



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LA LINEA  
FERREA FERROMINERA-SIDERURGICA DEL ORINOCO  
( PUERTO ORDAZ, VENEZUELA ) ”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA  
P R E S E N T A  
GERMAN ESCOTO MARIN**



**MEXICO, D. F.**

**1983**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

CAPITULO I.	INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II.	RESTRICCIONES.....	17
	2.1. Restricciones Económicas.....	19
	2.2. Restricciones Topográficas.....	20
	2.3. Restricciones de Seguridad.....	22
	2.4. Restricciones Legales.....	24
	2.5. Restricciones Geológicas.....	25
	2.6. Restricciones de Obra Civil.....	27
	2.7. Restricciones de Construcción Mecá -- nica.....	27
	2.8. Restricciones de Construcción Eléc -- trica.....	28
CAPITULO III.	SELECCION DE RUTA.....	29
	3.1. Recopilación de Datos.....	31
	3.2. Reconocimientos de Localización.....	33
	3.3. Anteproyecto.....	38
	3.4. Proyecto Definitivo.....	39
CAPITULO IV.	TRAZO DE LA LINEA.....	46
	4.1. Deforestación.....	47

4.2.	Equipo Empleado en el Trazo.....	48
4.3.	Personal que Intervino en el Trazo..	50
4.4.	Orientación de la Línea.....	51
4.5.	Cálculo de la Poligonal del Eje Prin cipal.....	56
4.6.	Trazo para Obras de Construcción -- Civil.....	62
4.7.	Curvas Horizontales Empleadas.....	65
4.8.	Sobreelevación en Ferrocarriles.....	93
4.9.	Nivelación.....	96
4.10.	Cálculo de Curvas Verticales Para -- bólicas.....	103
4.11.	Areas de las Secciones y Cálculo de Volúmenes.....	109
4.12.	Curva Masa.....	115
CAPITULO V.	CONSTRUCCION DE LA LINEA.....	124
5.1.	Construcción.....	125
5.2.	Construcción de Terracerías.....	125
5.3.	Maquinaria Empleada en la Construc - ción de Terracerías.....	133
5.4.	Construcción de Estructuras.....	147
5.5.	Montaje de la Vía.....	147

CAPITULO I

INTRODUCCION.

VENEZUELA.- República Federal de América Meridional que limita al Norte con el Mar Caribe, al Este con Guyana, Al Sur con Brasil y al Oeste con Colombia.

Venezuela es conocida exclusivamente como un país petrolífero. Y esto a primera vista está totalmente justificado: Hasta hace pocos años era el mayor exportador de petróleo del mundo y aún sigue estando en uno de los primeros lugares. El petróleo es el artículo predominante de exportación del país, y el presupuesto del estado se basa en casi las tres cuartas partes en ingresos de la economía petrolífera.

Sin embargo ahora, además de las reservas de petróleo se agradece también a su estructura geológica los importantes yacimientos de mineral de hierro muy concentrado con los que cuenta en el macizo de las Guayanas (Cd. Guayana, Edo. Bolívar).

En el marco de los movimientos geológicos tectónicos muy recientes de los Andes Venezolanos, que aún hoy en día son sacudidos repentinamente por fuertes terremotos, la cuenca del lago Maracaibo se ha hundido simultáneamente a la elevación de la sierra, con lo cual los sedimentos cretáceos y terciarios se plegaron conjuntamente. Debajo de los pliegues de silla (anticlinales) así surgidos, se han acumulado grandes reservas de petróleo, que desde hace medio siglo sirven de base -

para el crecimiento del país.

La dilatada cuenca fluvial del Orinoco, llamada Llanos del Orinoco, es la segunda gran región de Venezuela. Forma desde la época cretácea la gran artesa de sedimentación para el material de aplanamiento de los Andes plegados y elevados. Su superficie se presenta en su totalidad como una llanura muy suavemente inclinada de Noroeste a Sureste, sobre la que los ríos de los Andes fluyen al Orinoco, río arrinconado en el límite del país montañoso de Guyana que se eleva al Sur. Por lo demás los ríos han abierto su cause en la superficie del Llano, lisa hasta la lejanía, y la diferencia de altura de sólo unos metros juega un importante papel durante la época de lluvias, cuando el ganado huye del fondo inundado del valle a superficies más altas y más secas. Tales inundaciones periódicas, más o menos persistentes se dan dentro de los llanos sobre todo en la cuenca del río Apure. Este fenómeno es aún más acusado en el delta cubierto de bosques, húmedo y siempre verde que el Orinoco ha vertido en el Océano Atlántico (Delta del Amacuro).

Como tercera gran región natural y tras la extensión de las llanuras, se extiende en el Sur de Venezuela el país montañoso de Guyana, un macizo precámbrico. Sus viejas rocas crista-

linas se hayan hacia una peniplanicie ondulada (la Gran Sabana), está rodeada por montañas aisladas campaniformes y por inmensos grupos de montañas tubulares (Roraima 2 810 m.). El reciente levantamiento geológico de esta sierra se manifiesta en los innumerables rápidos y altas cataratas de sus ríos. El Salto del Angel, la mayor catarata del mundo con 972 m. se precipita desde una de las montañas tubulares a las profundidades.

La abundancia de agua que actualmente se aprovecha también en grandes centrales eléctricas situadas junto al río Caroní, la debe esta alta región a su cercanía con el Ecuador, donde caen precipitaciones en todas las épocas del año y especialmente abundantes en la primavera y el otoño cuando el sol está en su cenit.

Venezuela aún está totalmente sin explorar. Está habitada por una serie de pequeñas tribus indias que viven en islas aisladas que han roturado, las cuales pertenecen en su mayoría al grupo mayor de los caribes.

Hasta ahora la parte venezolana del macizo de las Guayanas sólo ha alcanzado significación económica en el Este y esto a causa de las riquezas de su subsuelo. Los españoles tomando como base una tradición india, habían buscado ya desde los primeros días de la conquista en el país montañoso de la Guayana el legendario El Dorado reiteradamente. Pero solo alrededor de 1950 se descubrieron yacimientos de oro en la zona de El Callao

que durante algún tiempo figuraron entre los más importantes-- del mundo.

A diferencia de la aparición de oro, los yacimientos de mine-- ral de hierro en la zona Norte limítrofe del macizo de las Gua-- yanas han traído importantes modificaciones del paisaje, ya que fueron explotados en pequeña medida alrededor de 1900, pero la explotación en gran escala solo comenzó en 1950. Esta se vió-- extraordinariamente favorecida por el hecho de que, son de al-- to grado de concentración (60% de contenido de hierro), se -- hayan en cuarcitas (Cerro de Bolívar) en la superficie de la - tierra y pueden extraerse con explotaciones a cielo abierto. El rendimiento por el momento se exporta en una gran parte, por vía marítima, a EE. UU. mediante un ferrocarril minero y Puerto Ordaz, Puerto especialmente construido para la exportación y - hoy integrado con San Félix, de la dinámica Cd. Guayana. Pero ya en 1962 entró en servicio una gran fábrica de acero que en su primera fase de construcción posee una capacidad anual de - 600 000 toneladas de arrabio y un millón de toneladas de acero. La energía eléctrica para ello se obtiene en las nuevas centra-- les hidroeléctricas del río Caroní, que además suministran -- grandes cantidades de energía para una fábrica de aluminio y - para la aglomeración de Caracas.

Estas grandes mineras e industriales de C.V.G. FERROMINERA, -- C.A., y C.V.G. SIDOR (Consortio Venezolano Guayanés de la -- Ferrominera, de Capital Activo y Consortio Venezolano Guaya --

nés de la Siderúrgica del Orinoco) han dado origen a una fuerte afluencia de población y esta ha sido la causa para que la nueva Ciudad Guayana haya alcanzado casi los 200 mil habitantes en pocos años. La joven urbe no sólo ha superado en número de habitantes a Cd. Bolívar, fundada en el año de 1764, sino que también le disputa su hasta ahora discutida posición como único punto central para el amplio aunque despoblado espacio al Sur del Orinoco. Por otra parte la posición clave de Cd. Bolívar se reforzó cuando en 1966 se terminó de construir el único puente sobre el río Orinoco - el puente Angostura con una longitud de 1.6 Km.-, pues el abastecimiento de la población del nuevo centro industrial, que crece rápidamente, se realiza en su mayor parte mediante ese mismo puente, que está unido con el Norte del país por 900 Km. de carreteras. El desarrollo introducido por la minería todavía excede poco de la zona industrial. La planificación gestionada por la estatal "Corporación Venezolana de Guayana" (C.V.G.) abarca también proyectos de puesta de tierra en cultivo en el delta del Orinoco, alrededor de Tucupita. Esta pequeña ciudad está ya en el margen del Oriente, territorio petrolífero, que con un gran número de campos aislados se extiende por amplias superficies de los Llanos Orientales y, tiene sus principales centros en la ciudad colonial de Maturín y en El Tigre, fundada no antes de 1937. La puesta en explotación comenzada en los años treinta condujo, sobre todo mediante la construcción de carreteras a un rápido desarrollo de la infraestructura de esta zona; en él tuvieron también parte las viejas ciudades costeras de Barcelona y Cu-

maná así como la refinería y ciudad portuaria de Puerto La Cruz. Pero entre los campos de perforaciones petrolíferas y la costa hay un territorio de muchos miles de kilómetros cuadrados, cuyo carácter de zona despoblada de pastos, utilizada únicamente por una ganadería extensiva, apenas ha cambiado.

#### RECURSOS ENERGETICOS DEL SUELO.

El más importante de ellos, el mineral de hierro, producto que constituye el segundo valor de entre las explotaciones venezolanas.

En 1950 fueron descubiertas en el Norte de Bolívar dos pequeñas montañas (La Parida y Arimaqua) llamadas Cerro de Bolívar. Evidentemente que el petróleo había dejado de ser la única gran riqueza minera con la que el país contaba en volúmenes cuantiosos, las reservas probadas ascienden a casi 2 000 millones de toneladas, con un tenor metálico de 60% que figura entre los más altos del mundo. Dos compañías estadounidenses iniciaron la exploración en 1954, pero junto con otras menores fueron nacionalizadas éstas el 1º de enero de 1975, desde ese momento, la nueva empresa estatal Ferrominera del Orinoco de C.A. controla la totalidad de esa rama de la minería, además del Cerro de Bolívar que aporta nueve décimas de la producción total actual, cabe citar al yacimiento El Pao (al Sur de Cd. Guayana también en Bolívar) de donde se extrae el resto.

La producción de oro, en descenso, se localiza en El Callao -- (Bolívar), zona con unas reservas de 2.5 millones de toneladas de mineral con un tenor medio de 22 gr./Ton.; La Corporación Minera Venezolana establecida en 1976, tiene como objetivo prioritario la reactivación de ese complejo aurífero.

Este mineral para su utilización es tratado en la Planta de -- ALCASA en Cd. Guayana, accionada por la electricidad de la presa de Guri.

PRINCIPALES ENERGETICOS Y MINERALES DE VENEZUELA:

Petróleo (1978) -----	113 040 000	barriles		
Gas Natural -----	37 135	millones de M <sup>3</sup>		
Electricidad -----	23 276	"	"	Kv/hr.
Hierro (metal contenido)	11 585 000	"	"	Tons.
Oro -----	0.514	"	"	"

La industria pesada cuenta hoy con el gran centro siderúrgico de La Ciudad Guayana, ubicado en la confluencia del Caroní con el Orinoco, río éste último por el que se logra dar fácil y barata salida a sus productos fabricados; el hierro le llega desde los grandes yacimientos del Cerro de Bolívar y El Pao, por medio de los ferrocarriles.

En la misma área, en rápido desarrollo industrial, funciona desde 1967 una grán fábrica de Aluminio, que elabora solamente

por ahora bauxita importada, pero que en un futuro próximo debe -  
aprovechar los grandes yacimientos de éste mineral existentes -  
en el mismo estado de Bolívar y en el vecino territorio fede- -  
ral Delta del Amacuro: esta industria, gran consumidora de elec- -  
tricidad, recibe la que necesita de la cercana presa de Guri.

Producción de la Industria Venezolana (en Tons.)

Acero -----	1 060 956
Arrabio -----	536 632
Aluminio -----	51 937
Fertilizantes -----	353 387
Cemento -----	3 455 000
Automóviles -----	925 701

En la región de la Guayana sus principales recursos minerales -  
son, además del petróleo, el gas natural, el hierro, el oro, --  
los diamantes, el carbón y la sal marina.

En cuanto al petróleo, sus yacimientos más ricos y mejor ex- - -  
plotados, se encuentran en la zona costera del Lago de Mara- - -  
caibo, y los que siguen en importancia, se encuentran en los - -  
estados de Falcón, Marinas y Monagas.

En 1960 se creó La Corporación Venezolana del Petróleo (C.V.P.) -  
La C.V.P. se creó con el fin de nacionalizar el petróleo. La - -  
producción de acero, concentrada principalmente en Matanzas - -

fué de 888 000 Ton. en el año de 1977.

#### EL PLAN IV DE SIDOR.

Ampliar la capacidad de producción anual a 5 millones de toneladas métricas de acero crudo, es la meta alcanzada por la C.V.G. Siderúrgica del Orinoco, C.A. (SIDOR), para la década de los 80. El programa ha sido denominado Plan IV, ya que es la cuarta ampliación que realiza SIDOR de su capacidad instalada.

Para cumplir con el Plan IV, La Siderúrgica del Orinoco elaboró un programa de inversiones que comenzó a ser ejecutado en 1974 y estaría concluido en 1980. Para esta fecha las instalaciones siderúrgicas de Matanzas, Cd. Guayana, Edo. Bolívar habrán incrementado su capacidad de producción de acero crudo de 1 millón 200 mil toneladas a 5 millones de toneladas métricas al año. También habrá aumentado la capacidad de laminación de distintos productos con la incorporación de modernas tecnologías.

El Plan IV de SIDOR constituye el mayor esfuerzo venezolano en la construcción de una nueva base económica para garantizar un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, representa además, una forma de "sembrar" el petróleo, al crearse una estructura básica y estable.

#### ANTECEDENTES Y NECESIDADES DEL PLAN IV.

Para 1950 ya existía en el país una definición concreta para llevar a cabo un proyecto siderúrgico, el cual sólo empieza a materializarse a fines de esa década. Nace así lo que hoy es SIDOR, y a mediados de 1961 su planta comienza a producir tubos sin costura con acero importado. En agosto de 1962 ya se emplea acero producido y laminado en la propia Planta, en cuyos hornos se obtuvo la primera colada de acero en julio de ese mismo año.

SIDOR crece y de una capacidad de producción anual de 700 000 Tons. de acero crudo, pasa en 1972 a 1 200 000 Tons. anuales, incrementándose al mismo tiempo su capacidad de transformación de productos de acero. Para 1974 La Planta Siderúrgica del Orinoco queda totalmente integrada con la puesta en marcha de la Planta de Productos Planos, la cual vino a llenar un vacío en el mercado interno, La incorporación de otras nuevas unidades y las crecientes necesidades de productos siderúrgicos hicieron que la capacidad de producción existente de acero crudo se tornara insuficiente para atender a la demanda del país. En tales circunstancias, para incrementar la oferta interna de productos siderúrgicos y para resolver la situación deficitaria del mercado nacional, SIDOR elaboró el Plan IV, que debería quedar concluido para 1980, este Plan comprendió el aumento de las capacidades de aceración y laminación.

El Plan IV de SIDOR que constituye la primera etapa de ese pro-

grama, es la primera respuesta a ese ambicioso programa siderúrgico en escala nacional, que se propuso elevar la capacidad de producción de Venezuela hasta 15 millones de toneladas de acero crudo en la década de los 90.

El Plan IV de SIDOR comprende los siguientes proyectos: Pelletización, reducción directa, acería eléctrica, colada continua de planchones e instalaciones auxiliares (Planta de Calcinación, Planta de control para contaminación ambiental, laboratorios, etc.)

#### INSTALACIONES DE APOYO.

Entre los proyectos de apoyo más importantes que destacaron por su importancia en este Plan IV se encuentran:

1. Ampliación del Terminal Portuario sobre el río Orinoco. Este Muelle de SIDOR tiene 1 030 m. de largo y un ancho de 23 m. para un atraque simultáneo de 6 barcos de 20 000 Tons. cada uno y además, cuenta con un área de almacén para productos terminados.

2. Línea férrea para abastecimiento del mineral de hierro. Esta línea tiene un recorrido de 19.4 Kms. de riel y conecta a la Ferrominera, C.A. (Planta de Beneficio) con la Siderúrgica del Orinoco. Teniendo ésta un costo de 1 300 000 bolívares por Km.

La Ferrominera del Orinoco, C.A., es la encargada de controlar la rama del mineral de hierro en su extracción, beneficio, homogenización y distribución.

#### CONSTRUCCION.

Los requerimientos totales para la construcción de las obras de ampliación de la Planta Siderúrgica del Orinoco, alcanzaron cifras como las siguientes:

345 800	toneladas métricas de cemento.
950 000	metros cúbicos de vaciado de concreto.
484 500	toneladas métricas de arena.
593 000	" " de piedra picada.
90 250	" " de cabillas (barilla).

El número total de trabajadores de la construcción sobrepasó - las 13 000 personas en el momento pico de edificación de obras.

Para la realización, la inversión total de horas-hombre en la construcción fué de más de 47 millones, a lo que se añaden 6 - millones de horas-hombre ocupadas en dirección, ingeniería y - administración.

Se instalaron estructuras para albergar a más de 6 000 personas en distintas residencias para trabajadores.

#### OPERACION DE LA PLANTA AMPLIADA.

El personal requerido para el funcionamiento de la Planta, luego de terminado el programa de ampliación (Planta actual + Plan IV), alcanza la cifra de más de 20 000 personas.

Se incrementó el consumo de electricidad, de los 490 megavatios que se consumían originalmente a 1 660 megavatios. La demanda de agua industrial aumentó de 2 140 M<sup>3</sup>/hora a 6 440 M<sup>3</sup>/hora. De un consumo de 40 000 M<sup>3</sup>/hr. se pasó a 370 000 M<sup>3</sup>/hora.

La capacidad de la central telefónica de SIDOR tendría en 1980, de 4 700 extensiones a 9 000 extensiones.

En si la obra tuvo un presupuesto total de 15 923 millones de Bolívares.

#### DESARROLLO REGIONAL.

Desde el punto de vista regional, el Plan IV agigantará aún más el papel de Polo de Desarrollo que ha venido desempeñando SIDOR en la región de Guayana. El Plan IV generará un aumento sustancial del ingreso y de la demanda en la región, la apertura de nuevas fuentes de trabajo, la construcción de viviendas, hospitales y escuelas, la expansión de comercio, la banca, el transporte y todas aquellas obras de infraestructura necesarias para atender las nuevas exigencias de Cd. Guayana,

Edo. Bolívar.

Actualmente SIDOR fabrica los siguientes productos:

1. Pellas y fierro esponja.
2. Arrabio.
3. Semi elaborados del Acero.
  - a) Planchones.
  - b) Palanquilla.
4. Alambres.
  - a) Liso
  - b) Galvanizado.
  - c) De púas.
5. Alambrón.
6. Angulos.
7. Platinas.
8. Barras y cabillas.
  - a) Lisas.
  - b) Estriadas.
9. Vigas I y U.
10. Tubo de Acero sin costura.
11. Tubo de fierro fundido.
12. Chapa (gruesa, delgada y fina).
13. Bobinas y láminas.
14. Lámina estañada.
15. Lámina cromada.



C A P I T U L O   I I

RESTRICCIONES AL PROYECTAR

EL TRAZO DE LA LINEA.

Al proyectar una línea de ferrocarril se deberán tomar en cuenta ciertas restricciones convencionales preestablecidas - algunas de ellas por el cliente (Estado o iniciativa privada), otras por la ley y sus reglamentos y algunas otras impuestas por conveniencia propia del Ingeniero Proyectista, estas restricciones a las cuales nos referimos se dividen en:

- 2.1. Restricciones Económicas.
- 2.2. Restricciones Topográficas.
- 2.3. Restricciones de Seguridad.
- 2.4. Restricciones Legales.
- 2.5. Restricciones Geológicas.
- 2.6. Restricciones de Obra Civil.
- 2.7. Restricciones de Construcción Mecánica.
- 2.8. Restricciones de Construcción Eléctrica.

Todas estas Restricciones que he mencionado, nos obligan a llevar el trazo por determinadas zonas y puntos obligados, proporcionándonos la pauta que nos dará la comodidad y la seguridad del trabajo a desarrollar y a su vez, visualizar todos los problemas inherentes a la construcción de la línea.

## 2.1 RESTRICCIONES ECONOMICAS.

En cuanto al aspecto económico, el análisis del funcionamiento de una vía férrea se lleva a cabo mediante la determinación de los enlaces necesarios de la línea férrea entre los polos de concentración de producción y los centros consumidores, según las actividades siguientes:

- 2.1.1. Agrícolas.
- 2.1.2. Ganaderas y Pesqueras.
- 2.1.3. Industriales.
- 2.1.4. Comerciales.
- 2.1.5. Educativas.
- 2.1.6. Turísticas.

El primer paso consiste en fijar los polos de concentración de los diferentes productos seleccionados en los estudios sobre el uso actual y potencial del suelo en el territorio Nacional, con base en la información obtenida de publicaciones estadísticas que provengan de dependencias oficiales, la cual se representa en cartas geográficas. Subsecuentemente se procede a determinar los centros representativos de consumo, haciendo investigaciones por muestreo y censos tanto industriales como de población. La diferencia entre el volumen de producción y el de consumo de cada uno de los artículos analizados, dan como resultado una corriente en el sentido en el que el consumo es mayor que la producción.

El esquema de enlaces resultante permite determinar las proporciones de la línea férrea deseables en la relación con las actividades económicas.

Finalmente, deberá realizarse la síntesis dando como resultado una proposición de red que satisfaga las necesidades de transporte.

Estas proposiciones constituyen un catálogo de obras que conduzca a la elaboración de un programa.

En la proposición de programas de la obra debe considerarse el proceso productivo que significa la construcción misma, pues en él existen los insumos tales como: materiales, energía, la mano de obra y el empleo de los bienes de capital, y por otra parte, el desarrollo de toda actividad constructiva, que se lleva a cabo dentro de presupuestos financieros, políticos y en general de disponibilidad de factores de producción. En estas condiciones la programación de acciones conducirá al beneficio máximo dentro de las restricciones que priven, y de esta forma, se robustecen los sistemas actuales y evitan el desequilibrio durante el ejercicio de las obras.

## 2.2. RESTRICCIONES TOPOGRAFICAS.

Siendo estas restricciones las que sobresalen en cuanto a im--

portancia en el desarrollo del proyecto y en el trazo mismo de la línea, las que con más cuidado se deben tomar en cuenta son las siguientes:

- 2.2.1. Se deben efectuar alineamientos lo más largo posible - considerando el paralelismo del trazo con otras vías - de comunicación y sus respectivos derechos de vía, sin antes dejarlos de respetar.
  
- 2.2.2. Las deflexiones que se localicen en el trazo deben tener ángulos pequeños, y los puntos de inflexión así como los P.C. y P.T. de las curvas deberán referenciarse con otros puntos auxiliares, colocados en lugares altos y alejados del tránsito de la maquinaria que esté atacando ese tramo y de los vehículos de transporte, - es conveniente colocar en el lugar de dichos puntos: - trompos o clavos de vía con una estaca o vara clavada a 0.10 m. pintada de rojo y blanco colocada como testigo. Esta misma operación se llevará a cabo en las prolongaciones de los trazos que sirven de referencia para restablecer por intersección en un momento dado los puntos de inflexión y replantear nuevamente la línea - de trazo toda vez que sea necesario.
  
- 2.2.3. Las curvas espirales deben proyectarse simétricas para resolver el problema de tráfico con velocidad uniforme.

Las espirales tendrán variaciones en sus grados de curvatura, que regulen la velocidad del convoy entre 50 y 60 Km/h.

Los radios de las curvas deberán ser mayores de 150 m. con objeto de aumentar el margen de seguridad del convoy al entrar en ellas.

2.2.4. Como las curvas espirales estarán siempre formadas con una transición de entrada y otra de salida, combinada con una curva circular entre estas dos transiciones, - deberá considerarse la sobre-elevación de las transiciones correspondientes, ya que el papel que juegan éstas es el de dar estabilidad al ferrocarril cuando éste pasa por la curva.

2.2.5. En las curvas verticales, siempre se buscará que tanto la pendiente de subida como la de bajada sean suaves, - con el fin de impedir que en subida el ferrocarril cargado se force y en bajada se desboque.

### 2.3. RESTRICCIONES DE SEGURIDAD.

Por razones de seguridad las curvas en las vías férreas nos indican las velocidades que pueden obtenerse, ya que éstas están ligadas a los radios correspondientes y a los anchos de vía, - generalmente para vías anchas (1.435 m.) se emplean en las líneas principales radios no menores de 300 m. y menores de 150m en las vías secundarias; para las más angostas (0.914 m.) --

no menores de 100 m. y 60 m. en las líneas principales y secundarias respectivamente.

La relación que limita la velocidad con el radio de las curvas y que generalmente se acepta, es de la forma siguiente:

$$V = K \sqrt{R} \quad \text{en la que se observa que interviene la relación}$$
$$A_n = \frac{V^2}{R}$$

El coeficiente K varía según las condiciones de vía y ancho, sobre-elevación, radio, etc., y se adopta como promedio de valores el de  $K = 3.8$  en curvas ligeramente sobre elevadas.

Deberán evitarse los cruzamientos con líneas de alta tensión, carreteras y caminos, en caso de ser necesario deberán ser preferentemente en ángulo recto evitando ángulos menores de  $45^\circ$  ó mayores de  $135^\circ$ .

Las intersecciones del ferrocarril con caminos para el paso de automóviles deben involucrar necesariamente el señalamiento adecuado, incluyendo topes para hacer alto a los automovilistas y semáforos de espera con instalación de alarma.

Se deben respetar los derechos de vía de acuerdo a los lineamientos establecidos por La A.R.E.A. (Asociación Americana de

Ingenieros Ferrocarrileros), y además, se procurará mantener el trazo alejado de fábricas, gasoductos, oleoductos, carreteras y torres eléctricas de transmisión, con el propósito de evitar accidentes en casos extremos de descarrilamientos.

#### 2.4. RESTRICCIONES LEGALES.

Las Restricciones Legales, son las disposiciones establecidas por la ley, a las que debe sujetarse el Ingeniero Proyectista en algunos trabajos, como son los relacionados con el paso y la construcción de vías férreas. En tales casos deberán respetarse los derechos de vía en:

- A. Líneas de transmisión eléctricas.
- B. Caminos y Carreteras.
- C. Líneas telegráficas y telefónicas.
- D. Gasoductos y oleoductos.
- E. Canales y tuberías.

En las obras tales como ferrocarriles caminos, canales, etc., el terreno necesario para realizar una de estas obras, está determinado por su desarrollo y la amplitud que deba dársele, más el derecho de vía o zona de protección, que es necesario adquirir para la vigilancia de la obra y trabajos de conservación. En los planos de los proyectos de estas obras, así como en el caso de construcción de una presa, se determina la exten-

sión de terreno que se va a ocupar , más una zona de protección, cuya extensión es la que se juzgue conveniente , esta zona recibe el nombre de Zona Federal cuando sea una obra hecha por el Estado.

Se deberá evitar en lo posible pasar por terrenos que nos representen altos costos por concepto de pago del derecho de vía, sobretodo cuando el eje de la vía férrea cruza zonas urbanas o industriales.

Considerando el paralelismo del trazo deben evitarse los cruza-  
mientos con líneas de potencia o comunicaciones teniéndose pre-  
sentes las siguientes restricciones:

2.4.1. Pasar por lo menos a 150 m. de los conjuntos habi-  
tacionales.

2.4.2. Se pasará a 45 m. de cualquier construcción aisla-  
da.

2.4.3. No pasar a menos de 50 m. de torres de transmisión  
eléctrica o de otras estructuras.

## 2.5. RESTRICCIONES GEOLOGICAS.

Independientemente de realizar los estudios geotécnicos y de -  
mecánica de suelos, para poder determinar la resistencia del -

mismo por medio de reconocimiento directo, o para el estudio -- geológico, por medio de mosaico aerofotográfico unido al recono-- cimiento terrestre para determinar las áreas de distinta geolo-- gía y marcar las zonas de diverso origen acumuladas en las ca-- pas del suelo, también se tomarán en cuenta para la selección - de ruta evitar el paso por los siguientes lugares:

- 2.5.1. Brecha de falla.
- 2.5.2. Hundimientos y perforaciones que definan la forma-- ción de una falla rellena.
- 2.5.3. Areas expuestas a fuertes escurrimientos fluviales.
- 2.5.4. Zona de derrumbamiento o deslizamiento de materia-- les.
- 2.5.5. Pantanos.
- 2.5.6. Terraplenes muy altos y erosionados.

El control de erosión superficial es un problema que se presenta en la mayoría de caminos y vías férreas, aunque en diferentes -- proporciones, para ello es necesario controlar dichas erosiones, ya que los defectos sobre los mismos son negativos por exigir -- reparaciones y limpiezas generalmente costosas, que producen o - provocan en un momento dado el descarrilamiento de los trenes - en servicio, por lo tanto, en los casos de los grandes taludes, ya sea en un terraplén o en un corte, es muy importante el reves timiento de ellos con algún material o bien con la plantación de pastos y plantas rastreras o cespitosas, esto es con el propó-- sito de fijar taludes evitando las erosiones antes mencionadas.

## 2.6. RESTRICCIONES DE OBRA CIVIL.

En estas restricciones de obra civil se contemplan las especificaciones de los materiales que se utilizarán para el saneamiento del terreno, la construcción de la base y la sub-base para la vía férrea, así como el tipo de maquinaria a emplear en el movimiento de terraserías, las pendientes de los taludes (en corte y terraplén), el tipo de durmiente (de concreto, madera, etc.), así como las restricciones para la ubicación y construcción de las siguientes obras inherentes al proyecto.

2.6.1. Alcantarillas (de tubo corrugado o concreto).

2.6.2. Cunetas y contracunetas.

2.6.3. Canales de descarga.

2.6.4. Puentes y pontones.

2.6.5. Revestimiento de taludes.

## 2.7. RESTRICCIONES DE CONSTRUCCION MECANICA.

En este tipo de restricciones se debe observar el tipo de riel que se empleará, la separación entre los ejes del mismo (1.435 m para el caso que nos ocupa), la elevación del mismo, así como los números de sapos y agujas de corte en cada uno de los cambios, dando la ubicación respectiva de cada uno de estos elementos.

El tipo de riel está en función del tipo de vía usada ya sea -

vía elástica o vía clásica, la vía elástica va soldada y atornillada al durmiente, y la vía clásica va unida por medio de planchuelas y clavada al durmiente.

## 2.8. RESTRICCIONES DE CONSTRUCCION ELECTRICA.

En este tipo de restricciones se obliga al Ingeniero Projectista y al Ingeniero Constructor a respetar los puntos reservados para la ubicación de panels para tableros de control usados en cambios automáticos, postes de alumbrado, postes telefónicos, cruces de líneas de alta tensión, cables subterráneos y torres de transmisión eléctrica.

C A P I T U L O   I I I

SELECCION DE RUTA.

Una vez efectuados los estudios socioeconómicos que justificarán la construcción y las mejoras que la vía férrea representaría, es necesario programar los estudios que permitirán la conveniencia y la prioridad para llevar a cabo el proyecto con sus obras respectivas.

Para este fin fué necesario realizar una serie de trabajos preliminares que comprendieran el estudio comparativo de todas las posibilidades de las rutas para seleccionar la que en este caso represente mayores ventajas funcionales y económicas.

Se entiende por ruta la faja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la que es posible hacer la localización de un camino, una vía férrea, una línea de transmisión eléctrica, etc. Cuando los estudios de selección de ruta son más detallados y precisos, el ancho de franja se vuelve más reducido.

Los puntos obligados son aquellos por los que necesariamente deberá pasar el camino por razones técnicas, económicas, sociales y políticas tales como: Poblaciones, áreas productivas y puertos.

La selección de ruta es el proceso que involucra desde la recopilación de datos y análisis de los mismos, hasta levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar los costos y las ventajas de las diferentes rutas y poder evaluar la más conveniente.

### 3.1. RECOPIACION DE DATOS.

Esta es una de las etapas prioritarias en el estudio de una vía férrea.

La Topografía, la Geología, la Hidrología, el drenaje y el uso de la tierra tienen una importancia determinante en la localización y en la selección del tipo de ruta para la vía férrea y conjuntamente con los datos de otras vialidades, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

Para este proyecto en especial, se contaron con cartas topográficas del Instituto Geográfico Venezolano, y especialmente, se contó con un mosaico fotogramétrico a la escala 1 : 5 000, sobre del cual se ubicaron esquemáticamente las diferentes posibilidades, con auxilio de las cartas mencionadas.

Para la zona de influencia de la obra en proyecto, se -  
recopiló la información de las obras existentes, así -  
como los datos que se pudieron obtener de la primera -  
etapa de construcción de la SIDERURGICA DEL ORINOCO -  
(SIDOR).

Al estudiar las cartas geográficas o topográficas del -  
lugar, el Ingeniero debe formarse una idea de las carac-  
terísticas más importantes de la región, sobre todo en  
lo que respecta a su topografía, a su hidrografía y a -  
la ubicación de las poblaciones, auxiliado con las car-  
tas geológicas y con mapas que indiquen la potenciali-  
dad económica de la región, se dibujan sobre ellas las  
rutas que puedan satisfacer el objetivo de comunicación  
deseado.

Debe tenerse especial cuidado en aquellos puntos obliga-  
dos primarios o principales que guíen el alineamiento -  
general de la ruta, para ello se divide en tramos y és-  
tos a su vez en sub-tramos designándolos con los nom -  
bres de los poblados extremos o como en nuestro proyec-  
to con el nombre de las industrias que se conectaron o  
con el del proyecto en sí, pero si ello no es suficien-  
te, se referirán a un punto intermedio.

En el caso del Proyecto FERROMINERA - SIDOR, éste se di

vidió por comodidad en tres tramos que facilitaron el manejo de las diferentes alternativas que se plantearon, - ya que de esa forma al trazar sobre las cartas topográ - ficas o sobre el mosaico fotogramétrico las diferentes posibilidades, se facilitaba mucho dirigirse a ellas tra - tándolas con el nombre del tramo asignado y su kilometra - je correspondiente.

En las diferentes rutas planteadas, aparecerán nuevos - puntos de paso obligado, tales como: cruces de canales, - ríos, puentes, cruces con otras vías que constituyen los puntos obligados secundarios de la vía.

Al dibujar las diferentes líneas que definen las posibles rutas, deben considerarse los desniveles entre los puntos obligados, así como las distancias entre ellos para poder conocer la pendiente que regirá en su trazado.

### 3.2. RECONOCIMIENTOS DE LOCALIZACION.

Una vez representadas gráficamente las diferentes rutas - en los mapas topográficos o copias heliográficas del mo-saico fotogramétrico, se inicia propiamente el trabajo - de campo, con reconocimientos del terreno, los cuales -- pueden ser aéreos, terrestres o una combinación de ambos.

3.2.1. RECONOCIMIENTO AEREO.

Desde luego el reconocimiento aéreo es el que ofrece mayores ventajas sobre los demás, ya que se tiene la oportunidad de observar el terreno desde la altura - que convenga, abarcando grandes zonas, lo que hace - que el estudio se facilite. Este tipo de reconoci - mientos se efectúa con avionetas y helicópteros, exis - tiendo tres tipos de reconocimientos aéreos:

A.- El que se efectúa en avioneta y tiene por objeto determinar las rutas que se consideren viables fijando la zona que se debe fotografiar a una escala pequeña para que en ella queden incluidas grandes áreas con amplitud.

B.- El segundo reconocimiento se lleva a cabo después de haber hecho la interpretación de la fotografía del primero, y tiene por objeto comprobar en el terreno - lo interpretado en dichas fotografías, este reconoci - miento debe hacerse en helicóptero, lo que permite a los ingenieros descender en los lugares de interés y recabar en ellos la información que se considere necesaria.

Al final de este reconocimiento se delimitará la zona

que debe cubrirse con fotografías a la escala 1;25 000 ó a una escala mayor, para facilitar las restituciones a la escala de 1 ; 10 000.

C. El tercer reconocimiento que puede ser aéreo o terrestre, nos sirve para dar un refinamiento al estudio que se ha efectuado mediante el aparato de restitución empleado.

Este reconocimiento se realiza a lo largo de la poligonal en estudio, llamado trazo preliminar de la vía férrea.

### 3.2.2. RECONOCIMIENTO TERRESTRE.

Este reconocimiento se lleva a cabo cuando las circunstancias que prevalecen, no nos permiten realizar el aéreo, desde luego es menos efectivo que éste ya que el ingeniero localizador no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su línea, de la misma manera el geólogo realiza un estudio de detalle que -- adolece de los defectos que el procedimiento implica, -- ya que la Geología requiere estudiarse en grandes zonas que permitan apreciar las formaciones, los contactos, las fallas y las fracturas.

El reconocimiento se realiza después de haber estudiado en las cartas geográficas o topográficas, del lugar, las diferentes rutas y estimar las cantidades de obra de cada una de ellas, eligiendo la más conveniente, pues por este procedimiento es poco práctico analizar en el terreno todas las alternativas posibles.

Para este tipo de reconocimiento se deben de realizar estudios previos para marcar los puntos obligados auxiliándose con las cartas mencionadas, y equipo manual como; brújula, clisímetro, aneroides, binoculares y cámara fotográfica.

La brújula nos servirá para tomar los rumbos de los caminos y veredas que atraviesen la ruta, así como el rumbo de la línea que se va a estudiar, el clisímetro nos ayuda a registrar las pendientes de la misma, el aneroides nos sirve para verificar los fondos de cañadas y otros puntos de interés; y los binoculares para poder observar las diferentes formaciones que se atraviesan a lo largo de la ruta y ver si es posible encontrar otros puntos en mejores condiciones; la cámara fotográfica nos permite contar con fotografías de los sitios que se considere conveniente incluir en los informes que se presentan después de los reconocimientos.

Es muy importante contar con un guía que conozca la región, para tener la seguridad de que el reconocimiento se haga sobre los lugares que previamente se han fijado en la carta.

Durante el reconocimiento es importante dejar señales sobre la ruta que puedan ser identificadas y seguidas por el trazo preliminar.

### 3.2.3. RECONOCIMIENTO COMBINADO.

Este reconocimiento se lleva a cabo cuando no se dispone de fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en avión o helicóptero, o cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona pero las cuales están incompletas.

Para el primer caso se hace el reconocimiento y se definen desde el aire las mejores rutas marcándolas en las cartas geográficas o topográficas disponibles para que posteriormente se recorran por tierra siguiendo los pasos indicados en el procedimiento terrestre.

Para el segundo caso se hará la fotointerpretación de las fotografías con que se cuentan, marcando en ellas las diferentes rutas posibles, eliminando aquellas -

que ofrezcan menores ventajas, seleccionando las mejores, si la línea llega a salir de las fotografías disponibles, se utilizarán cartas geográficas para completar la parte faltante, a fin de que al efectuar el reconocimiento terrestre se tenga la idea clara de la situación de la ruta.

### 3.3. ANTEPROYECTO.

El anteproyecto se obtiene como resultado del conjunto de estudios consecuencia de los levantamientos topográficos que se llevaron a cabo con base en los datos preliminares que nos servirán para ubicar en los planos correspondientes, al eje que seguirá la vía férrea.

El anteproyecto debe afinarse al máximo para simplificar las siguientes etapas del proyecto; así este se continúa con las brigadas de localización y pueden reducirse las longitudes de las secciones trazando en forma preliminar la línea del anteproyecto. Si el proyecto se sigue por fotogrametría, bastará el trazo de la poligonal de referencia y el vuelo a escala 1 : 5 000 para elaborar los planos y efectuar las demás mediciones necesarias para el proyecto definitivo. De esta manera se evita el tradicional vuelo 1 : 10 000 y su correspondiente apoyo terrestre.

Actualmente se cuenta con programas de cálculo electrónico para la cubicación de terracerías del anteproyecto; los cuales utilizan el cadenamiento y la elevación de cada punto de quiebre del terreno en el eje, las pendientes transversales de éste, el proyecto de subrasante, los anchos de semicoronas tipo, los taludes, áreas máximas, etc., así se cubican y se estiman los demás conceptos de cada alternativa para poder escoger la mejor línea de trazó del anteproyecto.

#### 3.4. PROYECTO DEFINITIVO.

Una vez dibujados los planos a las escalas convenidas deberán ser presentados éstos para su aprobación y una vez aprobados se iniciará el trazo del proyecto definitivo.

El proyecto definitivo es el resultado de los diversos estudios en los que se han considerado todos los casos previstos y se han establecido ciertas normas para la realización de la obra, y de esta forma resolver todos los problemas que se puedan presentar como imprevistos.

La etapa del proyecto definitivo debe iniciarse una vez situada la línea de trazo definitivo, con una precisión tal que permita definir las características geométricas

del camino ferroviario, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones del terreno que cruza.

Respecto a las características geométricas, los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes y la elevación de la subrasante.

De acuerdo a los materiales que forman las terracerías, se dictan normas para la extracción, manejo, tratamiento y compactación de los mismos.

El proyecto definitivo tratado en esta tesis, se dividió como ya dijimos, en tres tramos para facilitar el manejo de planos y de la obra en términos generales.

El primer tramo de vía se tendió paralelo a la línea existente F.M.O. (FERROMINERA DEL ORINOCO)- CD. BOLIVAR, para lo cual, se aprovechó la terracería que se dejó (para vía futura) sobre el alero derecho, cuando se construyó dicha línea. Este primer tramo comprende de la F.M.O. al kilómetro 6 + 394.90, habiéndose dejado en éste un cambio de vía para retornar a la F.M.O. por la otra línea. (ver fig. 3.1.)

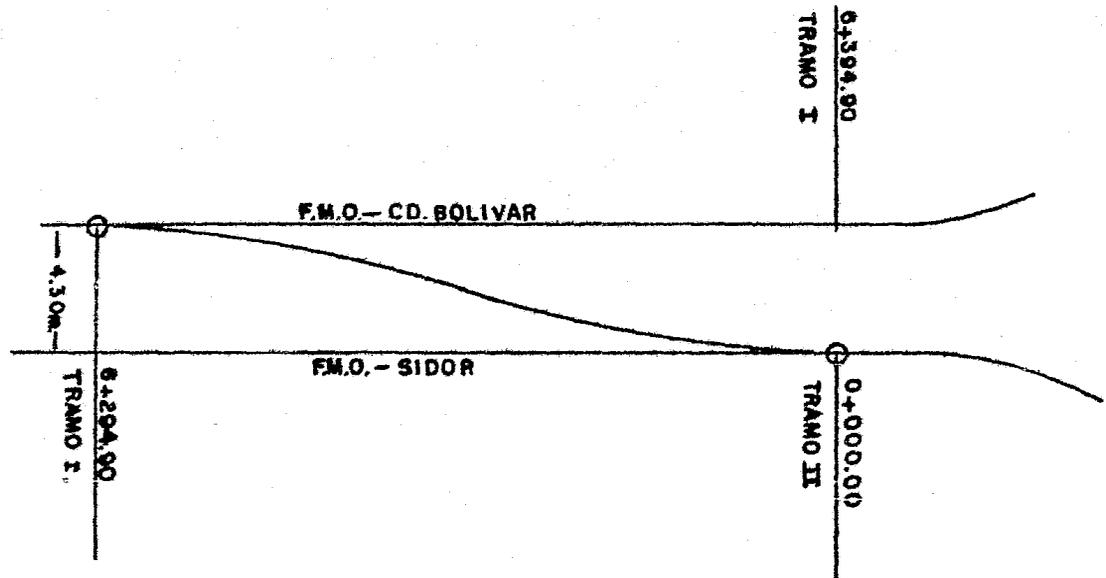


Fig. 3.1 S/ESCALA  
CAMBIO DE VIA

El segundo tramo se inicia en el kilómetro 6 + 394.90 -- del primer tramo y es equivalente al kilómetro 0+000.00-- de este segundo tramo F.M.O.-SIDOR, el cual termina en - el kilómetro 8 + 000.00, habiendo dejado en el kilómetro 1 + 320.00 un desvío que sirve de enlace con la línea - F.M.O. - CD. BOLIVAR, (ver fig. 3.2.)

En el kilómetro 3 + 000 de este segundo tramo, el eje de la línea pasa a 800.00 m. de la C.V.P. de Matanzas, Cd.- Bolívar (Corporación Venezolana del Petróleo), continuando con el trazo paralelo a una tubería de gas que va precisamente de la C.V.P. a SIDOR hasta llegar al kilómetro 8 + 000 que se encuentra al S.W. de la esquina de VENALUM (Venezolana de Aluminio).

El tercer tramo se inicia en el kilómetro 8 + 000.00 - equivalente al kilómetro 0 + 000.00 de este tercer tramo y finaliza en el kilómetro 5 + 000.00 ubicado al Sur de la Planta de Pellas (Planta Peletizadora). En el kilómetro 0 + 159.00, el trazo de este tercer tramo se cruza con la tubería de gas que proviene de la C.V.P., por lo que se proyectó una estructura de acero de 60.00 m. de largo por 8.00 m. de alto que sirviera de soportería para hacer pasar la tubería de gas de 30" de diámetro sobre ella, y de esta forma librar uno de los mayores obstáculos de este último tramo.

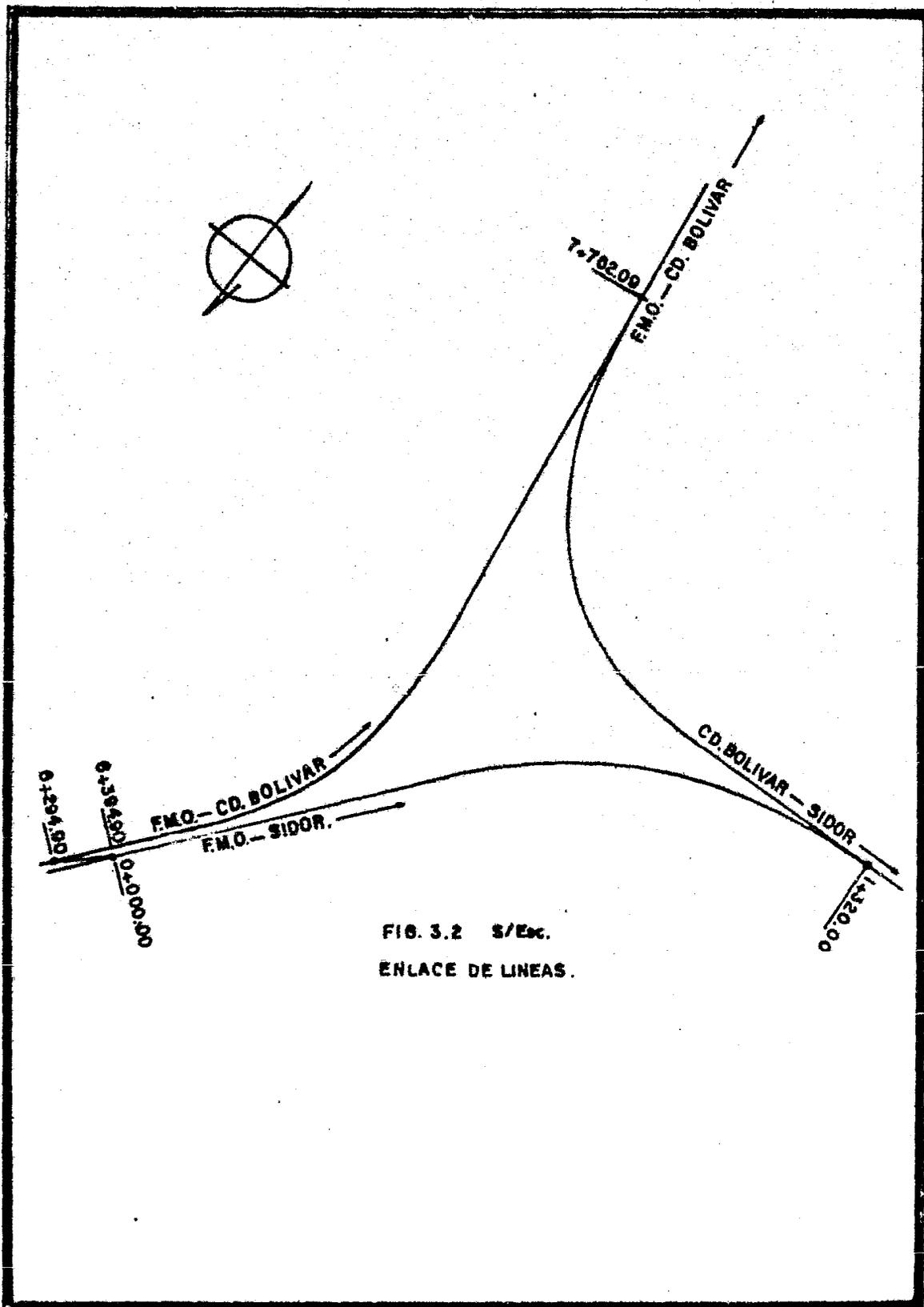


FIG. 3.2 S/Enc.  
ENLACE DE LINEAS.

Para este proyecto se realizó un plano general a escala 1 : 10 000 abarcando una área de 8 X 23 kms., y además se realizaron planos particulares o de detalle a la escala 1 : 500 poniendo en ellos las especificaciones de las curvas horizontales de la línea, así como las obras inherentes a este proyecto, como son; canales, alcantarillas, etc.

Las obras de drenaje quedarán definidas principalmente - por las condiciones hidráulicas de las corrientes que - cruzan el camino unidas a las características del suelo en el cauce.

Encontrando la mayor economía en la construcción de la - vía férrea, se calcularán los movimientos de terracerías por medio del diagrama denominado curva masa y se dan - procedimientos a seguir en la construcción.

Los imprevistos que surjan a lo largo de la construcción de la obra se resolverán con el criterio empleado en los casos necesarios.

De acuerdo con la clasificación topográfica y geológica de la cuenca y de su cobertura vegetal, se escoge en cada caso el coeficiente de escurrimiento adecuado para - determinar mediante fórmulas empíricas para cada escu -

rridero, el área drenada, el área hidráulica necesaria y tentativamente el tipo y dimensiones recomendables para cada obra ( en zonas de drenaje difícil se hace necesario complementar el estudio del drenaje en el campo).

Estos últimos datos son factores importantes en el proyecto del trazo definitivo de modo que simultáneamente, al quedar definido el trazo se pueda dar a cada obra del drenaje, su cadenamamiento definitivo.

CAPITULO IV

TRAZO DE LA LINEA.

4.1. DEFORESTACION.

Antes de efectuar el trazo definitivo y apoyándose en los puntos de control topográfico existentes en el terreno se efectuó un trazo preliminar del eje de la línea para realizar la deforestación o desmonte en una franja de 20.00 m. de ancho - sobre el centro de la línea de dicho trazo preliminar, midiendo 8 m. a la derecha y 12 m. a la izquierda del eje respectivamente.

El desmonte se lleva a cabo en las zonas del terreno que se va a nivelar o a rellenar.

En la deforestación se incluye la remoción de la vegetación - la cual está formada por hierbas, malesas, matorrales y troncos. Antes de iniciar el trabajo de terracerías es necesario quitar otros materiales como piedras, muros y edificios - o sus cimientos.

Usualmente se queman los matorrales, aunque cuando pasan gasoductos cercanos al derecho de vía como en nuestro caso, esto resulta peligroso ya que el fuego tiende a propagarse. Si - las condiciones lo permiten , es mejor quemarlos inmediatamente después de ser cortados, para evitar movimientos posteriores.

En el desmonte con máquina se usó tractor con ripper y cuchí -

lla ya que con esta máquina se trabaja mejor cuando el terreno no es suficientemente firme para soportarla y cuando no hay hoyancos, zanjas, lomas pronunciadas y rocas. Las superficies desiguales dificultan mantener la cuchilla en contacto con el piso y más que remover la vegetación, la entierran en los hoyos. Sin embargo existen pocos lugares donde un tractor no pueda ayudar a las cuadrillas que desmontan a mano, desmontando superficies en las que puedan operar moviendo troncones y cortando matorrales, abriendo caminos para los camiones o tornapules de abastecimiento o extinguiendo incendios y arrancando rocas con el ripper.

#### 4.2. EQUIPO EMPLEADO EN EL TRAZO.

##### 4.2.1. Distanciómetro Wild modelo DI - 3 montado sobre tránsito Universal Wild - T2.

Este aparato compuesto de cabeza de Puntería, caja de mando y batería de 12 volts se adapta a los teodolitos Wild T1A, T16 y T2. En este aparato no es necesario hacer correcciones para la atmósfera, la refracción, la reducción al nivel del mar y la escala de proyección ya que estas correcciones se desarrollan en forma automática. Este aparato nos da la distancia inclinada y con la introducción del ángulo vertical nos da también la distancia horizontal, así como

la diferencia altimétrica.

El distanciómetro emplea un rayo de luz como onda portadora, este rayo se origina por medio de un diodo de arseniuro de galio (As Ga) y es controlado por un servomecanismo que, por medio de un reloj digital de cuarzo calcula el tiempo que tarda el rayo de luz desde que sale del servo emisor hasta que regresa al servo receptor después de haberse reflectado en un prisma colocado en uno de los extremos de la línea que se está indicando y con este dato el computador integrado en la caja de mando del aparato obtiene la distancia.

El alcance de este aparato es de 1 000 mts. y su desviación es de 2 mm. independientemente de la distancia a medir.

4.2.2. Wokie Tokies.

4.2.3. Nivel fijo zeiss modelo Ni - 2.

4.2.4. Juego de prismas con trípode para distanciómetro.

4.2.5. Tarjetas marca Wild para hacer puntería dotadas con trípode.

- 4.2.6. Sombrilla para proteger el aparato.
- 4.2.7. Balizas y fichas para efectuar alineamientos.
- 4.2.8. Machete y marro para hacer y clavar estacas o trompos.
- 4.2.9. Cintas de 50.00 m. y 30.00 m. para cadenear y flexómetro para medir distancias cortas.

4.3. PERSONAL QUE INTERVINO EN EL TRAZO.

- 4.3.1. Una brigada a cargo de un Ingeniero y 4 ayudantes para ubicar Puntos de Control como son PI, TE, EC., etc., usando el equipo antes mencionado.

Esta brigada además de lo señalado tenía la función de dar apoyo topográfico a los tres tramos que comprenden la línea.

- 4.3.2. Dos brigadas con un jefe y tres ayudantes cada una, equipadas con tránsito de minuto y nivel fijo. Una encargada del tramo II y la otra del tramo III (ambas con la obligación de dar apoyo al montaje de la vía en el tramo I). La función de estas dos brigadas era la de restablecer la línea cada vez que fuera necesario, hacer el replanteo de obras de arte (alcantarillas, canales, etc.), y llevar el control de la obra

en su tramo correspondiente, (obteniendo secciones).

#### 4.4. ORIENTACION DE LA LINEA.

Para obtener con precisión la dirección de las líneas levantadas en el campo y las posiciones geográficas según el lugar donde se trabaja, se recurre a observaciones y cálculos Astronómicos a fin de obtener datos invariables y con buena precisión, al ser referidas dichas líneas a cuerpos celestes. (El sol o alguna estrella si las orientaciones se hacen por la noche).

Las Orientaciones Astronómicas aplicadas a vías férreas o terrestres en general, deberán hacerse además de al iniciar y terminar el trazo, cada 6 u 8 km. con objeto de hacer la comprobación del rumbo que se obtiene al ir trazando, con el rumbo Astronómico.

Para situar los puntos de la línea sobre la superficie de la tierra y referirlos a la esfera celeste, se utilizan sistemas de coordenadas que tienen como base el plano del Ecuador, estas coordenadas son la Latitud y la Longitud; la Ascensión Recta y la Declinación y el Azimuth y la altura sobre el plano del horizonte.

Uno de los métodos para calcular observaciones Astronómicas que más se emplea en vías terrestres, para la determinación del Azimuth y la Latitud observando el sol en 2 posiciones, -

es el Método de "Alturas Absolutas", el cual utiliza el Ing. Carlos Cañón Amaro en el Anuario Astronómico.

El método anterior se obtiene directamente del triángulo Astronómico y su trabajo de cálculo se facilita con las nuevas calculadoras de bolsillo. Este método emplea las siguientes fórmulas:

Para el Azimuth

$$\cos Az = \frac{\cos \delta - \sin h \sin \phi}{\cos h \cos \phi} \quad (1)$$

$$\cos H = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \phi}{\cos \delta \cos \phi} \quad (2)$$

Para la latitud se usa :

$$\sin \phi = \sin A \sin \delta + \cos^2 A \frac{B}{I} \quad (3)$$

Siendo: Az = Azimuth del Sol.

H = Angulo horario .

h = Altura.

$\delta$  = La declinación .

$\phi$  = Latitud del lugar de observación.

A =  $1/2 (h - h')$ .

B = Diferencia de lecturas del círculo horizontal.

I = Intervalo de tiempo entre las observaciones.

Longitud.

Para la determinación de la longitud se necesita conocer  $\Delta T$  del Reloj; esto puede hacerse comparándolo con las señales de radio que se transmiten W.W.V. de Boulder Colorado para lo que se requiere un radio de onda corta. Para la comprobación basta ver el tiempo dado por el radio y el que se tiene en ese momento en el reloj, la diferencia será  $\Delta T$ . Para observaciones al minuto es suficiente comparar la de alguna estación que transmita la hora cada minuto en radios de onda larga.

Por distancias zenales del sol, se nivela el teodolito lo mejor posible, se bisecta el centro del disco solar con todo cuidado, anotando la hora del reloj en ese momento y la lectura del círculo vertical. Se invierte el anteojo y se repite la observación. El promedio de las distancias zenitales, sensiblemente corresponderá al promedio de las horas de observaciones si de una a otra no transcurre más de 10 minutos, estas observaciones deberán hacerse entre las 8 y las 10 horas o entre las 14 y 16 horas.

Llamando  $Z$  al promedio de distancias zenitales y debiendo corregir la

latitud y la declinación por refracción para posteriormente -  
entrar a la fórmula (2) y teniendo que calcular después:

$$\Delta\lambda = H + Ec$$

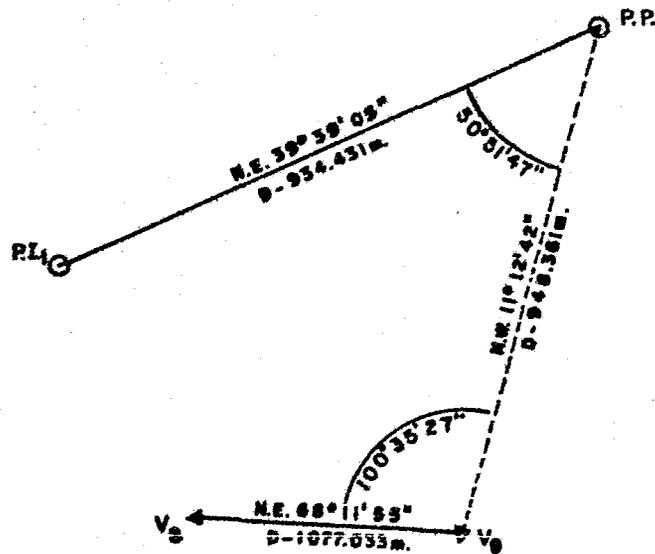
$$\therefore \Delta T = 12 + \Delta\lambda + \text{hora de Observación.}$$

Para fines muy prácticos la longitud del lugar se puede tomar directamente de cartas geográficas o topográficas.

Para el caso que nos ocupa en esta Tesis, no se hicieron observaciones astronómicas, ya que se aprovecharon los vértices de la Triangulación Topográfica Oficial de Primer Orden existente en la zona para ligar la poligonal abierta de la línea férrea con la Triangulación antes mencionada por medio de la Transportación Astronómica de la Meridiana. (Ver fig. Nº 1, - en la cual aparecen los cálculos correspondientes).

# TRANSPORTACION DE LA MERIDIANA ASTRONOMICA. CROQUIS 3/ESC.

FIG. No. 1



Lineas Orientada:

Let. N. .... 8°10'

Long. W.G. .... 62°52'

$$\text{Ang. tan. Rbo. } V_0 - V_0 = \frac{1000.000}{400.000}$$

$$\therefore \text{Rbo. } V_0 - V_0 = 68^\circ 11' 55''$$

$$\text{Ang. tan. Rbo. } V_0 - P.P. = \frac{-164.380}{930.630}$$

$$\therefore \text{Rbo. } V_0 - P.P. = 11^\circ 12' 42''$$

$$\text{Ang. tan. Rbo. } P.P. - P.I. = \frac{596.274}{719.455}$$

$$\therefore \text{Rbo. } P.P. - P.I. = 39^\circ 39' 05''$$

VERTICE	Y	X
V <sub>0</sub>	193 400.000	185 200.000
V <sub>0</sub>	193 600.000	186 200.000
P.P.	194 730.253	186 015.610
P.I. <sub>1</sub>	194 010.798	185 419.338

#### 4.5. CÁLCULO DE LA POLIGONAL DEL EJE PRINCIPAL.

La poligonal del trazo definitivo se ligó en sus extremos a los vértices de triangulación existentes y en función de la línea base  $V_9 - V_8$  se obtuvieron los rumbos de los lados de ésta como se puede observar en la tabla de la Fig. Nº 2. Con los rumbos obtenidos y haciendo uso del método tradicional de cálculo de proyecciones, se obtuvieron las Coordenadas del P.P. (Punto de Partida), P.F. (Punto Final) y Puntos de Inflexión (P.I.), que forman los lados que definen las Tangentes consecutivas de la Línea Férrea.

Poligonal.- Es una figura o polígono formado por un número determinado de lados orientados, de los cuales se conocen sus distancias y los ángulos (interiores o exteriores) formados por los propios lados adyacentes.

Existen dos tipos de poligonales; poligonales cerradas y poligonales abiertas. Estas últimas son las que se emplean en este tipo de trabajos.

Tangentes.- Son los tramos rectos de vía que se trazan sobre el plano topográfico, las Tangentes que pasan por los puntos que definen la localización de la línea, se prolongan hasta lograr la intersección (P.I.) de las sucesivas.

Deflexión.- Es el ángulo que forman dos tangentes sucesivas (la prolongación de la Tangente que entra con la dirección de la Tangente que sale), si el ángulo se mide a la derecha, será deflexión derecha, y si se mide a la izquierda será deflexión izquierda (convencionalmente se dan signos que puedan ser deflexiones positivas o negativas).

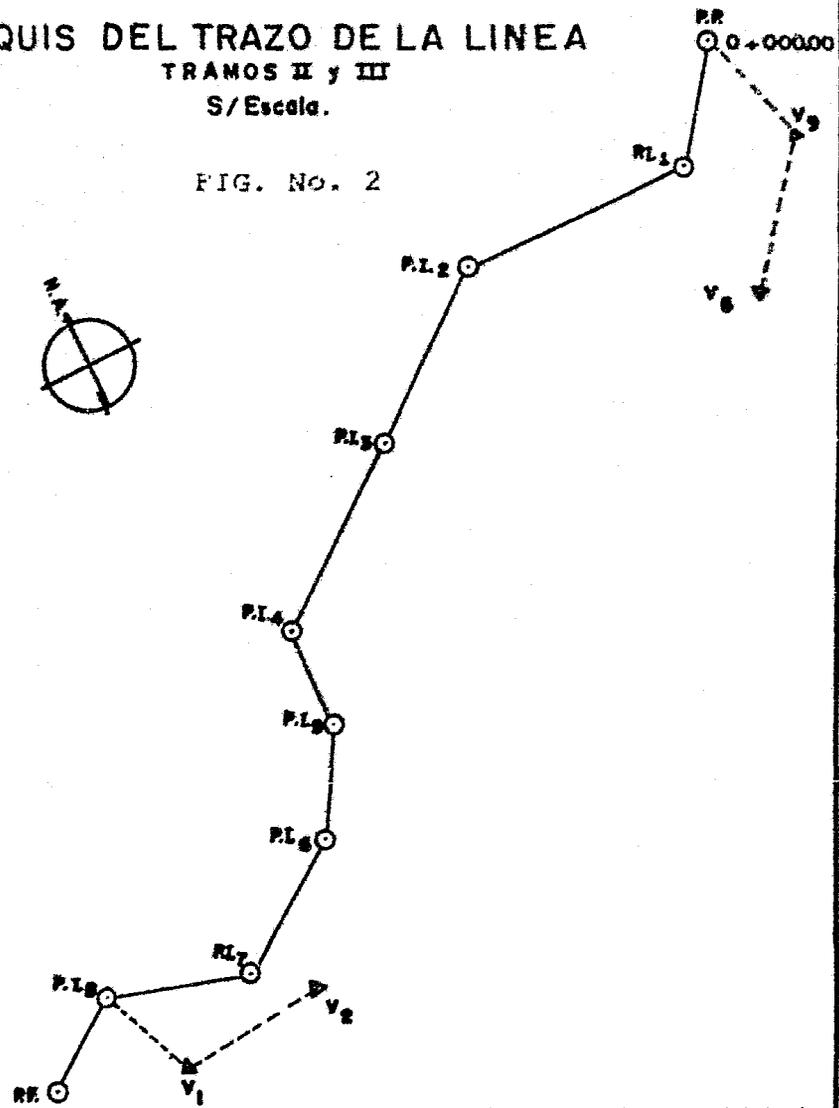
Con los rumbos calculados para la poligonal se obtienen las deflexiones de las Tangentes que se usaron para el trazo definitivo de la línea.

#### TRAZO DE LAS TANGENTES EN CAMPO.

- A.- Haciendo estación en P.P. con el tránsito montado sobre el distanciómetro y colocando una Tarjeta de Puntería en el vértice  $V_9$ , se toma línea en éste, estando el vernier del limbo horizontal en ceros ( $0^{\circ} 00' 00".0$ ).
- B.- Se da vuelta de campana al anteojo del tránsito, al mismo tiempo que se barre el ángulo de deflexión correspondiente, con esta operación, la Línea de Colimación del aparato se alinea sobre la Tangente P.P. - P.I., (inciendiando teóricamente sobre el P.I.)
- C.- Se coloca un prisma sobre un trompo con clavo previamente alineado a P.P. - P.I., ubicado éste a la distancia aproximada de 934.431m obtenida con cinta metálica, se

### CROQUIS DEL TRAZO DE LA LINEA TRAMOS II y III S/ Escala.

FIG. No. 2



LADO.	RUMBO.	∠ A LA DERECHA	DEFLEXION.	DISTANCIA.
V8 - V9	NE. 69° 11' 55"			1077.023m.
V9 - P.P.	N.W. 11° 12' 42"	100° 36' 23"	129.70° 24' 37"	948.361m.
P.P. - P.I.1	S.W. 39° 39' 05"	80° 51' 47"	129.129° 08' 13"	934.431"
P.I.1 - P.I.2	S.W. 63° 12' 05"	223° 33' 00"	Der. 43° 33' 00"	2047.547"
P.I.2 - P.I.3	S.W. 44° 16' 55"	141° 04' 30"	129.36° 55' 10"	2700.000"
P.I.3 - P.I.4	S.W. 44° 45' 34"	180° 28' 35"	Der. 00° 28' 35"	2520.000"
P.I.4 - P.I.5	S.E. 7° 37' 51"	127° 36' 35"	129.52° 23' 25"	700.000"
P.I.5 - P.I.6	S.W. 21° 07' 09"	208° 45' 00"	Der. 28° 45' 00"	770.000"
P.I.6 - P.I.7	S.W. 44° 47' 09"	203° 40' 00"	Der. 23° 40' 00"	1040.000"
P.I.7 - P.I.8	N.W. 81° 41' 30"	253° 31' 21.17"	Der. 53° 31' 21.17"	1000.000"
P.I.8 - P.P.	S.W. 44° 18' 30"	129° 00' 00"	129.54° 00' 00"	1480.000"
V2 - V1	S.W. 73° 18' 03"			1044.931"
V1 - P.I.8	N.W. 30° 41' 00"	250° 09' 57"	Der. 76° 08' 37"	754.387m.
P.I.8 - P.P.		74° 59' 30"		

toma la distancia con el distanciómetro, la que nos arrojará en más o en menos una diferencia que debe sumarse o restarse según el caso, a la medida tomada con la cinta metálica, la cual deberá ser medida posteriormente con la cinta metálica alineando otro punto (colocando otro trompo en caso de ser necesario), para poder dar la medida exacta.

D.- Una vez efectuada la operación anterior se coloca el prisma en el punto ajustado para comprobar la distancia correcta. En este momento se aprovecha la posición del aparato y del prisma para obtener el desnivel entre ambos puntos, esto se lleva a cabo introduciendo en el distanciómetro el valor del ángulo vertical, obteniendo como resultado el desnivel, dato que nos servirá para comprobación, confrontando éste con el obtenido en la nivelación del perfil.

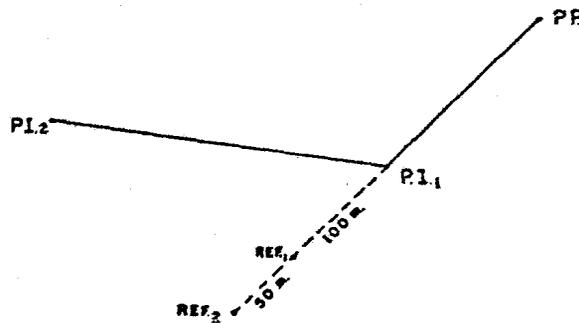
Nota: Las deflexiones en cada estación se miden dos veces, una visando atrás e inversa y otra directa.

Con esto se elimina el error que hubiera en la línea de Colimación y se comprueba la lectura angular, siendo éste el método más preciso.

Para las estaciones siguientes, se repiten todas las operaciones mencionadas anteriormente, sólo que en lu-

gar de tomar línea en el  $V_9$ , se deberá tomar atrás en el último punto de estación.

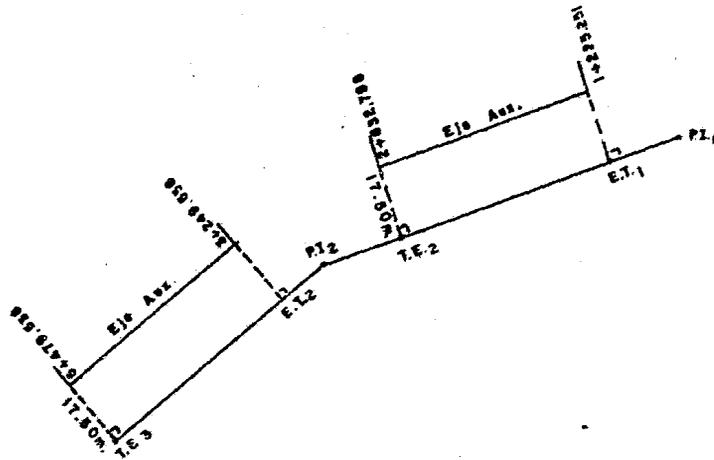
Una vez ubicados y referenciados en sus prolongaciones los P.I. se procedió a localizar los T.E. y E.T.



REFERENCIAS DEL P.I.<sub>1</sub>

Para evitar el problema de que el tránsito de la maquinaria moviera o arrancara los trompos se trazó un eje auxiliar paralelo al eje de la línea, este eje se ubicó a 17.50 m. del eje principal, (en el lado derecho), trazando sobre este eje auxiliar únicamente las líneas paralelas a las Tangentes de E.T. a T.E., dando cadenamientos de 50.00 m. colocando un trompo alineado con una estaca testigo marcando el kilometraje de cada punto. De esta forma cada vez que movían o quitaban las estacas

del eje principal las podíamos reubicar o restablecer de forma inmediata apoyándonos en el eje auxiliar.



Nota: En el eje principal los cadenamientos se dieron - cada 20.00 m. para poder obtener un perfil fiel del terreno y secciones transversales más precisas del mismo.

## CALCULO DE COORDENADAS

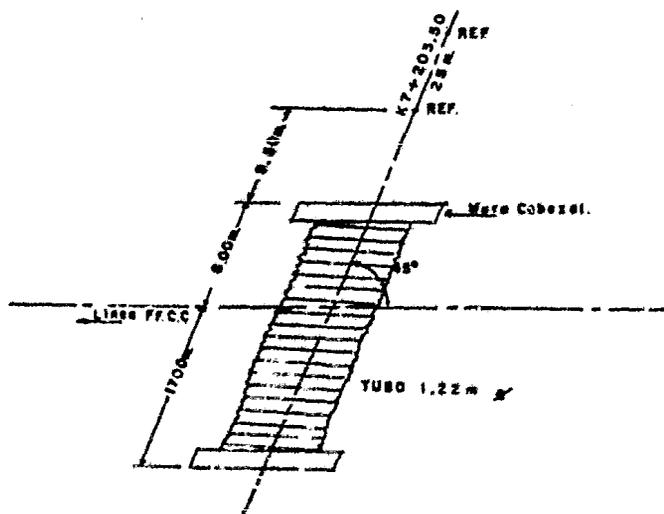
EST	P.V	DIST	DEFLEXION	RUMBO ASTRONOMICO.	COS. Rta.	SEN Rta.	PROYECCIONES.				COORDENADAS.			
							N	S	E	W	Y	X		
	P.P										184 730.253 m.	186 015.810 m.		
P.P	P.I. <sub>1</sub>	934.431m.	126. 78°24' 37"	S.W. 39°28' 06"	0.769	0.6391		716.458		596.274	194 010.795"	185 419.536"		
P.I. <sub>1</sub>	P.I. <sub>2</sub>	2047.647"	124.129°08'13"	S.W. 83°12' 05"	0.1184	0.9930		242.360		2033.149	183 768.405"	183 386.187"		
P.I. <sub>2</sub>	P.I. <sub>3</sub>	2700.000"	Dec. 43°33' 00"	S.W. 44°16' 53"	0.7159	0.6992		1932.946		1886.111	181 835.436"	181 501.076"		
P.I. <sub>3</sub>	P.I. <sub>4</sub>	2620.000"	124. 38°55'10"	S.W. 44°45'34"	0.7101	0.7041		1789.376		1774.410	190 046.063"	179 726.666"		
P.I. <sub>4</sub>	P.I. <sub>5</sub>	700.000"	Dec. 0°28' 38"	S.E. 7°37' 31"	0.9911	0.1328			693.601	92.953	189 362.26 2"	179 810.619 "		
P.I. <sub>5</sub>	P.I. <sub>6</sub>	770.000"	124. 52°23' 25"	S.W. 21°07' 09"	0.9326	0.3665		716.281		277.439	188 633.950"	179 542.102"		
P.I. <sub>6</sub>	P.I. <sub>7</sub>	1040.000"	Dec. 23°40' 00"	S.W. 44 47' 09"	0.7097	0.7048		736.136		732.637	187 698.645"	178 809.546"		
P.I. <sub>7</sub>	P.I. <sub>8</sub>	1000.000"	Dec. 83°31'21.77	N.W. 81°41' 30"	0.1445	0.9895	144.609			889.506	188 040.345"	177 820.041"		
P.I. <sub>8</sub>	P.F	1450.000"	124. 54°00'00"	S.W. 44°18'30"	0.7158	0.6995		1067.608		1012. 893	187602.737"	178 807.188 m.		
Σ 13161.978							Σ 144.609		Σ 7872.016		Σ 92.953		Σ 9201.378	
							DIF. <sub>y</sub> = 7727.515				DIF. <sub>x</sub> = 9168.425			

#### 4.6. TRAZO PARA OBRAS DE CONSTRUCCION CIVIL.

Antes de iniciar los trabajos de terraplenado, es necesario ejecutar las obras de construcción civil (alcantarillas, puentes, etc.,) para ello es necesario trazar los ejes que definan la ubicación de cada una de ellas de acuerdo al proyecto.

##### 4.6.1. Trazo de Alcantarillas.

Para el trazo de alcantarillas (de tubo acanalado o de cajón de concreto), basta con trazar su eje en el cadenamamiento indicado, para medir sobre éste la distancia que habrá del eje de la línea a cada uno de los cabezales de la alcantarilla respectiva. Como dato debemos conocer el ángulo formado entre su eje y el de la línea férrea.

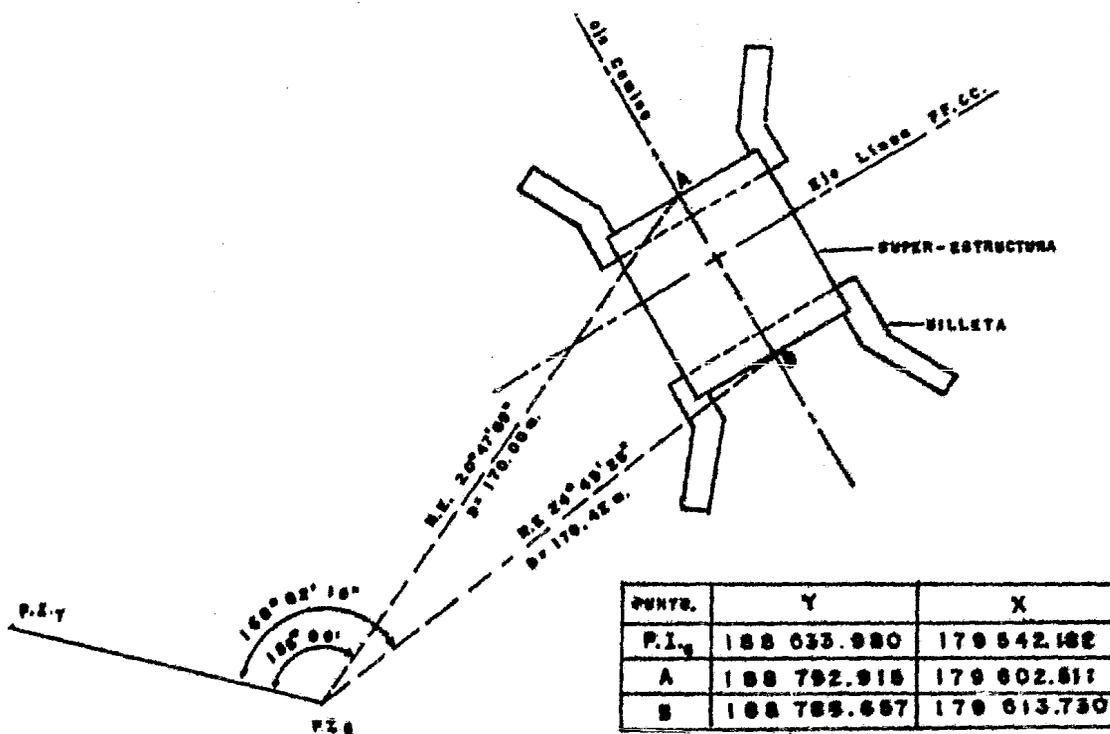


Alcantarilla de Línea Acanalada.

4.6.2. Trazo Puentes y Pontones.

Pontón es un puente que sirve para atravesar un canal sobre una línea férrea a una altura determinada. Los pontones al igual que los puentes, se construyen de concreto armado.

Para trazar un puente o un pontón, es necesario conocer las coordenadas de los ejes respectivos de ellos ya que a diferencia de las alcantarillas, para replanear este tipo de obras se requiere cierta exactitud que podemos lograr localizando los ejes mencionados - por coordenadas.



PUENTE No.1 PONTÓN 3

#### 4.7. CURVAS HORIZONTALES EMPLEADAS.

Son curvas horizontales aquellas que ligan a dos tangentes en planta. Para hacer el trazo de curvas horizontales se emplean dos clases de curvas:

4.7.1. Curvas Simples.

4.7.2. Curvas Espirales.

4.7.3. Se consideran los cambios.

4.7.1. Las Curvas Simples.- Son curvas de radio constante.

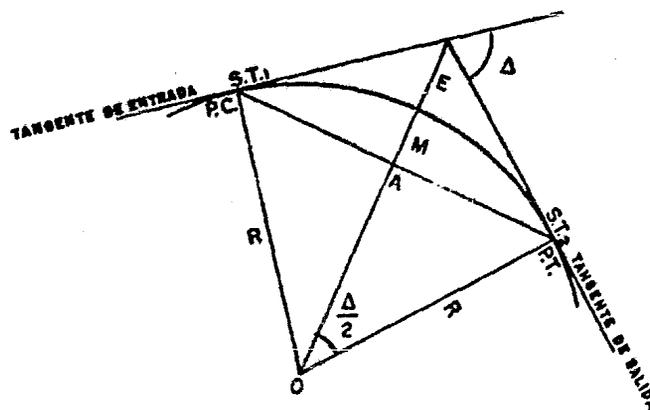


Fig. 4.7.a.

P.C. o Punto de Curvatura: Punto de la Tangente que define la iniciación de la curva.

P.T. o Punto de Tangencia: Es el punto en la tangente de salida que define el lugar donde finaliza la curva.

Para el trazo de las curvas simples es necesario conocer los siguientes elementos:

$\Delta$ .- Angulo central, igual a la deflexión.

G.- Grado de curvatura.

ST.- Subtangente, que es la distancia entre PI. a PC. igual a -  
PI. a PT.

L.- Longitud de la curva.

C.- Cuerda larga.

M.- Ordenada Media.

E.- Distancia externa.

No necesariamente deben conocerse todos los elementos para ser calculadas y trazadas, en la mayoría de los casos basta con conocer:  $\Delta$ , G, R, ST y L.

El grado de una curva (G) es el ángulo que subtiende una cuerda de 20 m. de la misma curva, sabido es que en los ángulos pequeños la cuerda se confunde con el arco, por ello en curvas de radio pequeño, la longitud de la curva se considera igual a la cuerda (20 m.)

$$L = \frac{\Delta}{G} \times 20 \quad (1)$$

Si hay obstáculos y no puede trazarse la curva en campo puede trazarse  $1/2 C$  y localizar la mitad exacta, midiendo la -

ordenada media (M) y de ahí seguir el trazo (salvando el obs  
táculo).

De la Fig. 4.7.a.

$$\begin{aligned} \cos \frac{\Delta}{2} &= \frac{OA}{R} ; OA = R \cos \frac{\Delta}{2} \text{ y también } OA = R-M ; \\ R-M &= R \cos \frac{\Delta}{2} ; M = R \operatorname{Sen} \operatorname{Ver} \frac{\Delta}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

En algunos casos particulares puede requerirse conocer la -  
distancia externa "E".

De la Fig. 4.7.a.

$$\operatorname{Sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{ST}{R+E} ; R + E = \frac{ST}{\operatorname{Sen} \frac{\Delta}{2}}$$

$$\text{Como } ST = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} ;$$

$$E = \frac{R}{\operatorname{Cos} \frac{\Delta}{2}} - R ; E = R \left( \operatorname{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad (3)$$

**4.7.1.1. Procedimiento para el Trazo de las Curvas en el Campo.**  
(CURVAS CIRCULARES CON TRANSICIONES EN AMBOS EXTREMOS, VER FIG. No. 4.7.a.).

Calculada la curva circular simple por el método de -  
deflexiones (4.7.1.a) y obteniendo los datos de la -  
espiral de las tablas correspondientes se procedió -  
de la manera siguiente:

**CURVA CIRCULAR CON TRANSICION EN AMBOS EXTREMOS**

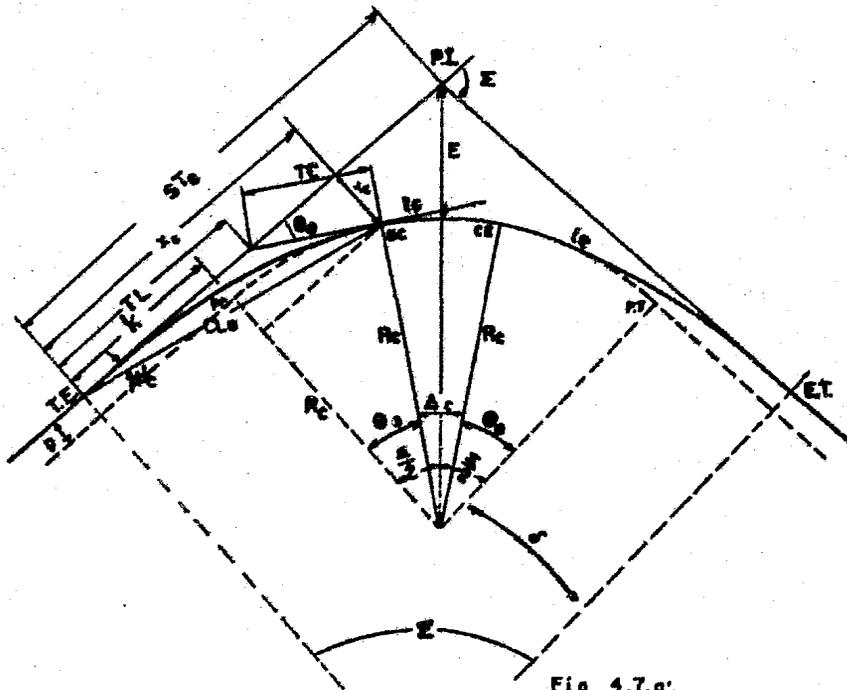
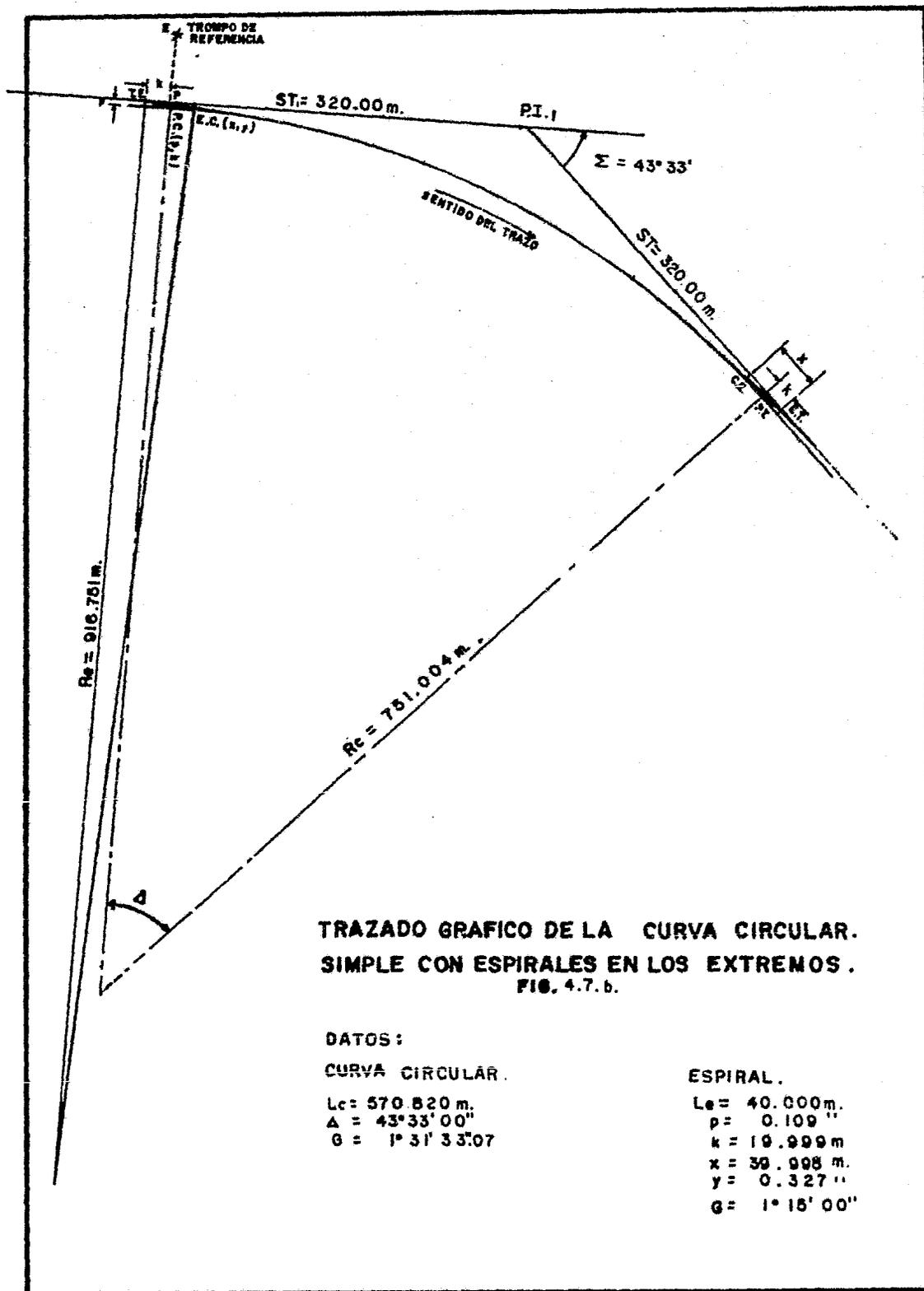


Fig. 4.7.a'

**ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES**

- PI. Punto de intersección de las tangentes
- TE. " donde termine la tangente y empieza la espiral
- EC. " " " " " espiral " " la curva circular
- CE. " " " " la curva circular y empieza la espiral
- ET. " " " " " espiral y empieza la tangente.
- $\Sigma$  Ang. de deflexión de las tangentes.
- $A_c$  " central de la curva circular.
- $\theta_s$  Deflexión de la espiral.
- $\phi$  Ang. de la cuerda larga de la espiral
- STa Subtangente
- $X_e, Y$  Coordenadas del EC o del CE
- E.P " " " PC o del PT (desplazamiento)
- TL Tangente Larga.
- TC Tangente corta.
- CL Cuerda larga de la espiral
- E Externa.
- Rc Radio de la curva circular.
- Lc Longitud de la " "
- Le " " " espiral
- S Ang. central de la espiral.



CURVA CIRCULAR No. 1  
ENLACE TRAMOS I Y II

TABLA 4.7.1.0

ESTACION	P.V.	DEFLEXION	DATOS CURVA.	R.M.O.	R.A.C.	NOTA.
P.C. 6+954.00					SW. 39°39'05"	
	6+980.000	00° 13' 44.0				
	680.000	00 59 30.5				
	7+000.000	1 45 17.0				
	20.000	2 31 03.5				
	40.000	3 16 50.1				
	60.000	4 02 36.6				
	80.000	4 48 23.0				
	100.000	5 34 09.7				
	120.000	6 19 56.2				
	140.000	7 05 42.7				
	160.000	7 51 29.2				
	180.000	8 37 15.8				
	200.000	9 23 03.3				
	220.000	10 08 49.8				
	240.000	10 54 36.4				
	260.000	11 40 21.9				
	280.000	12 26 08.4				
	300.000	13 11 55.0				
	320.000	13 57 41.5				
	340.000	14 43 28.0				
	360.000	15 29 14.5				
	380.000	16 15 01.1				
	400.000	17 00 47.6				
	420.000	17 46 34.1				
	440.000	18 32 20.7				
	460.000	19 18 07.2				
	480.000	20 03 53 7				
	500.000	2 49 40.3				
	520.000	21 35 26.8				
P.T. 7+524.182		21 46 30.0			SW. 44°18'30"	

R= 751.004 M.  
St= 300.000 M.  
Lc= 570.820 ::  
Δ = 43° 33'  
G = 1° 31' 33" 07

La espiral enlaza a la curva circular en el K6+974.00

FORMULAS EMPLEADAS:

$$Stc = R_0 \tan \frac{\Delta}{2} \quad R_{ex} = \frac{Stc}{\tan \frac{\Delta}{2}}$$

$$Lc = \frac{\pi \Delta R_0}{180^\circ}$$

$$G = \frac{1145.92}{R_0}$$

a) Centrado el tránsito en T.E., se visa el P.I. para alinearse y medir la distancia K definida por la distancia T.E.-P.

b) Centrado el tránsito en el punto P visamos P.I., teniendo el limbo horizontal del vernier en ceros ( $0^{\circ}00'00''$ ), barremos un ángulo de  $270^{\circ}00'$  para ubicar un trompo en el punto E. (ver Fig. 4.7.b.) a una distancia arbitraria.

c) Estacionado el tránsito en el punto E. visamos el punto P. y medimos la distancia "p" definida por el punto P.C. (p, k), haciendo lo mismo en el otro extremo de la línea.

d) Centrado el tránsito en el punto P.C. visamos el punto "E" teniendo el limbo horizontal del vernier en  $270^{\circ}00'$ , para que al girarlo  $90^{\circ}$  quede en  $0^{\circ}00'$  (sobre la subtangente de la Curva Circular) y a partir de este origen se traza la curva circular previamente calculada, cerrando los cadenamientos y la última deflexión de ésta en el punto P.T., lo cual nos sirve de comprobación.

e) Regresamos con el tránsito a centrarnos en el punto E.T., visamos el P.I. y procedemos a trazar la

espiral del punto T.E. a E.C. (haciendo la misma operación para trazar la espiral de salida del punto E.T. a C.E.)

#### 4.7.1.2. Curvas de Transición.

Cuando en un convoy en movimiento sobre una vía, pasa de un tramo en tangente a otro en curva, requiere hacerlo en forma gradual, para contrarrestar los efectos de la inercia del convoy, al cambiar de dirección y los de la fuerza centrífuga que varía inversamente al radio de la curva. Para tal motivo se emplean las curvas de transición (clotoide o espiral, parábola cúbica, Lemniscata de Benolli, etc.) Para ayudar a dicho efecto también se recurre a la sobreelevación del riel exterior de la curva. La sobreelevación es una función del grado de la curva, ver Fig. 4.7.b', es claro que si de inmediato se pasa de una tangente al grado de curva escogido, en el P.C. no es posible dar la sobreelevación tan bruscamente, puesto que en tangente los dos rieles se construyen en el mismo plano horizontal y en un mismo P.C. no puede darse la sobreelevación calculada, sino que habrá una transición del plano horizontal al plano inclinado que defina la sobreelevación.

Lo anterior demuestra la conveniencia de ir cambiando gradualmente al grado de curvatura.

4.7.2. La Clotoide o Espiral.

Como la clotoide de curvatura  $\frac{1}{R}$  es proporcional a su longitud, se tiene en ella a la curva más apropiada para efectuar transiciones, en vías férreas.

Fórmulas para el Cálculo de la Espiral. (Ver. Fig.47.a')

Angulo de la cuerda larga:

$$\rho' = \frac{\theta}{3} - Z$$

$$\theta = \frac{G_c L_c^2}{40 L_e}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$

Z = Corrección que depende del ángulo de deflexión de la Espiral, puede despreciarse para  $\theta \leq 16^\circ$ , de lo contrario se obtiene con la tabla No. 7-C, o se calcula con la fórmula:

$$Z = 3.1. \times 10^{-3} \theta_s^3 + 2.3. \times 10^{-8} \theta_s^5$$

Parámetro de la Espiral (es la magnitud que define - las dimensiones de la espiral).

$$K = \sqrt{R_c L_e}$$

Deflexión de la Espiral:

$$\theta_c = \frac{G_c L_c}{40}$$

Longitud Total de la Curva:

$$L = 2L_e + L_c$$

$$L = 2\left(\frac{40 \theta_e}{G_c}\right) + \frac{20}{G_c} = \frac{80 \theta_e + 20 \Delta_c}{G_c}$$

Coordenadas del E.C. de la curva.

$$X_c = \frac{L_e}{100} (100 - 0.00305 \theta_e^2)$$

$$Y_c = \frac{L_e}{100} (0.5829 - 0.00001269 \theta_e^3)$$

Coordenadas del P.C. de la Curva Circular.

$$P = Y_c - R_c \text{ Sen } \theta_e$$

$$K = X_c - R_c \text{ Sen } \theta_e$$

Subtangente

$$ST = K + (R_c + p) \left(\tan \frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = (R_e + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

Longitud mínima de la espiral

Cuerda Larga:

$$Cl_e = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

$$L_e = 0.0214 \frac{V^3}{CR_c}$$

Tangente Larga:

$$TL = X_c - Y_c \text{ Cot } \theta_e$$

C = Coef. de variación centrífuga o Coef. de comodidad en m/seg<sup>3</sup>

Formula Empleada:  $L_e = 0.036 \frac{V^3}{R}$

Tang. Corta:

$$T_c = Y_c \text{ Csc } \theta_e$$

En la práctica se emplean las tablas 7-C - - - - -  
para obtener éstos elementos en una espiral de 100 m. de longitud. Para una curva de longitud "Le" los valores tabulados deben multiplicarse por el factor  $\frac{Le}{100}$ .

La gran labor rutinaria de los cálculos antes mencionados y sobre todo para obtener las deflexiones de estas curvas espirales se simplifican con el uso de tablas del Ing. Perkins.

TABLAS 7 - C

ELEMENTOS DE LA CURVA

DE TRANSICION PARA

ESPIRALES DE 100 M.

DE LONGITUD.











θ	ρ	k	Y <sub>c</sub>	X <sub>c</sub>	TL	TC	φ <sub>c</sub>
0	7.10	48.749	27.627	92.606	69.561	35.976	16.0
1	7.12	48.741	27.708	92.558	69.582	35.955	16.0
2	7.14	48.733	27.790	92.511	69.603	35.904	16.0
3	7.17	48.725	27.871	92.463	69.624	35.834	16.0
4	7.19	48.717	27.953	92.415	69.645	35.733	16.0
5	7.21	48.709	28.034	92.368	69.666	35.600	16.0
6	7.23	48.700	28.115	92.319	69.688	35.422	16.0
7	7.26	48.692	28.196	92.271	69.709	35.292	16.0
8	7.28	48.684	28.277	92.223	69.731	35.111	17.0
9	7.30	48.675	28.358	92.175	69.752	34.879	17.0
10	7.32	48.667	28.439	92.126	69.774	34.596	17.0
11	7.34	48.659	28.519	92.077	69.796	34.261	17.0
12	7.37	48.650	28.600	92.028	69.818	33.874	17.0
13	7.39	48.642	28.680	91.979	69.840	33.435	17.0
14	7.41	48.633	28.760	91.931	69.862	32.944	17.0
15	7.43	48.625	28.841	91.883	69.884	32.401	17.0
16	7.46	48.616	28.921	91.835	69.906	31.806	17.0
17	7.48	48.608	29.001	91.787	69.929	31.159	17.0
18	7.50	48.599	29.081	91.739	69.951	30.460	17.0
19	7.52	48.591	29.161	91.691	69.974	29.709	17.0
20	7.54	48.582	29.241	91.643	69.996	28.906	17.0
21	7.57	48.573	29.320	91.595	70.019	28.051	17.0
22	7.59	48.565	29.400	91.547	70.042	27.144	17.0
23	7.61	48.556	29.479	91.499	70.065	26.185	17.0
24	7.63	48.547	29.558	91.451	70.088	25.174	17.0
25	7.65	48.539	29.637	91.403	70.111	24.111	17.0
26	7.68	48.530	29.717	91.355	70.134	22.996	18.0
27	7.70	48.521	29.796	91.307	70.158	21.829	18.0
28	7.72	48.512	29.875	91.259	70.181	20.610	18.0
29	7.74	48.504	29.954	91.211	70.205	19.339	18.0
30	7.76	48.495	30.032	91.163	70.229	18.016	18.0
31	7.79	48.486	30.111	91.115	70.252	16.641	18.0
32	7.81	48.477	30.189	91.067	70.276	15.214	18.0
33	7.83	48.468	30.268	91.019	70.300	13.736	18.0
34	7.85	48.459	30.346	90.971	70.324	12.207	18.0
35	7.87	48.450	30.424	90.923	70.349	10.627	18.0
36	7.89	48.441	30.502	90.875	70.373	8.996	18.0
37	7.92	48.432	30.580	90.827	70.397	7.314	18.0
38	7.94	48.423	30.658	90.779	70.422	5.581	18.0
39	7.96	48.414	30.736	90.731	70.446	3.797	18.0
40	7.98	48.405	30.813	90.683	70.471	1.962	18.0
41	8.00	48.396	30.891	90.635	70.496	0.076	18.0
42	8.03	48.387	30.968	90.587	70.521	-1.861	18.0
43	8.05	48.378	31.046	90.539	70.546	-3.797	18.0
44	8.08	48.368	31.123	90.491	70.571	-5.733	18.0
45	8.10	48.359	31.200	90.443	70.596	-7.669	19.0
46	8.12	48.350	31.277	90.395	70.621	-9.605	19.0
47	8.14	48.341	31.354	90.347	70.647	-11.541	19.0
48	8.16	48.331	31.431	90.299	70.672	-13.477	19.0
49	8.18	48.322	31.508	90.251	70.698	-15.412	19.0
50	8.20	48.313	31.584	90.203	70.724	-17.348	19.0
51	8.22	48.304	31.661	90.155	70.750	-19.283	19.0
52	8.24	48.294	31.738	90.107	70.776	-21.219	19.0
53	8.26	48.285	31.813	90.059	70.802	-23.154	19.0
54	8.28	48.275	31.889	90.011	70.828	-25.089	19.0
55	8.30	48.266	31.965	89.963	70.854	-27.024	19.0
56	8.32	48.256	32.041	89.915	70.880	-28.959	19.0
57	8.34	48.247	32.117	89.867	70.907	-30.894	19.0
58	8.36	48.237	32.192	89.819	70.934	-32.829	19.0
59	8.38	48.228	32.268	89.771	70.961	-34.764	19.0

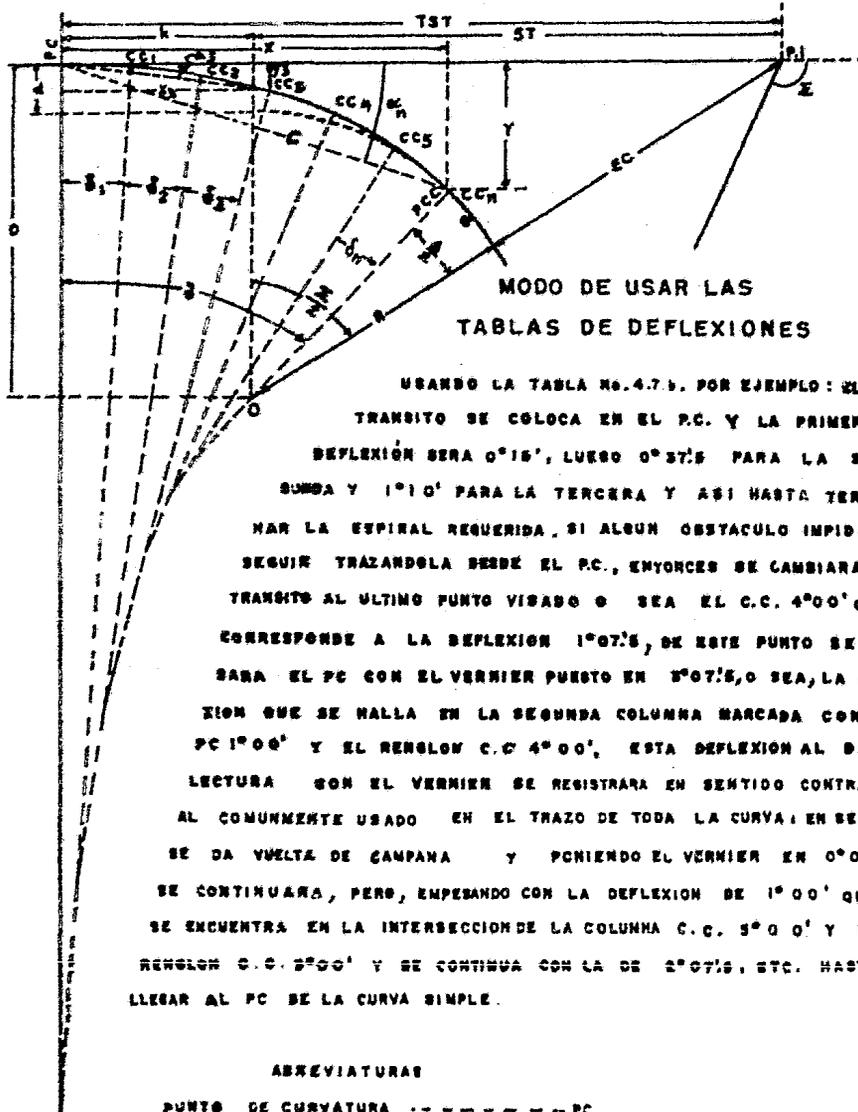
MINUTOS GRADOS	GRADOS						
	00	10	20	30	40	50	
16	00	00	00	00	00	00	00
17	00	00	00	00	00	00	00
18	00	00	00	00	00	00	00
19	00	00	00	00	00	00	00
20	00	00	00	00	00	00	00
21	00	00	00	00	00	00	00
22	00	00	00	00	00	00	00
23	00	00	00	00	00	00	00
24	00	00	00	00	00	00	00
25	00	00	00	00	00	00	00
26	00	00	00	00	00	00	00
27	00	00	00	00	00	00	00
28	00	00	00	00	00	00	00
29	00	00	00	00	00	00	00
30	00	00	00	00	00	00	00
31	00	00	00	00	00	00	00
32	00	00	00	00	00	00	00
33	00	00	00	00	00	00	00
34	00	00	00	00	00	00	00
35	00	00	00	00	00	00	00
36	00	00	00	00	00	00	00
37	00	00	00	00	00	00	00
38	00	00	00	00	00	00	00
39	00	00	00	00	00	00	00
40	00	00	00	00	00	00	00
41	00	00	00	00	00	00	00
42	00	00	00	00	00	00	00
43	00	00	00	00	00	00	00
44	00	00	00	00	00	00	00
45	00	00	00	00	00	00	00
46	00	00	00	00	00	00	00
47	00	00	00	00	00	00	00
48	00	00	00	00	00	00	00
49	00	00	00	00	00	00	00
50	00	00	00	00	00	00	00
51	00	00	00	00	00	00	00
52	00	00	00	00	00	00	00
53	00	00	00	00	00	00	00
54	00	00	00	00	00	00	00
55	00	00	00	00	00	00	00
56	00	00	00	00	00	00	00
57	00	00	00	00	00	00	00
58	00	00	00	00	00	00	00
59	00	00	00	00	00	00	00
60	00	00	00	00	00	00	00

**TABLAS DEL ING. PERKINS.**

**( Usados en el trazo de las Espirales )**

TABLA No. 47D.

**CURVA SIMPLE  
CON  
ESPIRALES SIMETRICAS**



**MODO DE USAR LAS  
TABLAS DE DEFLEXIONES**

USANDO LA TABLA No. 47B. POR EJEMPLO: EL  
TRANSITO SE COLOCA EN EL P.C. Y LA PRIMERA  
DEFLEXION SERA 0°15', LUEGO 0°37'5 PARA LA SE-  
GUNDA Y 1°10' PARA LA TERCERA Y ASI HASTA TERMIN-  
NAR LA ESPIRAL REQUERIDA. SI ALGUN OBSTACULO IMPIDE  
SEGUIR TRAZANDOLA DESDE EL P.C., ENYORCES SE CAMBIARA EL  
TRANSITO AL ULTIMO PUNTO VISADO O SEA EL C.C. 4°00' QUE  
CORRESPONDE A LA DEFLEXION 1°07'5, DE ESTE PUNTO SE VI-  
SARA EL PC CON EL VERNIER PUESTO EN 2°07'5, O SEA, LA DEFLE-  
XION QUE SE HALLA EN LA SEGUNDA COLUMNA MARCADA CON  
PC 1°00' Y EL RENGLON C.C. 4°00'. ESTA DEFLEXION AL DARLE  
LECTURA CON EL VERNIER SE REGISTRARA EN SENTIDO CONTRARIO  
AL COMUNMENTE USADO EN EL TRAZO DE TODA LA CURVA; EN SEGUIDA  
SE DA VUELTA DE CAMPANA Y PCHIENDO EL VERNIER EN 0°00'  
SE CONTINUARA, PERO, EMPESANDO CON LA DEFLEXION DE 1°00' QUE  
SE ENCUENTRA EN LA INTERSECCION DE LA COLUMNA C.C. 3°00' Y EL  
RENGLON C.C. 2°00' Y SE CONTINUA CON LA DE 2°07'5, ETC. HASTA  
LLEGAR AL PC DE LA CURVA SIMPLE.

**ABREVIATURAS**

- PUNTO DE CURVATURA ----- PC
- " " CURVA CIRCULAR ----- PCC
- CURVA COMPUESTA ----- CC
- ANGULO CENTRAL DE LA ESPIRAL ----- δ
- EXTERNAMENTE COMPUESTA ----- EC
- DESAJOJAMIENTO DE LA ESPIRAL ----- e

VARIACION DE CURVATURA DE 0°15'X10 m.

ELEMENTOS												
G	Q	LOG. DE D	E	S	D	C	X	Y	L	R	LOG. DER	
0 15											4 583.666	3.68121
0 30	2291 943	3.38019	9.000	0.07%	0.005	10.000	10.000	0.011	10		2 291.838	3.38018
0 45	1527 321	3.18410	10.000	0.22%	0.022	20.000	20.000	0.055	20		1 527.599	3.18409
1 00	1148 984	3.05918	15.000	0.46	0.054	30.000	29.999	0.153	30		1 148.930	3.05916
1 15	918.880	2.94230	19.999	1.16	0.108	39.999	39.999	0.327	40		818.751	2.94228
1 30	764.154	2.84319	24.999	1.82%	0.150	49.998	49.994	0.600	50		763.987	2.84307
1 45	698.199	2.81833	29.996	2.37%	0.205	59.996	59.988	0.993	60		694.834	2.81815
2 00	573.446	2.75449	34.992	3.30	0.458	69.992	69.972	1.627	70		572.987	2.75814
2 15	508.882	2.70783	39.986	4.30	0.654	79.979	79.948	2.224	80		508.328	2.70700
2 30	454.308	2.68210	44.977	5.37%	0.800	89.962	89.909	3.107	90		458.403	2.68125
2 45	417.887	2.62111	49.944	6.32%	1.200	99.937	99.846	4.198	100		418.757	2.61968
3 00	383.376	2.58385	54.945	8.18	1.580	109.900	109.782	5.812	110		382.016	2.58208

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE. CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.  
T = POSICION DEL TRAMITE.

DEFLEXIONES												
TRANSITO	CC 0°15'	CC 0°30'	CC 0°45'	CC 1°00'	CC 1°15'	CC 1°30'	CC 1°45'	CC 2°00'	CC 2°15'	CC 2°30'	CC 2°45'	CC 3°00'
1m	30m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	110m
0	0° 0'	0° 03 1/2'	0° 06 1/2'	0° 17 1/2'	0° 28'	0° 41 1/4'	0° 57'	1° 15'	1° 38 1/2'	1° 58 1/4'	2° 24 1/2'	2° 52 1/2'
10	0 03 1/2%	T	0 07 1/2%	0 17%	0 28 1/2%	0 43%	1 00%	1 19 1/2%	1 41 1/2%	2 05 1/2%	2 32 1/2%	3 02%
20	0 13%	0 07 1/2%	T	0 11 1/4%	0 24 1/2%	0 40%	0 56%	1 18 1/2%	1 42%	2 07 1/2%	2 38 1/2%	3 06 1/2%
30	0 27 1/2%	0 20 1/2%	0 11 1/2%	T	0 15%	0 32%	0 51 1/2%	1 13%	1 37 1/2%	2 04 1/2%	2 33 1/2%	3 05 1/2%
40	0 41%	0 36 1/2%	0 28%	0 15%	T	0 18 1/2%	0 39 1/2%	1 02 1/2%	1 28%	1 58 1/2%	2 27%	3 00%
50	1 13 1/2%	1 02%	0 30%	0 35 1/2%	0 18 1/2%	T	0 22 1/2%	0 47%	1 13 1/2%	1 43%	2 15%	2 48 1/2%
60	1 48 1/2%	1 30%	1 17%	1 01 1/2%	0 43%	0 22 1/2%	T	0 26 1/2%	0 54 1/2%	1 28%	1 58%	2 35 1/2%
70	2 18%	2 03%	1 48 1/2%	1 32%	1 12 1/2%	0 50%	0 28 1/2%	T	0 30%	1 02%	1 36 1/2%	2 13%
80	2 54 1/2%	2 41 1/2%	2 28 1/2%	2 07 1/2%	1 47%	1 23 1/2%	0 58%	0 30%	T	0 33 1/2%	1 09 1/2%	1 47 1/2%
90	3 38 1/2%	3 24 1/2%	3 07 1/2%	2 48%	2 28 1/2%	2 02%	1 35%	1 05 1/2%	0 33 1/2%	T	0 37 1/2%	1 17%
100	4 28%	4 12 1/2%	3 54 1/2%	3 33 1/2%	3 10 1/2%	2 48%	2 17%	1 46 1/2%	1 13%	0 37 1/2%	T	0 41 1/2%
110	5 22 1/2%	5 08 1/2%	4 46 1/2%	4 24 1/2%	4 00%	3 32%	3 03 1/2%	2 22%	1 57 1/2%	1 20 1/2%	0 41 1/2%	T

VARIACION DE CURVATURA DE 0°30'X10 m.

ELEMENTOS												
G	Q	LOG. DE D	E	S	D	C	X	Y	L	R	LOG. DER	
1 00	1148 984	3.05918	9.000	0.15	0.011	10.000	10.000	0.022	10		1 148.930	3.05916
1 30	764.009	2.88310	10.000	0.45	0.043	20.000	20.000	0.109	20		763.987	2.88307
2 00	573.495	2.75823	15.000	1.30	0.108	30.000	29.998	0.305	30		572.987	2.75814
2 30	454.320	2.68145	19.997	2.30	0.217	39.997	39.992	0.654	40		458.403	2.68125
3 00	382.548	2.58251	24.992	3.45	0.380	49.992	49.977	1.200	50		382.016	2.58208
3 30	338.084	2.51886	29.984	5.15	0.609	59.978	59.944	1.984	60		338.455	2.51815
4 00	287.452	2.45857	34.969	7.00	0.915	69.966	69.909	3.091	70		288.537	2.45818
4 30	258.080	2.40827	39.946	9.00	1.307	79.944	79.874	4.444	80		254.713	2.40805
5 00	236.204	2.36372	44.914	11.15	1.784	89.922	89.836	6.208	90		228.254	2.36034
5 30	210.982	2.32382	49.875	13.45	2.397	99.901	99.799	8.388	100		209.428	2.31854
6 00	184.188	2.28822	54.788	16.30	3.115	109.880	109.766	10.841	110		181.073	2.28120
6 30	160.350	2.25612	59.633	19.30	3.941	119.865	119.740	14.077	120		176.388	2.24847
7 00	138.751	2.22725	64.548	22.45	4.947	129.856	129.720	17.889	130		163.804	2.21432

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE. CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.  
T = POSICION DEL TRAMITE.

DEFLEXIONES												
TRANSITO	CC 0°30'	CC 1°00'	CC 1°30'	CC 2°00'	CC 2°30'	CC 3°00'	CC 3°30'	CC 4°00'	CC 4°30'	CC 5°00'	CC 5°30'	CC 6°00'
1m	30m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	110m
0	0° 0'	0° 07 1/2'	0° 18 1/2'	0° 33 1/2'	0° 52 1/2'	1° 15 1/2'	1° 43 1/2'	2° 11 1/2'	2° 57 1/2'	3° 48 1/2'	4° 43 1/2'	5° 42 1/2'
10	0 07 1/2%	T	0 19%	0 33 1/2%	0 52 1/2%	1 15 1/2%	1 43 1/2%	2 11 1/2%	2 57 1/2%	3 48 1/2%	4 43 1/2%	5 42 1/2%
20	0 28 1/2%	0 15%	T	0 22 1/2%	0 48 1/2%	1 20%	1 58 1/2%	2 36 1/2%	3 25 1/2%	4 15%	5 11 1/2%	6 12 1/2%
30	0 58 1/2%	0 41 1/2%	0 22 1/2%	T	0 30%	1 03 1/2%	1 42 1/2%	2 28 1/2%	3 19%	4 08 1/2%	5 07 1/2%	6 11 1/2%
40	1 18 1/2%	1 03 1/2%	0 58 1/2%	0 30%	T	0 37 1/2%	1 18 1/2%	2 08%	2 58 1/2%	3 52 1/2%	4 53 1/2%	6 00%
50	1 57 1/2%	1 40 1/2%	1 11 1/2%	0 57 1/2%	0 37 1/2%	T	0 45%	1 33 1/2%	2 27 1/2%	3 28 1/2%	4 30%	5 38 1/2%
60	2 36 1/2%	2 20 1/2%	1 33 1/2%	1 07 1/2%	0 45%	0 45%	0 32 1/2%	1 48 1/2%	2 40%	3 58 1/2%	5 07 1/2%	6 23 1/2%
70	3 15 1/2%	3 00 1/2%	2 13 1/2%	1 30 1/2%	1 07 1/2%	0 45%	0 32 1/2%	1 00%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%
80	3 54 1/2%	3 40 1/2%	2 52 1/2%	2 07 1/2%	1 30 1/2%	1 07 1/2%	0 32 1/2%	1 00%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%
90	4 33 1/2%	4 20 1/2%	3 31 1/2%	2 47 1/2%	1 58 1/2%	1 30 1/2%	1 00%	1 00%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%
100	5 12 1/2%	5 00 1/2%	4 10 1/2%	3 26 1/2%	2 27 1/2%	1 58 1/2%	1 30 1/2%	1 00%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%
110	5 51 1/2%	5 40 1/2%	5 00 1/2%	3 55 1/2%	2 57 1/2%	2 27 1/2%	1 58 1/2%	1 30 1/2%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%
120	6 30 1/2%	6 20 1/2%	5 35 1/2%	4 24 1/2%	3 27 1/2%	2 57 1/2%	2 27 1/2%	1 58 1/2%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%
130	7 09 1/2%	7 00 1/2%	6 15 1/2%	5 04 1/2%	4 07 1/2%	3 27 1/2%	2 57 1/2%	2 27 1/2%	2 05 1/2%	3 12 1/2%	4 26 1/2%	5 43%

VARIACION DE CURVATURA DE 0°45' X 10 m.												
ELEMENTOS												
G	D	LOG. DE D	k	s	d	C	X	Y	L	R	LOG. DE R	
1 30	763.982	2.88308	5.000	0.22 1/2	0.018	10.000	10.000	0.032	10	763.982	2.88307	
2 15	509.393	2.70705	9.999	1.07 1/2	0.065	20.000	19.999	0.164	20	509.328	2.70700	
3 00	382.179	2.58227	14.997	2.15	0.163	29.999	29.995	0.458	30	382.018	2.58208	
3 45	305.958	2.48566	19.992	3.45	0.326	39.994	39.982	0.981	40	305.632	2.48520	
4 30	255.285	2.40703	24.982	5.37 1/2	0.572	49.980	49.948	1.799	50	254.713	2.40603	
5 15	219.261	2.34096	29.963	7.52 1/2	0.815	59.952	59.879	2.974	60	218.348	2.33915	
6 00	192.446	2.28431	34.950	10.30	1.373	69.900	69.750	4.572	70	191.073	2.28120	
6 45	171.824	2.23809	39.877	13.30	1.961	79.811	79.531	6.862	80	169.883	2.23010	
7 30	155.593	2.19199	44.798	16.52 1/2	2.695	89.688	89.182	9.276	90	152.898	2.18440	
8 15	142.609	2.15414	49.681	20.37 1/2	3.590	99.459	98.651	12.488	100	139.019	2.14307	
9 00	132.115	2.12095	54.517	24.45	4.640	109.107	107.878	16.356	110	127.455	2.10836	
9 45	123.594	2.09200	59.291	29.15	5.922	118.647	116.788	20.921	120	117.672	2.07067	

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.

T = POSICION DEL TRANSECTO.

DEFLEXIONES													
TRAMITO	P.C. 0°45'	C.C. 1°30'	C.C. 2°15'	C.C. 3°00'	C.C. 3°45'	C.C. 4°30'	C.C. 5°15'	C.C. 6°00'	C.C. 6°45'	C.C. 7°30'	C.C. 8°15'	C.C. 9°00'	C.C. 9°45'
Lm	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	110m	120m
0	* T	0°11 1/2	0°28	0°52 1/2	1°24 1/2	2°03 1/2	2°50 1/2	3°45	4°47	5°56 1/2	7°13	8°37 1/2	10°09 1/2
10	0°11 1/2	T	0°22 1/2	0°50 1/2	1°26 1/2	2°09 1/2	3°00	3°58	5°03 1/2	6°17	7°37 1/2	8°08 1/2	10°41 1/2
20	0°39 1/2	0°22 1/2	T	0°33 1/2	1°13	2°00	2°54 1/2	3°58 1/2	5°09 1/2	6°22 1/2	7°47	8°18 1/2	10°59
30	1°22 1/2	1°02	0°33 1/2	T	0°45	1°38 1/2	2°33 1/2	3°39 1/2	4°52 1/2	6°13	7°41 1/2	8°17	11°00
40	2°20 1/2	1°56 1/2	1°24 1/2	0°45	T	0°56 1/2	1°58	3°07 1/2	4°24 1/2	5°48 1/2	7°20	8°00	10°47
50	3°33 1/2	3°08 1/2	2°30	1°47	0°56 1/2	T	1°07 1/2	2°20 1/2	3°41 1/2	5°09 1/2	6°45	8°28	10°18 1/2
60	5°02	4°30	3°50 1/2	3°03 1/2	2°09 1/2	1°07 1/2	T	1°18 1/2	2°43	4°15	5°54 1/2	7°41 1/2	9°35 1/2
70	6°48	6°09 1/2	5°28 1/2	4°35 1/2	3°37 1/2	2°32	1°18 1/2	T	1°30	3°06 1/2	4°48 1/2	6°39 1/2	8°37 1/2
80	8°43	8°05 1/2	7°17	6°22 1/2	5°30 1/2	4°31 1/2	2°54 1/2	1°30	T	1°41 1/2	3°28	5°22 1/2	7°24 1/2
90	10°58 1/2	10°13	9°22 1/2	8°24 1/2	7°18 1/2	6°05 1/2	4°45	3°17	1°41 1/2	T	1°52 1/2	3°50 1/2	5°56 1/2
100	13°24 1/2	12°37 1/2	11°43	10°41 1/2	9°32	8°15	6°50 1/2	5°18 1/2	3°39 1/2	1°52 1/2	T	2°03 1/2	4°13
110	16°07 1/2	15°17	14°18 1/2	13°13	12°00	10°39 1/2	9°11 1/2	7°35 1/2	5°56 1/2	4°02	2°03 1/2	T	2°15
120	19°05 1/2	18°11 1/2	17°09 1/2	16°00	14°43	13°18 1/2	11°47	10°07 1/2	8°20 1/2	6°26 1/2	4°24 1/2	2°18	T

VARIACION DE CURVATURA DE 1°00' X 10 m.												
ELEMENTOS												
G	D	LOG. DE D	k	s	d	C	X	Y	L	R	LOG. DE R	
2 00	573.009	2.75816	5.000	0.30	0.022	10.000	10.000	0.044	10	572.987	2.75814	
3 00	363.103	2.58218	9.999	1.30	0.087	20.000	19.999	0.218	20	362.016	2.58208	
4 00	286.756	2.45751	14.995	3.00	0.218	29.997	29.991	0.611	30	286.537	2.45718	
5 00	229.882	2.36115	19.986	5.00	0.436	39.988	39.967	1.308	40	229.256	2.36032	
6 00	191.836	2.28293	24.967	7.30	0.763	49.965	49.907	2.397	50	191.073	2.28120	
7 00	163.024	2.21755	29.933	10.30	1.220	59.915	59.784	3.962	60	163.803	2.21432	
8 00	145.185	2.16122	34.875	14.00	1.829	69.822	69.586	6.086	70	143.358	2.15642	
9 00	130.065	2.11416	39.782	18.00	2.610	79.661	79.168	8.846	80	127.455	2.10836	
10 00	118.320	2.07906	44.642	22.30	3.583	89.402	88.550	12.314	90	114.737	2.05970	

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.

T = POSICION DEL TRANSECTO.

DEFLEXIONES												
TRAMITO	P.C. 1°00'	C.C. 2°00'	C.C. 3°00'	C.C. 4°00'	C.C. 5°00'	C.C. 6°00'	C.C. 7°00'	C.C. 8°00'	C.C. 9°00'	C.C. 10°00'		
Lm	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m		
0	* T	0°18	0°37 1/2	1°0	1°52 1/2	2°45	3°47 1/2	5°00	6°22 1/2	7°55		
10	0°18	T	0°30	1°07 1/2	1°58	2°56 1/2	4°00	5°17 1/2	6°48	8°22 1/2		
20	0°52 1/2	0°30	T	0°45	1°37 1/2	2°40	3°52 1/2	5°15	6°47 1/2	8°30		
30	1°50	1°22 1/2	0°45	T	1°00	2°07 1/2	3°28	4°52 1/2	6°30	8°17 1/2		
40	3°07 1/2	2°36	1°52 1/2	1°00	T	1°15	2°37 1/2	4°10	5°52 1/2	7°45		
50	4°48	4°07 1/2	3°20	2°22 1/2	1°15	T	1°30	3°07 1/2	4°55	6°52 1/2		
60	6°42 1/2	6°00	5°07 1/2	4°06	2°52 1/2	1°30	T	1°45	3°37 1/2	6°40		
70	9°00	8°12 1/2	7°18	6°07 1/2	4°50	3°22 1/2	1°45	T	2°00	4°07 1/2		
80	11°37 1/2	10°48	9°42 1/2	8°30	7°07 1/2	5°36	3°58 1/2	2°00	T	2°18		
90	14°36	13°37 1/2	12°30	11°12 1/2	9°48	8°07 1/2	6°30	4°22 1/2	2°18	T		

VARIACION DE CURVATURA DE 1°15'X10 m.											
ELEMENTOS											
G	D	LOS. DE D	k	s	d	C	X	Y	l	R	LOS. DE R
2 30	458.430	2 56127	5.000	0.37%	0.027	10.000	10.000	0.095	10	458.403	2 56125
3 45	305.741	2 40635	3.998	1.02%	0.109	19.998	19.998	0.279	20	305.632	2 40620
5 00	229.528	2 34094	14.992	3.45	0.272	29.996	29.986	0.763	30	229.288	2 34032
6 15	183.981	2 26477	19.978	6.15	0.244	39.982	39.948	1.835	40	183.437	2 26349
7 30	163.860	2 18710	24.949	8.22%	0.252	49.945	49.850	2.996	50	163.898	2 18440
8 45	139.611	2 12258	29.896	13.07%	1.522	59.898	59.883	4.947	60	131.089	2 11787
10 00	117.018	2 08928	34.808	17.30	2.281	69.722	69.307	7.590	70	114.737	2 05970

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPALDA Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE DE, CC, HACIA ATRÁS DE LA MISMA ESPALDA.

T = POSICION DEL TRAMO. INTD.

DEFLEXIONES										
TRANSITO	P.C. 1°15'	C.C. 2°30'	C.C. 3°45'	C.C. 5°00'	C.C. 6°15'	C.C. 7°30'	C.C. 8°45'	C.C. 10°00'		
l.m.	0m.	10m.	20m.	30m.	40m.	50m.	60m.	70m.		
0	T	0°18 1/2'	0°47'	1°27 1/2'	2°20 1/2'	3°28 1/2'	4°44 1/2'	6°15'		
10	0 18 1/2'	T	0 37 1/2'	1 24 1/2'	2 23 1/2'	3 36 1/2'	5 00	6 37'		
20	1 06 1/2'	0 37 1/2'	T	0 58 1/2'	2 02'	3 20	4 50 1/2'	6 33 1/2'		
30	2 17 1/2'	1 43'	0 58 1/2'	T	1 15'	2 39 1/2'	4 15 1/2'	6 05 1/2'		
40	3 54 1/2'	3 13 1/2'	2 20 1/2'	1 15'	T	1 33 1/2'	3 17'	5 12 1/2'		
50	5 56 1/2'	5 08 1/2'	4 10'	2 58'	1 33 1/2'	T	1 52 1/2'	3 54 1/2'		
60	8 23'	7 30'	6 24 1/2'	5 06 1/2'	3 36 1/2'	1 58 1/2'	T	2 11 1/2'		
70	11 15'	10 15 1/2'	9 03 1/2'	7 29 1/2'	6 02 1/2'	4 15'	2 11 1/2'	T		

VARIACION DE CURVATURA DE 1°30'X10 m											
ELEMENTOS											
G	D	LOS. DE D	k	s	d	C	X	Y	l	R	LOS. DE R
3 00	382.049	2 58212	4.999	0.45	0.033	10.000	10.000	0.065	10	382.016	2 58208
4 30	254.844	2 40627	3.997	2.15	0.131	19.999	19.997	0.327	20	254.713	2 40605
6 00	191.400	2 28194	14.988	4.20	0.327	29.993	29.979	0.916	30	191.073	2 28120
7 30	153.552	2 18628	19.968	7.30	0.654	39.973	39.925	1.961	40	152.898	2 18440
9 00	128.587	2 10923	24.928	11.15	1.142	49.920	49.791	3.591	50	127.456	2 10538

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPALDA Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE DE, CC, HACIA ATRÁS DE LA MISMA ESPALDA.

T = POSICION DEL TRAMO. INTD.

DEFLEXIONES						
TRANSITO	P.C. 1°30'	C.C. 3°00'	C.C. 4°30'	C.C. 6°00'	C.C. 7°30'	C.C. 9°00'
l.m.	0m.	10m.	20m.	30m.	40m.	50m.
0	T	0°22 1/2'	0°58 1/2'	1°45'	2°48 1/2'	4°07 1/2'
10	0 22 1/2'	T	0 45'	1 41 1/2'	2 52 1/2'	4 18 1/2'
20	1 18 1/2'	0 45'	T	1 07 1/2'	2 28 1/2'	4 00'
30	2 45'	2 03 1/2'	1 07 1/2'	T	1 30'	3 11 1/2'
40	4 41 1/2'	3 52 1/2'	2 48 1/2'	1 30'	T	1 52 1/2'
50	7 07 1/2'	6 11 1/2'	5 00'	3 33 1/2'	1 52 1/2'	T

VARIACION DE CURVATURA DE 1°00'X5 m.											
ELEMENTOS											
G	D	LOS. DE D	k	s	d	C	X	Y	l	R	LOS. DE R
2 00	672.998	2 78818	2.800	0.18	0.004	5.000	5.000	0.011	5	672.997	2 78814
3 00	482.088	2 58212	4.998	0.48	0.022	10.000	10.000	0.088	10	482.018	2 58208
4 00	329.892	2 45726	7.498	1.30	0.060	15.000	14.992	0.183	15	329.837	2 45718
5 00	229.288	2 34013	9.996	2.30	0.1	19.998	19.998	0.327	20	229.286	2 34032
6 00	191.284	2 28193	12.481	3.45	0.191	24.998	24.988	0.800	25	191.073	2 28120
7 00	164.109	2 21513	14.988	5.15	0.305	29.989	29.973	0.992	30	163.904	2 21432
8 00	143.813	2 15780	17.473	7.00	0.487	34.978	34.944	1.926	35	143.356	2 15642
9 00	128.107	2 10787	19.968	9.00	0.682	39.987	39.958	2.221	40	127.456	2 10538
10 00	118.632	2 08308	22.434	11.15	0.886	44.928	44.818	3.100	45	114.737	2 06970

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPALDA Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE DE, CC, HACIA ATRÁS DE LA MISMA ESPALDA.

T = POSICION DEL TRAMO. INTD.

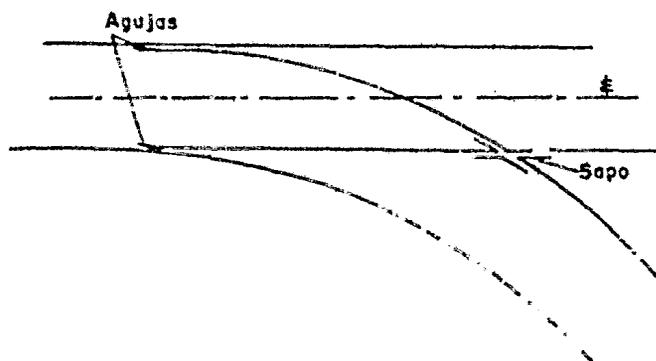
DEFLEXIONES										
TRANSITO	P.C. 1°00'	C.C. 2°00'	C.C. 3°00'	C.C. 4°00'	C.C. 5°00'	C.C. 6°00'	C.C. 7°00'	C.C. 8°00'	C.C. 9°00'	C.C. 10°00'
l.m.	0m.	10m.	20m.	30m.	40m.	50m.	60m.	70m.	80m.	90m.
0	T	0°07 1/2'	0°18 1/2'	0°38'	0°58 1/2'	1°22 1/2'	1°53 1/2'	2°30'	3°11 1/2'	3°57 1/2'
5	0 07 1/2'	T	0 15'	0 33 1/2'	0 57'	1 28 1/2'	2 00	2 39 1/2'	3 22 1/2'	4 11 1/2'
10	0 28 1/2'	0 15'	T	0 22 1/2'	0 48 1/2'	1 19 1/2'	1 58 1/2'	2 37 1/2'	3 23 1/2'	4 15'
15	0 58'	0 41 1/2'	0 22 1/2'	T	0 30'	1 05 1/2'	1 42 1/2'	2 26 1/2'	3 18'	4 08 1/2'
20	1 33 1/2'	1 17 1/2'	0 58 1/2'	0 30'	T	0 37 1/2'	1 18 1/2'	2 04 1/2'	2 54 1/2'	3 52 1/2'
25	2 23 1/2'	2 03 1/2'	1 40 1/2'	1 11 1/2'	0 37 1/2'	T	0 48'	1 33 1/2'	2 27 1/2'	3 26 1/2'
30	3 21 1/2'	3 00'	2 33 1/2'	2 02 1/2'	1 26 1/2'	0 48'	T	0 62 1/2'	1 48 1/2'	2 49 1/2'
35	4 30'	4 06 1/2'	3 37 1/2'	3 03 1/2'	2 28 1/2'	1 41 1/2'	0 62 1/2'	T	1 00'	2 03 1/2'
40	5 48 1/2'	5 22'	4 51 1/2'	4 15'	3 33 1/2'	2 47 1/2'	1 58 1/2'	1 00'	T	1 07 1/2'
45	7 17 1/2'	6 48 1/2'	6 15'	5 36 1/2'	4 52 1/2'	4 03 1/2'	3 10 1/2'	2 11 1/2'	1 07 1/2'	T

#### 4.7.3. Cambios.

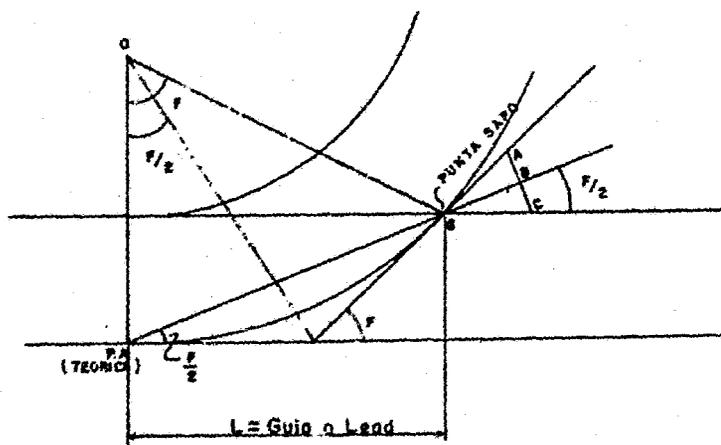
Cambio es una porción de vía que sirve para hacer sa lir una vía de otra.

El cambio puede salir de una vía tangente o de una - curva. Anatómicamente un cambio está formado, además de rieles curvos, por piezas especiales; sapo, agujas, árbol de cambio y accesorios que se fabrican en di - mensiones ya fijas, por ello el cambio se proyecta de acuerdo con el número de sapo.

Sapos.- Son las piezas especiales que van en los - extremos de los carriles cortados, como se muestra - en la Fig.



Cálculo del número del Sapo, cambio saliendo de tan-  
gente (curva teórica).



L = Lead o guía.

F = Angulo de sapo.

N = Es el número del sapo, se define como la rela-  
ción entre las distancias.

g = Escantillón.

$$N = \frac{SB}{AC} = \frac{SB}{2AB} = \frac{\text{Cotg } \frac{F}{2}}{2} ; 2N = \text{Ctg } \frac{F}{2} \text{ ----- (1)}$$

$$\text{Cotg } \frac{F}{2} = \frac{l}{g} \text{ ----- (2)}$$

$$\text{De (1) y (2) } l = 2Ng \text{ ----- (3)}$$

$$R = \frac{g}{\text{Sen Ver. } F} = \frac{g}{2} \text{ ----- (4)}$$

Con las anteriores fórmulas se proyectaron los cambios. En -  
este caso siempre se usaron sapos del número 7. Conocidos -

F y R se les trató como curvas simples, calculándose G, ST y L. En caso de cambios saliendo de tangente el ángulo del sapo es igual al ángulo central.

Cálculo del Angulo Central del cambio; del triángulo A, B, O.

$$\text{Angulo ABO} + \text{Ang. BAO}, = 180 - \Delta_c$$

$$\text{Angulo ABO} - \text{Ang. BAO}, = F$$

y también,

$$\overline{AO}_1 + \overline{BO}_1 = 2R$$

$$\overline{AO}_1 - \overline{RO}_1 = g$$

por trigonometría;

$$\frac{\text{tg } \frac{1}{2} (180^\circ - \Delta_c)}{\text{tg } \frac{1}{2} F} = \frac{2 R_c}{g}$$

$$\text{Como } \text{Ctg. } \frac{1}{2} F = 2N = \frac{1}{\text{tg } \frac{1}{2} F}$$

queda,

$$\text{tg } \frac{1}{2} (180^\circ - \Delta_c) = \frac{R_c}{g N}$$

Calculado  $\Delta_c$  ya se tiene los datos suficientes para calcular todos los elementos de la curva simple del cambio.

Como las alas del sapo y las agujas son rectas, las curvas proyectadas serán teóricas; debe considerarse también que no es posible una punta de aguja infinitamente delgada para lo-

calizarla exactamente en el P.C. teórico, sino que habrá una distancia entre el P.C. y el punto de agujas.

Cambios Saliendo de Curva.

Se presentan 2 casos, que el cambio sea interior o exterior con respecto a la curva troncal de donde sale. El grado de curva de cambio exterior, se encuentra restando al grado de la curva troncal al grado del cambio saliendo de tangente, - si es interior se encuentra sumando el grado de la troncal - con el grado del cambio saliendo de tangente.

$G_c$  = grado del cambio.

$G_p$  = grado de la perimetral.

$G_{cT}$  = grado del cambio saliendo de tangente.

$$G_c = G_p - G_{cT}$$

Conociendo el grado del cambio, se calcule su radio por:  $\text{Sen } \frac{G_c}{2} = \frac{10}{R_c}$

Cálculo del ángulo central del Cambio:

Del Triangulo ABO:

$$\text{Ang. } ABO_1 + \text{Ang. } BAO_1 = 180^\circ - \Delta c$$

$$\text{Ang. } ABO_1 - \text{Ang. } BAO_1 = F$$

y tambien

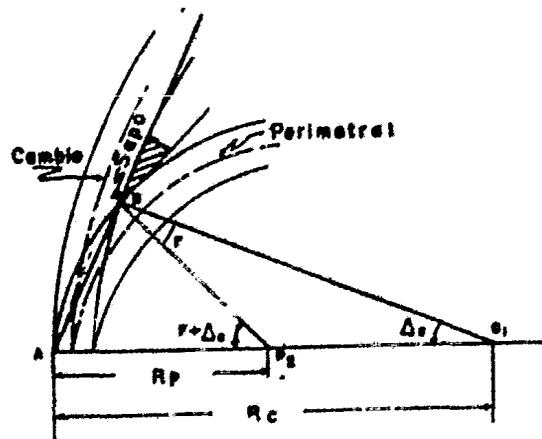
$$AO_1 + BO_1 = 2R$$

$$AO_1 + BO_1 = s$$

$$\text{Por Trigonometria. } \frac{\text{Tg } \frac{1}{2}(180^\circ - \Delta c)}{\text{Tg } \frac{1}{2} F} = \frac{2Rc}{s}$$

como.  $\text{Ctg } F = 2N = \frac{1}{2\text{Tg } F}$  queda:

$$\text{Tg } \frac{1}{2}(180^\circ - \Delta c) = \frac{Rc}{sN}$$



#### 4.8. SOBREELEVACION EN FERROCARRILES.

Cuando un convoy pasa de una tangente a una curva circular la fuerza centrífuga que tiende a desalojar al tren hacia el lado exterior de la curva ocasiona el tener que contrarestarla, poniendo el riel exterior más alto que el interior. La sobre elevación máxima ocurre donde empieza la propia curva circular y tiene valor cero, donde termina la tangente de entrada; el cambio gradual entre estos dos puntos, se hace a lo largo de la curva espiral de transición de entrada. Lo mismo ocurre en la espiral de salida.

Para obtener el valor de la sobre elevación "e" geoméricamente, se relacionan el ancho de la vía con la carga del tren y "e" con la fuerza centrífuga  $F_c$ , llegándose a obtener en el Sistema Inglés:

$e = 0.00066 v^2 G$  ∴ G es el grado de curvatura y V la velocidad en millas por hora.

Para el Sistema Métrico:

$$e = 0.000127 v^2 G$$

La velocidad se pondrá en metros por segundo en esta última expresión.

La sobreelevación siempre se da en mm., siendo su valor máximo de 150 mm. varía con respecto al grado de curvatura siendo menor entre menor sea el grado, para una misma velocidad.

Si:

$$F_c = \frac{W V^2}{gR} \quad (a)$$

W = Carga del tren.

a = Ancho entre rieles (1.435)

R = Radio.

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg<sup>2</sup>)

$$\frac{1.435}{W} = \frac{e}{F_c} \quad (b)$$

Sustituyendo (a) en (b)

$$\frac{1.435}{W} = \frac{e}{\frac{WV^2}{gR}}$$

$$\therefore = \frac{1.435 V^2}{9.81} \quad (c)$$

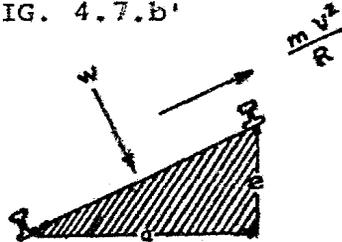
Como:

$$R = \frac{1145.92}{G} \quad (d)$$

$$G = \frac{1.435 V^2 G}{9.81 \times 1145.92} = 0.00127 V^2 G \quad (V \text{ en m.p.s.})$$

**CALCULOS DE LA SOBREELEVACION DE EQUILIBRIO.**

FIG. 4.7.b'



$$\frac{a}{g} = \frac{mV^2/R}{W} \therefore e = \frac{mV^2}{RW}$$

$$m = Wg \therefore e = \frac{a}{Rg}$$

$a = 1.438 \text{ m} = \text{ancho (Escartillon de la Via.)}$   
 $g = 9.81 \text{ m./seg}^2$  aceleración de la gravedad.  
 radio 1 Grado = 1146 m.

$$v = \frac{1000V}{3600} \text{ kph.}$$

$$e = \frac{1.438 \times 1000^2 V^2 \times 9.81}{9.81 \times 3600^2 \times 1146}$$

finalmente  $e = 0.001 V^2$  en el sist. metrico.

TABLA

**SOBREELEVACION DEL RIEL EXTERIOR EN LAS CURVAS.  
PARA TRENES DE CARGA**

g	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.															
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
0' 30"	2	3	5	6	8	10	13	16	18	21	25	28	32	35	41	50
1 00	4	6	9	12	16	20	25	30	36	42	49	56	64	72	81	100
1 30	6	9	14	18	24	30	38	45	54	63	74	84	96	108	122	150
2 00	8	13	18	25	32	41	50	61	72	85	98	113	128	145	165	
2 30	10	16	23	31	40	51	63	76	90	104	123	141	160	180		
3 00	12	19	27	37	48	61	75	91	108	127	147	169				
4 00	16	25	35	48	64	81	100	121	144	168						
5 00	20	31	43	61	80	101	124	150	180							
6 00	24	38	54	74	96	122	150									
7 00	28	44	63	86	112	142	180									
8 00	33	50	72	98	128	160										
9 00	38	58	81	110	144	180										
10 00	40	63	90	123	160											

sobreelevación  $e = 0.001 V^2$   
 $V = \text{Velocidad km./hr.}$   
 $g = \text{Grado de Curvatura}$

Las sobreelevaciones estan dadas en mm.

W = Peso del tren.

#### 4.9. NIVELACION.

Se usó nivel fijo Ni-2 marca Zeizz. Como bancos de nivel se tomaron los vértices de la triangulación usada para el control horizontal, ya que cada uno cuenta con su cota oficial.

La nivelación tuvo como finalidad conocer el perfil del terreno natural y al mismo tiempo establecer bancos auxiliares en puntos intermedios de la línea. Estos bancos se colocaron sobre varillas hincadas en lugares firmes y alejados de las maniobras de las máquinas, algunas de ellas se colocaron sobre el eje auxiliar. Estos bancos posteriormente se usaron para llevar el control vertical de la obra.

Principios que sirvieron de base a la nivelación:

- A.- Nivelado el aparato, si se lee sobre un estadal colocado sobre un punto de cota conocida, la lectura será positiva.
- B.- Sumando algebraicamente la cota del punto visado con la lectura obtenida se determina la altura del instrumento ( T ).
- C.- Si se conoce la cota del instrumento y se visan puntos de cota desconocida, se obtendrán lecturas de signo negativo.

D.- Para conocer las cotas de los puntos visados basta con sumar la cota del Instrumento con las lecturas en ellas obtenidas.

De esta manera, el procedimiento de la nivelación consiste - en ir determinando la cota del instrumento, en las distintas estaciones del aparato, partiendo de una cota conocida inicialmente a la cota del vértice  $V_9$ , después ir anotando las lecturas sobre las estacas por nivelar y en gabinete, o en el campo si se requiere, se harán las sumas algebraicas mencionadas.

Para realizar los cambios de estación se visaron puntos de - cambio (bases de fierro con un trozo de varilla soldada verticalmente), para ello basta con determinar la cota del punto de cambio colocado a una distancia cualquiera y después - llevar el aparato a la estación previamente seleccionada, de ahí se visó el punto de cota conocida y se determinó la altura del instrumento y de esta forma se prosiguió en forma semejante hasta terminar la nivelación cerrando en algún punto de cota conocida para hacer la comprobación de dicha nivelación.

La precisión que se requería para la colocación de los bancos auxiliares era de 1:50 000 ya que estos bancos tenían que ser utilizados posteriormente para la colocación del riel y para

obtener esta precisión se usó el método de doble altura de aparato.

El Registro de Campo que se llevó tiene la siguiente forma:

ESTACION	P.V.	-	π	-	COTA	OBS.
B.N.		0.20	100.20		100.00	V <sub>s</sub>
	1			3.00	97.70	Punto de Cambio.

Etc. Etc.

#### 4.9.1. Secciones Transversales.

Se llaman secciones transversales al perfil del terreno sobre una perpendicular al eje longitudinal de una vía en un punto o estación de cota conocida.

Las secciones transversales tienen como finalidad obtener datos para conocer y poder representar gráficamente la configuración del terreno en una faja alrededor del eje longitudinal.

La sección transversal queda dividida en dos partes, a partir de la estaca sobre el eje longitudinal, de esta manera la estaca es origen de medidas a la izquierda y a la derecha, siguiendo el sentido que lleva el kilometraje. El nivelador se para sobre la estaca y alinea con sus brazos al estadalero sobre una

normal al eje longitudinal aproximadamente. El estadalero se desplazará sobre el terreno, siempre sobre la normal y el nivelador irá obteniendo las lecturas - en cada uno de los puntos que juzgue necesarios. Como se trata de obtener la configuración del terreno, se obtendrá la lectura en los puntos que determinen - las características principales del terreno, generalmente se toman los cambios bruscos de pendiente. Al mismo tiempo que se hace la lectura en el estadal, - se obtiene la distancia horizontal medida a partir de la estaca al punto visado.

El registro de campo, se lleva sobre una libreta especial en la que se anotaron por separado los datos - a la izquierda y a la derecha de cada sección. Recomendando la forma siguiente:

Sección 1 + 120.00

Cota ( $\pi$ ) + 70.87

Izquierda

Derecha

<u>2.90</u>	<u>2.95</u>	<u>3.00</u>	<u>3.21</u>
4.00	3.00	2.00	1.00

<u>3.27</u>	<u>3.20</u>	<u>3.05</u>
1.25	3.20	4.50

En este registro usando "quebrados", cada quebrado re presenta una medición, el numerador la lectura del es tadad y el denominador la distancia horizontal. El anterior procedimiento fué el que se empleó en el levantamiento que nos ocupa para cada sección.

En el gabinete se obtuvieron todas las cotas con sólo - lo restar la altura del instrumento a las lecturas - de estadal.

Usando papel milimétrico se dibujaron las secciones - transversales, sobre ellas se hizo la superposición - de la sección tipo constructiva para definir volúme - nes de corte y terraplén.

De hecho las secciones se obtienen una vez que se obtiene la rasante constructiva, aunque también se obtienen secciones preliminares en el proyecto.

#### 4.9.2. Rasante.

Rasante es la localización del eje longitudinal de - la vía en el corte vertical. A semejanza con la localización en planta, también está formada por una - sucesión de tangentes y curvas convenientemente gra - duadas en su pendiente.

Para hacer el proyecto de la rasante debe considerarse que está definida por los lugares geométricos de los puntos sobre el eje longitudinal de la vía. En tangente corresponde con la superficie de contacto de la rueda con el hongo del riel.

Sub-rasante en una línea paralela a la rasante, abajo de la superestructura de la vía, que corresponde al lecho de la terracería.

Como necesariamente, primero, se hacen las terracerías, el proyecto se hizo considerando las cotas de la sub-rasante y con ello definir simultáneamente la rasante.

Obtenido el perfil natural del terreno, a lo largo del eje de las vías, nivelando todas las estacas que definen la localización del eje principal. En el gabinete se hizo la representación gráfica (perfiles) de los ejes en proyecto.

Sobre los perfiles dibujados se localizaron los siguientes puntos obligados para la subrasante, en el eje principal:

A) Las cotas de los puntos de enlace con la línea troncal Ferrominera-Cd. Bolívar.

B) La cota de los cruces con caminos, canales y alcantarillas de aguas pluviales.

Conocidos los puntos obligados para la rasante, se trazaron las tangentes, haciendo varios tanteos para su proyecto y procurando que los T.E., E.T. y P.I. coincidieran con estaciones completas para así facilitar el cálculo de las curvas verticales.

Se calcularon las pendientes de las tangentes y se procedió al proyecto de las curvas verticales.

4.10. CALCULO DE CURVAS VERTICALES PARABOLICAS.

Las curvas verticales parabólicas se emplearon en <sup>el</sup> trazo de la línea férrea para enlazar a las tangentes (tangentes contiguas) de la subrasante, con el objeto de hacer gradual el cambio de pendientes.

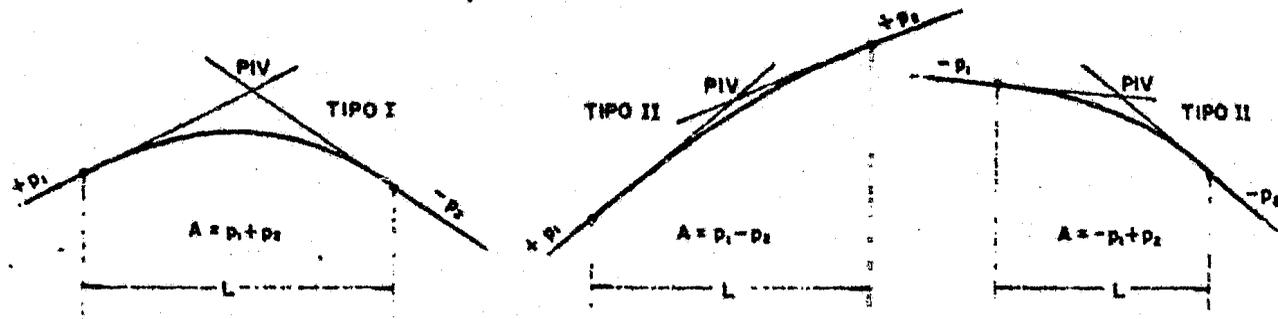
DATOS REQUERIDOS:

- 4.10.1. Pendiente de entrada, Pe.
- 4.10.2. Pendiente de salida. Ps.
- 4.10.3. Límite de variación de pendientes por 20.00 m., V'.
- 4.10.4. Elevación del Punto de Intersección de dos tangentes, P.I.V.
- 4.10.5. Cadenamiento del P.I.V., K.
- 4.10.6. Ecuación:  $Y = 1/2 V X^2$ , en la que:
  - Y = Ordenada.
  - V = Variación de pendientes por 20.00 m.
  - X = Abscisa en unidad de estación de 20.00m.

METODO USADO: METODO DE COORDENADAS.

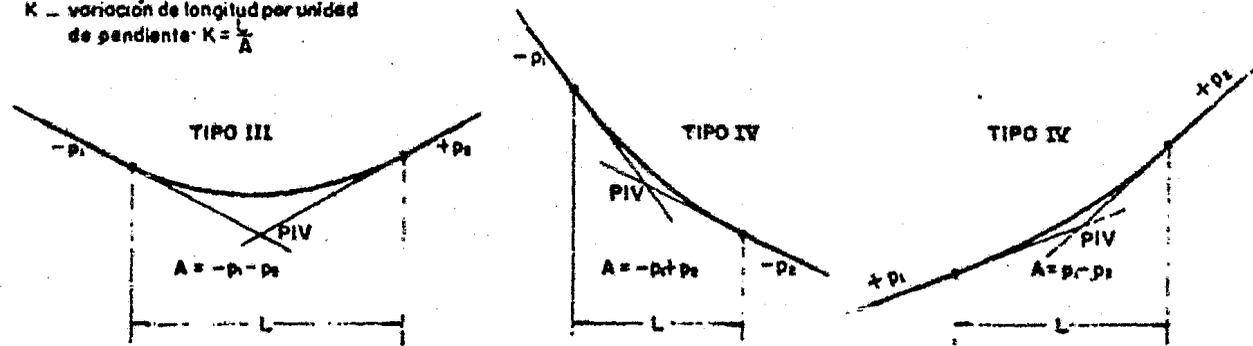
PASOS DE CALCULO:

- a. Se convierten las pendientes de entrada y salida en las de por 20.00 m., dividiendo las primeras entre 5.



**CURVAS VERTICALES EN CRESTA.**

- $p_1$  - pendiente de entrada
- $p_2$  - pendiente de salida
- $A$  - diferencia de pendientes
- $L$  - Longitud de la curva.
- $K$  - variación de longitud por unidad de pendiente:  $K = \frac{L}{A}$



**CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO.**

**TIPOS DE CURVAS VERTICALES**

En los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios y en los tipos II y IV tienen el mismo signo.

- b. Se determina la diferencia algebraica de las pendientes por 20.00 m.
- c. Se determina el número de estaciones de 20.00 m. dividiendo la diferencia algebraica de pendientes por 20.00m. entre el límite de variaciones ( $V'$ ) por 20.00 m.

Los límites de variaciones de pendientes por 20.00 m. en ferrocarriles son los siguientes:

De Joroba:           en vías de clase A, 0.02/ 20 m.  
                      en vías de clase B, 0.04/ 20 m.

De Columpio:       en vías de clase A, 0.01/ 20 m.  
                      en vías de clase B, 0.02/ 20 m.

Admitiéndose  $V = 0.02$  y  $V' = 0.01$ , para clase C y 0.04 -  
0.02 para clase D.

Cuando el P.I.V. se encuentra en una estación, el número de estación debe ser par, si el número de estación resulta fraccionario, se toma el par inmediato superior.

Cuando el P.I.V. se encuentra en medio de dos estaciones, debe ser impar, si el número de estaciones resulta fraccionario, se toma el impar inmediato superior.

- d. Para obtener la variación de pendientes por 20.00 m., se divide la diferencia algebraica de pendientes por 20.00m. entre el número de estaciones ajustados.
- e. Se obtiene la semivariación de pendientes por 20.00 m. - dividiendo la variación entre dos.
- f. Se calculan las cotas de los PCV y PTV en función de la cota del PVI, de las pendientes de entrada y de salida y de la distancia que hay entre estos puntos y el PIV.
- g. Se calculan las cotas de las estaciones en la prolongación de la línea de pendiente.
- h. Por medio de la ecuación  $Y = KX^2$  se calculan las ordenadas sobre la prolongación de la línea de pendiente, - K es la semivariación,  $l/V$  y X, el número de estaciones de 20.00 m.
- i. Se suman las cotas de las estaciones en la prolongación de la tangente y las ordenadas correspondientes y se obtienen las cotas de los puntos de la curva vertical.
- j. Se unen los puntos de la curva con líneas rectas y se encuentra la curva vertical parabólica, que es en realidad un polígono inscrito en ella.

K. La longitud de la curva vertical se obtiene multiplicando por 20.00 m. el número de estaciones.

CALCULO DE LA CURVA VERTICAL CV<sub>1</sub>.

$$P_e = -0.5 ; P_e/20 = -0.1 \quad \text{PIV, K} \quad 2+360$$

$$\text{Elev. PIV, } 80.00$$

$$\text{Elev. PCV, } 80.20$$

$$P_s = -0.8 ; P_s/20 = -0.16 \quad \text{Elev. PTV, } 79.68$$

---

D = 0.06 diferencia algebraica de la pendiente por 20.00 m.

$$N^1 = \frac{D}{\bar{V}} = \frac{0.06}{0.02} = 3 \text{ Número Teórico de Estaciones.}$$

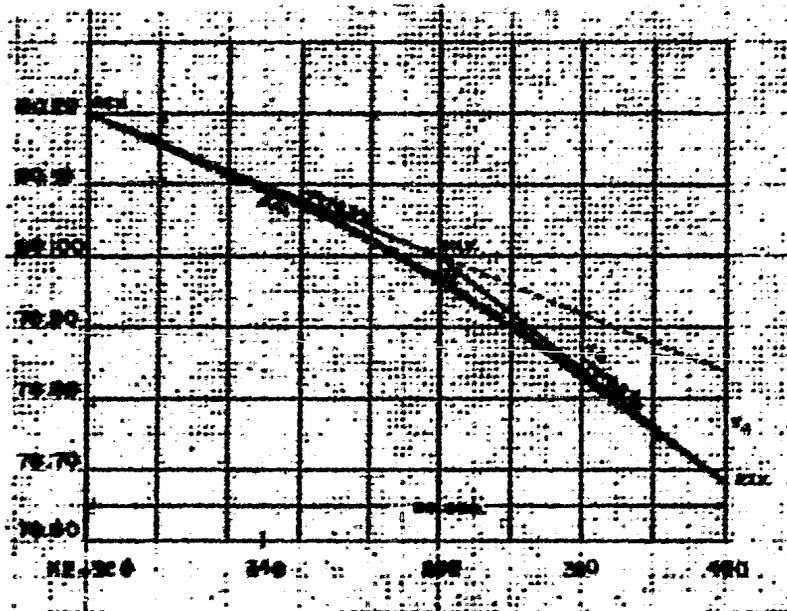
N = 4 Número de Estación Ajustado.

$$V = \frac{1}{N} = \frac{0.06}{4} = 0.015$$

1/2 V = 0.0075 Semivariación de pendiente por 20.00 m., de acuerdo con el número de Estación Ajustado.

X	X <sup>2</sup>	Cota sobre la primera Subrasante	Y	Cota de Curva	Cota de Terreno	Espesores	
						C	T
0	0	80.200 m.	00.0000 m.	80.200 m.	80.40 m.	0.20 m.	
1	1	80.100 m.	0.0075 m.	80.092 m.	80.20 m.	0.11 m.	
2	4	80.000 m.	0.0300 m.	79.970 m.	80.05 m.	0.08 m.	
3	9	79.900 m.	0.0675 m.	79.833 m.	79.82 m.		0.01m.
4	16	79.800 m.	0.1200 m.	79.680 m.	79.60 m.		0.08m.

Cuando la cota del terreno es mayor que la cota de la curva, - se marca el espesor de corte en la estaca de la estación co - rrespondiente (-C) y cuando sucede lo contrario se marca el - espesor del terraplén (+T).



#### 4.11. AREAS DE LAS SECCIONES Y CALCULO DE VOLUMENES.

Como las secciones se dibujaron a igual escala horizontal como vertical y se dispuso de planímetro, con él se obtuvieron las áreas de éstas.

En caso de no disponer de planímetro se pueden emplear los siguientes sistemas prácticos:

- a) Se cuentan materialmente los cuadros de papel milimétrico comprendidos dentro de la sección. Los medios centímetros representan metros cuadrados y después se cuentan los milímetros y quintos de metro, con lo cual agrupando los se tendrá el área aproximada a 1/5 de m<sup>2</sup> que en general es suficiente.
- b) Se divide la superficie verticalmente en franjas del mismo ancho, con líneas verticales separadas entre si una cantidad constante (n). Mientras, más cercanas estén estas líneas la aproximación aumentará. La separación puede ser, de 2-4 mm. entonces el área de la sección se calcula:

$$A = n(\sum L)$$

n = Separación constante entre líneas verticales.

$\sum$  = Suma de las longitudes de las líneas verticales.

Conocidas las áreas de todas y cada una de las secciones, se anotaron en la tabla 4.11.1, y se procede a calcular volúmenes de terracerías. Ya sea en corte o en terraplén, el volumen del material se calcula por tramos entre secciones consecutivas, lo cual puede hacerse por la fórmula siguiente:

$$V = \frac{d}{6} (A_1 + 4A_m + A_2)$$

d = Distancia entre dos secciones extremas.

A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> = Areas de las secciones extremas.

m = Area de una sección cuyas dimensiones es el promedio de las dimensiones de las secciones extremas.

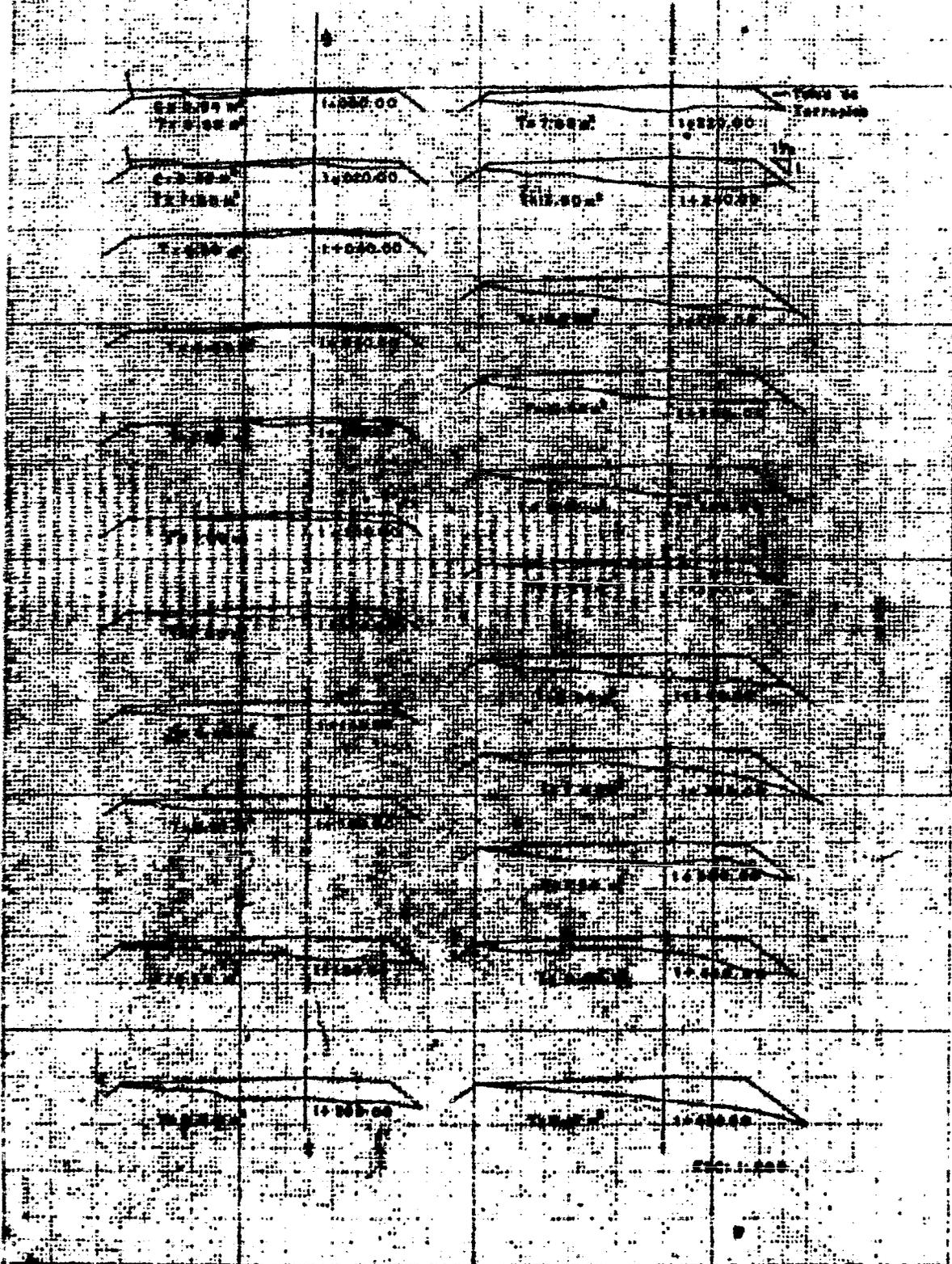
Esta fórmula se puede aplicar para cualquier caso que requiera la determinación de volúmenes de prismas irregulares, como el caso que nos ocupa, pero en los estudios de vías de comunicación se prefiere aplicar una fórmula más sencilla, aunque menos aproximada, ya que generalmente da valores más grandes para los volúmenes:

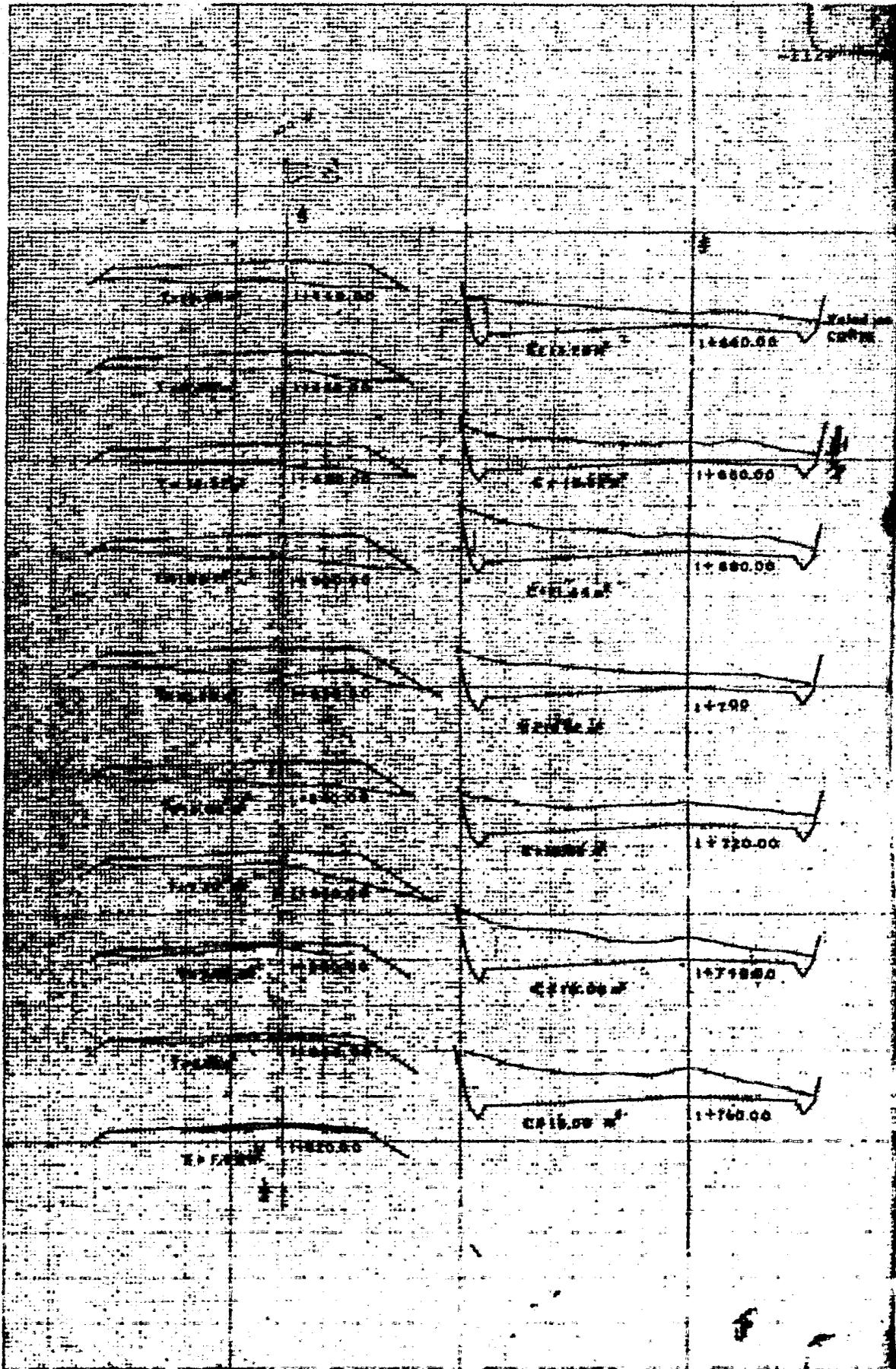
$$V = \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) d$$

Como en la mayoría de los casos la distancia (d) vale 20 m., la fórmula queda:

$$V = (A_1 + A_2)10$$

### SECCIONES TRANSVERSALES TRANS III







N O T A

=====

Las pendientes del talud de los cortes y terraplenes son inclinaciones de reposo natural que sirven para evitar derrumbes, en este proyecto se usaron pendientes para talud en terraplén, de uno y medio a 1 ( $1 \frac{1}{2} : 1$ ) y de un cuarto a 1 ( $1/4 : 1$ ) para los taludes de los cortes. En los lugares donde se localizaron alcantarillas se construyeron muros de concreto para sostener el terraplén.

El ancho en la excavación de la base se hizo un poco mayor que en la corona para poder alojar a las cunetas.

Cuando una de las áreas sea igual a cero como en el caso de los puntos de paso de corte a terraplén o viceversa, el volumen será el área de la otra sección dividida entre dos y multiplicada por la distancia entre las secciones.

Para ordenar los cálculos de las secciones y de los volúmenes se usa la tabla 4.11.1.

#### 4.12. CURVA MASA.

La curva masa es una gráfica dibujada en ejes cartesianos, - cuyas abscisas representan el cadenamiento de la línea y cuyas ordenadas representan volúmenes de excavación o relleno, según sea la curva ascendente o descendente.

Es un método gráfico que permite determinar la distribución económica de los volúmenes excavados y calcular el costo para llevar a cabo dicha distribución, cuando el trazo está - obligado, este método no es de utilidad. Obligan al trazo, cortes grandes para cruzar estructuras del camino, regiones pantanosas, pasos por acantilados de pendiente fuerte con terraplenes inestables con necesidad de muros de contención o cuando por economía se localiza la ruta sobre algún camino - antiguo.

En general cuando no está obligado el proyecto, se pueden -

compensar rellenos y excavaciones, siendo el único impedimento la calidad de material.

La curva se dibuja junto con el perfil del proyecto ya que el cadenamamiento debe ir coincidiendo.

Entre estaciones consecutivas subirá si hay corte (signo positivo) el número de metros cúbicos correspondiente al tramo o bajará si hay terraplén (signo negativo -) como es una gráfica acumulativa, al marcar un volumen siempre se hará, partiendo del punto anterior al que se llegó. La escala horizontal por lo consiguiente, será la misma del perfil y para la vertical se recomienda 1:20 000, pero podrá escogerse otra si los volúmenes acumulativos son fuertes.

Cálculo de Acarreos:

Para acarreos de 0-20 m. es acarreo libre.

De 20m. a 120 m. se llama Sobre-acarreos.

$$\text{Resultado en estaciones} = \frac{|\text{C.G. Corte} - \text{C.G. Terraplén}| - 20}{20}$$

De 20 m. a 520 m. se llama acarreo Corto.

$$\text{Resultado en Hectómetros} = \frac{|\text{C.G. Corte} - \text{C.G. Terraplén}| - 20}{100}$$

TABLA 4.1.1  
 TRAMO III  
 DEL KILOMETRO 1+840-2+020

ESTACION	ELEVACIONES		ESPEORES		AREAS		A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>		SEMI DIAM	VOLUMEN		VOLUMEN ABTO		VOL. ALABADOS		ORDENADA Curvo Meso
	TERRENO	ALABADO	CORTE	TERRAP	C	T	C	T		C	T	CORTE	TERRAP	+ (C)	- (T)	
1+540.00	69.80	70.96		1.16		18.00		26.40	10		264.00		316.80		316.80	5 506
560.00	70.60	71.12		0.52		7.30		20.30	10		203.00		243.60		243.60	5 263
580.00	71.25	71.31		0.26		3.32		10.62	10		106.20		127.44		127.44	5 135
1+600.00	71.30	71.49		0.19		2.22		5.54	10		55.40		66.48		66.48	5 069
620.00	71.60	71.67		0.07		1.00		3.22	10		32.20		38.64		38.64	5 030
640.00	72.60	71.85	0.55		18.20		18.20		10	132.00		158.60		158.60		5 189
660.00	72.85	72.02	0.83		18.52		31.72		10	317.20		380.64		380.64		5 569
680.00	73.00	72.20	0.80		21.44		39.76		10	392.60		479.52		479.52		6 009
1+700.00	73.11	72.38	0.73		19.92		41.36		10	413.60		496.32		496.32		6 545
720.00	73.50	72.56	0.94		15.65		35.57		10	355.70		426.84		426.84		6 972
740.00	73.90	72.76	1.16		16.08		31.73		10	317.30		380.76		380.76		7 353
760.00	74.20	72.91	1.29		16.60		32.08		10	320.80		384.96		384.96		7 738
780.00	74.95	73.07	1.86		36.60		56.60		10	566.00		679.20		679.20		8 417
1+800.00	75.10	73.27	1.83		26.50		68.10		10	681.00		757.20		757.20		9 169
820.00	75.20	73.45	1.75		23.60		59.10		10	591.00		684.20		684.20		9 770
840.00	75.36	73.63	1.73		26.60		50.20		10	502.00		602.00		602.00		10 372
860.00	75.22	73.80	1.42		24.82		51.42		10	514.20		616.80		616.80		10 989
880.00	75.40	73.88	1.42		25.10		49.72		10	499.20		599.04		599.04		11 588
1+900.00	75.50	74.16	1.26		20.64		45.74		10	457.40		548.88		548.88		12 137
920.00	75.45	74.36	1.11		15.60		36.24		10	362.40		434.88		434.88		12 572
940.00	75.48	74.52	0.96		21.20		36.80		10	368.00		441.60		441.60		13 014
960.00	75.43	74.68	0.74		21.50		42.20		10	422.00		512.40		512.40		13 526
980.00	75.30	74.87	0.43		10.00		31.50		10	315.00		378.00		378.00		13 904
2+000.00	75.23	75.05	0.18		3.60		13.60		10	136.00		163.20		163.20		14 067
2+020.00	75.26	75.22	0.04		3.04		6.64		10	66.40		79.68		79.68		14 147

TABLA 4.11.1.  
 TRAMO III  
 DEL KILOMETRO 1+000-1+520

ESTACION	ELEVACIONES		ESPESORES		AREAS		A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>		SEMI DIBT	VOLUMEN		VOLUMEN ABTO.		SUMA-ALGEBRAICA VOL. ABTO.		ORDENADA Curva Mesa		
	TERRENO	RAZANTE	CORTE	TERRAP.	C	T	C	T		C	T	CORTE	TERRAP.	C	T		+ (C)	- (T)
1+000.00	66.10	66.15		0.05	0.64	0.67											10 000	
20.00	66.25	66.53		0.08	0.40	1.60	1.06	2.28	10	10.40	22.80	1.2	1.2	12.48	27.36		14.78	9 985
40.00	66.40	66.51		0.11		0.80		2.40	10		24.00		1.2		25.20		25.20	9 960
60.00	66.55	66.58		0.08		0.90		1.70	10		17.00		1.2		20.40		20.40	9 940
80.00	66.65	66.86		0.21		1.20		2.10	10		21.00		1.2		25.20		25.20	9 914
1+100.00	66.75	67.04		0.29		1.60		2.80	10		28.00		1.2		33.60		33.60	9 881
120.00	66.77	67.22		0.45		3.60		4.20	10		42.00		1.2		50.40		50.40	9 830
140.00	66.80	67.40		0.60		4.80		7.40	10		74.00		1.2		88.80		88.80	9 742
160.00	66.83	67.57		0.74		5.72		9.72	10		97.20		1.2		116.64		116.64	9 625
180.00	66.95	67.75		0.80		6.56		12.48	10		124.80		1.2		149.76		149.76	9 475
1+200.00	67.01	67.93		0.92		6.70		13.26	10		132.60		1.2		159.12		159.12	9 316
220.00	67.05	68.11		1.06		7.88		14.58	10		145.80		1.2		174.96		174.96	9 141
240.00	67.15	68.29		1.14		13.60		21.48	10		214.80		1.2		257.76		257.76	8 883
260.00	67.20	68.46		1.26		10.00		23.60	10		236.00		1.2		283.20		283.20	8 600
280.00	67.27	68.46		1.19		13.00		23.00	10		230.00		1.2		276.00		276.00	8 324
1+300.00	67.42	68.82		1.34		9.92		23.92	10		239.20		1.2		287.04		287.04	8 037
320.00	67.75	68.71		0.95		2.60		12.52	10		125.20		1.2		150.24		150.24	7 887
340.00	68.07	69.18		1.11		8.60		11.20	10		112.00		1.2		134.40		134.40	7 752
360.00	68.54	69.35		0.81		7.88		16.48	10		164.80		1.2		197.76		197.76	7 555
380.00	68.75	69.53		0.78		7.56		15.40	10		154.40		1.2		185.28		185.28	7 369
1+400.00	68.94	69.71		0.77		6.04		13.60	10		136.00		1.2		163.20		163.20	7 206
420.00	68.98	69.89		0.91		8.12		14.16	10		141.60		1.2		169.92		169.92	7 036
440.00	69.10	70.07		0.97		10.04		18.16	10		181.60		1.2		217.92		217.92	6 818
460.00	69.45	70.24		0.79		8.72		12.7	10		127.00		1.2		218.04		218.04	6 638
480.00	69.42	70.42		0.94		10.32		19.00	10		190.40		1.2		228.48		228.48	6 372
1+500.00	69.50	70.60		1.10		11.00		21.32	10		213.20		1.2		255.84		255.84	6 116
1+520.00	69.62	70.78		1.16		13.40		26.40	10		244.00		1.2		292.80		292.80	5 823

De 520 m. en adelante se llama acarreo Largo.

$$\text{Resultado en Kilómetros} = \frac{|\text{C.G. Corte} - \text{C.G. Terraplén}| - 20}{1000}$$

C.G.= Centro de gravedad.

4.12.1. Propiedad de la Curva Masa:

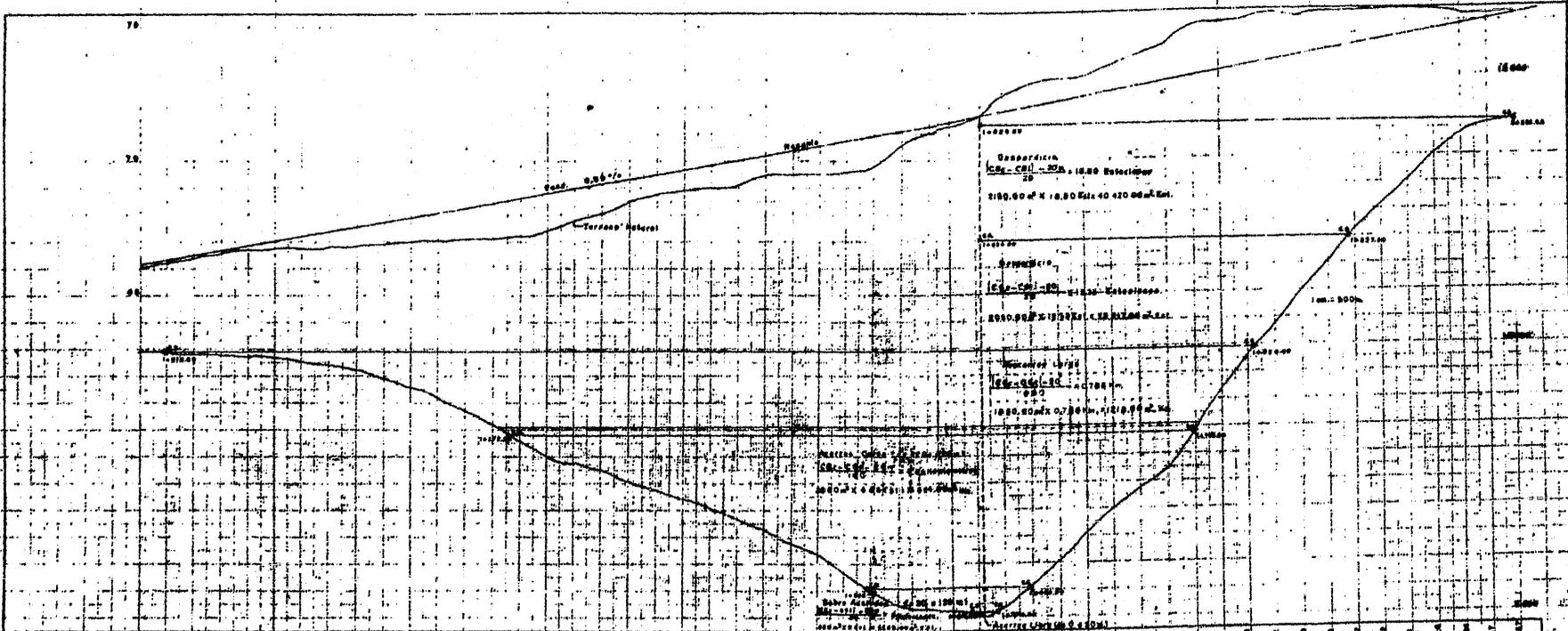
- 1a. Entre los límites de una excavación, la curva crece de izquierda a derecha y decrece cuando hay terraplén.
- 2a. En las estaciones donde hay cambio de excavación a relleno (línea de paso) habrá un máximo, y viceversa.
- 3a. Cualquier línea horizontal que corte a la curva, marcará puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir, que entre ellos el volumen de corte iguala al de terraplén.
- 4a. La diferencia de ordenadas entre dos puntos representará el volumen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
- 5a. Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construc

ción, los acarreos de material se harán hacia adelante y cuando la curva quede debajo los acarreos, serán hacia atrás.

- 6a. El área comprendida entre la Curva Masa y una horizontal cualquiera compensada, es el producto de un volumen por una distancia y nos representa el volumen por longitud media de acarreo, lo que se expresa en metros cúbicos estación.

Las mejores compensadores serán las que cortan el mayor número de veces a la curva.

Al estudiar un tramo pueden trazarse varias compensadoras, -- según resulte la curva Masa obtenida, y entre una y otra quedarán tramos sin compensación, en estos tramos, si la curva -- asciende habrá un volumen de excavación que no hay donde em -- plearlo para rellenar, o sea un desperdicio, y si la curva -- descende indicará que hace falta material para terraplén, -- que no podemos obtener de la excavación en este caso debe -- traerse material de otro lado, o sea hacer un préstamo.

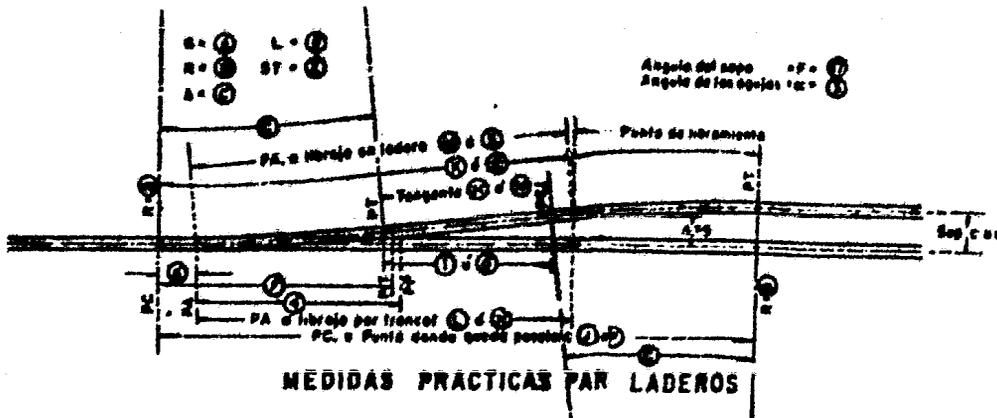


CADERNAMENTO	ELEVACION		DISTANCIA		COORDENADAS	
	TERRESTRE	AEREA	TERRESTRE	AEREA	TERRESTRE	AEREA
1	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	50.50	50.50	50.00	50.00	0.50	0.00
3	51.00	51.00	100.00	100.00	1.00	0.00
4	51.50	51.50	150.00	150.00	1.50	0.00
5	52.00	52.00	200.00	200.00	2.00	0.00
6	52.50	52.50	250.00	250.00	2.50	0.00
7	53.00	53.00	300.00	300.00	3.00	0.00
8	53.50	53.50	350.00	350.00	3.50	0.00
9	54.00	54.00	400.00	400.00	4.00	0.00
10	54.50	54.50	450.00	450.00	4.50	0.00
11	55.00	55.00	500.00	500.00	5.00	0.00
12	55.50	55.50	550.00	550.00	5.50	0.00
13	56.00	56.00	600.00	600.00	6.00	0.00
14	56.50	56.50	650.00	650.00	6.50	0.00
15	57.00	57.00	700.00	700.00	7.00	0.00
16	57.50	57.50	750.00	750.00	7.50	0.00
17	58.00	58.00	800.00	800.00	8.00	0.00
18	58.50	58.50	850.00	850.00	8.50	0.00
19	59.00	59.00	900.00	900.00	9.00	0.00
20	59.50	59.50	950.00	950.00	9.50	0.00
21	60.00	60.00	1000.00	1000.00	10.00	0.00
22	60.50	60.50	1050.00	1050.00	10.50	0.00
23	61.00	61.00	1100.00	1100.00	11.00	0.00
24	61.50	61.50	1150.00	1150.00	11.50	0.00
25	62.00	62.00	1200.00	1200.00	12.00	0.00
26	62.50	62.50	1250.00	1250.00	12.50	0.00
27	63.00	63.00	1300.00	1300.00	13.00	0.00
28	63.50	63.50	1350.00	1350.00	13.50	0.00
29	64.00	64.00	1400.00	1400.00	14.00	0.00
30	64.50	64.50	1450.00	1450.00	14.50	0.00
31	65.00	65.00	1500.00	1500.00	15.00	0.00
32	65.50	65.50	1550.00	1550.00	15.50	0.00
33	66.00	66.00	1600.00	1600.00	16.00	0.00
34	66.50	66.50	1650.00	1650.00	16.50	0.00
35	67.00	67.00	1700.00	1700.00	17.00	0.00
36	67.50	67.50	1750.00	1750.00	17.50	0.00
37	68.00	68.00	1800.00	1800.00	18.00	0.00
38	68.50	68.50	1850.00	1850.00	18.50	0.00
39	69.00	69.00	1900.00	1900.00	19.00	0.00
40	69.50	69.50	1950.00	1950.00	19.50	0.00
41	70.00	70.00	2000.00	2000.00	20.00	0.00

U. N. A. M.  
 INGENIERIA TOPOGRAFICA Y SEDENSA  
 TITULO PROFESIONAL SUPLENTE DEL TITULO N.º 1100  
 PERITO DEL TITULO N.º 1100  
 CURVA SIEMPRE

DATOS PRACTICOS PARA CAMBIOS Y LADEROS

NUM. DEL SAPO	CURVAS DEL CAMBIO Y LA REVERSA DEL LADERO					DIST. P.C. A P. TANGEN. DEL SAPO	DIST. P.C. A PARRILLAS	DIST. PA. a PP. SAPO	
	GRADO SR. MIN. A	RADIO METROS B	ANG. CURVA GR. MIN. C	LONG. CURVA METROS D	DISTANCIAS METROS E	METROS F	METROS G	PES PULA H	METROS I
3	10 02	71.705	11 26	14.262	7.170	14.35	1.447	42 6 1/2	12.9667
6	11 06	103.397	9 32	17.176	8.622	17.22	2.010	47 6	14.4760
7	8 09	140.722	8 10	20.041	10.048	20.09	1.266	32 1	18.9230
8	6 14	183.927	7 09	22.941	11.462	22.96	2.326	60 0	20.7264
9	4 56	232.352	6 22	26.611	12.923	26.63	3.910	72 3 1/2	22.6346
10	4 00	266.837	5 44	29.667	14.347	29.70	4.624	78 3	24.0030
11	3 18	347.298	5 12	31.616	15.821	31.67	5.712	91 10 1/4	27.9972
12	3 46	414.227	4 47	34.378	17.306	34.40	6.120	98 0	29.4640
14	2 02	563.592	4 06	40.320	20.171	40.18	7.726	107 0 3/4	32.4327
15	1 46	648.657	3 49	43.208	21.610	43.05	8.721	126 4 1/2	35.5191
16	1 34	731.458	3 36	45.957	22.990	45.02	9.663	131 4	40.6304
18	1 14	826.129	3 11	51.822	25.916	51.63	9.926	140 11 1/2	42.9641
20	1 00	1146.930	2 52	57.532	28.671	57.46	11.337	151 11 1/2	46.3160



NOTA:- SE CONSIDERA LA VIA DE APOYO DEL CAMBIO EN TANGENTE.

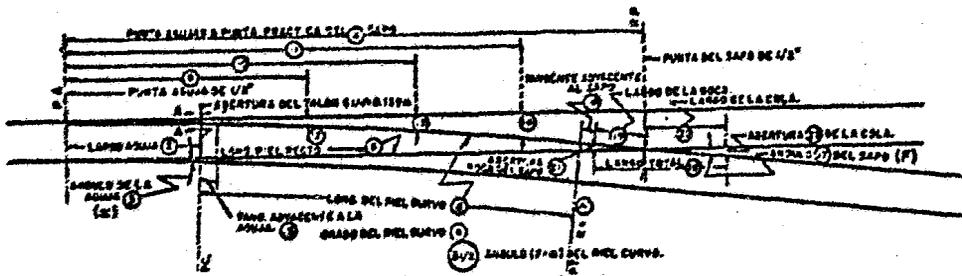
**MEDIDAS REGLAMENTARIAS  
PARA  
CAMBIOS Y LADEROS DE VIA ANCHA  
(Escantillón 1.435 mts.)**

# DATOS PRACTICOS PARA CAMBIOS Y LADEROS

NUM. DEL SAPO I	PARA SEPARACION DE 4.60m. DE C. a C. DE VIAS(metros)						PARA SEPARACION DE 5.00m. DE C. a C. DE VIAS(metros)						POR CADA METRO ADICIONAL DE SEPARACION DE VIAS	
	TANGENTE N	PROYECCION PARALELA A LA VIA. I	P.C. o PUNTO DONDE QUEDA PARALELA		P.A. o LIBRAJE		TANGENTE N	PROYECCION PARALELA A LA VIA. O	P.C. o PUNTO DONDE QUEDA PARALELA		P.A. o LIBRAJE		TANGENTE METROS Y	Proyeccion por Metro (mts.) U
			por Troncal J	por Ladera K	por Troncal L	por Ladera M			por Troncal P	por Ladera Q	por Troncal R	por Ladera S		
5	8.649	8.675	37.191	37.374	24.97	25.24	10.888	10.652	39.08	39.392	24.87	24.85	8.048	4.846
6	10.330	10.345	44.664	44.886	28.98	29.22	12.845	12.766	47.016	47.307	28.49	28.79	8.038	5.954
7	12.290	12.165	52.116	52.372	35.30	36.11	15.106	14.983	54.933	55.188	35.34	35.56	7.040	6.968
8	13.973	13.864	59.653	59.855	40.18	40.37	17.187	17.055	62.842	63.069	39.83	39.73	8.034	7.972
9	15.635	15.539	67.072	67.268	43.90	44.05	18.243	18.124	70.657	70.868	43.16	43.34	8.018	8.862
10	17.363	17.268	74.500	74.687	48.25	48.45	21.357	21.260	78.495	78.691	47.48	47.65	10.010	9.866
11	18.951	18.873	82.026	82.183	54.79	54.94	25.350	25.283	86.406	86.582	53.88	53.99	11.000	10.953
12	20.432	20.432	89.572	89.720	58.68	58.81	29.361	29.273	94.352	94.517	57.72	57.84	11.982	11.950
14	23.956	23.933	104.75	104.632	66.80	66.83	29.591	29.518	110.996	110.247	65.61	65.73	13.968	13.951
15	25.866	25.829	112.73	112.302	73.30	73.32	31.896	31.828	118.189	118.312	74.04	74.10	15.024	14.990
16	27.279	27.228	118.85	118.195	78.76	78.86	33.630	33.550	125.453	125.664	77.47	77.56	15.926	15.899
18	31.209	31.157	134.31	134.049	86.91	87.00	38.408	38.349	141.633	141.662	85.48	85.54	18.008	17.980
20	34.656	34.593	149.05	149.302	94.95	95.03	42.634	42.661	157.193	157.30	93.43	93.51	19.998	19.970

MEDIDAS REGLAMENTARIAS  
PARA  
CAMBIOS Y LADEROS DE VIA  
ANCHA (Escantillon 1:435m.)

**DATOS DE CAMBIOS.**  
 (de punta de agujas al sape)



N.º DEL SAPO	DATOS DE LAS AGUJAS				DIST. P.A. P. SAPO		COORDENADAS DE RIEL EN TANG. A RIEL CURVO							
	LARGO		ANGULO (m)		PES. P.L.A.	METROS	DIST. DE PUNTA AGUJAS			DIST. DE RIEL RECTO A RIEL CURVO				
	PES. P.L.A.	METROS	GR.	MIN.			SEG.	METROS	METROS	METROS	METROS	METROS	METROS	
5	11-0	3.333	2	30	34	42	0 1/2	12.3847	8.4044	7.4209	0.7534	0.30004	0.52388	0.83303
6	11-0	3.333	2	30	34	47	0	14.4720	8.84836	8.3435	10.8395	0.31433	0.54428	0.86368
7	16-6	5.829	1	46	22	62	1	18.9236	7.98125	10.9347	13.88766	0.28893	0.49689	0.78422
8	16-6	5.829	1	46	22	68	0	20.7284	8.41975	11.7965	15.18266	0.30163	0.52229	0.82074
9	16-6	5.829	1	46	22	72	3 1/2	22.0345	8.79479	12.5693	16.32666	0.31274	0.54293	0.84931
10	16-6	5.829	1	46	22	78	9	24.6820	9.13765	13.2461	17.35435	0.31119	0.53354	0.82868
11	22-0	6.788	1	19	48	91	10 1/4	27.5972	11.4936	16.2816	21.0893	0.31115	0.54293	0.85726
12	22-0	6.788	1	19	48	96	0	29.4640	11.7983	16.8910	21.8837	0.31591	0.54928	0.86043
14	22-0	6.788	1	19	48	107	3/4	32.6327	12.38886	18.3515	24.07445	0.32703	0.56674	0.8763
16	30-0	9.144	0	38	30	136	4 1/2	38.5191	16.7734	22.4020	29.8322	0.30788	0.53972	0.85726
18	30-0	9.144	0	38	30	131	4	40.0384	16.1544	23.1646	30.1732	0.3159	0.53406	0.87184
18	30-0	9.144	0	38	30	140	1 1/2	42.3641	16.7640	24.3840	32.0840	0.32368	0.56198	0.87471
20	30-0	9.144	0	38	30	151	1 1/2	46.3189	17.6022	26.6604	34.5106	0.3318	0.57826	0.89376



C A P I T U L O V

CONSTRUCCION DE LA LINEA

### 5.1. CONSTRUCCION.

La construcción en términos generales, es la realización de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal manera que satisfaga una necesidad normalmente colectiva y que cumpla con las condiciones de planeación, en las que se cuente con primordial importancia la seguridad.

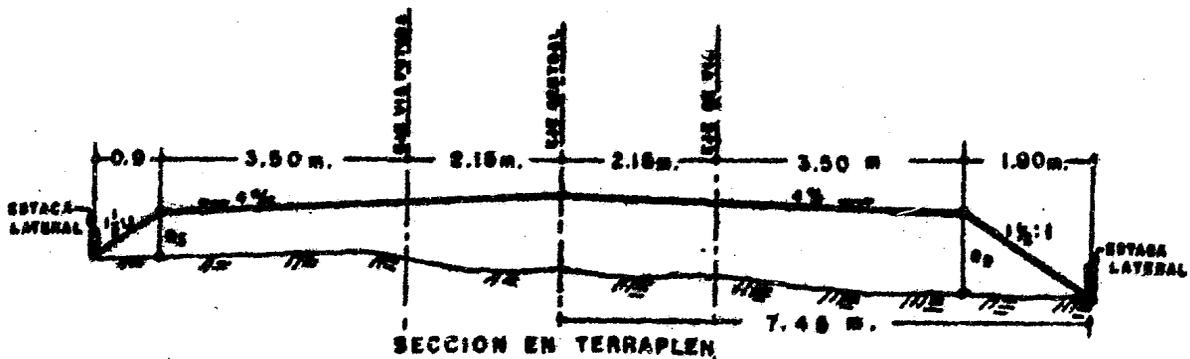
La construcción se define como uno o varios procesos de producción, en los que se combinan en alguna forma recursos (materiales, obra de mano y maquinaria) para lograr el producto terminado. Luego entonces, se trata de un típico proceso industrial, que sólo difiere del clásico en que las obras normalmente son diferentes y se requiere estudiar un proceso que será diferente para cada obra; sin embargo el proceso típico industrial es repetitivo.

### 5.2. CONSTRUCCION DE TERRACERIAS.

La construcción de las terracerías es un proceso muy común, en el que interviene el "Movimiento de Tierras" que es parte del proceso en el trabajo total desarrollado en la construcción de un camino o una línea férrea como en la de nuestro caso. La construcción de terracerías comprende desde el tendido de los terraplenes y la realización de cortes en el te -

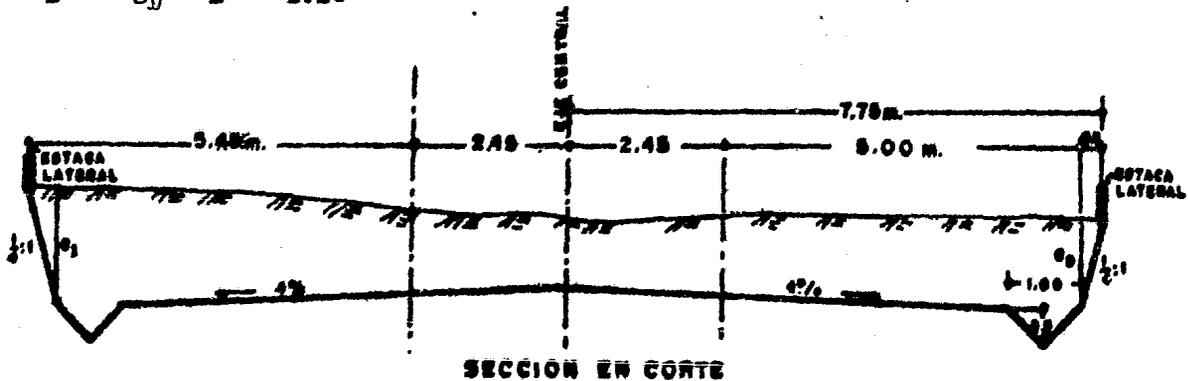
reno hasta el afinado de la capa sub-balasto y colocación del balasto.

Para realizar la construcción de las terracerías, se colocaron estacas laterales las cuales definen los ceros del corte o terraplén.



Para obtener la distancia horizontal del eje central a la estaca lateral se efectua la siguiente proporción:

$$\frac{1.5}{1} = \frac{X}{e_0} ; \frac{1.5}{1} = \frac{X}{1.20} ; X = 1.8 = \text{distancia del hombro al pie del talud.}$$



Para obtener la distancia horizontal del eje central a la estaca lateral (hombro del talud en corte) se efectúa la siguiente proporción:

$$\frac{0.25}{1} = \frac{X}{e_0} ; \frac{0.25}{1} = \frac{X}{1.30} ; X=0.30m. = \text{distancia del hombro al pie del talud (en corte).}$$

Nota: e = a espesor.

5.2.1. CEROS.

Como definición tenemos que el cero del terraplén, es el punto donde se une el talud del terraplén con el terreno; en corte el cero es el punto de intersección, de la inclinación, que se les da a los cortes de acuerdo con la clase de material y el terreno natural.

Para llevar un control de "ceros" se usa la tabla - - 5.1.a. en la que el cero se encuentra al lado derecho y otro al lado izquierdo de la estación central, o sea, que se tienen los ceros a la izquierda y a la derecha del camino.

TABLA 5.1.a.

CADENAMIENTO	CERO	FONDO CUNETA	LATERAL IZQ.	ESPEORES E J E	LATERAL DERECH.	FONDO CUNETA	CERO
1 + 580	8.00	-	+ 0.15	+ 0.20	+ 0.50	-	4.20
600	7.50	-	+ 0.00	+ 0.30	+ 0.50	-	4.20
620	5.00	-	+ 0.00	+ 0.20	+ 0.20	-	5.00
640	10.00	- 0.50	- 2.15	- 0.50	- 0.50	- 0.50	5.50
660	10.10	- 0.50	- 2.00	- 0.75	- 0.40	- 0.50	6.00
1 + 680	10.20	- 0.50	- 2.10	- 0.75	- 0.25	- 0.50	5.50

NOTA: Datos en Metros.

5.2.2. Fondo de Cuneta.

El fondo de cuneta se determina tomando la distancia horizontal gráficamente, y en igual forma se anotan -

sus cantidades en las columnas respectivas (tabla - 5.1.a.), a la derecha o a la izquierda.

#### 5.2.3. Espesores.

Los espesores que tenemos en el centro del camino, se obtuvieron de la diferencia de cotas de terreno y rasante.

#### 5.2.3. Terraplenes.

Para la construcción de los terraplenes, se usó el material rescatado de los cortes (arcilla) el cual, se tendió con motoescrepa, se extendió con motoconformadora formando capas de 0.20 m., capas que se compactaron con rodillo vibrador y se regaron (con pipa) periódicamente para proporcionar al material la humedad necesaria que diera como resultado la compactación óptima en los terraplenes.

La arcilla es un silicato aluminico hidratado natural, puro o impurificado por oxidos de hierro.

5.2.4. Para los cortes en arcilla se usó tractor con ripper para escarificar y motoescrepa para sacar el material. En los cortes sobre roca, se barrenó ésta con perfo-

radora de orugas y se dinamitó con explosivos colocados en cada barreno para extraerla.

La carga de este material se realizó con tractor de carriles (de oruga) y el acarreo se efectuó con vagonetas (semiremolque movido con tractor o tornapull).

#### 5.2.5. Sub-balasto.

Es la capa que sirve para afinar las terracerías e impide la incrustación del balasto. El sub-balasto constituye la superficie que limita la sub-estructura y su perfil, que será una línea paralela a la rasante (línea sub-balasto), esta línea debe ser la base para el proyecto de las terracerías, y en los datos de construcción de una línea férrea se deberá tomar en cuenta la línea sub-rasante y la sub-corona, es decir, el nivel bajo del sub-balasto y el ancho de la terracería en ese nivel.

Para este proyecto el espesor de la capa sub-balasto fué de 0.30 m. y el material empleado fué:

Arcilla	40 o/o
Gravas cementadas	60 o/o

#### 5.2.6. Balasto.

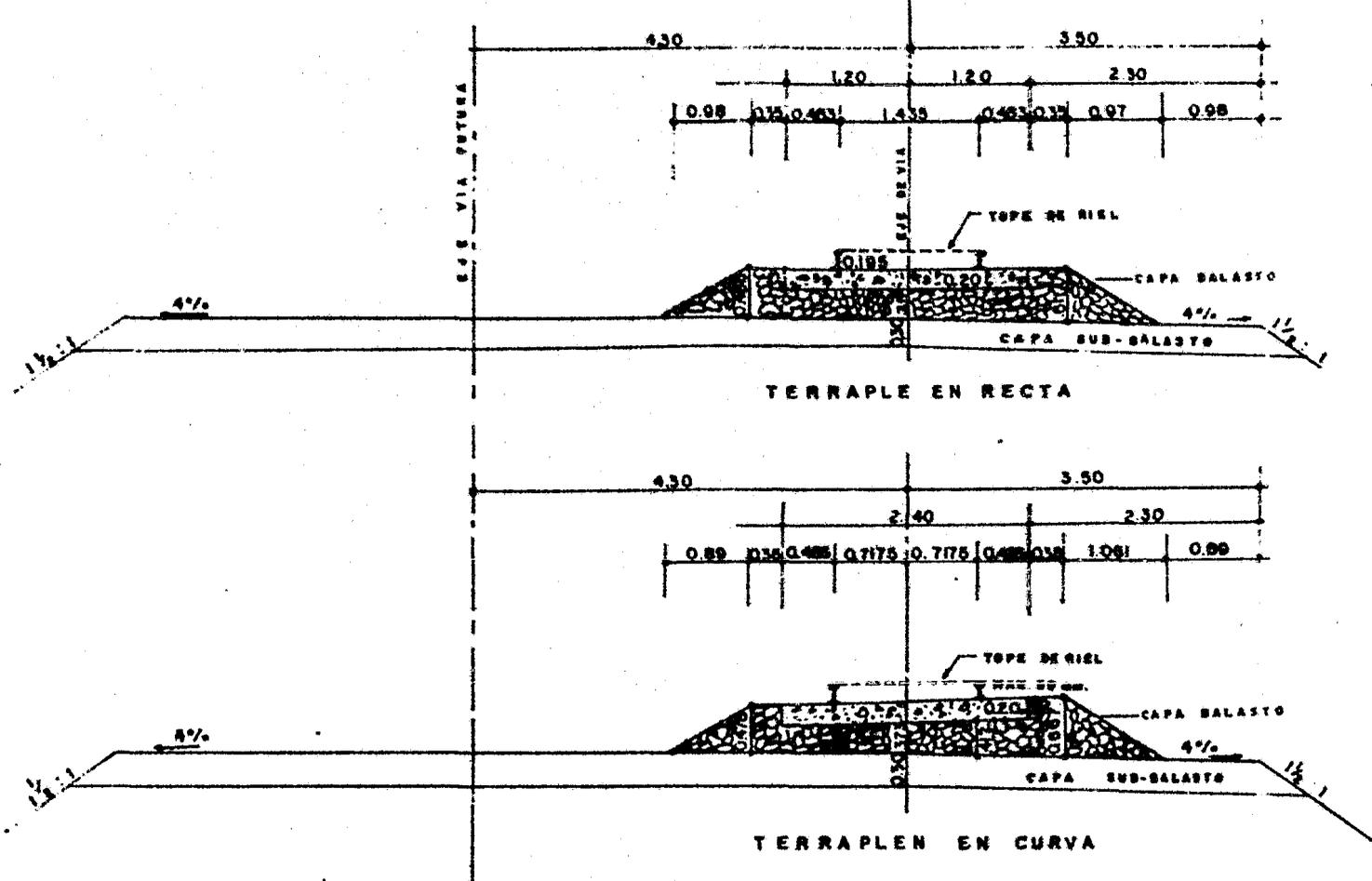
Es la parte constitutiva de la superestructura de la vía, los objetivos del balasto son los siguientes:

- a) Confinar los durmientes oponiéndose a sus desplazamientos longitudinales y transversales.
- b) Transmite las presiones a la subestructura.
- c) Drenar las vías.
- d) Sirve de elemento nivelador para la conservación de la rasante, las dimensiones del balasto deben ser de 1" a 2".

Estos materiales se obtienen de la trituración de rocas o de escorias de fundición y en algunos casos de la trituración parcial de conglomerados.

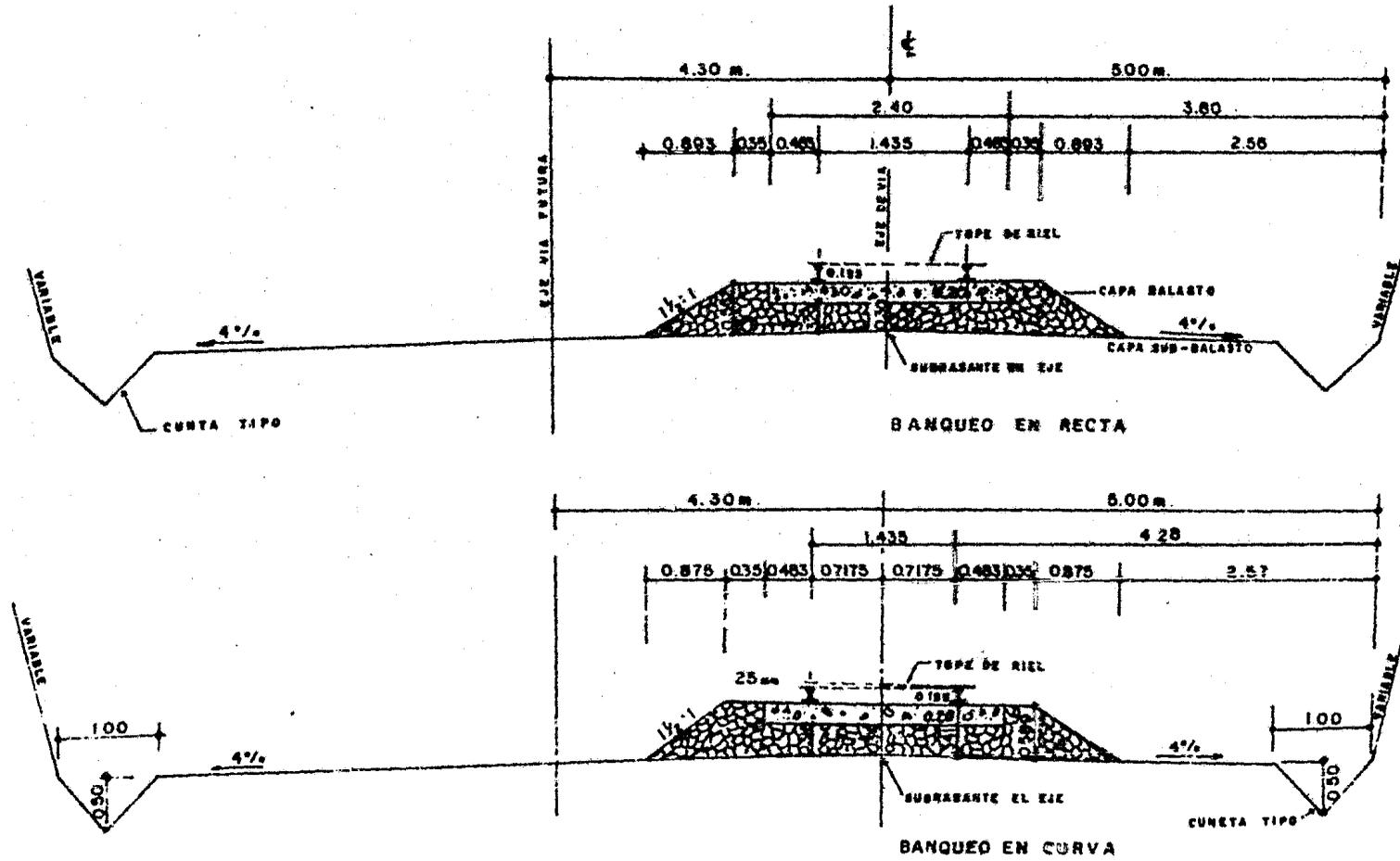
El balasto se distribuye mediante góndolas de puertas en el fondo y en cada caso la vía se levanta a la altura prevista y se calza, distribuyendo uniformemente el balasto en los durmientes, esta operación se lleva a cabo empleando gatos calzados y herramientas de mano.

SECCIONES TIPO



CROQUIS S/ Esc.  
Distancias en metros

SECCIONES TIPO



CROQUIS S/Ess  
Distancias en metros

5.2.7. Movimiento de Tierras.

Es el proceso consistente en controlar el volumen de acarreos de material. Los volúmenes de movimiento de tierras se determinan de estación a estación (ver ejemplo en la gráfica de la curva masa.)

5.3. MAQUINARIA EMPLEADA EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS.

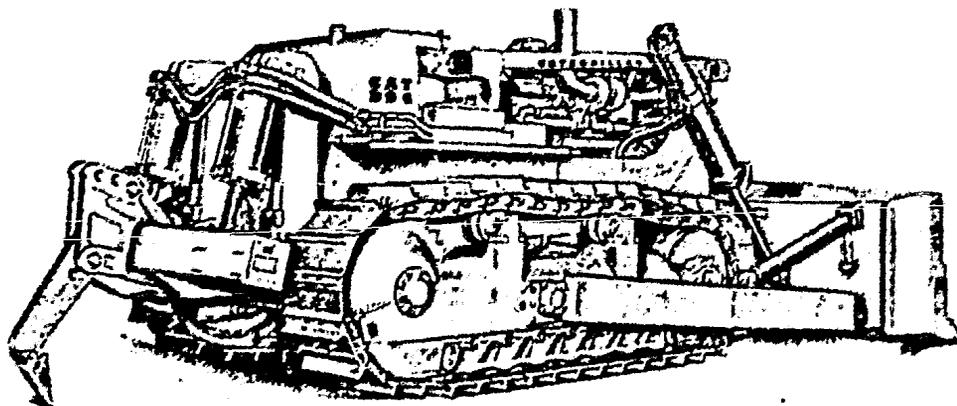
- 5.3.1. Tractores D.9. con ripper.....cinco.
- 5.3.2. Pailoders D.9.....cuatro.
- 5.3.3. Traxcavos D.8.....cuatro.
- 5.3.4. Motoescrapas.....seis.
- 5.3.5. Vagonetas.....tres.
- 5.3.6. Motoconformadoras.....tres.
- 5.3.7. Rodillos vibradores lisos.....tres.
- 5.3.8. Rodillos Pata de Cabra.....cuatro.
- 5.3.9. Ballenas regadora (pipas).....tres.
- 5.3.10. Perforadoras sobre orugas.....cinco.
- 5.3.11. Compresores.....seis.

5.3.1. Tractor con Ripper.

Este equipo consiste en una hoja de acero, montada al frente del tractor y susceptible de colocarse a distintas alturas por medio de un dispositivo hidráulico, así como de fijarse a dig

tintos ángulos con respecto al eje longitudinal del tractor, además, como equipo adicional esta máquina está dotada de rippers (desgarradores) o dientes. Estos pueden ser rectos o curvos y van montados en la parte trancera del tractor, generalmente son de acero y de puntas intercambiables. Para los trabajos en terreno duro, se utiliza un ripper o diente, si el terreno es menos duro puede usarse de 2 a 3 rippers.

En general el tractor es una máquina de excavación preliminar y utilizada en el desplazamiento de tierras para rellenos, excavaciones poco profundas, despalmes, así como para aflojar tierra dura y romper roca suave con el ripper.

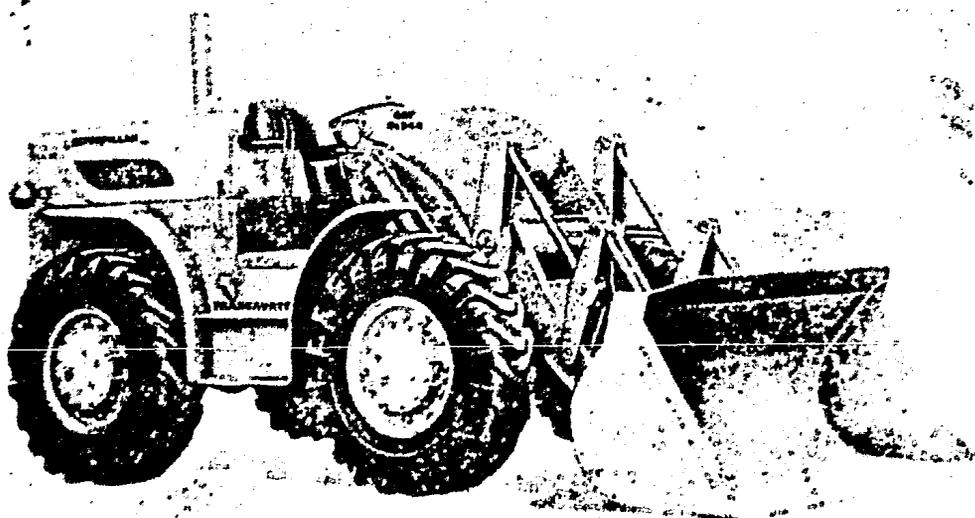


TRACTOR D - 9

5.3.2. Pailoders D-9.

El pailoder D-9 es un cargador frontal montado sobre neumáticos para roca, es un equipo de excavación carga y acarreo que tiene un cucharón o bote para estos fines, con una capacidad de 5 yardas cúbicas.

Este equipo debido a sus características especiales se usa para el movimiento de tierra y sobre todo para actuar sobre roca, efectuando desplazamientos largos y rápidos.



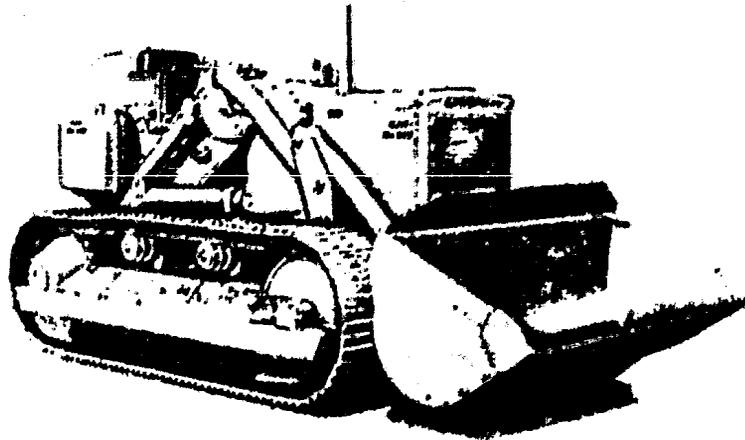
PAILODER D-9

5.3.3. Traxcavos D-8.

Es un cargador frontal montado sobre orugas y consiste fundamentalmente de un cucharón para 3.74 yardas cúbicas y de un tractor, el cual lleva al primero en su parte frontal.

A la mayoría de estos cargadores es posible adaptar - les los diferentes tipos de cucharón o herramientas - que existen.

Este cargador es el más usual de todos, su acción es a base de desplazamientos cortos y largos, usado en terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas, aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad co . rrecta.



TRAXCAVO.

#### 5.3.4. Motoescrepas.

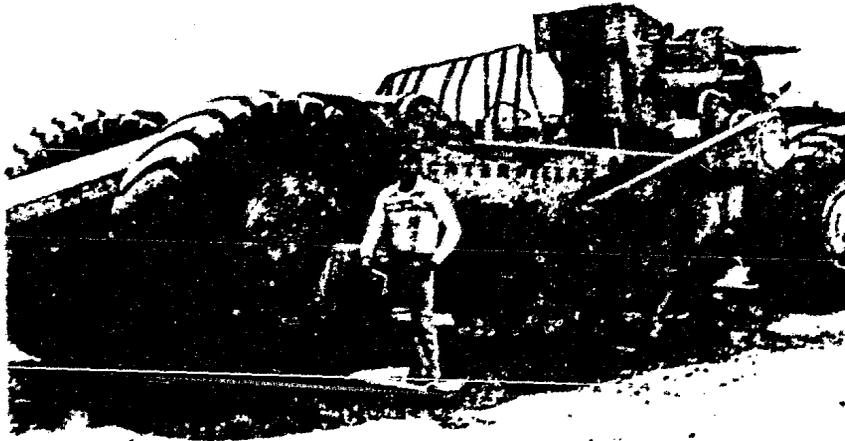
Son máquinas diseñadas para desarrollar ciclos de trabajo completo y específico, que comprenden desde la excavación, acarreo y descarga del material, hasta la extensión y conformación de grandes volúmenes del mismo.

Las motoescrepas son máquinas autocargables compuestas básicamente por un tractor de 2 llantas y una escrepa con sistema elevador de cadena, que está diseñado para que la carga pueda efectuarse por sí sola, conduce el material hasta el interior de la caja desmenuzándolo y mezclándolo durante el trayecto.

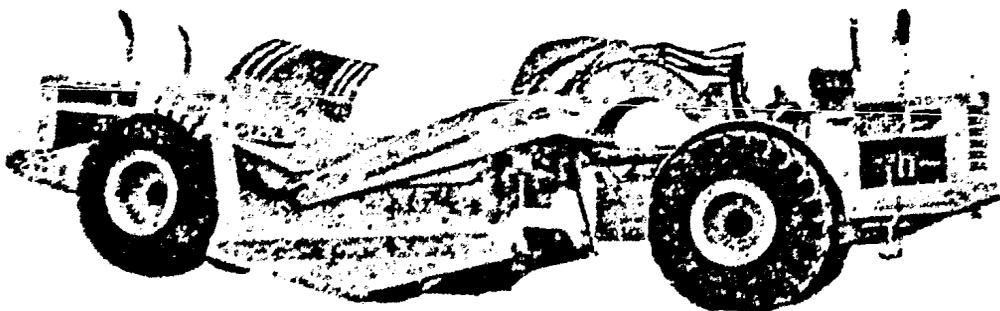
Estos modelos permiten a la escrepa cargar hasta el último residuo de material, sin necesidad de usar fuerza de tracción, gracias al mecanismo elevador que recoge el material cortado por la cuchilla y la vacía dentro de la caja.

La escrepa está constituida por una caja metálica, en cuyo interior se aloja el material excavado; por un yugo o marco en forma de cuello de ganso y por un tractor de llantas que utiliza para su desplazamiento. La caja que lleva una cuchilla de acero resistente a

la abrasión, colocada en la parte delantera del piso, y se emplea para excavar y controlar la entrada y salida del material, va descubierta en su parte superior y soportada o articulada al frente por medio del yugo o cuello de ganso que a su vez descansa sobre las llantas propulsoras del tractor, se usaron motoescrepas Cat. 621 con capacidad de  $15.3 \text{ m}^3$  y potencia de 300 H.P. para velocidad máxima de 50 Km./hr.



MOTOESCREPA PUSH- PULL



MOTOESCREPA (con tracción en las 4 ruedas).

### 5.3.5. Vagonetas.

Son unidades diseñadas para efectuar movimientos de grandes cantidades de tierra, soportados sobre uno o dos ejes de llantas articulados a un tractor o camión para su desplazamiento. Estas máquinas constan de una caja montada sobre un bastidor y de un vehículo propulsor que se mueve a base de diesel.

La caja que generalmente es de funcionamiento hidráulico, de forma alargada y ancho mayor en la parte superior que en la base, pueden ser de descarga por el fondo y mediante un sistema de compuertas que se abren longitudinalmente, o bien con vaciado lateral con descarga para uno o ambos lados.

Tanto unas como otras pueden ir montadas sobre remolques o semiremolques.

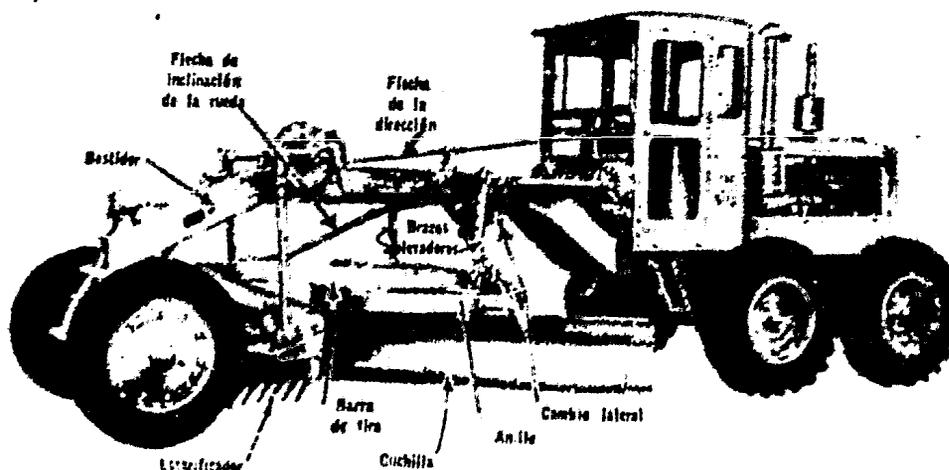


VAGONETA.

5.3.6. Motoconformadoras.

Las motoconformadoras, están proyectadas para controlar e impulsar una hoja de acero sujeta a un círculo (soportado del bastidor superior) situado detrás de las ruedas delanteras y de un escarificador sostenido de un par de barras curvas que pivotean sobre un pasador articulado al frente del bastidor. Esta máquina por su versatilidad en el movimiento de su hoja o cuchilla de acero se empleó en los siguientes trabajos:

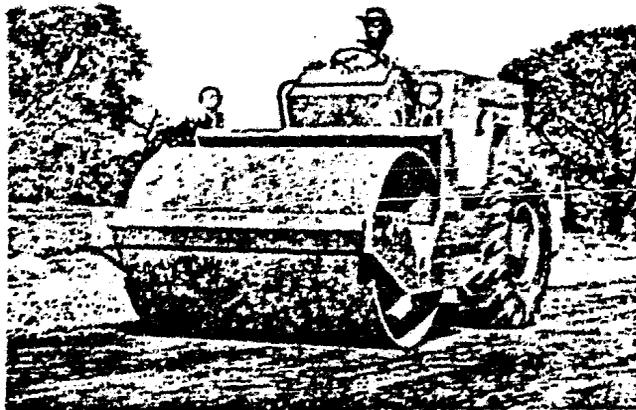
- a) Afine de superficies (rodamiento o terraplenes).
- b) Acamellamientos.
- c) Desplazamientos y mezcla de materiales.
- d) Excavación de cunetas.
- e) Escarificación.
- f) Afine de taludes.



MOTOCONFORMADORA.

### 5.3.7. Rodillos Vibratorios Lisos.

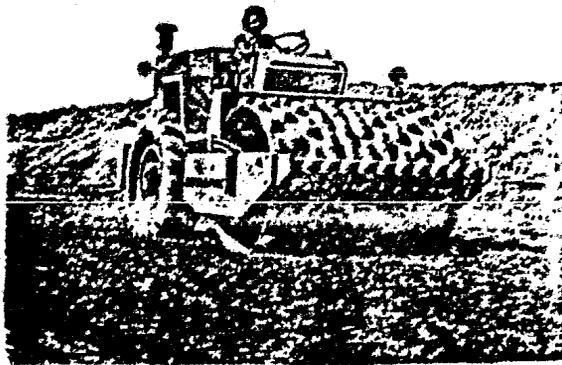
Los rodillos vibratorios lisos se componen de un tambor o rodillo liso vibratorio y de un robusto bastidor apoyado sobre el eje del primero. Este equipo es altamente efectivo para operaciones de compactación de bases, sub-bases y capas de relleno.



RODILLO VIBRADOR LISO.

5.3.8. Rodillo Pata de Cabra.

Este tipo de compactador, está equipado con tambor de tacos, que trabajan apisonando el material de fondo, logrando así una confinación profunda. Este equipo se usa en general en materiales con gran contenido de arcilla.

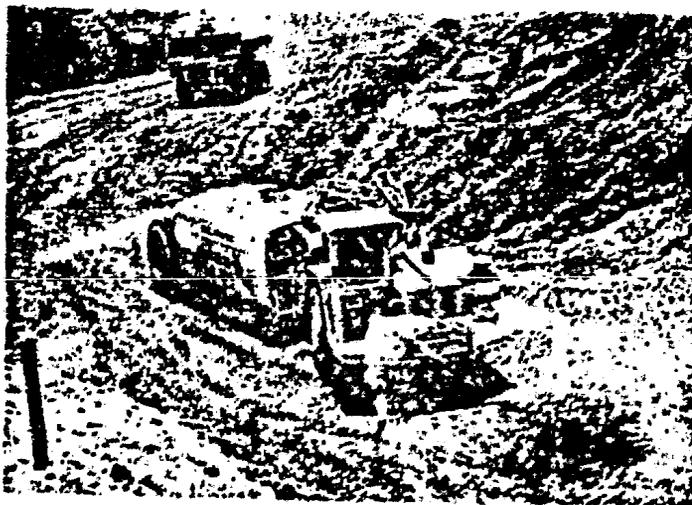


RODILLO PATA DE CABRA.

### 5.3.9. Ballenas Regadoras (Pipas)

Las ballenas son pipas de gran capacidad, requeridas para transportar agua a través de grandes distancias sobre caminos de terracerías y consisten principalmente en un bastidor provisto de un tanque de sección rectangular, con capacidad de 80 mil litros que normalmente llevan una bomba para carga y descarga del agua transportada.

La parte posterior del tanque que es considerada como la de trabajo, lleva adaptada en su parte inferior una barra o tubo con perforaciones a todo lo largo, que colocada en forma paralela al eje de las ruedas, es utilizada para regar esparciendo el agua a una presión constante. Estas máquinas son propulsadas por un tractor de 2 ruedas.



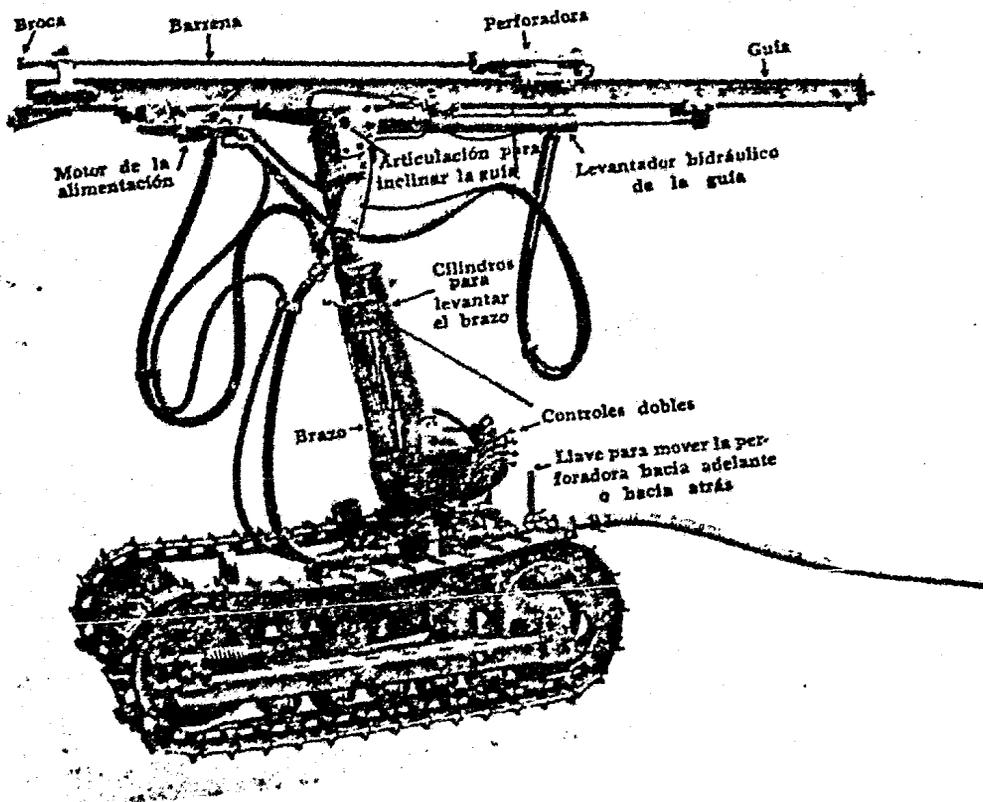
BALLENA REGADORA.

### 5.3.10. Perforadoras sobre Orugas.

Las perforadoras sobre orugas son máquinas que constan de una perforadora pesada, una guía y un brazo neumático, van soportadas sobre un bastidor transversal y entre un par de orugas, las cuales se caracterizan por tener tracción propia y por ser de tipo oscilante o rígidas, manteniéndolas por medio de un mecanismo hidráulico, en contacto directo con el terreno, aun cuando éste sea irregular.

La posición de la guía, que permiten usar largos tramos de barras de perforación sin que éstas afecten la estabilidad de la máquina, facilitan la aplicación de la barrena en diferentes direcciones y posiciones como a uno y otro lado de las orugas.

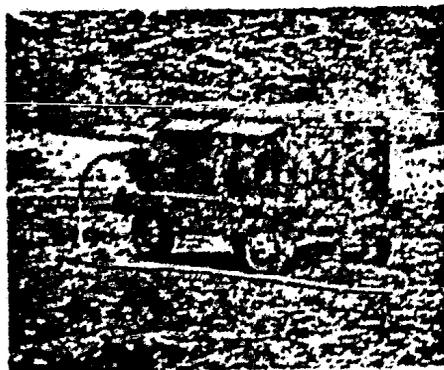
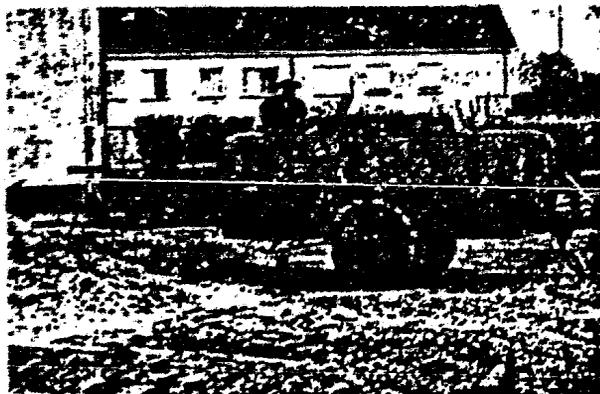
Todos los movimientos de estas máquinas, son desarrollados a base de aire comprimido, que tomado de un compresor por separado, puede remolcarse mediante la fuerza de tracción de las orugas, a todos lados junto con la perforadora.



PERFORADORA DE ORUGAS.

### 5.3.11. Compresores.

Los compresores tienen la finalidad de comprimir el aire, de la presión atmosférica a la presión de trabajo. Estas máquinas se utilizan para comprimir el aire a altas presiones y con él accionar los equipos de perforación, son muy comunes en los trabajos de conservación de establecimientos industriales, en la explotación de minas y canteras y para el uso general de herramientas neumáticas en grandes obras de construcción.



COMPRESORES.

#### 5.4. CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS.

La construcción de estructuras (obras de construcción civil) como son puentes, pontones, alcantarillas, etc., son obras muy importantes en la construcción de una línea férrea, por lo consiguiente, se debe velar por la correcta ejecución de las mismas, ya que la mayoría de estas se realiza antes de efectuar el terraplenado de la línea, evitando que se duplique el trabajo y se eleven los costos.

#### 5.5. MONTAJE DE LA VIA. (VIA CLASICA).

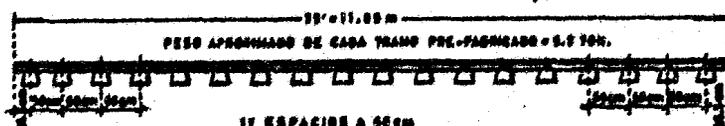
Una vez teniendo la preparación del terreno y el trazo del eje, el procedimiento del montaje de la vía se basó en la secuencia de las siguientes etapas.

- 5.5.1. Armado de Tramo.
- 5.5.2. Distribución de Tramos.
- 5.5.3. Colocación de Tramos.
- 5.5.4. Balastado y Calzado de la Vía.

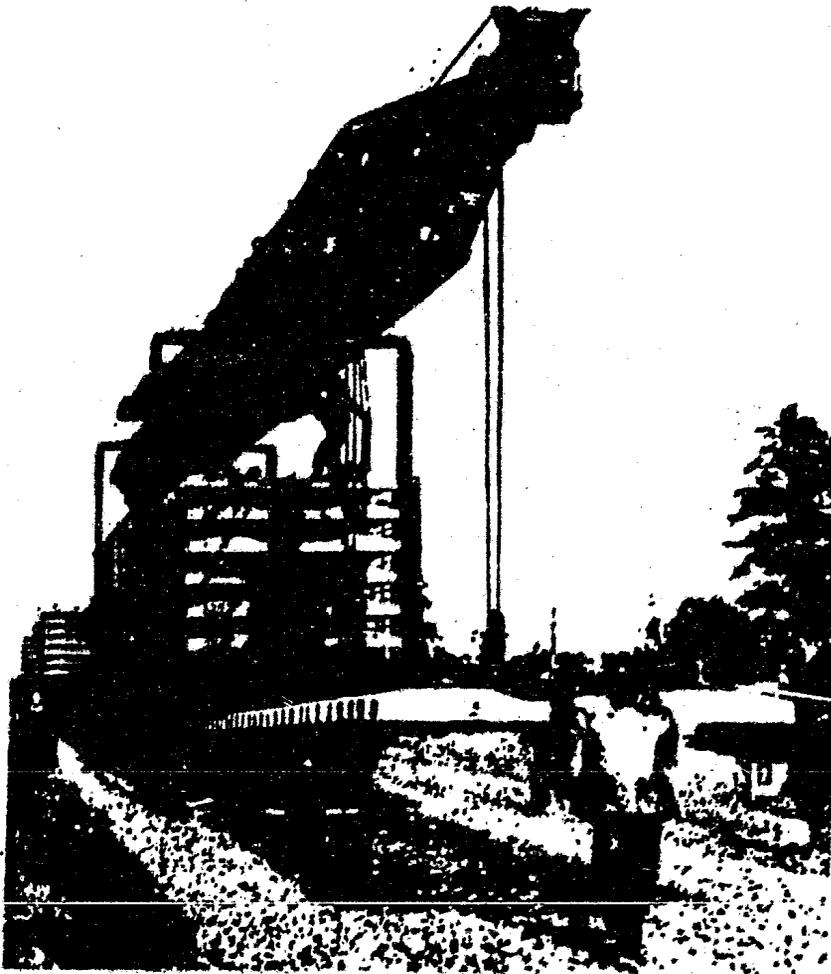
##### 5.5.1. Armado de Tramos.

Para esta primera etapa se utilizó como equipo auxiliar una grúa burro de 6 toneladas de capacidad, como es normal usarla en todos los trabajos de habilitado y de montaje.

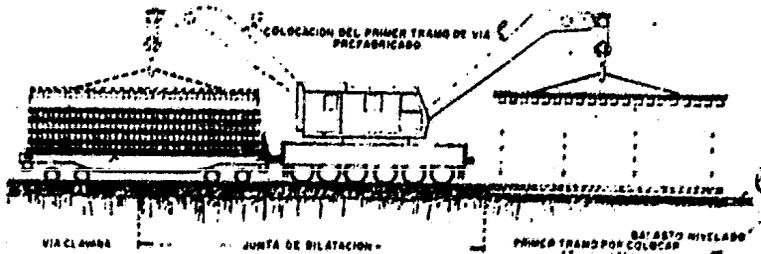
Primeramente se distribuyen los durmientes de concreto (durmientes RS de manufactura mexicana) en número de 20 por cada tramo, separados 0.60 m. de c a c, apoyados sobre rieles de cuarta clase dispuestos a 3.50 m. de c. a c., formando una base perfectamente nivelada, quedando finalmente la distribución como se ve en la figura.



El armado de cada tramo se efectúa entre cuatro hombres, con el objeto de que al hacer el apriete, sea éste lo más uniforme posible, utilizando cada grupo un escantillón de 1.435 m. y una pequeña barra para centrar la placa en el durmiente y que los rieles queden exactamente iguales, previamente los rieles han sido medidos con precisión, no debiéndose colocar rieles en un mismo tramo con diferencia mayor de 1/8" de longitud, ( de fábrica vienen de 39'  $\pm$  1/2"). El riel usado fue de 2a. ya que posteriormente se cambió la vía clásica por vía elástica.



GRUO DE 180° DE LA PLUMA DE LA GRUA CARGANDO UN TRAMO DE VIA PREFABRICADO



GRUA BURRO.

### 5.5.2. Distribución de Tramos.

En esta segunda etapa se utiliza como equipo un trén de trabajo, formado por una máquina y varias plataformas acondicionadas, así como también la grúa burro.

Las plataformas se acondicionan con rieles para formar una vía, sobre la que puede circular la grúa burro. En estas condiciones se procede a cargar la plataforma más inmediata hasta completar un número de seis tramos por unidad, colocando previamente entre plataformas un puente provisional acondicionado con rieles, que permite pasar a la grúa de una a otra plataforma, una vez completada la carga de cada unidad.

Para la distribución de los tramos se requiere en primer lugar, cadenear con exactitud colocando estacas cada 20.00 m.

Antes de iniciar la colocación de los tramos se distribuyen frente a cada una de las estacas de colocación las planchuelas y abrazaderas que se necesitarán posteriormente para sujetar los rieles.

### 5.5.3. Colocación de Tramos.

Para situar el primer tramo la grúa se apoya en la -

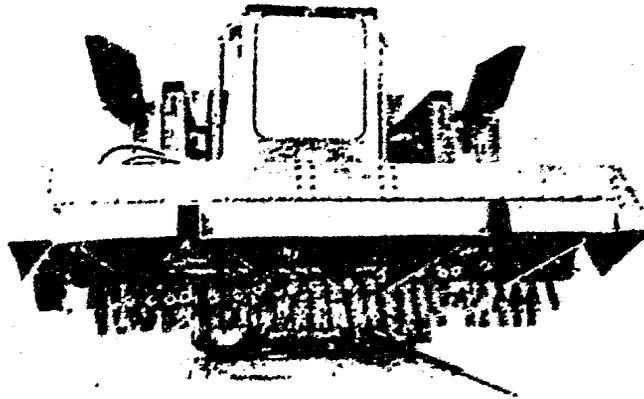
vía ya colocada anteriormente, siendo necesario moverla grúa y apoyarla sobre este primer tramo ya colocado, de igual forma en los siguientes tramos se van colocando y alineando (utilizando abrazaderas y planchuelas) para que el trén de trabajo siga circulando sobre la misma vía colocada provisionalmente.

#### 5.5.4. Balastado y Calzado de la Vía.

Una vez terminados de fijar los tramos de vía, como éstos han sido colocados en el lecho del terraplén, es necesario cubrir los durmientes de balasto a lo largo y a lo ancho de los mismos.

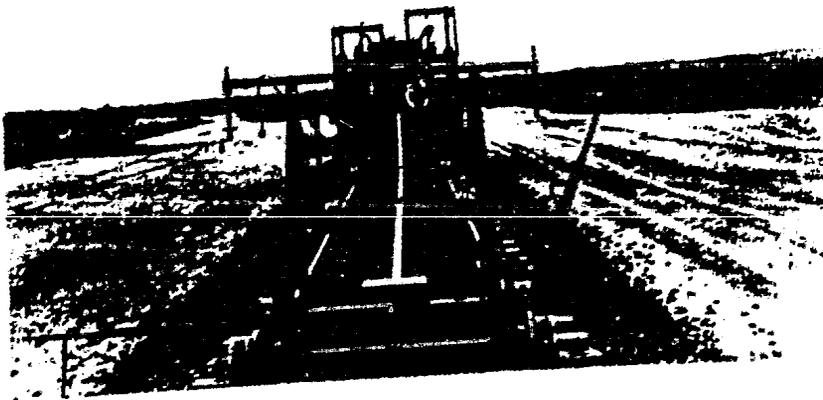
Para hacer este trabajo se vacía balasto por medio de góndolas de descarga por el fondo, distribuyendolo a todo lo largo del extremo por cubrir. En seguida se hace pasar la reguladora de balasto que por medio de las cuchillas que tiene, va alineando el balasto y mediante una serie de pasadas se va logrando el perfil definitivo.

En seguida por medio de una calzadora se procede a ejecutar el primer levante de 2" pudiéndose lograr esto con precisión debido al acoplamiento que tiene la calzadora de un gato Temper que por medio de dispositivos



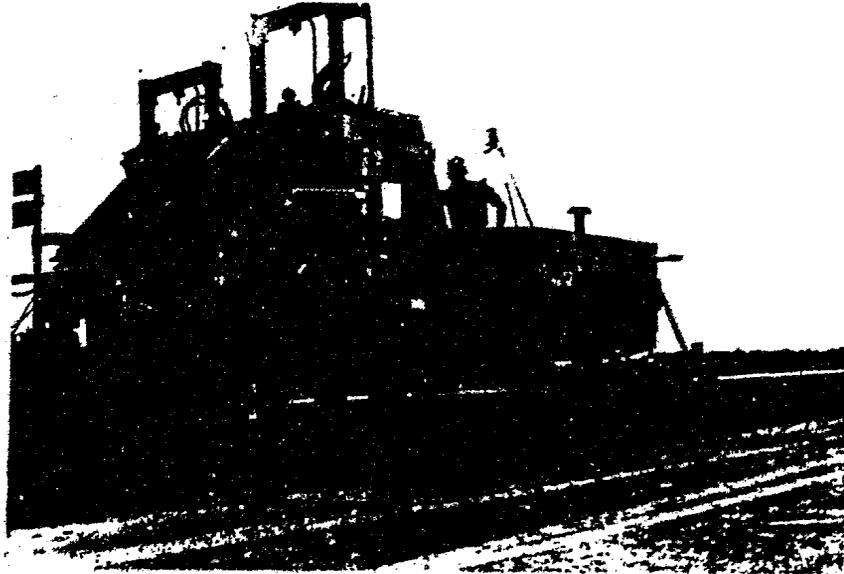
Escoba de vía de la Fairmont, en la parte posterior de la Reguladora.

Obsérvese la escoba rotativa de alambres protegidos por tubos de manguera de hule.



Barras de Nivelación de la Máquina Calzadora.

electrónicos permite evaluar con precisión al milímetro una perfecta nivelación .



MAQUINA CALZADORA.

Una vez terminado el primer levante, se vuelve a pasar la calzadora por el mismo tramo para rectificar la nivelación, quedando finalmente con un espesor de 8" entre el lecho del terraplén y la cara de apoyo del durmiente.

Por último se logra el perfil definitivo por medio de las barras travesaño de la máquina niveladora.

#### 5.6. REEMPLAZAMIENTO DE VIA CLASICA POR VIA ELASTICA.

A diferencia de la vía clásica en la cual los rieles están se-

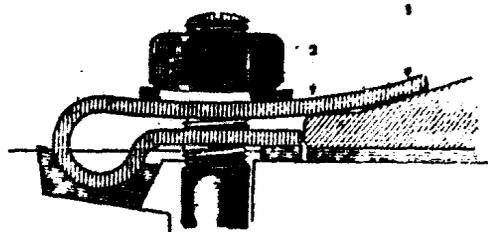
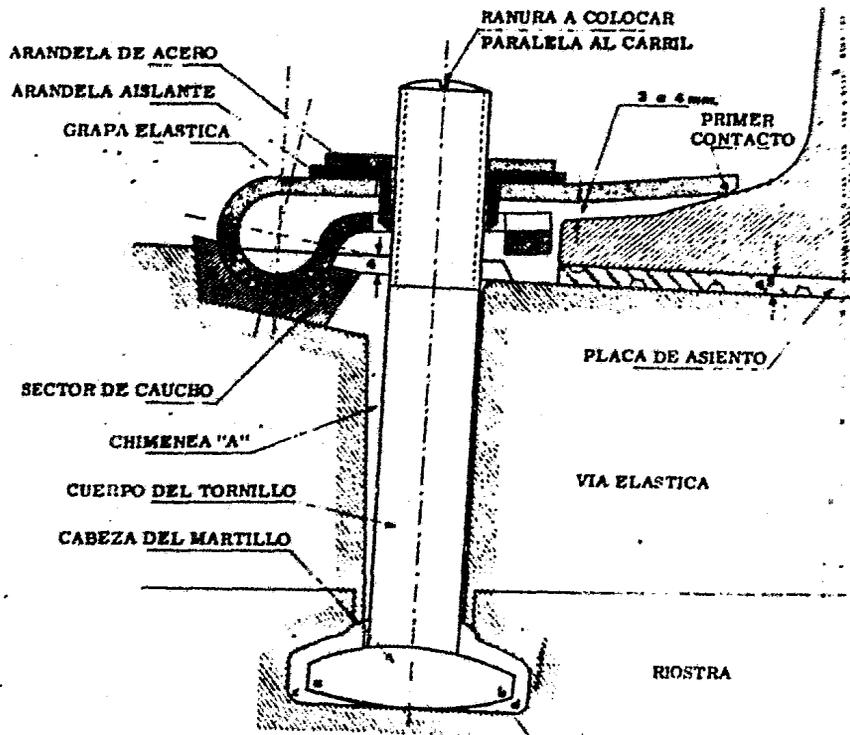
parados por un pequeño espacio (una junta) para permitir la dilatación del material, la que, debilita la vía, obliga a operaciones de conservación frecuentes, desgasta rápidamente las extremidades de los rieles produciendo desplazamientos en los mismos y deterioro al material rodante. La vía elástica que está constituida por tramos largos de riel (tramos de 40 m. de longitud) que van soldados para suprimir las juntas impidiendo desplazamientos del riel que provoquen esfuerzos longitudinales produciendo roturas o fisuras, las cuales propicien el desgaste del material rodante.

Para el reemplazo de la vía se siguieron los siguientes pasos:

- 5.6.1. Distribución de los nuevos Tramos de Riel.
- 5.6.2. Desarmado del Riel Provisional.
- 5.6.3. Montaje del Nuevo Riel.

Con ayuda de la grúa burro se colocaron los nuevos tramos y se sujetaron al durmiente con grapas elásticas de acero muelle, éstas se apoyan a las cubetas exteriores sobre cojinetes de hule (para absorber los empujes laterales), los pernos tirafondo con pié de cabeza de martillo, con ranura perpendicular a la cabeza que garantiza la correcta posición en la escotadura de la barra de unión que le sirven de apoyo.

Entre la grapa y la tuerca de unión lleva una rondana.



Grapa ajustada con el 2º contacto (2)

Entre el riel y el durmiente se coloca una placa de hule de 5 mm. de espesor (acanalada) que absorbe las vibraciones que se producen y además ayuda a impedir el desplazamiento del riel. El riel usado debe ser de alma robusta (riel con alma de 5/8" con peso de --- 120.5 lbs/yda.

#### 5.6.4. Soldadura de Tramos.

La soldadura usada es a base de óxido de fierro y aluminio fusionados por medio de un catalizador a 2000°C. Para aplicar la soldadura los rieles se calientan nivelándose y alineándose con una separación entre 15 y 18 mm. con quemadores dejándoseles al rojo cereza claro (1 000° C).

El precalentamiento rápido utiliza sopletes de oxígeno-acetileno y el método lento requiere 8 minutos.

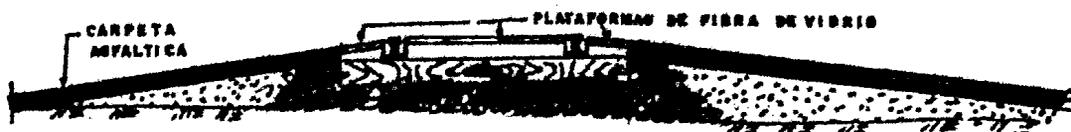
El molde donde se ejecuta la fusión (aluminio-térmica) es un crisol metálico que se coloca sobre la junta de los rieles y se rodea con material arenoso refractario para formar el perfil del riel o se emplean moldes prefabricados.

La mezcla viene preparada sólo para tapar el crisol e introducir el material de soldadura y colocar la pólvora especial (catalizador), tapar el pequeño alto horno en miniatura y encender con flama, para provocar un volcán de acero que a su tiempo de calma se destapa el tapón de fondo y fluye la fusión entre los rieles dejando la escoria alrededor y el buen acero en el

perfil soldado.

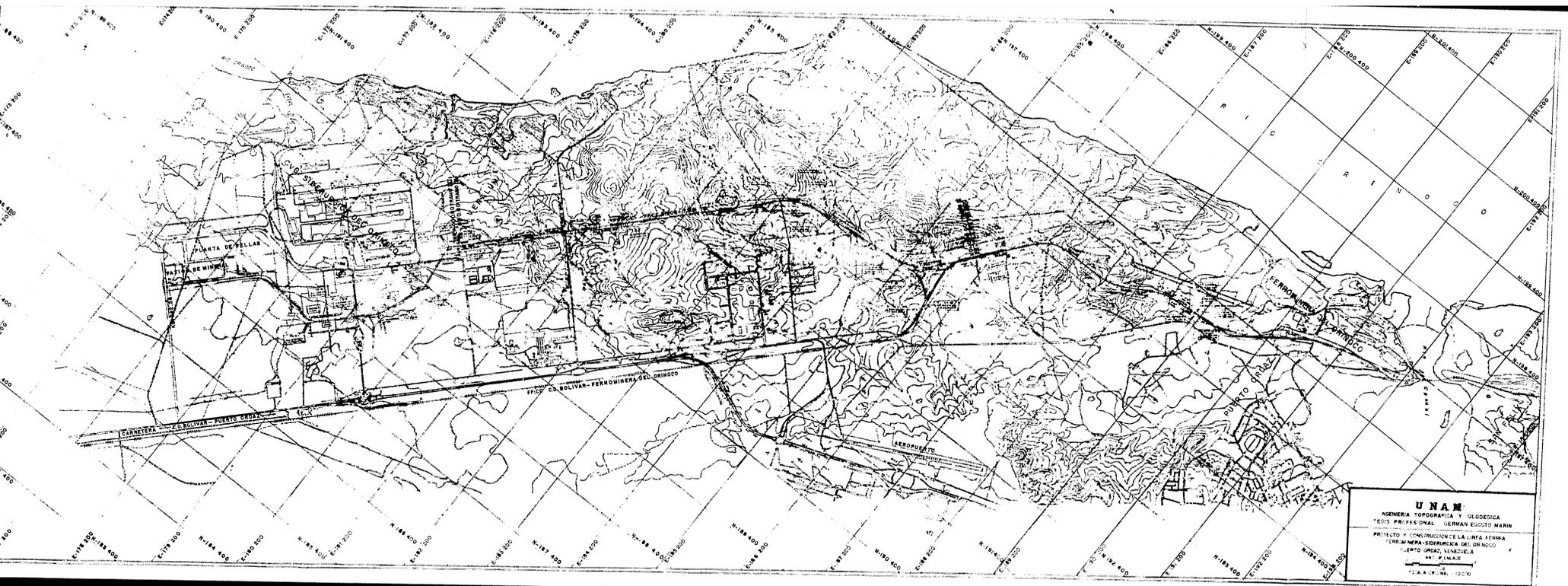
Antes de enfriar, con marro y cincel se recorta la escoria excedente y al enfriarse se procede a esmerilarse para terminar con el pulido del hongo.

NOTA: Las juntas de dilatación en el caso de vía elástica - únicamente se usan en los accesos de los puentes para evitar - la transmisión de esfuerzos por dilatación de la vía a la estructura del puente; así mismo son utilizadas antes y después de cada cambio con objeto de garantizar una completa inmovilidad del mismo, que siempre se coloca sobre piezas de madera, - la distribución de los durmientes para cambios se verá en la - figura No. 5.b.



PASO PARA VEHICULOS SOBRE LA VIA.





**UNAM**  
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEOLOGICA  
INGENIERO PROFESIONAL GERMAN EGGOY MARIN  
PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LA LINEA FERREA  
FERROVIARIA - FERROVIARIA DEL ORINOCO  
CANTON GUAYAS, VENEZUELA  
Escala 1:50,000  
AÑO 1950

BIBLIOGRAFIA GENERAL

1. ALONSO LERCH, FEDERICO.- Astronomía de Posición.- Edit. Apuntes de Clase.- México, D.F., 1975.
2. HIGASHIDA MIYABARA, SABRO.- Topografía General.- Edit. Privada.-México, D.F., 1971.
3. MARTIN GARCIA, MANUEL A. Y MARTIN GARCIA, JUAN A.- Apuntes de Geología.- Edit. Copigraf, S.L.- Madrid, 1966.
4. MEDINA PERALTA, MANUEL.- Lecciones de Astronomía de Posición.- Edit. Facultad de Ciencias UNAM.- México, D.F., 1972.
5. MONTES DE OCA, MIGUEL.- Topografía.- Cuarta Edición.- Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.- México, D.F., 1970.
6. NICHOLS, HERBERT L.- Movimiento de Tierras.- Traducción de la Segunda Edición en Inglés.- Edit. Cía. Editorial Continental, S.A.- México, 1981.
7. PALOMINO R., LUIS Y CEJUDO O., RAUL.- Apuntes de Fotogrametría.- -- Edit. Apuntes de Clase.- México, D.F., 1975-76.
8. RIZO HERNANDEZ, ROBERTO.- Aplicación de la Vía Elástica en la Rehabi

litación de la Línea "F".- Edit. Tesis Profesional UNAM.- México, D.F., 1967.

9. SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.- Primera Edición.- México, 1974.
10. SEDAS ACOSTA, SILVIO MANUEL.- Apuntes de Ferrocarriles.- Edit. I.P.N. México, D.F., 1975.
11. TOGNO, FRANCISCO M.- Ferrocarriles.- Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.- México, D.F. 1975.
12. TOSCANO, RICARDO.- Métodos Topográficos.- 9o. Tiro de la Decimocuarta Edición.- Edit. Porrúa, S.A.- México, D.F., 1977.
13. U.N.A.M.- Apuntes de Movimiento de Tierras.- Edit. Facultad de Ingeniería UNAM.- México, D.F., 1983.
14. U.N.A.M.- Construcción.- Edit. Facultad de Ingeniería UNAM.- México, D.F., 1981.