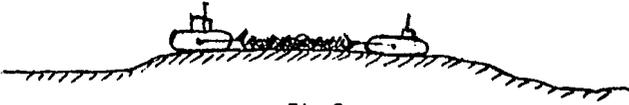


Fig 2



Fig 2A



Fig 3



Fig 4



Fig 5

En la figura 1 se muestra la construcción de un terraplén el cual se hace cargando y transportando el material por medio de escrepas mecánicas o por motoescrepas. La construcción con este tipo de equipo significa que el relleno se haga por capas y que las máquinas, a través de su peso, por medio de los neumáticos compacten el material. El procedimiento es adecuado para suelos con características plásticas, pero en los francamente arenosos el procedimiento es antieconómico, si la rodada de la escrepa tiende a atascarse en la arena. Además hay que señalar que habrá que usar equipo de compactación adecuado ya que la compactación obtenida con el procedimiento no es completa ni uniforme.

En las figuras 2 y 2A se muestra el procedimiento de construcción de un terraplén por medio de bulldozers que empujan el material de los préstamos laterales hacia el cuerpo del terraplén, dejando montones sin más compactación que el que le dá su propio peso. Este procedimiento sí es adecuado para arenas sin cohesión alguna.

La figura 3 muestra el empleo de los bulldozers en la construcción de terraplanes combinando su uso con máquinas de compactación. La figura 4 muestra un terraplén que se construye con excavadora elevadora. Este procedimiento es inadecuado si no se combina con otro equipo que distribuya el material por capas y lo compacte.

La figura 5 muestra la construcción de un terraplén con préstamos laterales en terrenos que permanecen inundados, pero sólo si el material tiene la calidad adecuada. El equipo adecuado para llevar a cabo esta construcción es la pala de arrastre.

De los cinco casos descritos, se puede concluir que el equipo y el procedimiento de construcción, son una consecuencia directa de

la calidad de los materiales y de las condiciones físicas en que se encuentren.

1.3.3. CONSTRUCCION DE TERRAPLANES EN ZONAS PANTANOSAS

La construcción de terraplanes sobre zonas pantanosas siempre presenta el problema de los hundimientos, lo que nos indica que debiera evitarse, pero como no siempre es económicamente posible, existen algunos procedimientos que pueden seguirse:

A.- Procedimientos por sustitución

Este procedimiento consiste en excavar el material del pantano hasta llegar al estrato resistente y rellenarlo con material adecuado. Generalmente es antieconómico.

B.- Procedimiento por flotación

Consiste en hacer que el terraplén flote mediante el empleo, en él mismo, de un material cuyo peso volumétrico sea menor que el del pantano. Inconvenientes: con el tiempo presenta asentamientos.

C.- Procedimiento por consolidación

Consiste en proporcionar al material del pantano cierta capacidad para sostener al terraplén, lo cual puede obtenerse por desecación del pantano, esto es poco común ya que las zonas pantanosas son las más bajas en una región lo que dificulta la construcción de zanjas para drenar la zona; por confinamientos del terraplén a ambos lados mediante el uso de tablaestacados, esto resulta muy costoso; por medio de drenes de arena para acelerar la consolidación, éste resulta ser variable en función de la velocidad de consolidación; por último con sobrecargas laterales que aumenten la resistencia pasiva al desplazamiento, esto resulta ser en muchos casos una solución adecuada.

D.- Procedimiento por hundimiento total del terraplén

Consiste en hundir al terraplén hasta hacerlo descansar sobre el fondo resistente que detenga el movimiento desplazado el suelo fangoso, lo cual puede conseguirse por medio exclusivo de la gravedad o por medio de fuerzas exteriores para acelerar el proceso. Esto último puede hacerse mediante chiflones de agua o con uso de explosivos.

1. 4. ACARREOS, CURVA MASA Y EQUIPO EMPLEADO EN ELLOS

1.4.1. DIFERENTES TIPOS DE ACARREOS

Los acarreos son movimientos de volúmenes, ya sean de préstamo o corte, que deben ser transportados para formar los terraplanes o en algunos otros casos, volúmenes de desperdicio que deben transportarse al lugar que indique el proyecto.

La hoy S.C.T. clasifica los acarreos de acuerdo con la distancia máxima y por consiguiente se tiene:

A.- Acarreo libre

Es el que se efectúa dentro de una distancia que corresponde a la carga de la máquina y será la distancia mínima a la que pueda ser transportado un material, estando su precio incluido en el de la excavación. Para representar la distancia de acarreo libre se traza una línea horizontal igual en cada cresta o columpio del diagrama de masas. El volumen por mover será la altura comprendida entre la cota de la línea trazada y la cota del punto máximo o mínimo dependiendo si es columpio o cresta.

B.- Sobre acarreo

Resulta de acarrear el material mediante el empleo de tractor

de los cortes a los terraplenes, a una distancia comprendida entre los 20 y los 120 m.

El sobre acarreo resulta de multiplicar el volumen por la distancia y dá m^3 - estación (de 20 m c/u).

C.- Acarreo corto

En este movimiento se utiliza la motoescrepa y es cuando la distancia máxima está comprendida entre los 120 m y 520 m. El acarreo corto será el producto del volumen por su distancia y queda en m^3 - hectómetro.

D.- Acarreo largo

Es cuando la distancia máxima está entre los 520 y 20,000 m. En este movimiento se utiliza el camión. Cabe hacer la observación que para distancias mayores de 20,000 m se necesita autorización del director o jefe del departamento.

El acarreo largo será el resultado de multiplicar la distancia por el volumen, lo que dará en m^3 -km.

A cada uno de estos movimientos corresponde un precio unitario, con excepción del acarreo libre, cuyo costo se incluye en el de excavación. Además, para la determinación de los tres últimos acarreos con base en el diagrama de masas, el procedimiento es semejante para los tres.

1.4.2. CURVA MASA

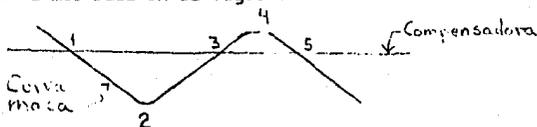
Sabemos que la curva de masas es "la representación gráfica de la suma algebraica de los volúmenes de corte y terraplén, estos últimos afectados por sus coeficientes de variabilidad volumétrica, considerados los volúmenes desde un origen hasta cierta estación y

que son las ordenadas. Las abscisas representadas por las distancias en unidad de estación de 20 m desde el origen del proyecto de una vía; se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos". Por consiguiente dichas coordenadas servirán para dibujar el diagrama de masas en un sistema de coordenadas rectangulares y se utiliza para distribuir económicamente los volúmenes de terracería.

Para el cálculo del diagrama de masas se requiere de una secuencia que se puede resumir de la siguiente manera:

- Se proyecta la rasante sobre el perfil del terreno correspondiente al trazo definitivo.
- Se determinan los espesores en corte o en terraplén para cada estación.
- Se dibujan las secciones de construcción.
- En las secciones de construcción, se dibuja la plantilla del corte o terraplén, con los taludes correspondientes.
- Se calculan las áreas.
- Se calculan los volúmenes, abundando los cortes según sea la clasificación del material.
- Se suman los volúmenes considerando los cortes positivos y los terraples negativos.
- Se dibuja la curva obtenida con los valores anteriores.

Por otro lado, si en nuestra curva masa trazamos una línea horizontal como la mostrada en la figura:



Vemos que los puntos 1, 3 y 5 tienen la misma ordenada.

A la línea horizontal que los une se le denomina compensadora, pues distribuye los volúmenes de tal manera que quedan compensados, pues el terraplén de 1 a 2 lo podemos compensar con el corte de 2 a 3, y al terraplén de 4 a 5 lo compensamos con el corte de 3 a 4, el orden que se sigue siempre es el mismo, si la compensación queda arriba de un mínimo el material se mueve hacia atrás y si queda abajo de un máximo, se moverá hacia adelante.

Como no siempre es posible compensar todos los cortes y terraplenes, debido a que los acarrees se vuelven más largos e incostables, en ocasiones se recurre a solicitar préstamos de material a los lados del camino para los terraplenes, o a despediciar material de corte que resulta incosteable transportar.

En cuanto al trazo de las compensadoras, en primera instancia se trazan todas las compensadoras de 20 m en todos los cambios de signo, procediéndose después a trazar todas las compensadoras de 100 m. en todos los casos en que la curva de masas se encuentre un cambio de cambio de signo; en los casos en que la distancia entre las ramas de la curva de masas sea menor de los 100 m, se colocará la línea compensadora a la mitad entre los dos máximos y mínimos consecutivos de que se trate.

Ya habiéndose trazado todas las compensadoras de 20 y de 100 m, con el mismo criterio se trazarán las compensadoras de 480 m. En muchos de los casos la prolongación de las compensadoras de 100 m nos dará la nueva compensadora de 480 m. Finalmente, estando --- trazadas todas la compensadoras de 20, 100 y 480 m, con los mismos criterios se prolongarán las compensadoras de 480 m para obtener las

nuevas compensadoras mayores de 480 m.

Debe recordarse que cada vez que se traza una compensadora equivale a borrar la curva de masas que haya sido compensada por cada compensadora.

1.4.3. EQUIPO EMPLEADO EN LOS ACARREOS

Por lo que se refiere al equipo empleado en los acarreos la S.A.H.O.P. (hoy S.C.T.) nos proporciona la siguiente información:

Tipo de movimiento	Maquinaria	Distancias
Acarreo libre	-----	Hasta 20 m
Sobreacarreo	Tractor	De 0 a 120 m
Acarreo corto	Motoescrepa	De 120 a 520 m
Acarreo largo	Camión	Más de 520 m

Por otro lado hay que hacer notar que el análisis de la curva masa nos optimiza los movimientos de tierras en corte y terraplén, una vez diseñada geoméricamente la vía terrestre considerada. Hay que hacer incapié que es crítico, desde el punto de vista costo y tiempo, la correcta selección de la maquinaria, ya que en esto influye tanto el volumen como la distancia.

CAPITULO 2

PAVIMENTOS

2. 1. MATERIALES PARA PAVIMENTOS Y ESPECIFICACIONES DE -
CONSTRUCCION (SCT)

2.1.1. GENERALIDADES

Un requisito que condiciona adicionalmente los bancos de materiales elegidos es el de lograr homogeneidad en longitudes significativas, para evitar que las estructuras y espesores de las capas de pavimento varíen con demasiada frecuencia. Las distancias comunes entre bancos pueden extenderse en este caso hasta 10 km.

Los materiales para sub-base y base de pavimento suelen estar condicionados en forma importante por los tratamientos mecánicos que llegan a requerir para satisfacer las normas de calidad, mismos que, en añadidura, necesitan de la instalación de equipos especiales y plantas complejas, que no conviene mover mucho. Por lo anterior, en algunas ocasiones suelen estar más espaciados, al grado que distancias del orden de 50 km no son difíciles de ver. En cuanto a su localización, los materiales de sub-base y base, suelen encontrarse en playones y márgenes de ríos, en frentes y cantiles rocosos y en cerros relativamente elevados y de pendiente abrupta. Los materiales para concretos asfálticos o hidráulicos se obtienen casi siempre por trituración, a partir de formaciones rocosas sanas.

En los trabajos de pavimentación, lo usual, como ya se mencionó, es someter a los materiales a diversos tratamientos para adecuarlos a sus funciones. Los tratamientos más usuales son:

- Eliminación de desperdicios

Esto significa que se trata de eliminar en bancos de sue-

los un determinado porcentaje de partículas cuyo tamaño máximo sobrepasa el que se haya considerado en el proyecto. Esta eliminación se hace muchas veces a mano.

- Disgregación

Esta operación se hace generalmente en bancos de suelo duro, de roca muy alterada o en materiales con la consistencia de aglomerados poco cementados. Esta operación se realiza con arados y cuchillas dispuestas en las máquinas o con rodillos de compactación del tipo pata de cabra o similar.

- Cribado

Generalmente se utiliza para lograr en un material de naturaleza friccionante una granulometría adecuada o para eliminar porcentajes altos de partículas mayores que el tamaño máximo requerido. Las instalaciones de cribado para eliminación de tamaños grandes suelen ser muy sencillas. En la actualidad se usan cada vez más las cribadoras por centrifugación, con cribas cilíndricas concéntricas que giran a la vez, de manera que el material va pudiendo pasar de una a otra recorriendo, según su tamaño, diferente camino desde el centro a la periferia del sistema.

- Trituración

Es el tratamiento a que generalmente se recurre para llegar a la granulometría adecuada a partir de materiales naturales muy gruesos o de fragmentos de roca. Es normal realizar la trituración en varios pasos o etapas, según el producto final a que se desee llegar; así se puede hablar de trituradoras primarias, secundarias o terciarias. Más adelante se hablará más detalladamente de esto y del equipo.

- Lavado

El lavado se aplica en materiales contaminados con arcilla, materia orgánica o polvos. Frecuentemente se usa en conexión con operaciones de cribado y trituración. El lavado se realiza por diversos sistemas, desde el chiflonaje durante el cribado, hasta el empleo de tanque lavadores, en los que el material es removido con paletas mecánicas, mientras se somete a riegos de agua a presión.

2.1.2. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION S.C.T.

A.- MATERIALES EMPLEADOS EN SUB-BASES Y BASES

Las normas para la construcción e instalaciones en el título de pavimentos define a la sub-base y a la base como "las capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas".

Los materiales seleccionados que se empleen en la construcción de sub-bases y bases se pueden clasificar como:

- Materiales que no requieren tratamiento
- Materiales que requieren ser disgregados
- Materiales que requieren ser cribados
- Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados
- Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados
- Materiales que no requieren tratamiento:

Son los poco o nada cohesivos, como limos arenas y gravas, que al extraerlos quedan sueltos y no contienen más del 5% de partículas mayores de 51 mm (2").

- Materiales que requieren ser disgregados:

Son los tezontles y los cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, que al extraerlos resultan con terrones y que una vez sometidos a la acción del equipo de disgregación no contengan más del 5% de partículas mayores de 51 mm (2").

- Materiales que requieren ser cribados:

Son los pocos o nada cohesivos, como mezclas de gravas arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y con un contenido entre el 5% y el 25% de material mayor de 51 mm (2"). Estos materiales deberán ser cribados por la malla de 51 mm para eliminar ese material.

- Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados son los siguientes:

* Materiales poco o nada cohesivos como mezclas de gravas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y contienen más del -- 25% de partículas mayores de 51 mm. Estos deberán ser triturados y cribados por la malla de 38 mm (1 1/2").

* Tezontles y materiales cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas que al extraerlos resulten con terrones que pueden disgregarse por la acción del equipo mecánico y que posteriormente a dicho tratamiento contienen más del - 5% de partículas del tamaño mayor de 51 mm. Estos materiales deberán ser triturados y cribados por la malla de 38 mm sin que previamente deban disgregarse con la acción de equipo mecánico.

- Materiales que requieren trituración total y cribado:

Son lo que provienen de piedra extraída de mantos de roca,

piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios. Estos materiales se cribarán a través de la malla de 38 mm (1 1/2").

Además, lo materiales mencionados anteriormente, cuando se empleen para sub-bases en pavimentos flexibles de caminos deberán llenar los requisitos siguientes:

- De granulometría
- De contracción lineal
- Valor relativo de soporte
- Equivalente de arena
- Y de grado de compactación (mínimo 95% de su PVM seco)

según lo especificado en el Tomo VIII (Normas de Materiales) capítulo 3 de las Especificaciones Generales de la SCT.

Por lo que respecta a los materiales empleados para bases en pavimentos flexibles (y para sub-bases en pavimentos rígidos) deberán llenar los siguientes requisitos, que como en el caso anterior, se detallan plenamente en el tomo y capítulo anteriormente citados.

- De granulometría
- De límite líquido
- Contracción lineal
- Valor cementante
- Valor relativo de soporte
- Equivalente de arena
- Índice de durabilidad
- De afinidad con el asfalto
- Y de grado de compactación (mínimo 95% de su PVM seco)

B.- MATERIALES EMPLEADOS EN CARPETAS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS

En cuanto a los materiales pétreos seleccionados que se empleen en la construcción de carpetas y mezclas asfálticas, ya que sea que requieran o no lavado, deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

- Materiales que requieren ser cribados
- Materiales que requieren ser parcialmente triturados y cribados
- Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados
- * Materiales que requieren ser cribados:

Son los poco o nada cohesivos que al extraerlos quedan sueltos.

* Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados:

Son los poco o nada cohesivos, o bien , materiales cohesivos que al extraerlos resultan con terrones que pueden disgregarse, y que según su composición granulométrica, contienen en cada caso, partículas mayores que la dimensión requerida.

* Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados:

Pueden provenir de piedra extraída de mantos de roca, de piedra de pepena o de piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

En los dos últimos casos los materiales deberán ser triturados y en los tres casos, deberán ser cribados según una de las condiciones siguientes:

- Por una malla, para eliminar el desperdicio de tamaños mayores de: 25 mm, 19 mm, ó 6 mm.

- Por dos mallas, para eliminar el desperdicio de tamaños mayores de: 25 mm, 19 mm, y los tamaños menores que en cada caso se especifiquen.

- Por tres mallas, para eliminar el desperdicio de tamaños mayores de 25 mm, 19 mm y obtener además, en cada caso, materiales separados con tamaños máximos de 13 mm y 6 mm.

- Por varias mallas para producir los materiales pétreos para la construcción de carpetas por el sistema de riegos.

Por lo que respecta a los materiales pétreos para carpetas asfálticas, elaboradas por los sistemas de mezcla en el lugar y en planta estacionaria, deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- De granulometría
- De contracción lineal
- De desgaste Los Angeles
- De forma de las partículas
- De afinidad con el asfalto
- Y de equivalente de arena

En cuanto a los materiales pétreos para carpetas asfálticas por el sistema de riegos (tratamientos superficiales) y para riegos de sello deberán satisfacer los siguientes requisitos, que como en el caso anterior se encuentran en el capítulo 4 del tomo y las especificaciones anteriormente citadas:

- De granulometría
- De desgaste Los Angeles
- De intemperismo acelerado
- De forma de las partículas
- Y de afinidad con el asfalto

Finalmente, en lo que respecta a los materiales asfálticos las normas antes mencionadas los definen como los "materiales bituminosos con propiedades aglutinantes sólidos, semisólidos o líquidos que se utilizan en estabilizaciones, en riegos de impregnación, de liga y sello, en construcción de carpetas y en la elaboración de mezclas y morteros". Además señala los diferentes tipos que pueden emplearse: cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas.

Los materiales asfálticos son los siguientes:

- Cementos asfálticos, son los asfáltos obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar a éste sus solventes volátiles y parte de los aceites.

- Asfaltos rebajados de fraguado rápido, son materiales asfálticos líquidos, compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de tipo de la nafta o gasolina.

- Asfaltos rebajados de fraguado medio, son lo compuestos por un cemento asfáltico y un disolvente del tipo del queroseno.

- Asfaltos rebajados de fraguado lento, son lo compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero.

- Emulsiones asfálticas, están formadas por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión, está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de asfalto. Dependiendo del agente emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas, si los glóbulos de asfalto tienen carga electronegativa o

catiónicas, si los glóbulos asfálticos tienen carga electropositiva. Las emulsiones asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, medio y lento.

Los materiales asfálticos se emplean para aglutinar los materiales pétreos empleados en la elaboración de carpetas y de sub-bases y bases estabilizadas, y deben satisfacer las características que aparecen en el Tomo VIII (Normas de Materiales) capítulos 4 y 5, de las Especificaciones Generales de la S.C.T.

2. 2. EQUIPO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

Es necesario, recordar, que casi en la totalidad de las obras de Ingeniería Civil, el uso de los materiales básicos, como los diferentes tipos de suelos, empleados en su construcción requieren, por lo general, por no cumplir las especificaciones de calidad, de tratamientos adicionales. Ya en el primer capítulo tratamos uno de los diferentes tipos de maquinaria empleada en la construcción de carreteras: el equipo para el movimiento de materiales. En este capítulo, nos referiremos principalmente a los diferentes equipos para la producción y compactación de los mismos, sin querer decir, de ninguna manera, que sea el único equipo empleado en la construcción de caminos.

2.2.1. EQUIPO PARA LA PRODUCCION DE MATERIALES

El principal equipo para la producción de materiales son las trituradoras, éstas se emplean para reducir las rocas a tamaños menores y uniformes. En cuanto a la reducción, ésta puede lograrse por presión, por impacto, corte o mediante una combinación de las anteriores. Es un requisito indispensable que las trituradoras se construyan sólidamente y que las superficies de contacto con la piedra

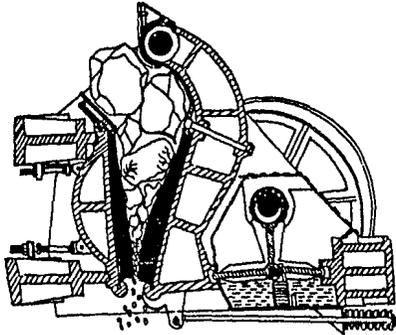
sean planchas reemplazables de manganeso u otra aleación especial. Cuando se vaya a seleccionar una trituradora primaria es muy importante tener en cuenta el tamaño del material que ha de alimentarse y la capacidad deseada. En cualquier tipo de trituradora, la clase de material que ha de triturarse afectará su capacidad así como el método de alimentación. Una alimentación uniforme y bien regulada es importante para una máxima producción. Algunos de los factores que afectan el ritmo de la producción son: granulometría, dureza, densidad, tamaño y la forma de material, así como su contenido de humedad.

En cuanto a la capacidad de las trituradoras, la del tipo a presión (las de quijadas y las giratorias) se determina por la ubicación de la trituradora, lo que a su vez determina el área disponible para la descarga del material triturado. La capacidad de las trituradoras de impacto se determina por la velocidad de los martillos, la ubicación de los rompedores o barras, de la fuerza aplicada y de la alimentación. Finalmente la capacidad de la trituradora de rodillo simple depende de la distancia entre el rodillo y el yunque y del tamaño de material alimentado.

A continuación hablaremos de algunos tipos de ellas.

A.- Trituradoras de quijadas

Son sencillas y económicas y requieren de un mínimo de fuerza. Las superficies de contacto o triturado consisten en dos quijadas que no se tocan del todo en el fondo y están ampliamente separadas en la parte de arriba. Se fabrican en gran variedad y en tamaños hasta una abertura de 1.68 m por 2.13 m. El tamaño máximo de roca redonda que admite es como del 80% del ancho de la abertura.

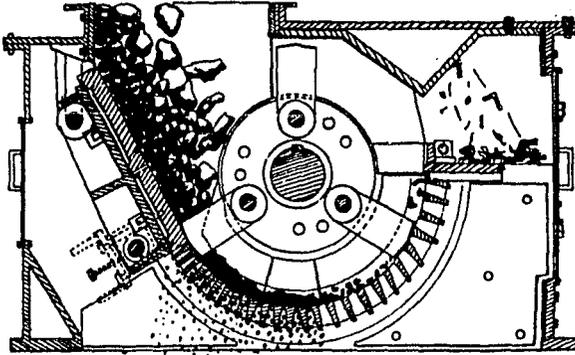


B.- Trituradoras de molino de martillos

Este tipo de trituradoras son de los que rompen por impacto.

Unos mayales que giran rápidamente, a velocidades a veces de más de 180 km/hr, golpean las piedras según entran desde la tolva y las lanzan repetidamente contra una placa quebrantadora.

Los mayales barren luego los pedazos partidos a lo largo de una parrilla de barras a través de la cual caen, si son lo bastante pequeños. Los molinos de martillo poseen la mayor razón de reducción que cualquier otro tipo de trituradora. Se usan como trituradoras primarias en roca blanda y mediana, y como trituradoras secundarias en cualquier otro tipo de roca.

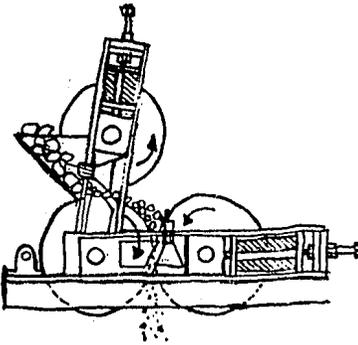


C.- Trituradoras de rodillos

La trituradora de rodillo simple consiste en un rodillo dentado que gira cerca de una placa quebrantadora. Los dientes o proyectores se conocen como llantas y actúan como mandarrías al romper piedras grandes. Existen también las trituradoras de rodillos dobles que constan de dos rodillos accionados a potencia que rotan en direcciones opuestas, con sus superficies superiores moviéndose una contra otra. Los rodillos pueden ser lisos, corrugados o dentados.

Por lo general, la razón de reducción para materiales mayores de 1" de diámetro llega a ser de 4 a 1, pero pedazos más pequeños pueden reducirse hasta 10 a 1. El tamaño de piedra que es posible

elaborar depende del ángulo de sujeción y de la fricción entre la roca y las superficies de los rodillos. Las trituradoras de rodillo trabajan mejor con rocas laminadas o estratificadas que no sean abrasivas.



Lisos

Corrugados

Liso y Corrugado



Material más
finos como
1/4"

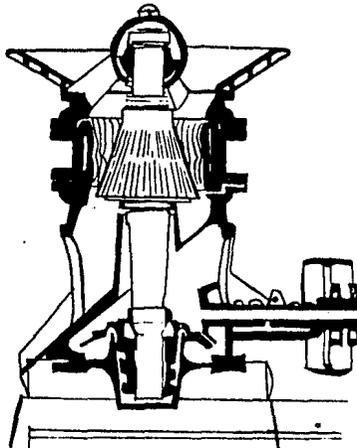
Materiales 1 1/4"



D.- Trituradoras giratorias

Estas trituradoras deben su nombre al movimiento giratorio de un cabezal situado dentro de un tazón cónico. La parte inferior del eje que soporta el cabezal está montada sobre una excéntrica accionada mediante un mecanismo de rueda y piñón. Esto origina un movimiento giratorio.

Esta trituradora es del tipo de presión, ya que a medida que gira la excéntrica, el cabezal se mueve del mínimo al máximo, dando lugar a giros excéntricos de 180° , y esto produce una acción de compresión sobre el material alimentado. Estas trituradoras son altas, pesadas y grandes, debido a la forma y el volumen de la cámara de triturado. Además, son más caras que las de quijada, y requieren más fuerza, pero producen más y brindan un producto más acabado y uniforme.



E.- Trituradoras cónicas

Estas trituradoras, son en verdad, trituradoras giratorias -- con el cabezal y el tazón modificados mediante reducción en vez de triturado primario. El cabezal es acampanado a un diámetro relativamente

te mayor en el fondo de la cámara de triturado y el tazón se fabrica siguiendo los contornos del cabezal. El tamaño de la trituradora cónica se determina por el diámetro del cabezal en su parte inferior. En la mayoría de las plantas estacionarias que producen agregados para la construcción, la trituradora de rodillos y la trituradora cónica pueden considerarse intercambiables.

2.2.2. EQUIPO PARA COMPACTACION DE SUELOS

La compactación es un proceso de densificación que depende de las dimensiones del área cargada, de la presión ejercida sobre esa área, de la humedad del suelo y tipo del mismo, y del espesor de la capa a compactar. Es bien sabido que un aumento en el peso volumétrico seco de un suelo mediante la compactación adecuada del mismo, hace que tenga menor permeabilidad y que presente una mayor resistencia al esfuerzo cortante, y por lo tanto, presente mayor estabilidad debido a menores cambios en el contenido de humedad.

El espesor de la capa es un factor de verdadera importancia en el porcentaje de compactación. Una gran cantidad de las dificultades encontradas al tratar de obtener determinada compactación se deben a capas con espesores excesivos y no apropiados para el equipo de compactación usado.

Se puede decir que no es posible predecir qué espesor de capa de material (en forma exacta) resulta más económico para los diferentes suelos y tipos de equipos de compactación.

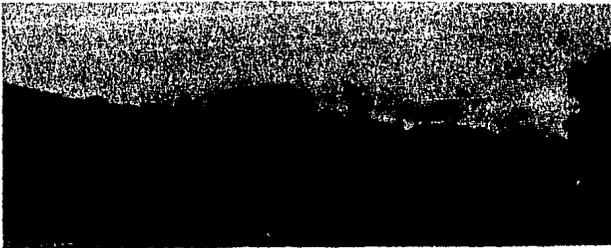
En todos los suelos, al incrementarse su humedad se les proporciona un lubricante entre sus partículas que permite un cierto acomodo de éstas cuando se someten a un esfuerzo de compactación.

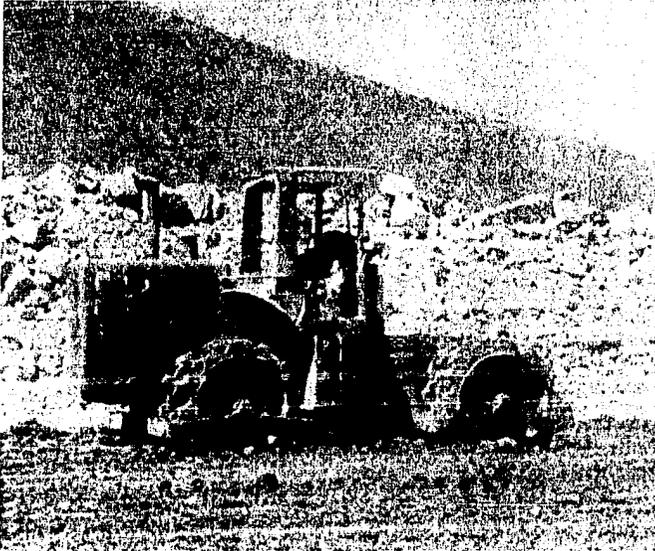
Si se sigue incrementando la humedad, empleando el mismo esfuerzo de compactación, se llega a obtener el mejor acomodo de las partículas del suelo y por consecuencia, el mayor peso volumétrico seco, obtenido con la humedad llamada "humedad óptima". A esta humedad deberá siempre procurarse efectuar la compactación, ya que facilita el acomodo de las partículas del suelo con el menor trabajo del equipo de compactación. Si se aumenta o disminuye la humedad en forma excesiva, para llegar al mayor peso volumétrico seco, será necesario aumentar el trabajo de las máquinas de compactación.

A continuación trataremos algunos de los equipos empleados en la compactación de suelos.

A.- Rodillos pata de cabra

Este equipo de compactación consiste en un cilindro en el cual hay unas piezas soldadas que sobresalen, conocidas con el nombre de "patas de cabra" que tienen forma piramidal. El cilindro de la pata de cabra está hueco y puede llenarse con agua, arena o ambas para aumentar el peso. Las patas son de una longitud que varía entre 18 y 25 cm. Los rodillos pata de cabra se fabrican de dos tipos: ligeros y pesados.





En cuanto a la presión que dan al suelo los rodillos pata de cabra, ésta varía así:

Con tambor vacío	de 10 a 21 kg/cm ²
Con tambor lleno de agua	de 17 a 34 kg/cm ²
Con tambor lleno de arena	de 30 a 42 kg/cm ²

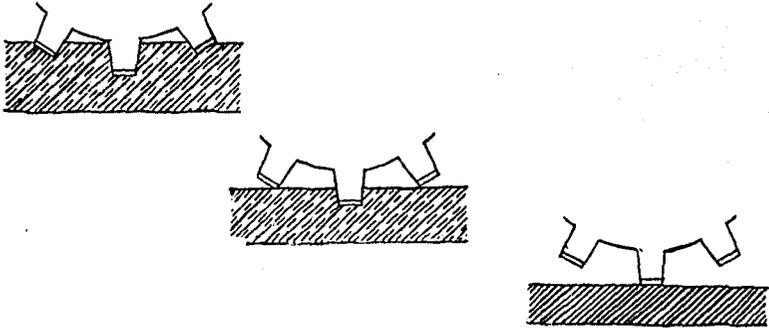
Algunas reglas prácticas recomendables para compactar con rodillos pata de cabra son:

- El material, con la humedad óptima, se extiende en la capa de espesor especificado (el espesor es aproximadamente de 1.5 veces la longitud de la pata). En la primera pasada la pata penetra totalmente.

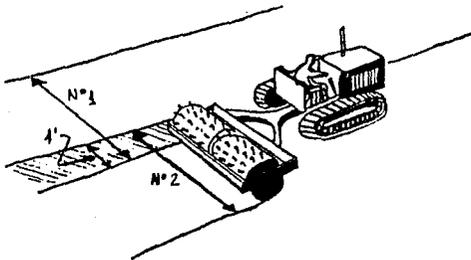
- Cada pasada sucesiva sobre el material lo compacta, las patas no penetran ya totalmente.

- Las patas del rodillo quedan sin entrar, lo que indica

la densificación.



- El apisonado posterior no aumenta la compactación.
- Es necesario durante la compactación, traslapar unos 30 cm, a cada lado del área para lograr mejores resultados.
- Se afina la superficie compactada para borrar las huellas de las patas y se le dá una recompactada superficial con plancha de rodillo liso metálico.

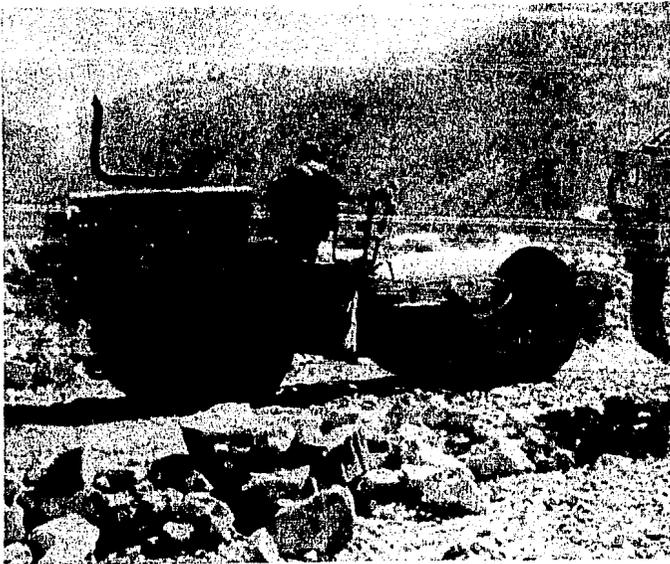


Se necesita 1 pie de traslape a cada lado del área para mejores resultados.

B.- Aplanadoras de rodillos metálicos lisos

Las aplanadoras de este tipo se dividen en dos clases:

Aplanadoras de tres ruedas y aplanadoras tándem. Las aplanadoras o planchas de tres ruedas se fabrican con rodillos huecos que pueden llenarse con agua para obtener el peso que se desee, o pueden ser de rodillos con rayos. Normalmente se usa en la compactación de sub-bases y bases de pavimento debido a la mayor presión que ejercen las ruedas traseras, las cuales son además las motrices, en tanto que el rodillo delantero es direccional. El rodillo de tres ruedas tiene la ventaja de cubrir por completo el área por donde pasen los rodillos motrices. Generalmente, estas aplanadoras se fabrican en tamaños de 5 a 12 ton.



Las aplanadoras tándem deben su nombre a la disposición de los rodillos en línea o en tándem. Pueden tener dos o tres rodi-

llos con pesos que varían de 3 a 14 ton. Las aplanadoras tándem se emplean generalmente para compactar mezclas asfálticas.

De manera aproximada se puede decir que el espesor aconsejable para compactar, con la humedad óptima y con rodillos liso, es el peso total en toneladas más 25% de ese peso en toneladas, expresado en cm sueltos. De esta manera una aplanadora de 12 ton. puede compactar, eficientemente, una carga suelta de $12 + 3 = 15$ cm.

C.- Aplanadoras de rodillos de rejilla

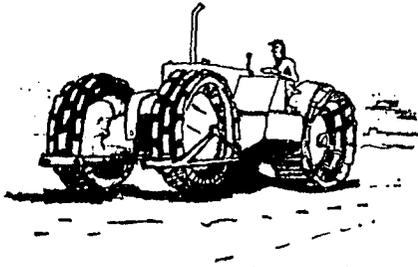
Las aplanadoras de este tipo se emplean en la compactación de materiales granulares. Se componen de dos o tres ruedas de rejilla de acero en un marco o bastidor que se emplea para el lastrado de la unidad mediante bloques de concreto o de acero. Su peso promedio es de 10 toneladas. Es espesor suelto a compactar se puede determinar del mismo modo indicado en el último párrafo del inciso anterior.



D.- Rodillos de ruedas segmentadas

Generalmente este rodillo es de propulsión propia y de proporciones similares a las de una aplanadora de tres ruedas. El modo más común es el "Kompactor" que tiene un peso aproximado de 15 ton y -- trabaja a velocidades de 8 a 10 km/hr. El espesor suelto de la capa

a compactar se puede determinar de igual forma que el inciso anterior.



E.- Rodillos vibratorios

Existen de varias clases, los hay con ruedas metálicas o con llantas neumáticas, además pueden ser con auto-propulsión o de remolque. La vibración del rodillo, a frecuencia relativamente baja, se logra mediante la acción de un motor independiente. Este tipo de equipo produce una compactación muy buena en materiales arenosos.

F.- Compactadores combinados

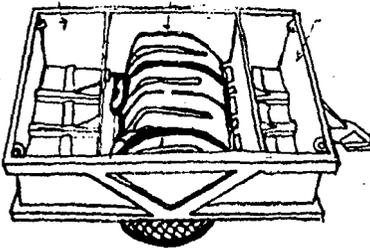
De este tipo se tiene la combinación de una aplanadora de tres ruedas y un vibrador colocado en la parte posterior de la aplanadora. Otra combinación es la de una motoconformadora con una unidad vibratoria de funcionamiento eléctrico colocada inmediatamente atrás de la hoja niveladora o cuchilla permitiendo efectuar una nivelación e inmediatamente una compactación que será más uniforme.

Otros equipos de combinación para compactación son los Duo-pactor y los Tripactor. El primero está compuesto de una unidad de lastrado para proveer un peso total de 19 ton y dos ejes, uno delantero

con ocho ruedas neumáticas y un rodillo liso de acero con eje posterior que aplanara las huellas dejadas por la rodada múltiple. El Tri-pactor agrega a la rodada descrita un compactador vibratorio de acción hidráulica, mediante el cual el rodillo liso presiona fuertemente sobre el terreno.

G.- Aplanadoras de neumáticos

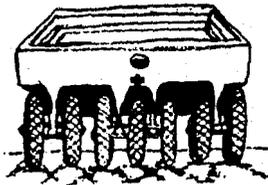
Este equipo de compactación emplea ruedas provistas de neumáticos, las cuales generalmente se encuentran montadas sobre dos ejes. Los neumáticos se colocan de tal manera, que los del eje posterior borran las huellas dejadas por los delanteros. Este equipo se puede lastrear con arena, grava, piedras o trozos metálicos, ya que cuenta con una caja para tal fin.



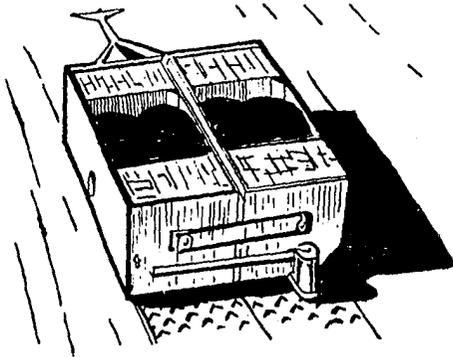
Neumáticos grandes hasta 50 ton.

El mecanismo de suspensión se acciona mediante cables y poleas

Neumáticos ligeros hasta 20 toneladas



Neumáticos extra grandes
de 100 a 200 toneladas



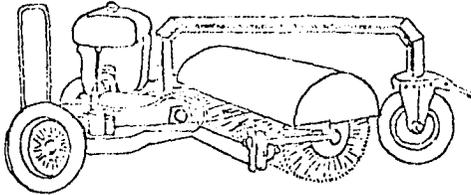
Los rodillos neumáticos o aplanadoras de neumáticos dependen, para su eficacia, del área de la presión de contacto, del número de pasadas, del tipo el suelo y del espesor de la capa por compactar. Si la presión de contacto de mantiene constante el aumento de carga total no producirá un aumento en el grado de compactación. Este tipo de aplanadoras puede ser remolcada o automotriz. Los rodillos pueden ser de tipo mediano (5 a 20 tons.), del tipo grande (45 a 50 tons.) o del tipo extra grande (100 a 200 tons.). El espesor suelto de la capa a compactarse puede determinarse multiplicando el tonelaje total por 0.9 dando así un resultado que será el espesor de la capa en cm sueltos.

2.2.3. OTROS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

A.- Barredor

Para la limpieza de las bases de pavimento, a efecto de que no quede mucho polvo en la superficie de las mismas, se usan las

barredoras mecánicas que son unas escobas giratorias montadas sobre un eje y presión regulable a voluntad. El movimiento de la escoba se efectúa por medio de una transmisión de cadena en unos tipos, y en otros por medio de un motor. El uso de las barredoras implica desde luego el tener una base resistente para que no se desgrane en exceso la superficie de la misma.



B.- Esparciadores de materiales pétreos

Este equipo se emplea a menudo en el sistema de pavimentación por medio de tratamientos superficiales, para el tendido del material pétreo. Este esparciador de material pétreo está formado por una tolva especial que se coloca junto a la parte trasera de la caja de un camión de volteo. Por el procedimiento de trabajo, la velocidad de giro del rodillo está relacionada con la velocidad de marcha del vehículo y por lo mismo el volumen de material esparcido teóricamente debe permanecer constante. En algunos casos se ha hecho uso sólo del camión de volteo para esparciar de por sí el material mediante el levantamiento parcial de la puerta trasera de la caja dejando salir una cantidad de material pétreo más o menos regulada. En otros casos, el esparcimiento se ha hecho con palas manejadas por peones.

comprobar en cualquier momento la temperatura del producto que se está regando. La petrolizadora debe contar también con una manguera provista, en la punta, de una boquilla para regar a mano las parte que no haya, o no se pueda, regar con la barra de la misma petrolizadora. Las petrolizadoras se contruyen de diferentes capacidades, pero las más usuales son las de 2,300, 3,000 y 3,800 litros.

Cuando se va a regar asfalto con las petrolizadoras es necesario que se prevea una cantidad adicional de 5% como tolerancia debido a la expansión que sufre el asfalto al calentarse.

D.- Plantas dosificadoras de mezclas asfálticas.

Las plantas mezcladoras de asfaltos y materiales pétreos pueden ser de diferentes tipos de acuerdo con el grado de exactitud requerido y el costo del camino en construcción. Están compuestas de cinco partes fundamentales:

- Un calentador o secador de agregado pétreo
- Cribas y tolvas para separar y almacenar los diversos tamaños de agregados.
- Tanque para almacenar y calentar el asfalto.
- Dispositivos proporcionadores para pesar los componentes de la mezcla.

Siempre que sea posible, todas las operaciones serán controladas automáticamente.

E.- Máquinas estabilizadoras

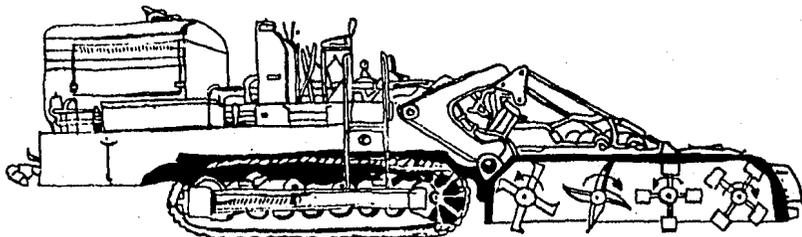
Esta máquinas, que pueden pulverizar, mezclar el material, agregar agua o asfalto y distribuirlo; pueden ser de dos formas diferentes.

- Las que pulverizan, mezclan y extienden el material al espesor deseado.

- Las que pulverizan, mezclan y requieren otra máquina para extender el material.

Entre las máquinas estabilizadoras simples tenemos la ---
-"SEAMAN", esta máquina consta de un eje con paletas metálicas que al girar pulverizan y mezclan el material y para extenderlo e igualar la mezcla se baja la tapa. Las máquinas estabilizadoras del tipo - de la P.H. constan de unas cuchillas que cortan y pulverizan el material, de un dispositivo que lo mezcla, de unos dispositivos en los cuales la cantidad de agua o de asfalto se regula cuidadosamente mediante un contador y de dos ejes con paletas giratorias que terminan de pulverizar y mezclar íntimamente el material, y finalmente de una compuerta regulable que deja la mezcla en el espesor deseado.

La máquina es movida por un tractor de oruga, el cual lleva los mandos que regulan la profundidad a que debe quedar extendida la mezcla. La velocidad de marcha durante el trabajo de la máquina es de alrededor de 9 m/min.



2. 3. SUB-BASE, BASE Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

2.3.1. SUB-BASES Y BASES

La construcción de la sub-base o de la base se inicia cuando las terracerías o la sub-base, según sea el caso, estén terminadas. La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de sub-bases o de bases deberá hacerse sobre la subrasante por estación de 20 m. Los procedimientos de construcción de las sub-bases y bases, en términos generales, tienen la siguiente secuencia de operaciones:

- Cuando se empleen dos o más materiales se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme.
- Si se emplean motoconformadoras para el mezclado y tendido se extenderá parcialmente el material y se le agregará --- agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad fijada. A continuación se extenderá el material en capas sucesivas de materiales sin compactar, - sin exceder de 15 cm. de espesor.
- Enseguida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado por el proyecto.

A continuación se describe un procedimiento para compactar sub-bases y bases de pavimento. La forma en que generalmente se procede para la compactación es la siguiente: La motoconformadora deja el material tendido con la humedad adecuada (tendido el material), después de sus operaciones de mezclado tanto en seco como en húmedo con el número necesario de volteadas al material. Sobre la capa de material tendido se procede a dar una pasada a todo el ancho del revestimiento, haciéndolo de las orillas al centro y desplazando la máquina el ancho total de ella, procurando ir borrando la huella de la pasada anterior. Estas operaciones se hacen a una velocidad baja para ir apretando el material lentamente, pasada que se acostumbra llamar "a todo máquina". Las siguientes pasadas se acostumbra darlas

en la misma forma de la orillas al centro, desplazando la máquina un ancho igual a la mitad del ancho del rodillo. A esta operación se acostumbra llamar "a media máquina" y no siempre se efectúa. En estas dos operaciones y para mantener la humedad superficial e impedir que se evapore el agua de la capa por compactar se dan riegos superficiales de agua. Terminadas estas operaciones conviene comprobar el bombeo y los niveles, pues es el momento oportuno para hacer cualquier corrección, por defecto del tendido de la motoconformadora.

La siguiente operación, consiste en pasar las máquinas en la misma forma de las orillas al centro, desplazando la máquina un ancho igual al ancho de la rueda trasera del rodillo, procurando que el operador borre la huella de la anterior pasada. Se acostumbra llamar a esta operación pasadas "a una rueda". A partir de esta operación ya no conviene hacer ningún arreglo a la base con la motoconformadora, ya que cualquiera escarificación o remoción que se haga de la capa, quedará semisuelta y no formará capa común con el revestimiento provocando los "encarpetamientos" y "zonas no compactadas de material".

Las siguientes pasadas se efectúan igualmente de las orillas al centro y a una velocidad mayor de la máquina, desplazándola un ancho igual a la mitad del ancho de la rueda trasera. Se acostumbra llamar a esta pasadas "a media rueda". La operaciones descritas no son forzosas y se pueden cambiar según la experiencia que se tenga con los materiales que se van compactando. Generalmente, casi todos los materiales pueden compactarse con las operaciones descritas con un número de pasadas a media rueda que varía entre dos y cinco pasadas. Cuando ni con cinco pasadas a media rueda se alcanza la compactación -- que se pide, hay que pensar que son otras las causas por las que no

se compacta el material, tales como una mala granulometría, una humedad dispareja, mala cementación o poca efectividad del rodillo liso para ese material.

2.3.2. SUPERFICIE DE RODAMIENTO

A continuación describimos brevemente, las carpetas asfálticas empleadas en los pavimentos flexibles, las cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Carpetas asfálticas por el sistema de riego (1, 2 y 3 riegos)
- Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar
- Carpetas de concreto asfáltico

Antes de explicar en que consiste cada una de las carpetas asfálticas ya indicadas, es necesario hacer notar que para construir cualquier de ellas, se debe contar de antemano con una base debidamente conformada, compactada, impregnada y seca. El riego de impregnación consiste en lo siguiente: estando la base seca, se barre para retirarle el material suelto y el exceso de polvo de la superficie, inmediatamente se le dá un riego de producto asfáltico de fraguado medio a razón de 1.5 lt/m^2 , esperando unos dos días para que penetre y seque. El número de fraguado medio a emplear depende de la textura de la base. En términos generales se puede decir que es aconsejable emplear el FM-2 en bases de textura abierta, el FM-1 en las medias y el FM-0 en las cerradas.

A.- Carpetas asfálticas por el sistema de riegos

Las carpetas asfálticas por el sistema de riegos son las que se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de dife-

rentes tamaños triturados y/o cribados.

* Carpeta asfáltica de un riego

Sobre la base de pavimento ya conformada, compactada, impregnada y seca se dá un riego de producto asfáltico del tipo FR-3 a razón de 1.5 a 2 litros/m², e inmediatamente se cubre con material pétreo clasificado entre las mallas de 3/8" a Nº 8, a razón de 6 a 8 lt/m²; se rastrea para uniformar la superficie y se plancha con plancha liviana de 5 a 8 T. Pudiéndose abrir el tránsito unos días después, debiendo barrerse de la superficie el material pétreo sobrante para evitar que vaya a ayudar a formar ondulaciones en la carpeta. Esta carpeta asfáltica es aconsejable para tránsitos menores de 200 vehículos por día.

* Carpeta asfáltica de dos riegos

Sobre la base de pavimento ya conformada, impregnada, compacta y seca, se dá un riego de producto asfáltico de tipo FR-3 a razón de 2 lt/m², e inmediatamente se cubre con material pétreo clasificado entre las mallas de 1/2" y 1/4", a razón de 12 a 14 lt/m². se rastrea y se plancha con aplanadora liviana de 5 a 8 ton de peso. Dos o tres días después se barre y se le dá un nuevo riego de producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 1.5 a 2 lt/m². y se cubre inmediatamente con material pétreo clasificado entre las mallas de 1/4" y Nº 8, se rastrea para uniformar la superficie, y se plancha con aplanadora pequeña de 5 a 8 ton de peso. Tres días después puede abrirse el tránsito. Posteriormente debe retirarse el material pétreo sobrante. Este tipo de carpeta asfáltica es aconsejable para un tránsito inferior a 600 vehículos por día.

* Carpeta asfáltica de tres riegos

Para la carpeta asfáltica de tres riegos, se procede de acuerdo a la siguiente manera. Sobre la base de pavimento conformada, compactada, impregnada y seca, se dá un riego de producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 2.5 lt/m^2 e inmediatamente se cubre con material pétreo clasificado entre las mallas 1" y $1/2$ ", a razón de 20 a 22 lt/m^2 se rastrea y se plancha con aplanadora pequeña de 5 a 8 ton de peso. Dos o tres días después se barre el material pétreo sobrante y se coloca una carpeta de dos riegos sobre ésta, quedando así terminada la carpeta de tres riegos. Esta carpeta asfáltica admite perfectamente bien 1,000 vehículos por día.

B.- Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar

Las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar son las que se construyen mediante el mezclado, tendido y compactado de materiales pétreos y un material asfáltico. La mezcla se lleva a cabo mediante el uso de motoconformadoras o empleando mezcladoras ambulantes. El procedimiento a seguir es el siguiente.

Estando la base conformada, compactada, impregnada y seca se acordonará el material pétreo aprobado y después se extenderá en una capa de espesor uniforme a lo largo del camino y se darán riegos sucesivos de producto asfáltico a razón de 3 a 4 lt/m^2 , hasta completar la cantidad determinada como óptima por medio de pruebas de laboratorio. Después de cada riego de producto asfáltico sobre el material pétreo, se procederá a voltear éste, con la motoconformadora con el objeto de que se mezcle bien el producto asfáltico con el material pétreo. Al final del mezclado el material debe presentar un aspecto uniforme en cuanto a granulometría y color. Al terminar el

proceso del mezclado, se acordona el material a un lado, se dá a la base un riego de liga de 0.5 lt/m^2 , de FR-3, e inmediatamente se tiende la mezcla sobre el riego de liga, se conforma cuidadosamente y se le dá una planchada ligera para acomodarla simplemente, después de lo cual se deja pasar el tiempo necesario para el producto asfáltico alcance la mayor parte de su fraguado, procediendo después a su compactación. La pérdida de solventes necesaria para que la mezcla pueda ser empezada a compactar debe ser determinada por un laboratorio. Cuando se usen mezcladoras ambulantes, el material pétreo se acordonará a lo largo del camino para que pueda ser recogido por la mezcladora dentro de la cual se le adicionará y revolverá la cantidad de producto asfáltico necesaria. Estando la mezcla bien revuelta en la máquina, se dá a la base el riego de liga de 0.5 lt/m^2 , de FR-3 y se procede al tendido, conformado y planchado como ya se indicó anteriormente.

Terminada la carpeta asfáltica, si su índice de permeabilidad es mayor de 10%, debe dársele un riego de sello. El riego de FR-3 a razón de 1.0 lt/m^2 y cubrirlo inmediatamente con material pétreo clasificado entre las mallas de $1/4''$ y N^o 8, el cual se plancha con plancha liviana.

C.- Carpetas de concreto asfáltico

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se contruyen mediante el tendido y compactado de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos. Los concretos asfálticos, debido a la precisión de su dosificación resultan de alta calidad. El agregado pétreo para la mezcla es secado y calentado entre 133°C (275°F) y 177°C (350°F) en la planta antes de entrar en la mezcladora. Después de calentado, el agregado se cribará en los tamaños especificados, que se depositarán en compartimientos, lis-

tos para ser mezclados con el cemento asfáltico. Una vez calentados y separados los diversos tamaños de agregado, se procederá a pesarlos exactamente, proporcionando sus cantidades de acuerdo con lo anteriormente explicado, de manera que la mezcla resultante se ajuste a la granulometría especificada. El material pétreo se introduce en la mezcladora y a continuación se añade el cemento asfáltico para proceder al mezclado. El cemento asfáltico se calienta en pilas o tanques apropiados que produzcan calentamiento uniforme. No deberá calentarse a más de 177°C .

La temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora estará comprendida entre 135 y 177°C (275 y 350°F). El tiempo de mezclado se cuenta desde el momento que se termine de introducir el cemento asfáltico hasta que la mezcla salga de la mezcladora.

La mezcla se transporta de la planta de mezclado al lugar de uso en camiones de volteo, que deberán limpiarse cuidadosamente para evitar que entren materias extrañas en la mezcla y untarse anteriormente de aceite para evitar que la mezcla se adhiera. Los camiones deberán contar con una lona o encerado que cubra la mezcla mientras dura el transporte, en casos de tiempo inseguro o distancias a recorrer muy largas. La mezcla se descargará en la terminadora, a una temperatura comprendida entre los 135 y 177°C y aún a temperaturas más bajas, si el laboratorio lo autoriza, siempre que los resultados del extendido y la compactación sean satisfactorios. A menos de disponer de luz artificial, no se podrá continuar el trabajo cuando por la hora del día la luz no permita ejecutarlo a entera satisfacción. La mezcla sólo se extenderá sobre la base cuando ésta esté seca y las condiciones del tiempo lo permitan.

La mezcla se esparcirá en fajas de 3 a 3.60m de ancho en capas de espesor uniforme, por medio de una máquina terminadora con una velocidad de 3 a 6 m/min, que no produzca arranques o desgarramientos en la capa de mezcla asfáltica que se está extendiendo. La colocación de la mezcla será tan continua como sea posible y las máquinas sólo pasarán sobre un borde no protegido de una carpeta no colocada, cuando la colocación de esta carpeta vaya a suspenderse por tanto tiempo que permita que se enfríe la mezcla. Inmediatamente después de terminada la extensión de una capa y antes de comenzar la compactación, deberá comprobarse la superficie y corregirse cualquier desigualdad que aparezca, agregando o quitando material con rastrillos. Las irregularidades en alineación y rasante a lo largo de los bordes exteriores deberán corregirse, por adición o extracción de mezcla, antes de compactar dichos bordes.

Las mezclas no se descargarán más rápidamente de lo que puedan distribuir los paleros, ni éstos distribuirán más rápidamente de lo que puedan espacir los rastrilleros. Estos no deberán estar sobre la mezcla a rastrillar, salvo cuando estén corrigiendo defectos -- del primer rastrillado, en cuyo caso estarán equipados con calzado adecuado. El rastrillado deberá hacerse con tanto cuidado, que después de la primera pasada de la aplanadora, sólo se requiera una ligera proporción de bacheo. Después de extender la mezcla, estará completa y uniformemente compactada con aplanadoras tándem de 10 a 12 ton, tan pronto como la mezcla aguante el aplanado sin desplazarse indebidamente, no telerándose dilataciones en el aplanado. El empleo de un vibrador en la compactación puede ser muy útil en muchos casos. Este comenzará longitudinalmente en los bordes y procederá hacia el eje del pavimento, excepto en las curvas peraltadas, que procederá del borde infe-

rior al superior, traslapando en sucesivos viajes una mitad, por lo menos, del ancho de la rueda trasera. Se harán viajes alternados de la aplanadora, con longitudes ligeramente diferentes. Donde el ancho del pavimento será aplanado en diagonal en dos direcciones con una aplanadora tándem que pese de 10 a 12 ton; el segundo aplanado diagonal será cruzando las marcas del primero.

La velocidad de la aplanadora no excederá de 5 km/hr y en todo momento será suficientemente lenta para evitar el desplazamiento de la mezcla caliente y cualquier desplazamiento que ocurra cuando cambie la aplanadora de dirección, o por otra razón, debe ser corregido usando rastrillos y nueva mezcla donde y cuando se necesite. El aplanado se continuará hasta que todas las marcas de la aplanadora desaparezcan y no sea posible conseguir mayor compactación. Para evitar la adherencia de la mezcla en la aplanadora, éstas se mantendrán húmedas adecuadamente, sin permitir ningún exceso de agua; pero por ningún motivo, debe permitirse el uso de diesel en el limpiado y húmedamiento de las ruedas. Las aplanadoras se mantendrán en continuo funcionamiento de modo que todas las partes del pavimento reciban prácticamente igual compresión y no se permitirá que se estacionen sobre la capa que esté compactándose.

Una vez compactada la carpeta debe cumplir con el trazado, rasante y sección tipo de planos. La superficie estará libre de depresiones y no se permitirá ningún tránsito sobre la superficie terminada mientras no haya enfriado completamente.

CAPITULO 3

T E N D I D O D E V I A

3. 1. INTRODUCCION

En el presente capítulo trataremos el tendido de vía y varios procedimientos para llevarlo a cabo, sin embargo, en esta pequeña Introducción, hablaremos muy brevemente de los antecedentes históricos del ferrocarril en México.

Comienzan los ferrocarriles con la construcción del Ferrocarril Mexicano a Veracruz en 1850 y se termina en 1866, después de la guerra contra la intervención de Maximiliano.

En 1864 se termina la vía del Central entre México y Cd. Juárez; para 1905 la red asciende a 16,630 km, operados por empresas concesionarias extranjeras. En 1910, la revolución interrumpe la terminación de la red básica. Para 1964 la red llega a 23,500 km y actualmente tiene poco más de 25,000 km. Se piensa que para el año 2000 la red férrea básica estará terminada y su longitud total será de 27,000 km, o sea, que a la fecha, faltan de construir menos de 2,000 km de vías arteriales y conexiones básicas para completar la red, además de estarse llevando a cabo la gran labor de modernizar lo existente.

Finalmente, habremos de recordar que el Tendido de Vía no es el único paso en la realización de un ferrocarril, tan importante es como su Diseño Geométrico, su Construcción, su Operación y Control y toda una serie de aspectos relacionados con lo anterior, como lo son: su planeación, localización, dinámica de trenes, comunicaciones, etc.

3. 2. TENDIDO DE VIA CLASICA

El tren de trabajo (retrocediendo) penetra hasta el extremo de la vía y las plataformas o góndolas a la cola del tren, se les descarga de sus durmientes (mecánicamente o a mano) distribuyendo la madera (de atrás hacia adelante) alineando el lado izquierdo (lado de ojo), y esparciéndolos a 50 cms con gente utilizando las "tenazas para durmientes" en la alineación se utilizan los trompos del trazo.

Prosigue la distribución de placas de durmiente, que se colocan sobre los apoyos (previamente entallados) donde también se han barrenado los taladros para guiar los clavos.

Una vez descargada la madera y parte de los accesorios, el tren de trabajo regresa con una grúa o burro para la descarga del riel, el cual puede traer colocadas en un extremo el par de planchuelas (con un solo tornillo sin apretar).

El riel es colocado sobre los durmientes con tenazas para riel (troncas), a partir del lado de ojo que se alinea con esmero usando cuñas de expansión acordes con la temperatura, presentando los tornillos para armar la vía.

3.2.1. JUNTAS

Cuando se tiendan los rieles en la vía, se colocarán correctamente en línea y se apretarán por lo menos dos tornillos. Después todas las planchuelas serán fijadas asegurándolas con el número completo de tornillos y tuercas, y apretando primero las del centro. Todos

los tornillos se apretarán por segunda vez dentro de los 30 días después que se haya tendido el riel. El apretado de tuercas también es realizado a máquina.

Todas las juntas de riel de un peso mayor de 56 lbs por yarda, se fijarán alternando los tornillos, es decir, uno con la tuerca por dentro y el siguiente con la tuerca por fuera del riel. Las juntas de rieles de 56 lbs/yd y menores se fijarán con todas las tuercas hacia el lado de afuera.

Las juntas se colocarán suspendidas; sólo se colocarán apoyadas en los sapos 7, 8, 9 y 10 de tornillos con placas de asiento en cada durmiente, en casos especiales ordenados por el ingeniero de división. Las juntas se colocarán cuatrapeadas, salvo casos especiales como cambios, cruceros, etc.

3.2.2. JUNTAS DE COMPROMISO

En las conexiones permanentes del riel de distinto calibre, se usarán planchuelas o amarres de compromiso, procurando siempre que sea posible, no ponerse en curva.

Para colocar las planchuelas de compromiso, deberán tomarse en cuenta que hay planchuelas derechas e izquierdas y para verificar si están debidamente colocadas, deberá fijarse que exista continuidad entre los rieles del lado interior de la vía. Si no están en esta forma, los rieles indicarán que las planchuelas están mal colocadas y deberá sustituirse por corresponder al lado contrario.

Para permitir la expansión de los rieles por cambios de temperatura se usarán cuñas metálicas calibradas en los espacios entre los rieles. El espacio para la expansión quedará determinado por la

temperatura del riel y por el tamaño del riel.

El apretado de tuercas manual se hará con la llave apropiada pues de lo contrario se pueden mellar los filos de las tuercas o provocar algún accidente al trabajador al safársele a éste la llave.

3.2.3. CLAVADO DE VIA

El clavado sólo afirma el riel en las llantas y centros; dejando la mayoría restante del clavado, para realizarlo a máquina, una vez alineado y asegurado el escantillón.

Al efectuar el clavado o ponerse a escantillón el riel no debe ser golpeado. Los clavos deben clavarse verticalmente con la cara en contacto con la base del riel y deben clavarse en forma que no sea necesario enderezarlos durante la operación.

Los clavos deben ser colocados en tal forma que los exteriores queden cargados al lado contrario de los interiores en general, los clavos exteriores se colocarán al lado del durmiente más cercano al cero del kilometraje.

Las vías deben quedar totalmente clavadas ya que, no debe permitirse que las vías principales queden sin estar completamente clavadas de un día para otro, ni aún tratándose de domingos o días festivos. La vía deberá estar completamente asegurada antes de permitir su uso.

En las tangentes se fijarán los rieles con no menos de dos clavos por durmiente, o sea, cuatro clavos por durmiente para los dos rieles. En los cambios se colocarán todos los clavos que requieran las placas correspondientes a cada tipo.

El tren avanza a medida del tendido provisional, para proseguir la distribución de durmientes, usando vía sin balasto, tan solo por el avance de un día de labor, lo cual demanda que el último viaje del día del tren de trabajo, se le destine a distribuir balasto enrasando los rieles con un volumen aproximado de 500 m' por km, correspondiente a un 40% de la dotación final.

En la actualidad, los durmientes deben distribuirse de adelante hacia atrás, posteriormente a la distribución de los rieles, los cuales se almacenan a lo largo de la banqueta y cunetas de la línea, utilizando tractores automotores y remolques tipo forestal para su transporte desde la estación más próxima.

3. 3. TENDIDO DE VIA ELASTICA

En la construcción de cualquier vía férrea y con el fin de proceder el tendido de vía es de suponerse que debe haber pasado por las cuatro grandes fases siguientes:

- Localización
- Trazo preliminar
- Trazo definitivo
- Construcción

Dentro de la rama de la construcción debe tenerse terminado en un 100% lo que respecta a terracerías, puentes, obras de arte, túneles, muros, etc.

En el tendido de vía pueden presentarse las siguientes alternativas:

- Que el armado de vía se haga o ejecute directamente en el campo denominado también de armado en punta de vía.
- Que el armado se haga a base de tramos prefabricados.

3.3.1. TENDIDO DE VIA DIRECTO EN EL CAMPO CON DURMIENTE DE MADERA O CONCRETO

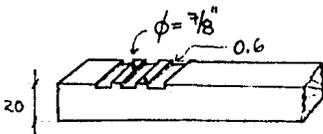
A.- Distribución del riel

El riel se distribuye a lo largo de las terracerías a ambos lados, "acordonándolos". Esta distribución se puede efectuar con camiones y trailers; cuando existe vía paralela a la línea se transportará en plataformas de ferrocarril.

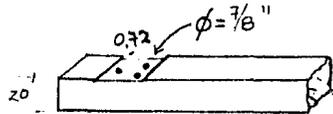
B.- Distribución de durmiente

Una vez llevada a cabo la impregnación, entallado y taladrado del durmiente con máquinas especiales, se lleva a almacenar a un lugar situado más o menos en el centro de gravedad del tramo por tender.

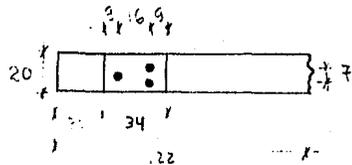
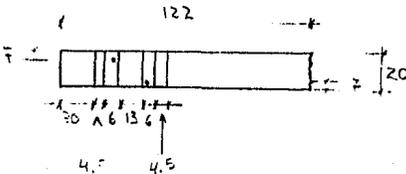
En el caso de durmiente de "Tangente" se hacen dos agujeros a cada lado en tal forma que dé el escantillón al momento de su colocación de 1.435 mts.



Media planta y perspectiva de durmiente para tangente



Media planta y perspectiva de durmiente para curva



Cotas en cm

En los durmientes para curva es diferente, pues por norma general se acostumbra hacer el taladro a un solo lado del durmiente

(tres agujeros) dejando el otro lado sin taladrar. Esto se hace debido a que de acuerdo con el grado de curvatura cambia el escantillón así que al momento de armar la vía se hace el taladro según el escantillón que se requiera.

En ocasiones también se ha hecho durmiente para diferentes grados de curva con su escantillón respectivo, pero no es práctico debido al cuidadoso control que es necesario tener para la distribución del mismo.

En caso de durmiente de concreto tanto para curva o tangente no existe diferencia alguna.

Debe ponerse una persona encargada de la distribución correcta del durmiente con auxiliares, quienes con la libreta de trazo, tomarán longitudes de tangentes y curvas; guiándose con el estacado del trazo, haciendo la distribución a paso de camión lo más uniforme posible.

C.- Distribución de accesorios

Una vez distribuido el durmiente, la misma persona que estuvo encargada de ello, con los datos respectivos del número de durmientes necesario para tangentes y curvas, se procederá a hacer la distribución de accesorios a base de camiones y en el centro de gravedad de las tangentes y curvas.

A continuación se anota el número de piezas de accesorios que lleva cada durmiente.

DURMIENTE DE MADERA		DURMIENTE DE CONCRETO
TANGENTE	CURVA	TANGENTE Y CURVA
2 placas de hule	2 placas de hule	2 placas de hule
4 grapillas "RN"	6 grapillas "RN"	4 grapas "RN"

DURMIENTE DE MADERA		DURMIENTE DE CONCRETO
TANGENTE	CURVA	TANGENTE Y CURVA
2 galletas	2 placas de asiento méticas	2 cojinetes
4 tirafondos	6 tirafondos	4 arandelas aislantes 4 pernos

Cabe hacer notar que la placa de hule colocada en la base del riel y la grapilla o grapa "RN" es lo que proporciona la fijación doblemente elásticas.

D.- Alineado de durmiente

Un cabo y los peones se encargan de ir centrando y alineando el durmiente. Este alineamiento debe hacerse basándose en los trompos del tramo tomando además en cuenta las perforaciones tanto en el durmiente de curva como tangente (si se trata de durmientes de madera).

Con el fin de colocar el durmiente a escuadra y a su distancia correcta (60 cms centro a centro) se utiliza una regla común.

E.- Colocación de las placas de hule

Las suelas de este tipo se colocan directamente en su lugar definitivo sobre las entalladuras del durmiente, un buen alineamiento de los durmientes hace posible, en las tangentes, la colocación correcta de los rieles, según una disposición rectilínea, lo cual reduce al mismo tiempo el trabajo de rectificación con las barras al colocar los tirafondos.

F.- Colocación de los rieles sobre los durmientes y emplanchuelamiento

Una cuadrilla se encarga de montar el riel sobre el durmiente, teniendo de antemano cuidado de limpiar la superficie de asiento de los patines de los rieles, se procede a efectuar el empalme de los

rieles, cuadrilla integrada por 2 planchueleros, dos ayudantes, y cuatro peones mismos que al ir emplachuelando, se encargan de dejar la junta de dilatación correcta, de acuerdo con la temperatura observada mediante termómetros especiales para riel y sus tablas respectivas para las diversas longitudes del riel, debiendo hacer también el engrase de planchuelas.

G.- Distribución de los demás accesorios

La distribución corresponde a las grapillas "RN", tirafondos, galletas (para durmiente de madera) y grapas "RN", perno, placas aislantes, arandelas de presión etc. etc. para durmiente de concreto.

Las galletas o soleras de apoyo (tangentes) deberán colocarse en las muescas correspondientes frente a los agujeros donde irán los tirafondos.

Los tirafondos o pernos, se introducen en los agujeros de las grapillas o grapas "RN" y estos dos accesorios que se complementan se colocan sobre el durmiente a un lado de la solera de apoyo.

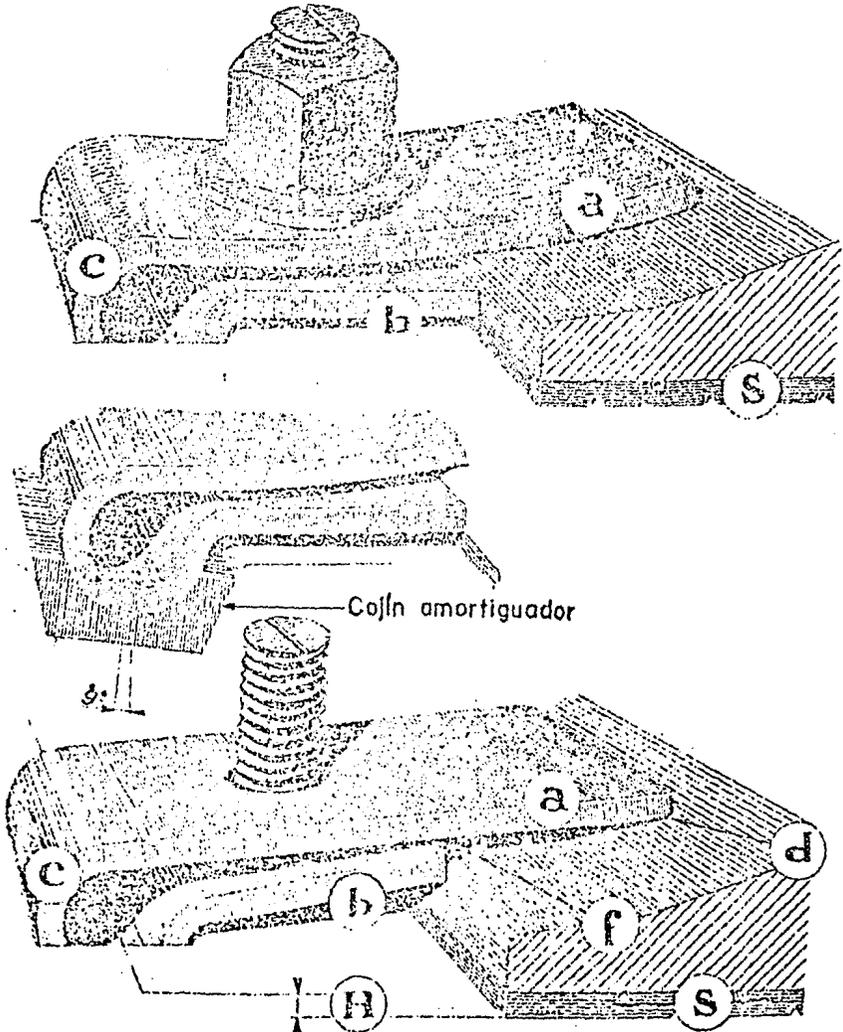
La distribución de los accesorios es una operación auxiliar efectuada por peones rigurosamente especializados quienes son responsables del accesorio que distribuyen.

Después de hacer la repartición, el accesorio excedente debe agruparse en lotes clasificados para su posterior utilización o almacenamiento.

H.- Espaciamiento definitivo y alineamiento de rieles

Una vez amarrado el riel viene la cuadrilla de espaciamiento del durmiente en que un cabo espaciador mediante su flexómetro, va marcando sobre el riel del lado de ojo, con gis o crayón, la separa-

LA GRAPA ELASTICA "RN"



ración definitiva a la que debe quedar el durmiente y un ayudante auxiliado con un escantillón va pasando las marcas al otro riel, lo siguen dos gateros, los que levantando el riel y ayudados por tenazas colocan durmiente tras durmiente debajo de las marcas señaladas en el riel, colocando además las placas de hule y las metálicas en caso de curva, cuatro peones más de esta cuadrilla checan que la vía quede perfectamente centrada y si hubiera algún golpe de línea ellos mismos se encargan de corregirlo.

I.- Soldadura de rieles en taller y de campo

Por lo que respecta a la soldadura de rieles, la mejor calidad y el menor precio se obtienen usando métodos de taller, producción en serie y usando energía eléctrica del servicio público para una gran producción continuada. Este tipo de fábrica de soldadura sólo podría instalarse en las laminadoras de rieles y soldando 2 ó 3 rieles como máximo a causa de los problemas que se originarían a la hora de su transporte. Para tener una solución intermedia bastaría con fábricas portátiles de soldadura eléctrica montadas en carros de ferrocarril, que usaran corriente pública o que generaran su propia energía. En este tipo de soldadura la mano de obra es mínima, pero altamente especializada, produciéndose costos mínimos para gran producción.

En cuanto a la soldadura alúmino térmica en taller, es el menor tamaño individual de soldadura aplicable en la vía y que resulta indispensable para labores aisladas y para conectar los tramos soldados en el taller. El origen de este método se debe a la química metalúrgica alemana y actualmente se usa extensamente con ligeras variantes según el proceso alemán y el francés con buenos resultados para ambas patentes.

Por lo que respecta a sus procesos, para la soldadura en taller a los rieles nuevos o a los usados con puntas recortadas y desvencidos se les limpia mecánicamente y se les hace pasar por una línea de producción en serie a una máquina que precalienta y solda por fusión eléctrica y una presión simultánea de 50 T. La soldadura pasa a recortarse y a esmerilarse para finalizar la inspección magnética detectora de posibles defectos y termina el proceso colocando los rieles soldados sobre las plataformas del tren de trabajo. El número de fallas no llega a 0.5 por cada millar.

Para la soldadura aluminio térmica en campo, su proceso es el siguiente. Los rieles se limpian, se alinean y nivelan y se les separa entre 15 y 18 mm fijándolos sólidamente antes de precalentarlos durante 5 minutos con quemadores hasta dejar los extremos al rojo cereza claro (1000°C). El precalentamiento rápido utiliza sopletes de oxígeno gasolina y el método lento requiere 8 minutos y usa propano y aire. El molde donde se ejecuta la fundición del acero es un crisol metálico que se coloca sobre la junta de rieles y se rodea con material arenoso refractario para forrar el perfil del riel o se emplean moldes prefabricados.

Los metales de fierro y aluminio, se vierten a granel, de las porciones cuantificadas y dosificadas por el fabricante, para cada calibre de riel y para cada contenido de carbón en el acero del mismo; el material para soldadura viene mezclado y empacado en bolsas, de modo de sólo precisar tapar el fondo del crisol, introducir el material de soldadura y colocar un compuesto especial, tapar el pequeño alto horno en mineatura y encender con flama, para provocar un volcán de acero que a su tiempo de calma se destapa el tapón del fondo y funde la fundición entre los rieles, dejando la escoria alrededor y el buen

acero en el perfil soldado. Enseguida, antes de que enfríe se quita la escoria excedente alrededor de la junta y al enfriarse se procede al forjado y esmerilado en serie, para terminar con el pulido del hongo de un riel y la inspección visual y con detector manual.

El porcentaje de fallas es menor de 2 al millar con personal muy experimentado.

J.- Juntas de dilatación

Por muy largo que pueda ser un riel soldado, es lógico el pensar que deben tenerse muy en cuenta los problemas que se producen en sus extremos. En general, la longitud de un tramo de riel soldado no se ha limitado, sin embargo, por razones de comodidad más que por técnicas los tramos no deben ser muy largos.

En los extremos de un riel continuo la compresión queda limitada a la poca resistencia que el sistema de juntas de dilatación les proporciona. A partir de estos puntos la fuerza longitudinal aumenta por encima de cada durmiente en una cantidad proporcional a la fricción entre éste y el riel o entre el durmiente y el balastro. Si el riel fuera ilimitado esta progresión continuaría sobre una longitud tanto mayor cuanto mayor fuese la temperatura, dicha longitud afectada por la respiración del riel es del orden de 80 a 100 m en cada uno de los extremos. Debido a lo anterior se colocan las juntas de dilatación en los extremos del riel soldado, teniendo estas juntas un juego de 180 mm, suficiente para permitir la libre dilatación y contracción de los rieles. Esta junta de dilatación no debe estar ni comprimida ni tensa y es por ello que utilizan bastidores especiales que sirven de punto de control del tramo soldado.

Se puede decir que la junta de dilatación está constituida

por un dispositivo de aguja y contraaguja que proporciona los 180 mm mencionados. Los dos rieles tienen forma de zeta muy alargada y las partes oblicuas de las almas de riel quedan incluidas en el intervalo de dos durmientes, encima de éstos las 4 caras activas de las almas y de los patines quedan paralelas al eje de la vía, lo cual permite su libre desplazamiento y su deslizamiento entre dos placas fijas a los durmientes. Para las juntas de dilatación se prefieren los durmientes de madera dura porque se adaptan mejor que los de concreto.

3.3.2. ARMADO DE VIA CON DURMIENTE DE MADERA

La fase más importante y más delicada en el tendido de vía, lo representa el armado de vía.

El sobrestante encargado de ello deberá tener una lista clara y concisa del alineamiento del tramo por armar para que al ir checando las estacas que la cuadrilla de trazo va dejando no tenga ningún contratiempo y debe ir dando los datos claros y precisos a su ayudante, que es el encargado de ir dando los escantillones de acuerdo con el grado de la curva del tramo en construcción.

Por lo general se usarán cuatro "Tirafondeadoras" y dos "Taldros", dependiendo la formación de ellas del criterio y programa de trabajo que haya ordenado el ingeniero superintendente encargado de los trabajos de vía. A continuación se va a describir la forma de ejecutar el trabajo de armado.

Llamaremos tirafondeadora Nº 1, a la primera máquina que inicia el armado. Con esta máquina se integra un pequeño grupo, el cual queda al mando del operador de ella. Lo auxilian dos ayudantes, los cuales van colocándole el tirafondo correctamente; ya que de antemano dos montadores de material van colocando las placas de apoyo,

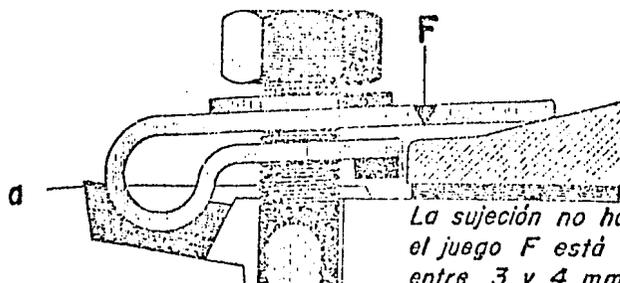
grapas y tirafondos sobre el durmiente, además va un peón con una barra de línea para efectuar cualquier movimiento del riel por si hay necesidad de calzar el durmiente debido a defectos en la terracería.

En seguida viene la máquina Nº 2, que en caso de armado en curva, es un taladro cuyo grupo de personas también queda al mando del operador y está integrado por un ayudante encargado de llevar el escantillón y de checar de acuerdo con el grado de curvatura, las diferentes ampliaciones que deben darse de acuerdo con las tablas proporcionas por la superintendencia, dos hombres más auxilian a esta máquina con objeto de mover el riel lo que se hace necesario para efectuar correctamente el taladreo.

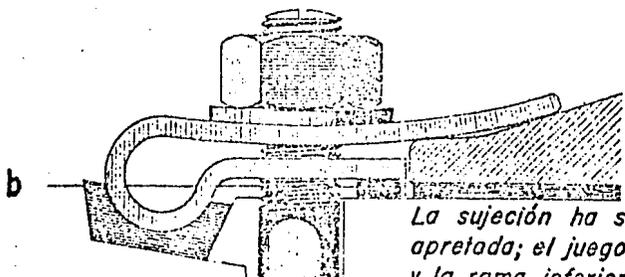
La fase más delicada en el armado, queda a cargo de los operadores de las máquinas, debiendo observar los operadores de las tirafondeadoras, que los accesorios se encuentren correctamente colocados, teniendo especial atención en los tirafondos que no esten oblicuos con relación al eje del taladro. Se deberá checar también la escuadra del riel con el durmiente.

Por otra parte, es completamente necesario la presencia de un buen mecánico en el campo y, de ser posible, tener de repuesto máquinas tirafondeadoras y taladros con objeto de cambiarlas en caso de falla de alguna de ellas para no parar el engranaje formado por el conjunto de máquinas.

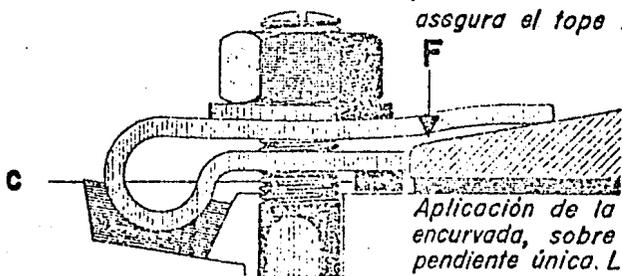
El encargado del armado deberá checar el apretado de los tirafondos, mismo que se determina con un escantillón especial entre el patin del riel y la grapilla "RN", en el lugar del segundo contacto. Además las máquinas pueden graduarse para dar diversas presiones.



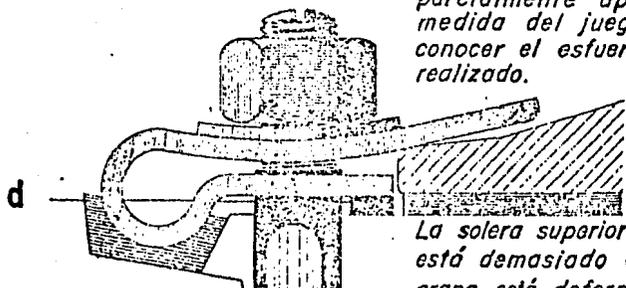
La sujeción no ha sido apretada; el juego F está comprendido entre 3 y 4 mm.



La sujeción ha sido correctamente apretada; el juego F se ha anulado y la rama inferior de la grapa asegura el tope lateral del riel.



Aplicación de la grapa especial encurvada, sobre un riel con pendiente única. La grapa está parcialmente apretada y la medida del juego F permite conocer el esfuerzo de apriete realizado.



La solera superior de la grapa está demasiado curvada. La grapa está deformada y hay que cambiarla.

Como los durmientes para curva vienen taladrados por un solo lado y su colocación es alternada, es lógico que la operación de taladrar efectuada por la máquina Nº 2, lo vaya haciendo de manera terciada.

Detrás del taladro que acabamos de mencionar viene el grupo de personal con la máquina Nº 3, siendo ésta una tirafondeadora encargada de amarrar el riel en el durmiente que se acaba de taladrar. La diferencia entre el grupo Nº 3 y Nº 1 es de un ayudante encargado de llevar el escantillón.

La tirafondeadora Nº 4, con un grupo igual al Nº 1, es la encargada de iniciar el desterciado de vía amarrando los durmientes que de antemano venían taladrados.

Enseguida viene la máquina Nº 5, con otro taladro para durmientes que va practicando las perforaciones, para dar por terminado el desterciado, que viene efectuando detrás de ella la máquina tirafondeadora Nº 6. Estas dos últimas están integradas igual que la Nº 2 y la Nº 3, sólo que las personas encargadas del escantillón se suprimen por estar terciada la vía.

Una vez terminado el armado de vía viene el personal encargado de checar los centros de acuerdo con el trazo y efectuar el alineamiento entre cada uno de los centros mencionados. La cuadrilla está compuesta de un cabo y doce peones. Por último tenemos al personal encargado de recoger el material sobrante: un cabo, un motorista y ocho peones, los cuales van colocando el material recobrado en los lugares que les indique el sobrestante.

La cuadrilla para vías auxiliares encargadas de la construc-

ción de espuelas, laderos y patios, la constituye un sobrestante, un cabo y quince peones y viene construyendo estas vías de acuerdo con las necesidades del trabajo y utilizando la vía recién construída para abastecerse de los materiales necesarios para el desarrollo de sus labores.

3.3.3. ARMADO DE VIA CON DURMIENTE DE CONCRETO

Comprobada la posición correcta sobre los durmientes del riel y soldado éste se procede a levantar el riel y a introducir entre éste y el durmiente la placa de hule, es necesario que el fondo de las chimeneas este limpio de polvo, arena o partículas de concreto que - pudo haber caído en la fabricación del durmiente. Para quitar el concreto excedente se utiliza un cincel y un martillo, y la llave de limpieza y un soplete o un gancho para extraer las impurezas. Una vez limpias las chimeneas; se introducen los tornillos de fijación, cuya base descansará en el candado del durmiente.

Se colocan las grapas con sus cojinete y arandela aislante de presión; introduciendo sus orificios en la cabeza superior del cuerpo del tornillo, de manera que la rama larga de la grapa apoye el patín del riel en la línea del primer contacto; se enrosca en seguida a mano la tuerca hasta que haga contacto con la arandela.

Se hace girar el tornillo de manera que la ranura existente en la extremidad superior del mismo, se coloque paralelamente al riel y sujetando el tornillo, se aprieta a mano la tuerca, hasta que la parte superior de la cabeza del martillo, apoye en los labios de la entalladura. En esta posición puede procederse al apretado del tornillo.

La operación del apretado debe realizarse con la máquina

tirafondeadora, especialmente proyectadas para esto. En la cual puede leerse en un círculo graduado, la carrera vertical de la llave. Esta operación se lleva a cabo en dos tiempos.

1er. Tiempo: La tuerca se aprieta hasta que la flexión de la grapa sea tal que el segundo contacto quede un juego de 1 a 1.5 mm, lo que se consigue fácilmente haciendo uso del limitador de carrera que las tirafondeadoras poseen.

2do. Tiempo: Después del primer tiempo, una persona provista del calibrador mide en décimas de mm el juego que ha quedado en el lugar del segundo contacto, apuntándolo con tiza en el durmiente o en el patin del riel. Se procede a apretar las tuercas, haciéndolas descender las décimas de mm, anotadas en el durmiente o en el patín, mediante la utilización del círculo graduado. Operando de la manera indicada, se efectúa el apretado correcto de las grapas, sin deformación permanente de éstas, ni de las arandelas aislantes (en caso de que se empleen).

Sin excusa alguna deben efectuarse los 2 tiempos del apretado, antes que pase circulación alguna.

3. 4. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIA ELASTICA

Estos métodos de construcción de vía moderna con sujeción elástica se iniciaron aproximadamente hace 28 años, siendo los franceses los que han intensificado este estudio, aunque los ferrocarriles alemanes también han contribuído grandemente en estos estudios.

3.4.1. SISTEMA CONSTRUCTIVO EMPLEANDO PORTICOS

Explicación del sistema constructivo de vía moderna empleando pórticos.

1.- En la propia planta donde se fabrican los durmientes o en un patio próximo al lugar del trabajo, se dispondrá de una espuela con capacidad de 5 plataformas de 45 toneladas, de manera que utilizando la grúa viajera de pórtico de la planta o una grúa auxiliar, puedan manipularse los durmientes ya aceptados y los rieles y demás accesorios.

2.- Sobre el piso de cada plataforma, auxiliado con las grúas citadas, se pre-fabrican los tramos de vía moderna con su fijación doblemente elástica superponiéndolos uno sobre otro, hasta un total de 8 tramos en cada plataforma. (Se aclara que también pueden armarse los tramos de vía fuera de las plataformas para cargarlos sobre las mismas después, con el auxilio de una grúa).

3.- Deberá disponerse de un tren extra de trabajo y auto-armones para mover las 5 plataformas cargadas diariamente, desde la planta hasta el lugar de trabajo y para recoger los materiales de recobro de la vía clavada.

4.- Antes de la llegada del tren extra de trabajo al lugar donde se va a renovar la vía, se habrá desarmado la "vía clavada", pero teniendo cuidado de dejar las dos bandas de rieles (víboras) que la componían, aún emplanchueladas, para correrlas paralelas al eje de la vía y situarlas a cada lado sobre el hombro del balastro, sobre trozos de durmientes usados. Los materiales restantes de la vía antigua, como son los durmientes de madera, placas, clavos, etc., se depositarán fuera del balastro, en un solo lado, pero cerca de la terracería para su fácil recogida.

5.- Con equipos adecuados se procederá a emparejar, nivelar

y consolidar la superficie del balasto para que esté en condiciones de recibir posteriormente los tramos de 12 mts de vía pre-fabricada.

6.- Será necesario cortar un tramo de riel de manera que al principio del tramo de la vía cortada queden sus extremos frente a frente, en ángulo recto con el eje de la vía. Las dos bandas de rieles auxiliares que deberán colocarse a cada lado de la vía clavada, antes de su corte, en una longitud de unos 20 mts aproximadamente, quedarán situadas también sobre el hombro del balasto, en línea con las bandas de rieles explicadas en (4) y emplanchuelándolos a los mismos.

7.- Inmediatamente después de la vía cortada cuyas puntas quedaron frente a frente, se empleará la primera junta de dilatación (ejecutando un emplanchuelado provisional utilizando prensas).

8.- Después de efectuar los trabajos preparativos anteriores, se montarán sobre las dos bandas de rieles auxiliares que quedaron situados a cada lado de la vía sobre el hombro del balasto, los pórticos que se vayan a utilizar para facilitar la descarga de los tramos de vía pre-fabricados con durmiente "RS".

9.- Ya en estas condiciones esta todo listo para recibir el tren de plataformas cargadas con los tramos de vía pre-fabricados, el cual deberá venir retrocediendo de manera que la última plataforma (1ª al retroceder) queda situada lo más próximo posible a la junta de dilatación, ya deberán estar situados los dos pórticos precisamente en las bandas de rieles adicionales que fueron colocados, de manera que la plataforma cargada quede debajo de la vía central del pórtico con sus malacates y demás ganchos de descarga listos para cargar los tramos pre-fabricados.

10.- En estas condiciones, se bajarán los ganchos especiales que agarrarán los hongos de ambos rieles y una vez que estén bien sujetos, por varios lugares, los tramos pre-fabricados serán levantados usando los malacates, cuidando que se levanten los tramos horizontalmente, hasta que queden en el aire librando el tramo en que se apoyaba.

11.- Un grupo de obreros (unos 4 por cada pórtico), empujarán los dos pórticos cargados, de manera de dejar emplazado el primer, tramo de vía pre-fabricado elevado sobre la cama de balasto que se deajo nivelada inmediatamente a continuación de la junta de dilatación.

12.- En estas condiciones, por medio de los malacates se va bajando lentamente el tramo de vía pre-fabricado, alineandolo debidamente para que al apoyarse en el balasto, su eje coincida con el eje de la vía y los extremos de sus rieles topen con los extremos de los rieles de la junta de dilatación, aunque dejando intercalada una plantilla de riel, de 14 mm de espesor, para asegurar el espacio que se requerirá para la soldadura.

13.- Inmediatamente después se ejecutará un emplanchuelado provisional y como los nuevos rieles vienen sin barrenos en sus extremos, las planchuelas que se coloquen, se ajustarán a presión mediante dos "prensas" que se retirarán cuando vaya a efectuarse la soldadura.

14.- En estas condiciones, el tren podrá avanzar 12 metros para dejar situada la última plataforma cargada sobre el primer tramo de vía moderna que se acaba de colocar y proceder a descargar el siguiente tramo de vía pre-fabricado, repitiendo sucesivamente el mismo procedimiento explicado anteriormente, con el empleo de los pórticos para la descarga y construcción de la vía moderna.

15.- Por último, se deja aclarado que al terminar o interrumpir por cualquier motivo los trabajos, se podrá empalmar provisionalmente el tramo de vía moderna con el de la vía clavada, mediante el empleo adecuado de un par de agujas.

16.- También podrán sacarse los pórticos fuera de la vía, para dar paso a los trenes y evitar su transporte diario a las estaciones o laderos inmediatos, aunque si se dispone de una grúa, la misma podrá utilizarse también para sacar los pórticos fuera de la vía.

3.4.2. SISTEMA CONSTRUCTIVO EMPLEANDO UNA GRUA Y PLATAFORMAS DE "LORRYS"

Explicación del sistema constructivo de "Vía Elástica" empleando una grúa y plataformas de "Lorrays"

1.- En la propia planta donde se fabrican los durmientes o en un patio próximo al lugar de trabajo, se dispondrá de una espuela con capacidad para 8 plataformas, de manera que utilizando la grúa viajera de pórtico de la planta o una grúa auxiliar, puedan manipularse los durmientes "RS" ya aceptados, los rieles nuevos de 39' (11.887 mts) y demás accesorios.

2.- Sobre el piso de cada plataforma, auxiliado con las grúas citadas, se pre-fabrican los tramos de vía moderna con su fijación "doblemente elástica", superponiéndolos uno sobre otro, hasta un total de 5 tramos en cada plataforma aunque estos tramos pueden fabricarse, sobre un piso adecuado y cargarse después en las plataformas con el auxilio de la grúa.

3.- Se formará un tren extra de trabajo para mover las plataformas cargadas, utilizando la fuerza tractiva de la propia grúa y auxiliados por un auto-armón que irá a la cola, con el fin de trasla-

dar las plataformas diariamente desde la planta de fabricación de tramos de vía, hasta el lugar de trabajo, pudiéndose aprovechar el viaje de regreso para cargar en las mismas plataformas ya vaciadas, los materiales procedentes de la vía clavada.

4.- Antes de la llegada del tren extra de trabajo al lugar donde se va a renovar la vía, se habrá desarmado la "vía clavada", depositando sus materiales (rieles, durmientes de madera y demás accesorios) a un mismo lado del balasto, pero lo más cerca posible, para facilitar su recogido diariamente.

5.- Con equipo adecuado se procederá a emparejar, nivelar y consolidar la superficie del balasto, donde se encontraba la vía clavada para que se encuentre en condiciones de recibir posteriormente los tramos de 12.00 mts de vía pre-fabricada.

6.- Será necesario cortar un tramo de riel, de manera que al principio del tramo de la vía cortada, queden los extremos de ambos rieles frente a frente y en ángulo recto con el eje de la vía.

7.- Inmediatamente después de la vía cortada se emplazará la primera junta de dilatación (ejecutando un emplachuelado provisional utilizando la prensa).

Después de efectuar todos estos trabajos preparativos, esta todo listo para recibir el tren de plataformas cargados con los tramos de vía pre-fabricados, cuyo tren estará formado trayendo la grúa a la cabeza, seguida de las plataformas cargadas, y de un auto-armón a la cola.

8.- En estas condiciones, la grúa se situará lo más próximo posible a la junta de dilatación y con su pluma extendida hacia atrás

mediante un puente auxiliar con varios ganchos, agarrará por varios lugares los hongos de los dos rieles del primer tramo pre-fabricado, levantándolo lentamente y manteniéndolo en posición horizontal hasta quedar en el aire librando el tramo en que se apoyaba.

9.- Enseguida, la grúa girará con lentitud su pluma 180° , -- hasta situar el primer tramo de vía pre-fabricada, todavía elevado, sobre la cama de balasto existente, inmediatamente después de la junta de dilatación y alineándolo con cables se irá bajando la pluma hasta asentar este tramo en el balasto, topando los extremos de sus rieles con los extremos de los rieles de la junta de dilatación, pero intercalando una plantilla de riel de 14 mm de espesor, para asegurar así el espacio que deberá ocuparse con la soldadura aluminotérmica. Inmediatamente después se efectuará un emplanchuelado provisional, fijando las planchuelas en el auxilio de las prensas, esto se hace así, debido a que los rieles que se utilizan en la vía elástica vienen sin barrenar.

10.- Después de colocado y emplanchuelado, el primer tramo de vía, la grúa podrá avanzar 12 metros y pararse sobre el extremo del mismo, volviendo a girar su pluma a 180° , para cargar el siguiente tramo, para descargarlo en la misma forma explicada anteriormente, procediéndose así sucesivamente hasta dejar descargada la primera plataforma de "LORRYS".

11.- Después esta plataforma será sacada de la vía utilizando para esta operación la pluma de la grúa, despositándola en el lado contrario del que se colocaron los materiales procedentes del desarme de la vía clavada.

12.- Entonces se adelantará la siguiente plataforma cargada hasta arrimarla a la grúa para proceder enseguida a la descarga de los tramos de vía pre-fabricada y al quedar vacía esta segunda plataforma, se sacará igualmente fuera de la vía, para dar paso a la descarga de la tercera plataforma y así sucesivamente se irán descargando todas, para armar provisionalmente, con el auxilio de las prensas, la nueva vías elástica que después se irá soldando.

13.- Al terminar o interrumpir por cualquier motivo los trabajos, se podrá empalmar, provisionalmente, el último tramo de vía moderna descargado con la vía clavada, mediante el empleo adecuado de un par de agujas, fijadas con prensas.

3.4.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO EMPLEANDO UNA GRUA Y UNA COMBINACION DE PLATAFORMAS DE FERROCARRIL Y DE "LORRYS"

Explicación del sistema constructivo de vía elástica empleando una grúa y una combinación de plataformas de ferrocarril y de "LORRYS".

1.- Sobre los pisos de varias plataformas de ferrocarril de 45 toneladas de capacidad, se construirán vías con escantillón de 1.435 m con riel usado de 70 lbs (o mayor) de longitud tal, que termine 30 cms antes de ambos extremos de cada plataforma.

2.- Se prepararán unos puentes de riel del mismo calibre del empleado anteriormente, pero reforzándolos para salvar el tramo libre que queda entre plataformas. Estos puentes se colocarán únicamente cuando las plataformas estén sin moverse, uniéndose mediante planchuelas a los extremos de los rieles de las vías auxiliares aludidas en el inciso 1 y servirán para que puedan circular las plataformas ligeras de las que a continuación se tratará.

3.- Se construirán unas plataformas auxiliares (lo más bajas y ligeras que sea posible), formadas por un bastidor de 12 m x 1.80 m y trucks de ruedas pequeñas (LORRYS), debiendo resistir estas plataformas una carga de unas 30 toneladas aproximadamente, para soportar la carga de 5 tramos de vía pre-fabricada de 12 m de largo, con peso de 5.3 toneladas por cada tramo.

4.- En la planta donde se fabrican los durmientes o en un patio próximo al tramo que se rehabilitará y en la vía correspondiente, se situarán las plataformas de 45 toneladas, que ya dispondrán de las vías construídas en sus pisos y sobre esta vía estarán situadas las plataformas auxiliares descritas en el párrafo anterior.

Auxiliados con la grúa viajera de pórtico de la planta u otra grúa adecuada, se manipularán los durmientes "RS" ya recibidos y los rieles de 39' de largo (11.887 m) descargándolos sobre las plataformas auxiliares para pre-fabricar los tramos de vía moderna, con su fijación doblemente elástica.

Al terminarse la pre-fabricación del primer tramo de vía sobre el bastidor de la plataforma auxiliar, se construirá el segundo tramo, sobre el anterior y así sucesivamente se irán sobreponiendo los 5 tramos pre-fabricados que constituirán la carga útil que cargará cada plataforma de LORRYS.

Lógicamente, también se podrá efectuar el armado de los tramos de vía pre-fabricado, depositándolos a lado de las vías, donde se situarán las plataformas, para ser cargados sobre dichas plataformas con el auxilio de una grúa adecuada.

Todas las plataformas auxiliares deberán quedar calzadas en sus ruedas exteriores, para evitar sus movimientos, sobre la plata-

forma de 45 toneladas durante el transporte.

5.- Deberá disponerse de un tren extra de trabajo, para mover las plataformas cargadas diariamente, desde la planta o el patio de montaje, hasta el lugar de trabajo, (y viceversa); además se utilizará una grúa con la capacidad necesaria como es la "ORTON" modelo 200R del auxilio de Monterrey, o similares, que irá situada en la cola del tren.

6.- A la llegada del tren extra antes citado, al lugar donde comenzará los trabajos, ya se habrá desarmado el tramo de la vía clavada que se substituirá con vía elástica, y sus durmientes, rieles y demás accesorios habrán sido extraídos fuera de la cama de balasto, depositándose a un solo lado de la vía sobre el terreno y se habrá emparejado y consolidado la superficie del balasto de manera que puedan depositarse fácilmente sobre la cama del balasto los tramos de vía pre-fabricados.

7.- También será indispensable cortar un tramo, de uno de los rieles, de manera que al final de la vía cortada queden los extremos de ambos rieles, (de la vía clavada), frente a frente y en ángulo recto con el eje de la vía.

8.- Inmediatamente después de la vía cortada se emplazará la primera junta de dilatación, ejecutando un emplanchuelado provisional utilizando la "prensa".

Después de ejecutar todos estos trabajos preparativos, esta todo listo para recibir el tren de plataformas cargadas con los tramos de vía pre-fabricada, cuyo tren estará formado trayendo la grúa a la cabeza, seguida de las plataformas cargadas y la locomotora a la cola.

9.- Mediante la grúa "ORTON", usando su gancho auxiliar y estando la grúa sin bloquear, se cargará el primer tramo de vía de 12 metros de longitud y una vez levantando se girará el brazo de la grúa 180°, alineándose mediante cables el tramo de vía que se encuentra elevado en este momento sobre el balasto, para irlo bajando lentamente hasta asentararlo sobre la cama de balasto, topando los extremos de sus rieles con los de la junta de dilatación que ya fue colocada, entre los cuales previamente se situará una plantilla de riel de 14 mm de espesor para garantizar el espacio requerido para la soldadura aluminotérmica, que después se ejecutará.

Inmediatamente después, se colocarán las planchuelas provisionales y como los nuevos rieles vienen sin barrenar en sus extremos, las planchuelas se ajustarán a presión mediante dos prensas, para retirarlas después, cuando se vayan a efectuar las soldaduras.

En estas condiciones la grúa ya podrá avanzar 12 metros sobre el primer tramo de la "vía moderna" colocada, y proceder a descargar el siguiente tramo pre-fabricado, repitiéndose sucesivamente el mismo procedimiento explicado anteriormente, hasta haber descargado los 5 o más tramos de vía de la primera plataforma, debiendo aclararse que en esta primera plataforma de ferrocarril los tramos pre-fabricados pueden venir apoyados directamente sobre la vía construida sobre el piso de la plataforma de 45 toneladas, en la que podrán cargarse hasta 8 tramos.

10.- Mientras se efectuaba la descarga de la primera plataforma, se supone que fueron colocados los puentes de rieles para conectar las vías entre todas las plataformas y se quitaron las calzas que fijaban las plataformas auxiliares de manera que las mismas puedan

circular libremente a través de la vía auxiliar construída sobre el piso de las plataformas de 45 toneladas.

11.- Mediante un cable que unirá el acoplador de la grúa y el de las plataformas auxiliares con el fin de jalarlas y moverlas a muy baja velocidad hasta que quede situada, la primera plataforma auxiliar, sobre la primera plataforma de 45 toneladas que queda pegada a la grúa para poder entonces, proceder a la descarga de los 5 tramos de vía pre-fabricados cargados en la plataforma auxiliar, que antes se encontraba en la segunda plataforma de ferrocarril.

12.- Una vez descargada la primera plataforma auxiliar, mediante el brazo de la grúa levantada, la plataforma auxiliar irá depositando fuera de la vía de lado contrario a donde depositaron los elementos de la vía clavada, los lorrys.

13.- Repitiendo el procedimiento explicado en el inciso 11, se jalará y arrimará a la grúa la segunda plataforma auxiliar, que se encontraba situada en la tercera plataforma de 45 toneladas, procediéndose a la descarga de sus 5 tramos de vía pre-fabricada, volviéndose a depositar fuera de la vía la segunda plataforma auxiliar, según se explica en el inciso 12, y repitiendo sucesivamente las secuencias explicadas en los incisos 11 y 12, se descargarán todos los tramos de vías pre-fabricados, que traiga el tren extra, la cual quedará emplanchueladas provisionalmente mediante las prensas anteriormente señaladas, para después suprimir este emplachuelado y substituirlo con juntas soldadas.

14.- Al terminar o interrumpir, por cualquier motivo los trabajos, se debe empalmar provisionalmente el último tramo de vía

moderna, con la vía clavada, mediante el empleo adecuado de un par de agujas, aseguradas con prensas.

3.4.4. SISTEMA CONSTRUCTIVO EMPLEANDO PORTICOS FIJOS Y UN TRINEO

Explicación del sistema constructivo, empleando pórticos fijos y un trineo.

1.- En la propia planta donde se fabrican los durmientes "RS", o un patio próximo al frente de trabajo, se pre-fabrican los tramos de vía moderna de 12 m de longitud, auxiliándose con una grúa viajera u otra grúa adecuada, para la rápida manipulación de los durmientes ya recibidos y los rieles nuevos.

2.- Los tramos de vía de 12 m pre-fabricados, serán cargados sobre pequeños trucks (LORRYS) espaciados, de acuerdo, con la capacidad de los mismos, para lograr una carga de 2 a 3 tramos sobrepuestos uno sobre otro, utilizando para manipular cada uno de estos tramos que pesan 5.3 toneladas, una grúa que tenga la capacidad necesaria.

3.- Acoplando, con barreras de conexión, los LORRYS ya cargados, se formará un tren de "LORRYS", el cual se hará así, para disponer de suficiente fuerza tractiva y para evitar que los LORRYS cargados puedan chorrearse.

4.- Antes de la llegada del tren de LORRYS, al lugar donde se va a renovar la vía, ya se habrá desarmado la "vía clavada", pero teniendo cuidado de dejar todos sus materiales (rieles, durmientes, placas, etc.), a un mismo lado de la vía debiendo quedar la superficie del balasto emparejada y bien nivelada. También se colocará la primera junta de dilatación.

5.- Después se utilizará un trineo, que consiste en un tramo de vía de 12 metros el cual es montado sobre un verdadero trineo, que puede desplazarse jalado, con un pequeño tractor con orugas, el que además viene equipado con un pequeño brazo, que sirve de grúa para facilitar la extracción de los "LORRYs", según se explicará más adelante. Este trineo se emplazará, topando los extremos de sus rieles con los extremos de los rieles de la vía clavada, a la que con anterioridad, le fue cortada la mitad de uno de sus rieles, para dejar sus extremos frente a frente.

6.- Ya en estas condiciones, todo esta listo para recibir el tren de LORRYs cargado con los tramos de vía pre-fabricados, el cual se hace avanzar lentamente, para estacionarlo sobre la vía provisional del trineo, debiendo aclararse aquí, que montados sobre los tramos de vía pre-fabricados, vienen apoyados los 2 pórticos equipados con gatos hidráulicos.

7.- Haciendo actuar los gatos hidráulicos de los "pórticos", se logra que las patas de los mismos se apoyen en la cama de balasto.

8.- Ya entonces se fijan las grapas de agarre de los pórticos a los "hongos" de los rieles del primer tramo de vía prefabricado, el cual es elevado por la acción de los gatos hidráulicos.

9.- Inmediatamente después se retiran los restantes tramos de vía, hacia atrás al ser jalado el tren de LORRYs por el autoarmón de la cola, quedando levantado el primer tramo de vía armado, sobre el trineo.

10.- Entonces se retira la vía del trineo al ser jalado hacia adelante por el tractor de orugas, quedando libre la cama de balasto, en que éste se apoyaba anteriormente.

11.- Pudiéndose ya bajar y asentar en el balasto, por la acción de los gatos hidráulicos de ambos pórticos, el primer tramo de vía prefabricado.

12.- Inmediatamente después se procede a ejecutar un emplanchuelado provisional, entre los extremos de los rieles de la primera junta de dilatación que con anterioridad debió quedar colocada y los extremos de este primer tramo de vía moderna que así quedó colocado.

13.- Se hace retroceder inmediatamente el tren de LORRYS hasta que se apoye en el primer tramo de vía elástico y los pórticos volverán a apoyarse en el siguiente tramo de vía cargada en los LORRYS, lo que se logra haciendo actuar de nuevo los gatos hidráulicos.

14.- Vuelve a situarse el trineo topando los extremos de sus rieles con el primer tramo de vía ya colocado.

15.- Y se adelanta el tren de LORRYS para situarlo sobre el trineo, llevando consigo cargados ambos pórticos, los que por medio de sus gatos hidráulicos, se volverán a hacer descansar por sus patas en el balasto, para poder agarrar y levantar el siguiente tramo de vía prefabricado y después se vuelve a retroceder al tren de LORRYS y se retira el trineo para dejar libre la cama del balasto en que por medio de los gatos hidráulicos se asentará el siguiente tramo de vía prefabricada, la que será emplanchuelada según se explicó antes para continuar repitiendo la secuencia explicada en los incisos 13, 14 y 15, lográndose así la descarga, colocación y emplanchuelado provisional de todos los tramos de vía, que venían cargados en el tren de LORRYS, los cuales serán soldados al siguiente día de colocados.

16.- Debe aclararse que al quedar libres los LORRYS en que venían cargados los tres primeros tramos de vía, éstos son llevados hacia adelante sobre la vía del trineo y sacados fuera de la vía y depositados a un lado de la misma. Por la acción de la misma grúa con que viene equipado el tractor de orugas.

17.- Sólo resta aclarar que al terminarse o interrumpirse por cualquier motivo la jornada de trabajo diaria, se podrá empalmar provisionalmente el último tramo de vía moderna, como el tramo de vía clavada, sin ser necesario cortar ni barrenar los rieles de ambas vías.

3.4.5. SISTEMA CONSTRUCTIVO EMPLEADO POR LA S.N.C.F.

Explicación del sistema constructivo, utilizado por la - S.N.C.F. (Sociedad Nacional de los Ferrocarriles Franceses)

1.- En la propia planta donde se fabrican los durmientes "RS" o en un patio próximo al frente de trabajo, se prefabricarán los tramos de vía moderna de 12 m de longitud auxiliándose con la grúa viajera de la planta, o con una grúa auxiliar adecuada, para poder manipular con facilidad los pesados durmientes y los rieles nuevos.

2.- Los tramos de vía de 12 m así construídos serán cargados utilizando la grúa mencionada, en plataformas ligeras (con bastidor de 12 m x 1.80 m trucks pequeños o "LORRYS"), debiendo resistir estas plataformas una carga de unas 30 toneladas aproximadamente, para que puedan soportar el peso de 5 tramos de vía prefabricada sobrepuestos, que pesan 5.3 toneladas cada uno.

3.- Se dispondrá de un equipo especial que denominaremos "plataformas trabe" (que tiene sus propios sistemas de tracción y frenado), que se utilizará para cargar los tramos de vía prefabricados,

que traen las plataformas LORRYS y trasladarlos hacia el frente y descargarlos sobre la cama de balasto donde existió la vía clavada, según se explicará con más detalle posteriormente.

4.- Se formará un tren extra de LORRYS, formando con la "plataforma trabe", al frente seguida de las plataformas ligeras, cargadas con los tramos de vía llevando a la cola uno de dos autoarmones con motores industriales cuyo tren circulará diariamente desde el campamento de montaje de los tramos de vía, hasta el frente de trabajo y viceversa, aprovechándose el viaje de regreso para cargar el material de recobro de la vía clavada.

5.- Antes de la llegada del tren extra de trabajo al lugar donde comenzarán los trabajos, ya se habrá desarmado el tramo de vía clavada, que se va a substituir con vía elástica y sus durmientes de madera, rieles y demás accesorios habrán sido extraídos fuera de la cama de balasto, depositándose en un solo lado de la vía, sobre sus terrenos colindantes. Se habrá emparejado y consolidado la superficie del balasto de manera que puedan depositarse sin dificultad los tramos de vía prefabricada. También se habrá cortado uno de los rieles de la vía clavada para dejar ambos extremos frente a frente, para unirlos con los extremos de la primera junta de dilatación mediante un emplanchuelado provisional.

6.- Después de ejecutar todos los trabajos preparativos explicados anteriormente esta todo listo para recibir el tren de LORRYS cargado, el cual vendrá formado en el orden que se indicó en el párrafo 4, debiendo circular lentamente para parare exactamente sobre la junta de dilatación.

7.- Mediante la "plataforma trabe" usando sus ganchos especiales, se cargará el primer tramo de vía de 12 metros de longitud, y una vez levantado con los mecanismos y los motores que trae esta "plataforma trabe", se moverá la "trabe" hacia adelante quedando el primer tramo de vía elevado sobre el balasto y accionando los malacates correspondientes se irá bajando lentamente dicho tramo hasta asentarlo en la cama de balasto, haciendo topar los dos extremos de los rieles del tramo así colocados con los de la junta de dilatación que ya fué colocada (pero teniéndose la precaución de colocar entre los extremos de los rieles, una plantilla de riel de 14 mm de espesor para garantizar el espacio requerido para la soldadura aluminotérmica), procediéndose enseguida a ejecutar un emplanchuelado provisional, con el auxilio de las prensas.

8.- En estas condiciones podrá retroceder todo el tren en una longitud de 12 metros, para dejar situada la "plataforma trabe", precisamente sobre el primer tramo de vía elástica descargado, pudiéndose entonces proceder con la descarga del segundo tramo de vía prefabricado, en la misma forma que se explicó en el párrafo 7 y repitiéndose este mismo proceso, hasta dejar vacía la primera plataforma de LORRYs, con la colocación de los 5 tramos de vía que traerá cargados.

9.- La "plataforma trabe" trae además un sistema de vigas en cantiliver laterales y malacates viajeros, que sirven para cargar las plataformas de LORRYs y descargarlas fuera de la vía, de manera que haciendo uso de estos dispositivos se podrá sacar fuera de la vía la primera plataforma ligera que quedó vacía, depositándola sobre el terreno colindante a la vía, pero en este caso, del lado contrario al que se depositaron los materiales de recobro.

10.- Una vez sacada la primera plataforma, los auto-armones empujarán las restantes plataformas cargadas, arrimando la que venía en segundo lugar hasta situarla junto a la "plataforma trabe", y repitiéndose las secuencias explicadas en los párrafos 7, 8, y 9, se logrará la descarga completa de todos los tramos de vía prefabricados, que deberá soldarse al día siguiente.

11.- Al terminar o interrumpir por cualquier motivo los trabajos explicados anteriormente, se podrá empalmar provisionalmente el último tramo de vía moderna colocado con la vía clavada, mediante el empleo adecuado de un par de agujas aseguradas con prensas.

3. 5. BALASTADO

Antes de proceder el tiro de balasto debe hacerse un ligero alineamiento de vía, conforme se vaya avanzando con el tiro de balasto, dicho alineamiento fácilmente pueden ejecutarlo una cuadrilla de 12 hombres, con sus barras de línea respectiva, tomando en consideración para el alineamiento de las curvas la cuerda de 9.58 m.

3.5.1. PRIMER TIRO DE BALASTO

El primer tiro de balasto, así como el segundo, se efectúa con el tren de trabajo equipado con carros tolva de descarga, en el fondo se hace el movimiento colocando la locomotora atrás o delante del equipo. La descarga debe comenzar generalmente, abriendo las compuertas del carro más alejado de la locomotora y cuando el primer carro abierto se encuentre casi vacío y empiece a decrecer la cantidad de balasto que salga de él, deberán abrirse gradualmente del segundo carro logrando con este método de descarga, que los carros subsecuentes se sobrepongan en el vaciado, logrando así una cantidad uniforme de

material. Debiendo colocarse una rastra de madera enmuscada, delante del par de ruedas delanteras del truck posterior de cada carro que se va a descargar, con objeto de enrasar el balasto descargado.

Una vez efectuado el alineamiento y primer tiro de balasto, se procede a efectuar una nivelación sobre el hongo del riel, cuyos datos se pasan a un perfil para el proyecto de rasante, incluyendo desde luego el cálculo de las curvas verticales.

Una vez teniendo la rasante calculada, tratando de antemano que los levantes no sean mayores de 20 cm, se colocan las estacas de alineamiento así como en otra estaca la rasante, que en dicha estación debe llevar hongo de riel.

El equipo consiste primordialmente, en un gato calzador que para el caso puede ser el kershaw super jack-all, el cual como su nombre lo indica además de efectuar el levantamiento, calza el durmiente.

Otro tipo de máquina más sofisticada para el levantamiento y alineamiento de vía, es la autoalineadora eléctrica "tamper" usando rayos infrarrojos para medir flechas y computadoras para resolver el cálculo de los desplazamientos para redondear las curvas. Equipo utilizado actualmente en México.

La máquina levanta la vía y calza; alinea las tangentes y realinea las curvas, sin necesidad de cadenamamiento o nivelación previa ni registrar datos.

En virtud que siempre es necesario hacer un segundo levante, no es necesario efectuar el afinamiento total y definitivo de la vía, ya que éste se perdería con el segundo calzado razón por la cual se procede a hacer un afinamiento provisional, que le dé la suficiente

seguridad a la vía para mantener el tráfico constante de trenes a diferentes velocidades, lo cual puede hacerse utilizando una "reguladora".

Cuando la descarga de balasto es irregular se procede antes de efectuar el levante, a pasar la reguladora de balasto a fin de uniformizar los mismos.

3.5.2. SEGUNDO TIRO DE BALASTO

El segundo tiro de balasto tiene como objeto, completar de balasto en los lugares donde haya quedado escaso. Para esto es menester que una persona de confianza recorra el tramo y anote en una libreta los kilometrajes de los lugares en que falte, para posteriormente pasar los datos al sobrestante del tiro de balasto y ejecute el trabajo únicamente donde sea necesario.

Una vez efectuado este segundo tiro se procede a efectuar el segundo levante.

Este segundo levante debe llevarse a cabo también con datos sobre estacas, del nivel inicial proyectado de rasante y aunque lo mejor sería ejecutar este trabajo con el mismo equipo con el que se hizo el primer levante, se dan casos en que se prefiere el uso de "calzadoras pequeñas" y gatos chicos como en el caso de gato norbert o también si no se cuenta con éstos, con gatos de escalera, cosa que es posible hacer debido a los levantes tan pequeños que necesita la vía y consiguiendo además con esto el uso de "equipo pesado", para otros trabajos en que se esté apenas haciendo el primer levante.

Cuando la rasante casi no se ha modificado en la vía después del primer levante, es muy conveniente quitar únicamente los golpes de nivel con la "niveleta óptica" evitándose con esto volver a colocar

datos sobre las estacas.

Después de haber descrito las fases anteriores que se siguen para llevar a cabo la nivelación de vía, cabe mencionar que todo lo anteriormente dicho es válido tanto para vía clásica como elástica.

CAPITULO 4

OPERACION DE UNA CARRETERA

4. 1. BREVE RESEÑA HISTORICA DE LOS CAMINOS DE MEXICO

Hoy en pleno siglo XX, México cuenta con más de 100,000 km de carreteras que constituyen el sistema nervioso de un país en desarrollo, de los cuales 1,400 km corresponden a caminos de cuota.

Las primeras rutas terrestres en nuestra nación fueron construidas en la época precortesiana por los aztecas, quienes comunicaron a su ciudad capital con varias poblaciones cercanas a través de calzadas empedradas.

En la península de Yucatán, los Mayas construyeron un camino empedrado también, de una longitud mayor a los 300 km, mediante el cual se unían Uxmal y Chichén-Itzá, para desembocar en el mar.

Más tarde durante la colonia, ya se contaba con 26,000 km de caminos de herradura y reales con la diferencia de que los primeros enlazaban a ciudades importantes, en tanto que los segundos enlazaban a pequeñas poblaciones o rancherías.

Para fines de la colonia, existían 19,000 km de herradura, de entre los cuales destacaban la México-Durango-Santa Fé, que conectaba al centro de la República con la zona norte; la México-Puebla-Veracruz; la México-Chilpancingo-Acapulco que unían a la capital con las costas del Golfo y del Pacífico y la México-Oaxaca-Guatemala. Algunas de estas rutas fueron construidas por comerciantes de la época, mismos que cobraban por el uso de ellas, con la finalidad de recuperar su inversión, por un lado y por otro, allegarse recursos económicos

suficientes para efectuar reparaciones necesarias.

Históricamente, en esta etapa nacen los primeros caminos de cuota. A partir de 1908, el gobierno establece el primer presupuesto para la construcción y conservación de carreteras, pero al crearse la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP) se le asigna, dentro de sus responsabilidades, la construcción de nuevos caminos y su conservación, acción que fué dificultada por la inestabilidad que caracterizó al desarrollo del país, la segunda decena el presente siglo.

La era moderna, en cuanto a caminos de cuota se refiere, se inicia el 30 de noviembre de 1952 cuando de nueva cuenta la iniciativa privada por medio de la Compañía Constructora del Sur y apoyada en esta ocasión por el gobierno federal, pone en servicio la autopista México-Cuernavaca y la vía corta Amacuzac-Iguala, que representaron fuertes inversiones recuperadas mediante el pago de un derecho por el servicio. Se llega así al momento en que los nuevos caminos además de significar un importante ahorro de tiempo, representan para los usuarios la reducción en el consumo de combustible y desgaste del vehículo.

Actualmente las cuotas establecidas facilitan la recuperación de la inversión y la conservación de las vías, además de que ayudan a la implantación de medidas de seguridad especiales, que desde el 23 de septiembre de 1956 están a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

4. 2. ASPECTOS DE LA OPERACION DE UNA CARRETERA

Algunos de los siguientes puntos a tratar no se encuentran todavía desarrollados en México, pero es importante conocer en qué

forma o en qué medida se deben implantar esquemas de operación en las carreteras por la atención cada vez mayor que tiene la seguridad entre el público en general; sin olvidar el aspecto económico, ya que la escases de la energía y las restricciones de los recursos financieros nos orillan a tal situación.

4.2.1. CONTROL AUTOMATICO O SEMIAUTOMATICO DEL TRAFICO

Este control se lleva a cabo en los caminos principales y en los períodos pico, como lo son las vacaciones y otras situaciones especiales. Los sistemas de operación consisten en sistemas de control que incluyen como elementos a los usuarios, el registro de datos, el procesamiento de la información y la toma de decisiones, además de la transmisión de la información.

El flujo de tráfico puede controlarse por medio de señales direccionales variables, que desvían parte del volumen del tráfico de secciones congestionadas de la carretera a caminos menos frecuentados.

4.2.2. EMPLEO DE MEDIOS PARA INFORMAR AL USUARIO DE ACCIDENTES, NEBLINA, ETC.

La operación correcta de una carretera debe darle al usuario la información acerca de las condiciones de tráfico más adelante y de los reglamentos que debe observar, como el asegurar mantener una distancia segura en relación al vehículo de enfrente. Así como límites de velocidad como precaución de seguridad y métodos para que se cumplan, especialmente en cruces peatonales.

La efectividad de los límites de velocidad es adecuada cuando reduce tanto el número como la seriedad de los accidentes.

El principal medio para informar al usuario son los señala-

mientos, tema que se describe en el inciso 3 de este capítulo.

4.2.3. PROBLEMAS DE OPERACION CUANDO SE LLEVAN A CABO OBRAS VIALES Y DE MANTENIMIENTO BAJO TRAFICO

Dependiendo del grado y de los procedimientos de construcción, se han establecido normas de reglamentación; por ejemplo, en carreteras principales con gran densidad de tráfico los trabajos de reparación se llevan a cabo durante el período de más bajo tráfico para alterarlo lo menos posible.

Para minimizar los problemas en sitios donde se construye o se lleva a cabo reparaciones se deben seguir algunas (o todas) las indicaciones siguientes:

- Informar por diferentes medios tal situación (prensa, televisión o radio).
- Reglamentar el tráfico en el lugar de construcción por medio de barreras, señales, instalaciones de luz, etc.
- Proteger a los trabajadores, etc.

4.2.4. SERVICIOS PARA EL USUARIO

Existen varios tipos de servicios que se pueden prestar a los usuarios de una carretera, pero en sí los principales son los servicios mecánicos y los médicos.

En cuanto a los primeros, existen agrupaciones privadas como los comúnmente llamados "Ángeles Verdes", que auxilian al automovilista en casos de fallas mecánicas. Además de éstos existen algunas otras organizaciones que operan principalmente en zonas urbanas. Por lo que respecta a los servicios médicos éstos son prestados por organizaciones como la Cruz Roja Mexicana y otras. Existen además otros organismos encargados de que se cumplan los reglamentos y de sancionar a los usuarios que no se apeguen a ellos como la Policía Federal de

Caminos.

En general, los servicios para el usuario de las carreteras están en diferentes etapas de desarrollo en cada país y dependen del grado de motorización de cada uno de ellos.

4. 3. SEÑALAMIENTOS

Como se mencionó anteriormente, no se puede concebir el buen funcionamiento de una carretera, si ella no cuenta con el señalamiento necesario que le dé seguridad al usuario de la misma.

Se dá a continuación una idea general de los señalamientos y de su adecuada colocación. Las señales en los caminos se clasifican en los siguientes tipos: señales preventivas, señales restrictivas y señales informativas.

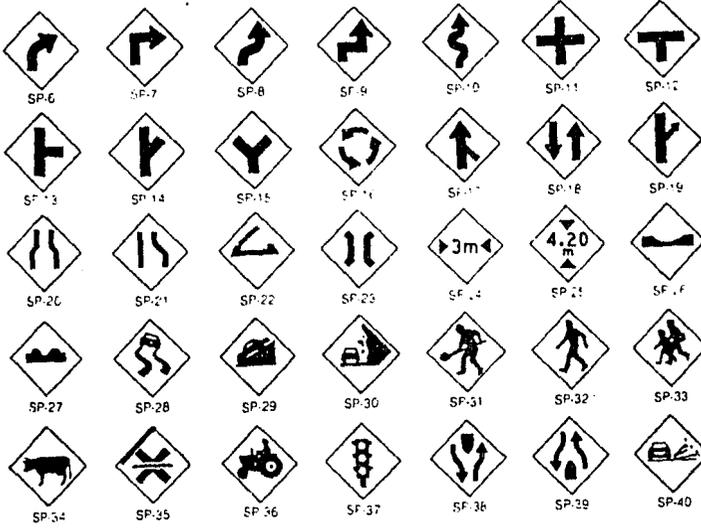
4.3.1. SEÑALES PREVENTIVAS

Estas señales tienen por objeto advertir la existencia y naturaleza de un peligro en el camino. Consisten en tableros de forma cuadrada, colocados con una de sus diagonales verticalmente, pintados de amarillo, con símbolos, caracteres y filetes en negro.

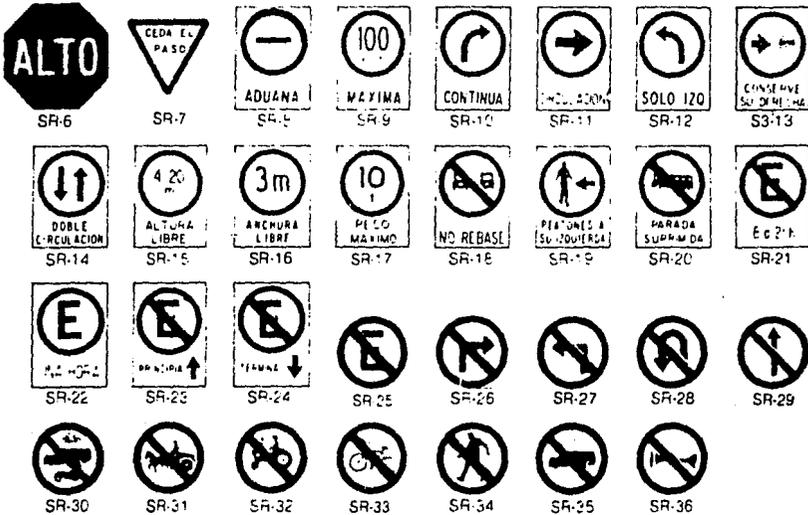
El largo del cuadrado es de 60 cm y puede llegar a ser hasta de 90 cm.

La distancia hasta el lugar de peligro a la que deberán de colocarse debe ser determinada de manera que asegure su mayor eficiencia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta el tipo de camino y de los vehículos que lo usarán. Dicha distancia va de 90 m a 225 m, salvo circunstancias especiales. Las señales preventivas deben colocarse en el lado derecho de la carretera, correspondiente a la dirección de la circulación y frente de ella.

SEÑALES PREVENTIVAS



SEÑALES RESTRICTIVAS



Cuando se usen barreras para desviar la circulación, con motivo de obras que se ejecutan en el camino, tales barreras deben ser blancas y negras y en caso necesario, provistas de dispositivos reflejantes. Además, todos los límites de las obras deben ser claramente señalados durante el día y la noche por medio de barreras o luces, o ambas.

4.3.2. SEÑALES RESTRICTIVAS

Las señales restrictivas tienen por objeto indicar la existencia de ciertas limitaciones o prohibiciones que regulan el tránsito. A excepción de las de "alto" y "ceda el paso", son tableros de forma circular pintados de color blanco y letras, números y símbolos de color negro inscritos en un anillo de color rojo.

En cuanto a su colocación, también deben colocarse en el lado derecho de la carretera y correspondiendo a la dirección de la circulación y frente a ella.

4.3.3. SEÑALES INFORMATIVAS

Tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su ruta e informarle sobre las calles o caminos que encuentre y los nombres de poblaciones, lugares de interés y sus distancias. Estas señales son rectangulares y deben colocarse en posición horizontal, con excepción de algunas que se colocan verticalmente. Tienen fondo blanco, con letras y ribete negro. A diferencia de las anteriores no tienen dimensiones fijas. El tamaño de estas señales se ajusta a las necesidades y se recomienda que no tengan más de tres renglones de leyenda.

Existen además dentro de los señalamientos las marcas sobre el pavimento, las cuales están formadas por marcas longitudinales, marcas transversales y otras marcas. Las marcas longitudinales pueden

CAPITULO 5

OPERACION DE UN FERROCARRIL

5. 1. INTRODUCCION

La operación de un ferrocarril requiere de un continuo intercambio con vía y estructuras, fuerza motriz y comunicaciones, además de atender normas administrativas y de planeación y control.

El superintendente dispone de un determinado parque de locomotoras y debe atender "tráfico real" que sólo se asemeja al teórico previsible y debe resolverlo sin afectar egresos ni horarios establecidos, excepto casos aislados emergentes y ello le exige conocimientos variables desde administrativos hasta los relacionados con vías y estructura, reglamentos, disciplinas, levantar descarrilamientos, etc. auxiliado por sus ayudantes especialistas: el ingeniero residente, transporte, locomotoras y despacho. Las normas básicas se relacionan con emplear de una manera "correcta" a las locomotoras, como asunto de primera importancia y ello conduce a la dinámica de los trenes, que debe ser puesta en práctica por todo buen maquinista.

- Conocer todas las máquinas y no excederlas de su tonelaje normal sin ignorar el "virtual" o un ligero calentamiento con velocidad mínima y más tonelaje.

- Practicar correctamente el empleo de ayudadoras y su fuerza límite en un sólo "tronco" a la cabeza del tren y conocer el menos defectuoso sistema para intercalar ayudadoras a "medio tren" dado que el método de cada grupo de locomotoras con su tonelaje, es tan malo como el de darle "más fuerza" a las máquinas de enmedio.

- Evitar discusiones y justificada protesta de los de vía --

y estructuras, cuando la fuerza máxima de un tronco de locomotora excede de 110,000.00 kg en curvas de 9° y 75,000.00 kg en las de 12° .

- Vigilar continuamente los diagramas de trenes diarios donde se hacen visibles las demoras respecto a los horarios, señalando claramente al causante.

- Observar "flete movido y pasaje", carros vacíos y la demanda de servicio.

- De la observancia del punto anterior se podrá solicitar a superioridad; más máquinas, suprimir curvas, reducir pendiente, alargar escapes o ponerle una joroba a su terminal; así como aplicar medidas más a su alcance local, relativas a disciplinas, puntualidad, orden, aseo, etc.

En cuanto a la formación de un tren, éste debe llevar los carros ligeros a la cola y los carros pesados a la cabeza, para evitar que se produzcan valores de tensiones máximos a la cola del tren, ya que basta un error al formar el tren para que el jaloneo entre carros (slack) al variarse la tracción o el frenado (en medio de curvas y rectas alternando con columpios y cimas) para que se produzcan las roturas de los acopladores y los descarrelamientos.

Operar bien un ferrocarril, se parece a practicar bien algún deporte de equipo, donde máquinas, herramientas, comunicación, vigilancia, disciplina y armonía laboral de empresa producen trenes "sin novedad", a tiempo, con máximo tonelaje comercial por carro promedio y con pronto nuevo empleo para carros vacíos.

5. 2. OPERACION DE TRENES

Cualquier carretera de sólo 2 carriles (provista de acota-

mientos para estacionarse fuera de la circulación) permite un flujo normal, donde la curvatura y la visibilidad regulan la velocidad permisible y con ello la capacidad.

Los choferes del camino citado, al aproximarse a un poblado, entronque con otros caminos, cruceo ferroviario, o puestos policiales, reciben órdenes mediante señales para restringir su velocidad, parada total, etc. y estas señales pueden ser fijas, manuales o de semáforos luminosos. Este camino y sus señales equivale a una "doble vía férrea" donde los maquinistas reciben órdenes por señales controladas desde un puesto de mando central, que además de mostrar una orden específica luminosa, puede accionar el cambio para "quitar" a un tren de la vía de circulación y meterlo a otra vía auxiliar (escape) permitiendo ser rebasado por otro más rápido que le precede.

La similitud de operaciones sólo difiere en que los auto-transportes se adelantan entre sí, bajo el juicio individual de cada conductor que adelanta, y la anuencia del rebasado para permitir esa maniobra, en tanto que los trenes se detienen o adelantan a otros, atendiendo exclusivamente la orden de expertos, enterados de la posición de todos los demás trenes en cualquier momento.

Una carretera de un solo carril, precisa de cortos tramos en dos carriles, destinados a "librar" vehículos en sentido opuesto, distanciados una cierta distancia, lo que produce grandes demoras y accidentes, por lo que sólo resulta aplicable para caminos vecinales de muy baja densidad de tráfico. En ferrocarriles las vías simples representa la mayoría de la longitud total de vías troncales, en México se tendrá vía doble para fecha próxima en un 5% del total del kilometraje. Lo anterior enfatiza la avanzada técnica operacional ferroviaria.

ria la que para resolver económicamente el problema del transporte debe poder manejar, con un mínimo de accidentes, tráficos de gran consideración por vía sencilla entre estaciones, aunque en la actualidad, varios de los viejos métodos de control de operación, continúan siendo utilizados en las líneas de mediana densidad, lo que permitirá incrementar el tráfico hasta alcanzar el punto crítico económico que autoriza doble vía para tramos parciales o en la totalidad de una ruta de gran densidad, como ha sucedido en la México-Querétaro.

5. 3. ASPECTOS DE LA OPERACION DE VIA SIMPLE

Un distrito ferroviario controlado por un despachador tiene "N" estaciones con doble vía para el encuentro de trenes, espaciadas un promedio de 8 km y se conoce además el horario de cada tren entre sus terminales, así como el tiempo mínimo que procede autorizarse para los trenes rápidos, entre estaciones contiguas.

Un diagrama de trenes con el kilometraje en las abscisas y los horarios en las ordenadas, usando colores para cada tipo de tren (pasajero, carga, directo, local, etc.) permite localizar los "encuentros", así como las estaciones donde un lento tren de carga deba detenerse para permitir lo rebase un rápido pasajero. Estas gráficas son de uso actual para analizar periódicamente programas, demoras y accidentes, resultado de las discrepancias entre los horarios teóricos y una realidad en donde los trenes varían sus horarios por fallas de locomotoras; por carros en un mal orden, derrumbes o deslaves en las vías, nieve, niebla espesa, etc. Se comprende que el control por tiempo (horarios) adolece defectos que sólo pueden eliminarse o reducirse, en las líneas de baja densidad, y ello asumiendo la inevitable posibi-

lidad de accidentes, los cuales se previenen ordenando que todo tren que va fallando en su velocidad normal, o que tenga que pararse entre estaciones, se abandere o "proteja" plenamente, mediante la colocación de petardos de aviso, luces de bengala y bandera, medio km atrás y adelante del caboose y locomotora respectivamente.

El tiempo que necesitan los garroteros (de adelante y atrás) para "abanderar" el tren detenido es de 5 a 10 minutos a partir de las órdenes que el maquinista silba para la protección. Los trenes en mayor o menor escala, no pueden operarse por sí solos por horarios y protección, de modo que se requiere la intervención del despachador, telegrafista y jefes de estación, que de continuo informa al despachador la posición de los trenes y sus demoras para que éste expida órdenes para "ajustar el recorrido de cada tren" según su categoría y modificando el horario teórico a las condiciones variables de la realidad.

5. 4. ORDENES DE TREN Y SEÑALES

A partir de uso del telégrafo en ferrocarriles, se evolucionó el control por horario mediante "órdenes de tren" expedidos por jefes de estaciones intermedias y acordes con instrucciones del despachador quien expide las órdenes iniciales del recorrido. Para lo anterior, se instalaron en cada estación torres para señales de dos brazos en ángulo recto (cada uno para cada dirección del tráfico) donde se convino en que brazo vertical y horizontal significa el permiso para proseguir, en tanto que inclinado marca parada para recibir órdenes, modificando horario o anteriores instrucciones.

En México se usan las formas y nomenclatura americana, herencia de las empresas extranjeras concesionarias y la denominada

"forma 31" debe ser recibida por el conducto (con acuse de recibo) y éste entrega copia al maquinista sobre el nuevo programa para encuentros y otras órdenes, hasta nuevo aviso. Esta forma obliga a una parada total del tren y lo demora no menos de 10 minutos, lo cual representa un capital que se pierde anualmente y que crece con la densidad de tráfico. Lo anterior obligó a usar una nueva forma, la "Nº 19" que puede darse al maquinista aún a gran velocidad, mediante un aro que se "pesca" a mano. La forma 19 produjo "agilidad" de circulación en líneas saturadas y el ahorro por cancelar o reducir paradas innecesarias, significó gran economía al reducirse tiempo extra, combustible adicional y desgaste de frenos que motivaba el uso de la "31", la cual se continúa utilizando parcialmente. La "19" no es perfecta y se presta a errores y sus disculpas, de modo que los trenes precisan de un "control por distancia" evitándose las posibles fallas antes mencionadas.

5. 5. BLOQUEO PRIMITIVO

Bloquear significa impedir tráfico entre dos estaciones o en un tramo comprendido entre dos señales que pueden distanciar uno o más kilómetros y ello representa controlar el movimiento de trenes por una distancia determinada. Una línea con dos trenes diarios de sentido opuesto, según sus horarios y velocidades, se encontrarán en determinada estación, si el tiempo de los recorridos coincide con la realidad.

Se usó inicialmente, que uno de los trenes transportara la llave del candado que abre el cambio del escape de la vía ocupada por el otro tren, esto fue un método elemental aplicable a una vía con muy poco tráfico. El bloqueo de un tramo a partir del telégrafo, de

las señales y órdenes del tren, puede establecerse y ello permite impedir alcances, esperando hasta disponer de la noticia telegráfica de la llegada del tren al extremo bloqueado, para autorizar la salida del que le sigue.

Los primitivos bloqueos entre estaciones con agente (equidistantes 10 ó más kms) usando telégrafo o teléfono y señales para órdenes, apenas lograron permitir un promedio entre 3 y 4 trenes por hora como máximo.

En la actualidad, en lugar de 10 minutos entre trenes según el control por tiempo y órdenes, es factible operar trenes cada tres minutos, usando no sólo señales sino cambios automáticos y órdenes por radio. Cada etapa en la técnica operacional de los trenes tiene un costo de inversión y un egreso de operación directa y de su mantenimiento; pero ello produce reducción de horarios con gran ahorro en costos de operación, además de permitir aumentar el tráfico.

5. 6. ESTACIONES, PATIOS Y TERMINALES

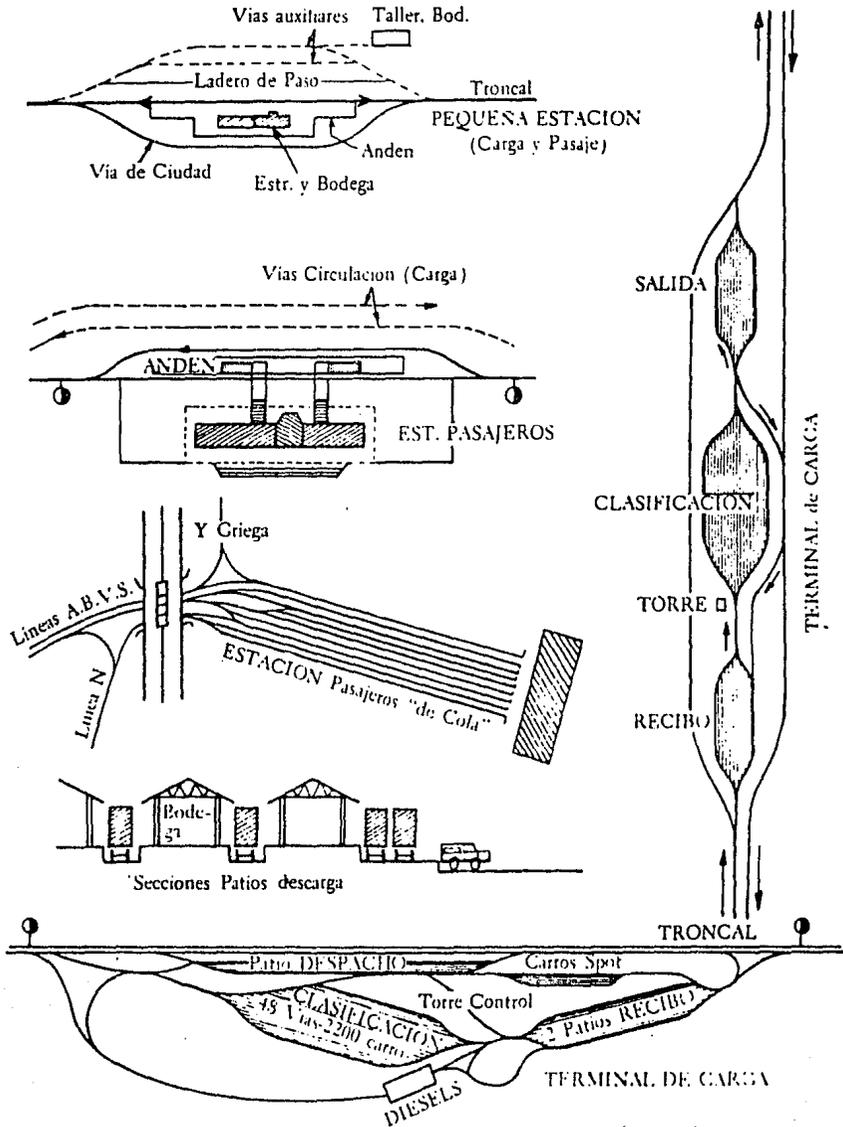
La operación de un sistema ferroviario es muy compleja, y ésta aumenta conforme al kilometraje de un ferrocarril, así como a la cantidad de pasajeros y toneladas por mover en este medio de transportación, ya que de las diferentes condiciones en que se debe de proporcionar el servicio de transportes, se fijan los métodos de operación (movimiento de trenes) y se clasifican las diferentes clases de servicios que deben ofrecerse al usuario, así como se estudian y aprueban las tarifas respectivas.

De acuerdo con el reglamento de transportes en vigor en 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. Por otro lado, la definición de patio es la siguiente: es un sistema de vías dentro de límites definidos por medio de las placas - respectivas, destinado a la formación de trenes, almacenamiento de ca--rros, u otros fines, y sobre las cuales pueden efectuarse movimientos no autorizados por el horario ni por órdenes de tren, pero sujetos a las señales y reglas prescritas o a instrucciones especiales.

En los pequeños patios y terminales, localizados en empalmes de dos o más líneas y cuando el tráfico es reducido, basta utilizar una o dos máquinas de patio para clasificar los carros de los trenes que se reciben y formar los nuevos trenes según su destino. Estas maniobras en patios a nivel, resultan lentas y costosas, quedando las vías semibloqueadas por el continuo ir y venir de las máquinas patie--ras, donde los garroteros operan manualmente los numerosos cambios de vías y donde la operación se realiza bajo órdenes verbales del jefe de patio, obteniéndose apenas regulares resultados económicos que llegan a alcanzar un valor crítico, cuando los dispendios del costo de operar y las "horas-carro" perdidas suman la suficiente anualidad para redimir el costo de construir un patio de joroba, o sea, de clasificac--ción por gravedad.

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. De ser posible, debe alojarse el patio donde exista alguna loma u ondulación natural 5 ó 6 m más alta que los demás terrenos para constituir la joroba necesaria, para impulsar los carros hacia las vías de clasificación, dado que de no

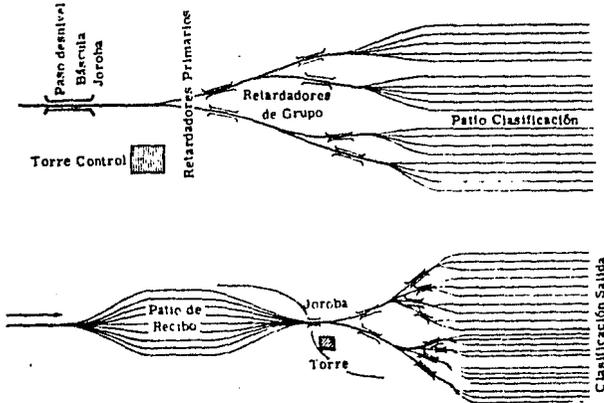


existir esas condiciones topográficas naturales construir una loma de tales dimensiones puede exceder la capacidad de soporte del suelo natural.

La máquina de patio, se concreta a extraer del patio de recibos carros con igual destino y subirlos hasta la cima de la joroba, donde los impulsará hacia las vías de clasificación con velocidad teórica óptima de 10 km/hr. Los carros cruzarán la joroba con esa velocidad teórica inicial, aún cuando resulta evidente que no todos ellos cumplirán el requisito, por lo que habrá carros lentos y carros rápidos, que ocasionarían transtornos en las vías de clasificación si no existiese el uso de los 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, calculado en función de la velocidad y características de cada carro y la distancia por recorrer hasta su paradero de clasificación.

Finalmente, el mejor funcionamiento de un patio provisto de frenos retardadores, se obtienen con la rápida aplicación de complejas fórmulas de resistencias y su equilibrio con fuerzas de aceleración usando computadoras electrónicas, que reciben datos, sobre el peso, tara, tipo de carro, velocidad, distancia por recorrer, velocidad del viento, etc. y resuelven el problema del exacto freno requerido para cada carro, en unos cuantos segundos, mientras el carro efectúa el recorrido entre la joroba y los retardadores. La televisión, radio, básculas y computadoras electrónicas, etc, forman parte del equipo moderno que auxilia a un estado mayor técnico que reemplaza el antiguo y experimentado jefe de trenes carente de elementos tan valiosos como la actual mecanización y cálculo rápido.

Al proyectar cualquier patio, estación o terminal ferroviaria, es necesario tomar en consideración como factor número uno la operación eficiente y el buen aspecto de dicha instalación, ya que para el usuario de este medio de transporte, estos representan el contacto físico con el ferrocarril y por lo tanto de ellos depende la buena o mala impresión que se formen del mismo. Además, de nada sirven los esfuerzos, muchas veces costosos, que representa para una empresa ferroviaria el llegar a obtener altas velocidades durante los recorridos en la línea si el mal funcionamiento o la baja eficiencia de sus patios y estaciones representa una gran cantidad de tiempo perdido, que se traduce en un servicio caro y malo.



CONCLUSIONES

Debido a que los sistemas de transporte constituyen una instrumento estratégico para apoyar el desarrollo de las actividades económicas y sociales del país, es importante que cumplan con funciones y objetivos bien determinados como lo son el sustentar e impulsar los propósitos de desarrollo, empleo y combate a la inflación satisfaciendo las necesidades de movimiento de bienes y personas mediante un sistema integrado, moderno y eficiente que contribuya a la descentralización de la vida nacional, estableciendo una mejor vinculación entre las distintas regiones del país.

En nuestro caso, los sistemas carretero y ferroviario, son de importancia mayúscula ya que están vinculados con el transporte nacional e internacional de carga y con el transporte interurbano de personas. Actualmente, el movimiento interno de mercancías se realiza mediante un uso excesivo del autotransporte, debido al rezago del ferrocarril, incluso en movimientos masivos a granel, donde resulta más ventajoso.

Por lo anterior y teniendo conocimiento del notable retraso que presenta la red ferroviaria respecto a las necesidades actuales y futuras, los ferrocarriles deben duplicar sus tasas de crecimiento histórico, de tal forma que para el año 2000 su participación en el transporte terrestre sea de 30%, lo cual significa aumentar aproximadamente cuatro veces el nivel actual, para poder responder a la demanda y cumplir, como se mencionó anteriormente, con sus funciones y objetivos.

Además, los sistemas operativos requieren de una modernización sustancial, mediante la formación de trenes unitarios y rápidos

de carga, como regulares de horario, mejorando la señalización de la vía e instalando control de tráfico centralizado en las líneas troncales principales, y dar a todo el sistema una conservación adecuada.

En lo referente al sistema carretero, en nuestro país la construcción de caminos se considera un instrumento para el desarrollo social y económico, por esto, es importante construir tantas carreteras como sea posible. Sin embargo, hay que enfatizar que en el país, sólomente el 15% de la red total de carreteras tiene un volumen de tránsito de más de 3,000 vehículos por día. Además, el deterioro actual de las carreteras se debe principalmente, a una conservación deficiente y a su uso excesivo, lo cual provoca incrementos en los costos de operación hasta de un 50%. Por lo anterior y bajo la presión de recursos financieros limitados y la necesidad de desarrollar la red de caminos secundarios, se hacen recomendables los caminos con normas de diseño de volumen para el tránsito poco intensivo y que ofrecen tanto el ahorro en los costos de construcción, como en el mantenimiento de un nivel suficiente de servicio y operación.

Ligado a la operación de las carreteras, hay que tener en cuenta que la atención cada vez mayor que se dá a la seguridad en el tránsito, se debe, principalmente, a que día a día es mayor el sentido de seguridad entre el público usuario.

Para finalizar, sólo recordaremos que cualquier obra de Ingeniería, requiere de una acertada planeación, un buen proyecto, una correcta construcción y una eficiente conservación para que su operación cumpla con los fines para lo cuales fue creada.

B I B L I O G R A F I A

- Crespo Villalaz Carlos
Vías de Comunicaciones, Limusa
- Francisco M. Tognó
Ferrocarriles
- Name M. Julian
Costo y Procedimientos de Construcción en Vías Terrestres
- Normas para Construcción e Instalaciones (carreteras y aeropistas)
Terracerías: S.C.T., 1984
- Normas para Construcción e Instalaciones (carreteras y aeropistas)
Pavimentos; S.C.T., 1983
- Rico Alfonso y Del Castillo Hermilo
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo 2, Limusa
- Chavarri M. Carlos M.
Breve descripción del equipo usual de construcción, U.N.A.M.
- XV Congreso Mundial de Carreteras
Tema IV Carreteras y Autopistas en relación con los requisitos de tráfico de carreteras y aeropistas en zonas rurales: equipo y operación (Biblioteca de la S.C.T.)
- Caminos y Puentes Federales
Guía de conductor para prevenir accidentes en autopistas
- Revista Tiempo
"Los puentes que unen a México", febrero 1985
- "Enciclopedia de México" Tomo 4
Fco. Sosa 383 Coyoacán, México, D.F.
Tercera edición 1978

Tesis:

- "Utilización de la curva masa en la selección de equipo de terracerías"
Fernando Tadeo de la Parra
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1982
- Apuntes de Sistemas de Transporte Terrestre III
Núñez García Jesús R.
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1982
- Apuntes de Sistemas de Transporte Terrestre II
Chávez Pimentel Armando
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1981
- Apuntes de Carreteras
Macías Loeza F. Gilberto
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1981

- Apuntes de Sistemas de Transporte Terrestre I
Carpy Velázquez Alejandro
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1982