

4444

---

FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

INCORPORACION DEL FERROCARRIL COAHUILA Y ZACATECAS AL  
SISTEMA DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO.

UNICO

TESIS

Que para obtener el título de  
INGENIERO CIVIL  
presenta

ROLANDO ESCOBEDO CAMPOS

MEXICO, D. F.

1970.

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



**INCORPORACION DEL FERROCARRIL CHAMOLA Y ZACATECAS AL  
SISTEMA DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO.**

**UNICO**

**TESIS**

**Que para obtener el título de  
INGENIERO CIVIL**

**presenta**

**ROLANDO ESCOBEDO CAMPOS**

**MEXICO, D. F.**

**1970.**

**A MIS PADRES**  
con gratitud y cariño

**A MI HERMANO**  
por su desinteresada  
y valiosa ayuda

**A MIS HERMANAS**

A MI NOVIA  
con gran cariño

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

**A MIS MAESTROS  
con mi más sincero  
agradecimiento**

**A LA FACULTAD DE INGENIERIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de  
México

FACULTAD DE INGENIERIA  
Exámenes Profesionales  
Núm.40-  
Exp.Núm.40/214.2/1.-

Al Pasante señor Rolando ESCOBEDO CAMPOS  
P r e s e n t e

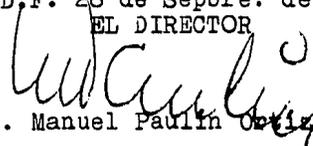
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el profesor Ingeniero J. Alonso Dobernig G., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

INCORPORACION DEL FERROCARRIL COAHUILA Y ZACATECAS  
AL SISTEMA DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE  
MEXICO

- "1. Antecedentes
2. Estudios económicos comparativos entre los ferrocarriles Coahuila y Zacatecas y Nacionales de México para seleccionar la solución óptima con la cual se pueda seguir operando la línea de ferrocarril Coahuila y Zacatecas.
3. Procedimiento de construcción y especificaciones para la formación de terracerías.
4. Estudios comparativos para vía standard o elástica costos y procedimientos de construcción.
5. Estudios topo-hidráulicos para el proyecto y construcción de las obras de drenaje en el desvío Gómez Farías, Coah. y Melville, Zac.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F. 28 de Sepbre. de 1970  
EL DIRECTOR

  
Ing. Manuel Paulín Ortiz

- ANTECEDENTES -

## A N T E C E D E N T E S

Se tiene la hipótesis de que el nacimiento de los ferrocarriles data del Imperio Romano, ya que fueron estos los que construyeron los primeros caminos técnicamente, chapeándolos con piedra y utilizando como medio de transporte los carruajes y diligencias.

Posteriormente, en la Edad Media, en Newcastle, Ing., se usaron carriles de madera en el transporte de productos de las minas de carbón, ya que de esa manera y debido en gran parte al considerar un mínimo rozamiento, se tenía economía en dicho transporte; pero viendo que su desgaste era rápido, optaron por chapear de hierro los carriles. En 1804 se dió otro gran paso al aplicar en los ferrocarriles el vapor como fuerza motriz para arrastrar los vehículos.

En el año de 1814 salió la primera locomotora, la "Rocket" de Jorge Stephenson, trabajó en las minas de carbón de Kellingworth y arrastró ocho carros de 30 toneladas. Su peso con tender era de ocho toneladas y su velocidad de 30 kilómetros por hora. El primer ferrocarril de pasajeros fue entre Stookton y Darlington (Norte de Inglaterra) y fue inaugurado el 27 de septiembre de 1825. En 1830 se inauguró el ferrocarril entre Liverpool y Manchester.

En adelante, el progreso de los ferrocarriles se acrecentó en toda Europa, a pesar de los detractores que tuvo, ya que desplazaba a las diligencias y otros medios de transporte en oposición al ferrocarril.

En 1827 varios comerciantes de Baltimore, EE.UU., dándose cuenta del éxito del ferrocarril en Inglaterra y con la idea de dar más auge a dicho puerto por medio del rápido transporte de sus mercancías, formaron una comisión que elaboró un proyecto para la construcción de la primera línea ferroviaria llamada "The Baltimore and Ohio Railway". En un principio se usó el sistema de tracción animal, pero en 1829 Pedro Cooper de New York construyó una locomotora de prueba en la Casa de Carros Mount Clare que se llamó "Tom Thumb" y que recorrió once millas en una hora y cuarto.

En Latino América, México fue el primero en implantar el Ferrocarril el 16 de septiembre de 1850, entre Veracruz y El Molino, 13.15 Kms.,

En el año de 1851 Perú construyó el ferrocarril entre el Callo y Lima; después fueron Brasil, Chile, Colombia en 1855 con la línea entre Colón y Aspinwall y por último Argentina en 1857.

En México, el 22 de agosto de 1837 se dió la primera concesión por el entonces Presidente de la República, señor Gral. Anastasio Bustamante a Don Francisco Arrillaga para el ferrocarril de México a Veracruz que no se construyó.

Los acreedores del camino carretero Perote-Veracruz el 31 de mayo de 1842 aceptaron construir un ferrocarril de Veracruz a Rfo San Juan, quedando terminado un tramo después de ocho años, el cual fue inaugurado el 16 de septiembre de 1850 abriendo el tráfico hasta El Molino, tramo de 13 Kms. La Asociación Mosso Hermanos, obtuvo concesión el 2 de agosto de 1855 para la construcción del ferrocarril Rfo San Juan-Acapulco, construyendo solamente seis kilómetros, de México a la Villa de Guadalupe, inaugurándose éste el 4 de julio de 1857, usándose la máquina de vapor construída en Inglaterra llamada "La Guadalupe".

En octubre 8 de 1870 se otorgó la concesión para el ferrocarril de México a Cuautitlán y en enero 1º de 1873 fue inaugurada la vía del Ferrocarril Mexicano desde México hasta el Puerto de Veracruz, siendo Presidente de la República Don Sebastián Lerdo de Tejada.

A partir de 1877 durante el primer período de Don Porfirio Díaz intervinó el capital extranjero a base de concesiones especiales por parte del Gobierno, dándosele facilidades en la construcción de vías férreas para la exportación de productos del país, razón por la cual creció la fiebre de contratos. Muchas vías férreas no se terminaron debido a las concesiones y bonificaciones que se otorgan por kilómetro terminado, por lo que las empresas prefieren tender más kilómetros de vía que tratar de vencer los problemas para poder terminar los tramos.

En 1903, la Secretaría de Hacienda dió a conocer el Decreto de la Cámara de Diputados en que autorizaba al Poder Ejecutivo para constituir una compañía o sociedad mexicana por acciones, que incorporara las propiedades de los ferrocarriles Nacional de México y Central Mexicano, creándose la Compañía Ferrocarriles Nacionales de México, S. A., siendo el Gobierno el poseedor del 51% de las acciones. El 6 de julio de 1907, el Presidente de la República informó el Decreto anterior, quedando fir-

mado el convenio de la incorporación de los dos ferrocarriles el 29 de febrero de 1908

El 25 de junio de 1937 el Presidente Gral. D. Lázaro Cárdenas expropió para utilidad pública la parte de bienes que pertenecían a accionistas privados, con el propósito de contar con un sistema propiedad de la Nación. El 1° de mayo de 1938 entró en vigor la Ley que creó la Administración de los Ferrocarriles Nacionales de México como una Dependencia Gubernamental Descentralizada.

Los ferrocarriles que se construyeron en aquella ocasión fueron: El Central Mexicano, El Nacional Mexicano, el Interoceánico, El Internacional Mexicano, el Mexicano del Sur, el Veracruz al Pacífico, el Pan Americano, el Nacional de Tehuantepec, el de Hidalgo, el de Coahuila y Zacatecas, el del Noroeste, el de México a Cuernavaca y El Pacífico, Del Distrito. En la actualidad se les designa con nombres especiales y así tenemos que se le llama línea México Ciudad Juárez al Ferrocarril Central Mexicano, línea México-Nuevo Laredo al Ferrocarril Nacional - Mexicano, etc.

Fue verdaderamente notable el crecimiento de la industria ferroviaria aún después de la Dictadura Porfiriana y a pesar de los diversos movimientos revolucionarios ocurridos. En efecto, en tanto que en 1905 los kilómetros en explotación llegaban a 16,630, al finalizar el año de 1926 el kilometraje de los ferrocarriles de concesión federal era de 22,700 Kms. En los siguientes años existiendo algunas disminuciones con motivo del levantamiento de vías efectuado en algunas partes del país el kilometraje alcanzado es:

1930 -	23,345+464
1940 -	22,800+000
1950 -	23,332+082
1960 -	23,392+585
1965 -	23,229+803
1969 -	23,618+938

Hasta el año de 1969, México ocupaba el 14° lugar en extensión de kilómetros de vías férreas en el mundo y el 5° lugar en América con 23 619 Kms., siendo los EE.UU., los que ocupan el 1° lugar con 341 200 Kms., siguiéndole la U.R.S.S., con 129 300 Kms., y el Canadá con 93 159 Kms.

Se observa que en los últimos 39 años el aumento del kilometraje ha sido escaso, debido a que la mayor parte de las vías férreas existentes datan de fines del siglo pasado y principios del presente y que, como consecuencia, existen tramos y terminales que ya no responden a las exigencias que imponen las necesidades actuales y las características del equipo moderno. Esta situación ha obligado a emprender un programa integral de modernización a fin de que el transporte ferroviario pueda desempeñar la función que le corresponde en nuestro desarrollo económico; para esto, es indispensable que la red actual de vías férreas preste un servicio eficiente, y también es de vital importancia, el mejoramiento de su estado físico y su extensión conforme a los requerimientos y previsiones correspondientes.

Dentro de este sistema ferroviario nacional, uno de los principales problemas que se han venido afrontando en la actualidad, es el de la diversidad de empresas de que está compuesto, hecho que reditúa en detrimento de su economía y en el de los servicios para los que fueron creados.

En su economía, dado que cada una de estas empresas tiene que solventar una Administración propia, considerando una planta de personal en activo y retirada; en la mala disposición y uso que se le da al equipo de transporte, así como los innumerables tiempos perdidos en los transbordos que se tienen que efectuar entre empresa y empresa.

En los servicios que se prestan al usuario, porque para éste lo fundamental para la consideración de un buen servicio, es la rapidez y la economía, cosas que no se le pueden brindar con eficiencia principalmente cuando se topan con el intercambio de servicios entre empresas.

Debido a lo anterior, se viene presentando una tendencia a unificar estas empresas con objeto de evitar dichos inconvenientes; lo que no ha podido efectuarse en un sólo movimiento por los problemas lógicos que representa y principalmente de carácter laboral. Sin embargo, ésta tendencia está latente y para tal objeto se han venido incorporando empresas de menor cuantía a otras de mayor envergadura para lograr el objetivo propuesto.

Así tenemos la incorporación de los ferrocarriles Occidental y Nazca al Ferrocarril del Pacífico, el agrupamiento de los Ferrocarriles

Unidos de Yucatán y el Ferrocarril del Sureste; y últimamente a los Ferrocarriles Nacionales de México, núcleo principal del Sistema, el Ferrocarril Coahuila y Zacatecas.

Este Ferrocarril Coahuila y Zacatecas aparece en México después de una serie de concesiones y trasposos efectuados desde 1693; el 15 de febrero de 1897 por medio de un contrato celebrado entre el Secretario de Comunicaciones y el Sr. Guillermo Purcell se acuerda construir el "Ferrocarril de Coahuila y Zacatecas" que partirá de Saltillo, pasando cerca de San Pedro y Bonanza y terminará en Concepción del Oro debiendo estar concluido para el 12 de junio de 1902.

El 5 de junio de 1897 el Sr. Guillermo Purcell cede a The Mazapil Copper Company Limited la concesión original modificada para el Ferrocarril de Coahuila y Zacatecas, así como el Ramal de Saltillo a la fundición "El Plomo". Esta compañía es propietaria de las minas que se localizan en Concepción del Oro y San Pedro de Ocampo, Zac.

En un principio dirigía este ferrocarril sólo personal inglés o norteamericano, y a los mexicanos los usaban en puestos de inferior categoría. Con el tiempo fueron sustituyendo los mexicanos a los extranjeros hasta ocupar todos los puestos en su sistema.

En 1957 dejó de pertenecer a The Mazapil Copper Company Limited, hoy Maccoozac, S.A., y pasó a ser Sociedad Anónima. En abril de 1959 se declaró en quiebra, suspendiendo el tráfico de trenes, por lo que intervino el Gobierno Federal, requisándolo y quedando a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y de la del Patrimonio Nacional desde el 23 de abril de 1959 en que se reanudó el servicio.

Su ingreso principal es el flete de minerales y su equipo de carga consiste en góndolas, furgones y plataformas construidas de madera, así como sus coches de pasajeros. Todo este equipo se construía y reparaba en sus propios talleres de Saltillo, Coah.

Su vía es angosta. Sus locomotoras eran de vapor y estuvieron en servicio hasta el 12 de julio de 1961, fecha en que cambió su fuerza tractiva por dos locomotoras Diesel eléctricas "General Motors". Después se compraron otras dos locomotoras, habiendo pasado una de las primeras a los entonces Ferrocarriles Unidos de Yucatán.

Todos sus trenes mixtos o de carga, hacen viajes redondos saliendo de Saltillo y tocando las principales estaciones como son Carneros y Fraile, Coahuila; Avalos, Concepción del Oro, San Pedro, Hacienda y Terminal de Providencia, Zacatecas. Los viajes redondos se hacen en un só lo día. Su línea principal es de 125.400 Kms., y sus ramales son: de Avalos a San Pedro 28 Kms.; de Bonanza a Hacienda 8 Kms., y de Avalos a Terminal de Providencia 10 Kms.

Sus líneas telegráficas y telefónica están apoyadas en postiería de maderas. Tiene 193 trabajadores en servicio y 103 jubilados.

El día 12 de mayo de 1970, por Decreto Presidencial, pasó a incorporarse a los Ferrocarriles Nacionales de México.

**ESTUDIOS ECONOMICOS COMPARATIVOS ENTRE LOS FERROCARRILES  
COAHUILA Y ZACATECAS Y NACIONALES DE MEXICO PARA SELEC -  
CIONAR LA SOLUCION OPTIMA CON LA CUAL SE PUEDA SEGUIR --  
OPERANDO LA LINEA DE FERROCARRIL COAHUILA Y ZACATECAS.**

ESTUDIOS ECONOMICOS COMPARATIVOS ENTRE LOS FERROCARRILES  
COAHUILA Y ZACATECAS Y NACIONALES DE MEXICO PARA SELEC -  
CIONAR LA SOLUCION OPTIMA CON LA CUAL SE PUEDA SEGUIR --  
OPERANDO LA LINEA DEL FERROCARRIL COAHUILA Y ZACATECAS.

De acuerdo con los datos proporcionados por la Secretaría de la Presidencia, en el año de 1967 se movió a lo largo de la línea un tonelaje promedio de 179 000 Tons., principalmente en productos minerales cuyo volumen nos reporta un 89% del flete total; de estos minerales los más representativos son ferrosos, concentrado de fierro, concentrado de sico, concentrado de plomo y concentrado cobrizo que unidos al transporte de combustible y maquinaria nos dan el total de los productos transportados.

El destino de este flete, principalmente va dirigido a Monterrey, Monclova, San Luis Potosí, Chihuahua y Torreón, por lo que toca a los minerales ferrosos y sus concentrados; a San Luis Potosí y Torreón el concentrado de cobre; a Monterrey el concentrado de plomo y el de sico a San Luis Potosí, entonces, de acuerdo con las estadísticas de esta Empresa, el tonelaje movido al sur de la región es de sólo 30 000 toneladas como promedio y el resto al norte del país.

El movimiento anterior, se viene efectuando con el equipo de transportes compuesto en total de dos locomotoras, nueve furgones, treinta-plataformas, un caboese y además cinco unidades de pasajeros y dos coches de express con los que se transportaron un promedio de 131 000 pasajeros, 12% de ellos en servicio de primera clase y el 88% en servicio de segunda, además 2 026 toneladas de express.

Siguiendo las estadísticas citadas, se tuvieron ingresos de operación por la cantidad de \$ 3 456 600.00, de los que los productos minerales aportaron \$ 2 414 862.73, y gastos por la cantidad de \$ 4 551 260.00, lo cual arroja un coeficiente de operación de 131.67

El flete produjo un ingreso de \$ 2 908 119.00; el pasaje ingresó \$ 244 162.00 y el express \$ 83 024.00; además se recibieron \$ 50 399.00 de otros ingresos. Se dedicaron \$ 1 126 881.00 para la conservación de vía y \$ 981 612.00 a la conservación de equipo; \$ 1 506 449.00 a transportes y el resto a otros gastos.

El personal compuesto de 296 personas, 193 en servicio y 103 jubilados, motivan erogaciones por \$ 4 084 575.00 por concepto de salarios,

incluidos \$ 950 275.00 destinados a jubilaciones. La conservación de vía y el transporte absorben 133 personas, 21 la administración y el resto a los servicios.

Considerando el proyecto de incorporación de este Ferrocarril - Coahuila-Zacatecas al sistema de los Ferrocarriles Nacionales de México, es menester estudiar los distintos aspectos que pudieran presentarse con tal motivo, a fin de determinar la mejor solución económica posible. Bajo esta base se puede presentar:

- 1.- Que se mantenga la situación actual.
- 2.- Que los Ferrocarriles Nacionales de México sustituyan parte del trazo actual del Ferrocarril Coahuila-Zacatecas mediante la construcción de un desvío.
- 3.- Que se levante el Ferrocarril Coahuila-Zacatecas y se construya un camino entre Concepción del Oro y Gómez Farías, Coah.

Ya que los actuales fletes se rigen bajo una tarifa que en general es más elevada que la que se lleva vigente en los Nacionales de México, la incorporación del Coahuila-Zacatecas manteniendo la misma vía, representaría una disminución en los ingresos por fletes, ya que estos tendrían que regirse a lo estipulado por los Nacionales de México y además se consolidarían las distancias, es decir, que se tendría que cobrar desde el punto de embarque hasta su destino final; esta consolidación redundaría exclusivamente en beneficio de los usuarios.

Posiblemente parte de los egresos disminuyan considerando la supresión de gastos de administración y de operación por personal que se eliminará en el momento de la incorporación definitiva.

Si se mantiene la situación actual, se seguirá conservando la pérdida que se tiene en la operación, aproximadamente \$ 1 000 000.00 anualmente, con tendencia a que aumente, según se incrementen los salarios y la conservación de vía y equipo.

En el caso de la construcción de un ramal que uniera las estaciones de Gómez Farías, Coah., K-B-852+000 AD - Km. B-846+765. 36 AT y Melville K-77+398.37 sobre la línea del Ferrocarril Coahuila-Zacatecas, la situación de los ingresos también resultaría afectada al aplicarse la tarifa de los Nacionales de México; pero también debe

tomarse en consideración la disminución de los egresos al disminuir a su vez la longitud de vía por conservar ya que parte de su operación se llevaría a cabo por la actual línea "B" México-Laredo. Se tendrían menores costos de operación de tomarse como origen la estación de Gómez Farías y también se dejaría de pagar a las tripulaciones recorridos en vía de tercer riel; además, el usuario resultaría beneficiado al eliminársele el cargo por transbordo de \$ 4.50 por tonelada.

Los costos en que se incurriría serían los correspondientes a la conservación de la nueva vía, la operación a partir de la estación de Gómez Farías, los cargos anuales por inversión que más adelante se verán y algunos salarios adicionales al personal de los Nacionales de México.

A partir de lo anterior, se ha efectuado un estudio tendiente a comparar los costos de operación, tomando en cuenta las siguientes alternativas:

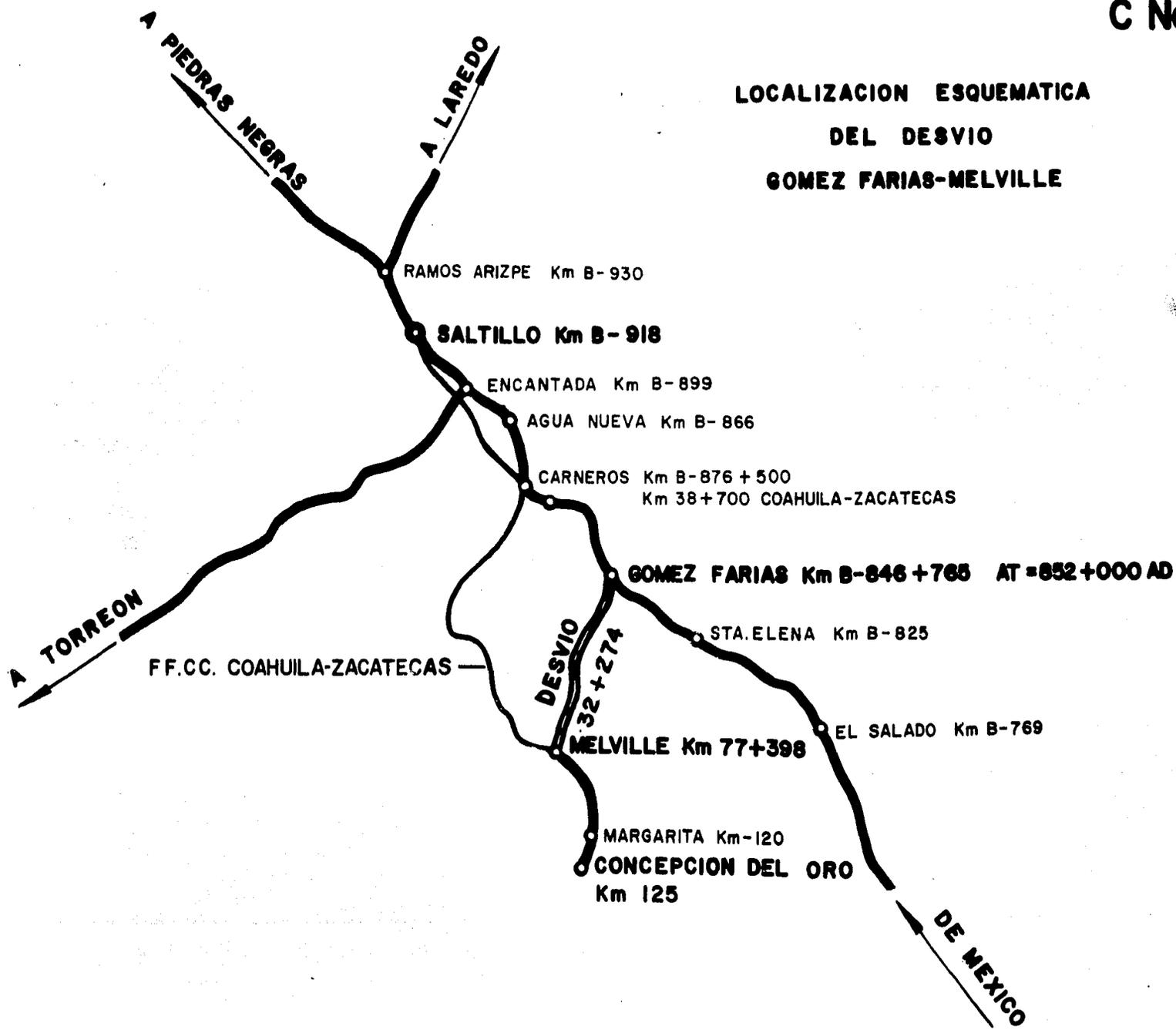
1.- Costos de operación en la actual línea del Ferrocarril - Coahuila-Zacatecas con origen en Saltillo, Coah., K-0+000 y destino en Concepción del Oro, Zac., K-125+400 con vía angosta (escantillón=0.914 mts.) en toda su longitud.

2.- Costos de operación para la actual línea del Ferrocarril - Coahuila-Zacatecas, considerando su ensanchamiento (escantillón = 1.435 m.) y rectificación de la misma entre los Kms. 40+500 y 47+200 53+500 y 54+700, 66+400 y 71+000, 75+500 y 78+000, 88+500 y 89+800, finalmente del 113+000 al 117+600 con un acortamiento de 2.8 Km.; - con origen en Saltillo, Coah., y destino en Concepción del Oro, Zac.

3.- Costos de operación considerando la construcción de un desvío que conecte la estación de Gómez Farías, Coah., Km. B-852+000 AD-K-B-846+763.36 AT con Melville, K-77+398.37 del Ferrocarril Coahuila-Zacatecas aprovechando para la operación el tramo de la actual línea "B" México-Laredo entre Gómez Farías y Carneros, Coah., K-B-876+500 punto común a ambas líneas.

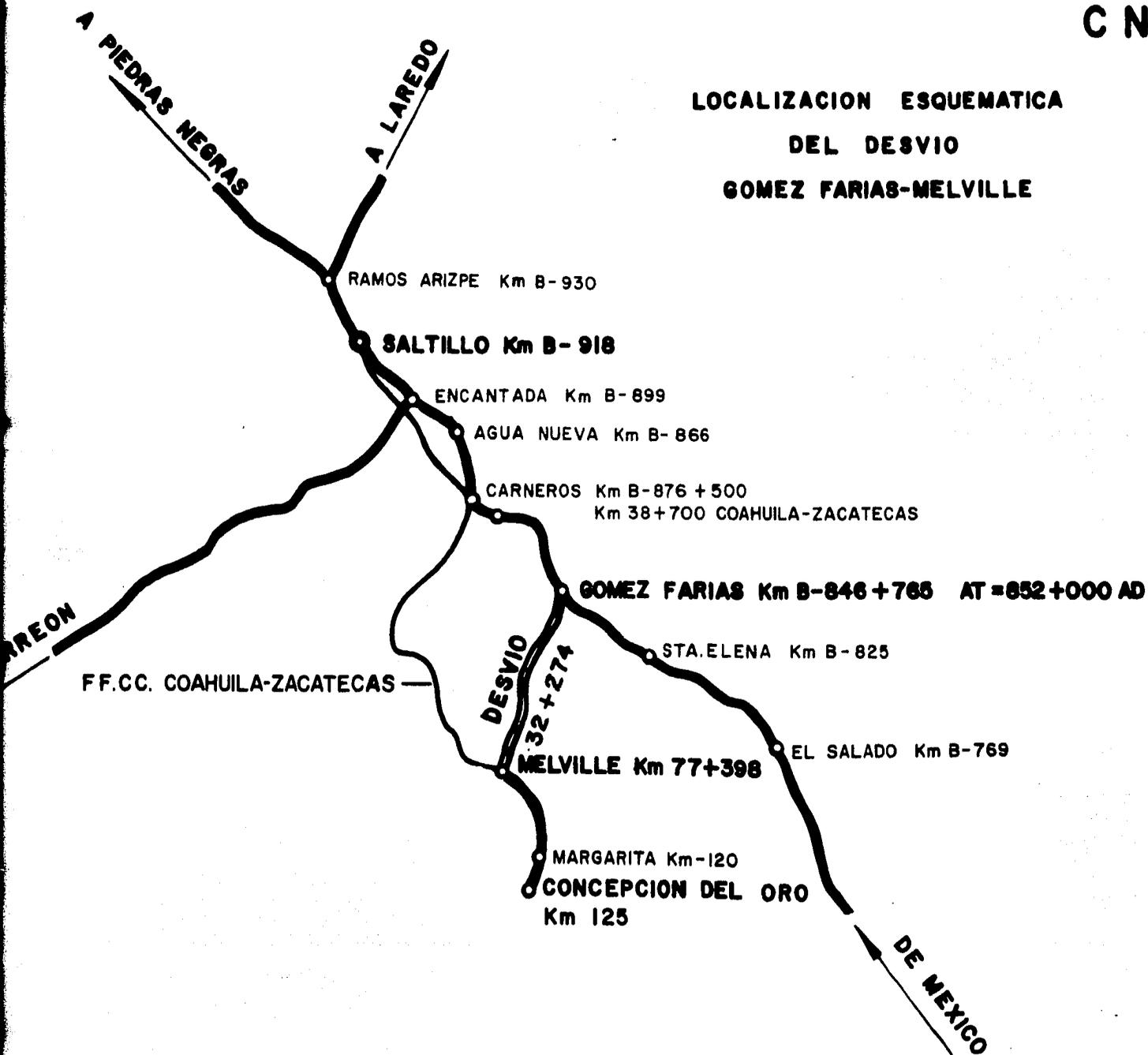
4.- Costos de operación entre Carneros, Coah., y Concepción del Oro, Zac., utilizando el servicio de trailer, con objeto de eliminar el servicio ferroviario.

LOCALIZACION ESQUEMATICA  
DEL DESVIO  
GOMEZ FARIAS-MELVILLE



C No I

LOCALIZACION ESQUEMATICA  
DEL DESVIO  
GOMEZ FARIAS-MELVILLE



Para el estudio de la primera alternativa se considera la operación con locomotora clase DE-28 con potencia normal para tracción de 800 H.P., y para los dos siguientes, locomotora DE-24 con potencia normal para tracción de 1800 H.P.- En los tres casos, la secuela de cálculo para la obtención de los costos de operación parte de obtener la resistencia de la locomotora aplicando para tal efecto la ecuación de Davis, considerando su peso, número de ejes y la velocidad promedio con que se efectúa la operación. Con la potencia normal de tracción se ha calculado la fuerza tractiva de la locomotora para obtener así la disponible en el acoplador. Partiendo de la misma fórmula de Davis, se obtiene la resistencia de los carros tanto cargados como vacíos considerando su peso, número de ejes y la misma velocidad de operación para calcular el número de carros en ambos casos a partir de la fuerza tractiva en el acoplador y la resistencia de los carros así obtenida. Basta determinar entonces el peso del tren completo para plantear dos ecuaciones lineales en función del tonelaje ecuacionado y del factor carros para que al hacerlas simultáneas se obtengan estas dos últimas incógnitas.

De esta forma se determinará para cada una de las tres primeras alternativas la composición del tren que deberá operar con un tonelaje ideal para las condiciones de equipo utilizado y geométricas de la línea.

### SECUELA DE CALCULO

#### CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL P. C. COAHUILA-ZACATECAS

ORIGEN:	Saltillo, Coah., K-0+000
DESTINO:	Concepción del Oro, Coah., K-125+400
LONGITUD:	125.400 Kms.
GRADO MAX. DE CURVATURA:	10°00'
PEND. MAX. COMPENSADA:	2.00%
DEFLEKION TOTAL:	2277°00'
TIEMPO DE RECORRIDO:	4.52 Hs.
VELOCIDAD PROMEDIO:	27.7 KPH.
ESCANTILLON:	0.914 M.

#### OPERACION.-

Locomotora Clase DE-28 serie Nos. 5400 a 5416 para patio y camino.

Potencia normal para tracción = 800 H.P.

Fuerza tractiva continuada = 9845 Kg. (21700 lbs.) a 17.2 KPH=10.7 MPH

Número de ejes. = 4.

Peso =

55 Tons.

Furgones: 32' x 7'6" con tara de 16.4 tons. y capacidad de carga de 27.2 tons.

1.- Resistencias:

$$R = 0.65 = 0.65 + \frac{13.2}{V} + 0.014 V + \frac{0.0078 V^2}{nW}$$

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{13.75} + 0.014 \times 27.7 + \frac{0.0078 (27.7)^2}{55}$$

$$R = 2.11 \text{ Kg/ton. met.}$$

Resistencia total en vía recta y a nivel:

$$R_T = 55 \times 2.11$$

$$R_T = 116 \text{ Kg.}$$

Resistencia por pendientes:

$$R_p = 0.02 \times 55000 = 1100 \text{ Kg.}$$

$$R = 1100 + 116$$

$$R = 1216 \text{ Kg. de la locomotora}$$

2.- Fuerza tractiva en el acoplador.-

$$FT = \frac{270 \text{ HP}}{V} = \frac{270 \times 800}{27.7} = 7798 \text{ Kg.}$$

$$FT \text{ acoplador} = 7798 - 1216 = 6582 \text{ Kg.}$$

3.- Resistencia de carros de 43.6 ton. met.; dos trucks, dos ejes.

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{V} + 0.014 V + \frac{0.0078 V^2}{nW}$$

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{10.9} + 0.014 \times 27.7 + \frac{0.0078 (27.7)^2}{43.6}$$

$$R = 2.39 \text{ Kg/ton.met.}$$

Resistencia total en vía recta y a nivel.

$$R_T = 43.6 \times 2.39$$

$$R_T = 104 \text{ Kg.}$$

Resistencia por pendiente.

$$R_p = 0.02 \times 43,600 = 872 \text{ Kg.}$$

$$R = 104 + 872$$

R = 976 Kg. de los carros cargados.

4.- Número de carros.-

$$N_o = \frac{PT \text{ acoplador}}{R \text{ carros.}}$$

$$N_o = \frac{6582}{976}$$

$$N_o = 7 \text{ unidades.}$$

5.- Peso del tren.

$$\begin{aligned}
W_{\text{TREN}} &= W_{\text{LOCOMOTORA}} + N_o \times W_{\text{Carros.}} \\
&= 55 + 7 (43.6) \\
&= 360.2 \text{ Tons. para las condiciones de} \\
&\quad m = 2.00 \% \text{ y } V = 27.7 \text{ KPH.}
\end{aligned}$$

6.- Considerando el equipo vaefo:

$$R = 0.65 + \frac{11.2}{4.1} + 0.014 \times 27.7 + \frac{0.0078 (27.7)^2}{16.4}$$

$$R = 4.62$$

$$R_T = 16.4 \times 4.62 = 76 \text{ Kg.}$$

$$R_p = 0.02 \times 16400$$

$$R_p = 328 \text{ Kg.}$$

$$R = 328 + 76 = 404 \text{ Kg.}$$

$$N_o = \frac{6582}{404} = 16 \text{ unidades.}$$

$$\begin{aligned}
W_{\text{TREN}} &= 55 + 16 (16.4) \\
&= 317.4 \text{ ton. bajo las mismas condiciones.}
\end{aligned}$$

7.- Factor carro y tonelaje ecuacionado.

$$TE = 360.2 + 7 f_o$$

$$TE = 317.4 + 16 f_o$$

$$360.2 + 7 f_o = 317.4 + 16 f_o$$

$$f_o = \frac{42.8}{9}$$

$$f_o = 4.76$$

$T_E = 360.2 + 7 (4.76) = 393.52$  Tons. ecuacionadas.

8.- Costo horario de operación de la locomotora.  
Consumo de combustible a 27.7 KPH como promedio, 190 lts. diesel por hora con tiempo de recorrido de 4.52 hrs.

a) Costo de combustible 4.52 x 190x\$0.34.	\$	291.99
b) Lubricantes y accesorios (24% del costo anterior)		70.08
c) Mantenimiento terminal (salarios)		27.00
d) Tripulación (tren completo)		385.00
e) <u>Refacciones = 0.18x2,500,000.00x4.52 hs.=</u> 365 x 24 hs.		232.19
f) M.de O.reparaciones (20% costo refacciones)		46.44
g) Interés capital invertido (5% en 20 años)		75.77
h) Amortización (34,000 horas) en 4.52 hrs.		209.28
i) Costo directo Admón.local (15% subtotal)		<u>200.66</u>

Costo locomotora en 4.52 hs.para 125.4 Km.....\$ 1,538.41

9.- Costo horario del equipo de carga.-

Costo de cada unidad = \$ 150,000.00

Mantenimiento anual = 4 % del costo.

Inicial incluyendo lubricantes, accesorios. Vida útil 30 años.

a) Mantenimiento = $\frac{0.04 \times 150,000.00}{365 \times 4.52}$	\$	3.64
b) Interés capital invertido (5%) en 20 años.		
$\frac{0.05 \times 150,000.00}{365 \times 4.52}$		4.55
c) Amortización = $\frac{150,000.00}{30 \times 365 \times 4.52}$		3.04
d) Costo directo administración (15% sub-total)		<u>1.44</u>

Costo carro en 4.52 hs.para 125.4 Km.....\$ 12.67

10.-Costo tren hora.

$1538.41 + 12.67 (7) = \$ 1,627.10$

11.- Costo tren kilómetro.

$\frac{1538.41 + 12.67 (7)}{27.7} = 58.74$

COSTOS DE OPERACION.

Por curvatura.

$\frac{2277^\circ}{330^\circ} = 9 \text{ kms.} \times 1500.00 \times 12 \text{ meses} \quad \$ \quad 124,200.00$

Por pendiente:

$\frac{179,000 \text{ Tons.} \times 4.52 \times 1627.10}{400 \text{ ton.}} \quad 3,291,135.17$

Por conservación de vías:

125.4 x 12 x 1500.00

2.257,200.00

TOTAL.....\$ 5.672,535.17

Costo Ton. =  $\frac{5.672,535.17}{179,000}$  = \$ 31.69 Costo Ton-Kms.  $\frac{31.69}{125.4}$  = \$ 0.25

**PRIMERA ALTERNATIVA**

Considerando el ensanchamiento y rectificaciones parciales de la línea, - sus características geométricas cambian a decir:

ORIGEN:	Saltillo, Coah., K-0+000.
DESTINO:	Concepción del Oro, Coah. K-125+400.
LONGITUD:	122.6 Kms.
GRADO MAX. DE CURVATURA:	4°00'
PEND. MAX. COMPENSADA:	2°00'
DEFLEXION TOTAL:	1594°00'
TIEMPO DE RECORRIDO:	3.80 hs.
VELOCIDAD PROMEDIO:	35 KPH.
ESCANTILLON:	1.435 Mts.

**OPERACION.-**

Locomotora clase DE24 Series Nos. 7400 a 7472 ALCO para patio y camino.  
 Potencia normal para tracción = 1800 H.P.  
 Fuerza tractiva continuada = 36070 Kg. (79500 lbs.) a 9.3 KPH.  
 (5.8 M.P.H.)  
 Número de ejes. = 6  
 Peso. = 150 Tons.  
 Furgones: 40'6" x 10'7" x 10' con tara de 21.2 tons. y capacidad de carga de 49.9 tons.

**1.- Resistencias:**

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{25} + 0.014 \times 35 + \frac{0.0078 (35)^2}{150}$$

$$R = 1.73 \text{ Kg/ten. met.}$$

$$R_T = 150 \times 1.73$$

$$R_T = 260 \text{ Kg.}$$

$$R_p = 0.02 \times 150,000 = 3,000 \text{ Kg.}$$

$$R = 3000 + 260$$

$$R = 3260 \text{ Kg. de la locomotora.}$$

**2.- Fuerza tractiva en el acoplador:**

$$FT = \frac{270 \text{ HP}}{V} = \frac{270 \times 1800}{35} = 13886 \text{ Kg.}$$

$$FT \text{ acoplador} = 13,886 - 3,260 = 10,626 \text{ Kg.}$$

3.- Resistencia de carros de 71.1 ton. met.; dos trucks, dos ejes

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{17.8} + 0.014 \times 35 + \frac{0.0078 (35)^2}{71.1}$$

$$R = 1.89 \text{ Kg/ton. met.}$$

$$R_T = 71.1 \times 1.89 = 134 \text{ Kg.}$$

$$R_p = 0.02 \times 71100 = 1422 \text{ Kg.}$$

$$R = 1422 + 134$$

R = 1556 Kg. de los carros cargados.

4.- Número de carros:

$$N_c = \frac{FT \text{ acoplador}}{R \text{ carros}} = \frac{10,626}{1556}$$

$$N_c = 7 \text{ unidades.}$$

5.- Peso del tren:

$$W_{TREN} = W_{LOCOMOTORA} + N_c \times W \text{ carros.}$$

$$\begin{aligned} &= 150 + 7 (71.1) \quad \text{para las condiciones de} \\ &= 647.7 \text{ ton.} \quad M = 2.00\% \text{ y } V = 35 \text{ KPH.} \end{aligned}$$

6.- Considerando el equipo vacío:

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{5.3} + 0.014 \times 35 + \frac{0.0078 (35)^2}{21.1}$$

$$R = 4.08 \text{ Kg/ton met.}$$

$$R_T = 21.1 \times 4.08 = 86 \text{ Kg.}$$

$$R_p = 0.02 \times 21100 = 422 \text{ Kg.}$$

$$R = 422 + 86$$

R = 508 Kg. de los carros vacíos.

$$N_c = \frac{10626}{508} = 21 \text{ Unidades}$$

$$W_{TREN} = 150 + 21 (21.2)$$

$$= 595.2 \text{ Ton.}$$

##

7.- Factor carro y tonelaje ecuacionado:

$$TE = 647.7 + 7 \text{ fo}$$

$$TE = 595.2 + 21 \text{ fo}$$

$$647.7 + 7 \text{ fo} = 595.2 + 21 \text{ fo}$$

$$\text{fo} = \frac{52.5}{14} = 3.75$$

$$TE = 647.7 + 7(3.75) = 673.95 \text{ tons. ecuacionadas.}$$

8.- Costo horario de operación de la locomotora:

Consumo de combustible a 35 KPH.

como promedio, 400 lts. diesel por hora con tiempo de 3.80 hs.

a) Costo de combustible: 3.80 x 400 x 0.34	\$ 516.80
b) Lubricantes y accesorios (24% del costo anterior)	124.03
c) Mantenimiento terminal (salarios)	45.00
d) Tripulación (tren completo)	425.00
e) Refacciones = $\frac{0.18 \times 4,375,000.00 \times 3.80}{365 \times 24 \text{ hs.}}$	341.55
f) M. de O. reparaciones (20% del costo de refacciones)	68.31
g) Interés capital invertido (5% en 20 años)	157.71
h) Amortización (54,000 horas) en 3.80 hs.	105.14
i) Costo directo Admón. local (15% sub-total)	<u>267.53</u>

Costo locomotora en 3.80 hs. para  
122.6 Km. \$ 2,051.07

9.- Costo horario del equipo de carga:

Costo de cada unidad = \$ 250,000.00

Mantenimiento anual = 4% del costo inicial incluyendo lubricantes, accesorios, etc. vida útil 30 años.

a) Mantenimiento = $\frac{0.04 \times 250,000.00}{365 \times 3.80 \text{ hs.}}$	\$ 7.21
b) Intereses capital invertido (5% en 20 años)	
$\frac{0.05 \times 250,000.00}{365 \times 3.80 \text{ hs.}}$	9.01
c) Amortización = $\frac{250,000}{30 \times 365 \times 3.80 \text{ hs.}}$	6.01
d) Costo directo administración (15% sub-total)	<u>3.34</u>
Costo carro en 3.80 hs. para 122.6 Km.	\$ 25.57

10.- Costo tren hora:

$$2,051.07 + 25.57 (7) = \$ 2,230.06$$

11.- Costo tren kilómetro:

$$\frac{2,051.07 + 25.57 (7)}{35} = \$ 63.72$$

**COSTOS DE OPERACION.-**

Por curvatura:

$\frac{1594^\circ}{330^\circ} = 4.83 \text{ Kms.} \times 1200.00 \times 12 \text{ meses} \quad \$ \quad 69,552.00$

Por pendientes:

$\frac{179,000 \text{ ton.} \times 3.80 \times 2,230.06}{674 \text{ ton.}} \quad 2,250,573.65$

Por conservación de vías:

$122.6 \times 12 \times 1200.00 \quad 1,765,440.00$

TOTAL:-----\$ 4,085,565.65

Costo ton. =  $\frac{4,085,565.65}{179,000} = 22.82$

Costo Ton-Km. =  $\frac{22.82}{122.6} = \$ 0.19$

**SEGUNDA ALTERNATIVA**

Se considera la construcción de un desvío que conecte las estaciones de Gómez Farias, Coah., K. B-852+000 AD - K-B-846+763.36 AT. y Melville, Coah., K-77+398.37 del F. C. Coahuila-Zacatecas, aprovechando para la operación el tramo de la actual línea "B" México-Laredo entre Gómez Farias, Coah., y Carneros, Coah., K-B-876+500, punto común a ambas líneas.

**CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.-**

ORIGEN:	Carneros, Coah., K-B-876+500
DESTINO:	Melville, Coah., K-77+398.37
LONGITUD:	56.774 Kms.
GRADO. MAX. DE CURVATURA:	4° 00'
PEND. MAX. COMPENSADA:	1.50 ‰
DEFLEXION. TOTAL:	1116° 00'
TIEMPO DE RECORRIDO	1.33 hs.
VELOCIDAD PROMEDIO	55 KPH.
ESCAÑTILLON	1.435 Mts.

**OPERACION:-**

Locomotora clase DE-24 series Nos. 7400 a 7472 ALCO para patio y camino.  
 Potencia normal para tracción = 1800 H.P.  
 Fuerza tractiva continuada = 36070 Kg.(79500 lbs.) a 9.3 KPH.  
 (5.8 M.P.H.)  
 Número de ejes. = 6  
 Peso = 150 ton.  
 Furgones: 40'6" x 10'7" x 10' con tara de 21.2 ton. y capacidad de carga de 49.9 tons.

## 1.- Resistencias:

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{25} + 0.014 \times 55 + \frac{0.0078(55)^2}{150}$$

$$R = 2.11 \text{ Kg/ton. mét.}$$

$$R_T = 150 \times 2.11 = 316 \text{ Kg.}$$

$$R_p = 0.015 \times 150,000 = 2250 \text{ Kg.}$$

$$R = 2250 + 316$$

$$R = 2566 \text{ Kg. de la locomotora.}$$

## 2.- Fuerza tractiva en el acoplador:

$$FT = \frac{270 \text{ HP}}{V} = \frac{270 \times 1800}{55} = 8836 \text{ Kg.}$$

$$FT \text{ acoplador} = 8836 - 2566 = 6270 \text{ Kg.}$$

## 3.- Resistencia de los carros de 71.1 ton., dos trucks, dos ejes.

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{17.8} + 0.014 \times 55 + \frac{0.0078(55)^2}{71.1}$$

$$R = 2.49 \text{ Kg/ton. mét.}$$

$$R_T = 71.1 \times 2.49 = 177 \text{ Kg.}$$

$$R_p = 0.015 \times 71100 = 1067 \text{ Kg.}$$

$$R = 1067 + 177$$

$$R = 1244 \text{ Kg. de los carros cargados.}$$

## 4.- Número de carros:

$$N_c = \frac{FT \text{ acoplador}}{R_{\text{carros}}} = \frac{6270}{1244}$$

$$N_c = 5 \text{ unidades.}$$

## 5.- Peso del tren:

$$W_{\text{TREN}} = 150 + 5(71.1) = 505.5 \text{ ton.}$$

para las condiciones de 1.50% = m.  
y V = 55 KPH.

## 6.- Considerando el equipo vacío:

$$R = 0.65 + \frac{13.2}{5.3} + 0.014 \times 55 + \frac{0.0078(55)^2}{21.1}$$

R = 5.03 Kg/ton. met.

$R_T = 21.1 \times 5.03 = 106 \text{ Kg.}$

$R_p = 0.015 \times 21,100 = 317 \text{ Kg.}$

R = 317 + 106

R = 423 Kg. de los carros vacíos.

$N_c = \frac{6270}{423} = 15 \text{ Unidades.}$

$WTREN = 150 + 15 (21.2)$   
 = 466.5 Ton.

7.- Factor carro y tonelaje ecuacionado:

TE = 505.5 + 5 fo

TE = 466.5 + 15 fo

505.5 + 5 fo = 466.5 + 15 fo

$fo = \frac{39}{10} = 3.90$

TE = 505.5 + 5 (3.90) = 525 tons. ecuacionadas.

8.- Costo horario de operación de la locomotora:

Consumo de combustible a 55 KPH. como promedio - 430 lts. diesel por hora con tiempo de recorrido de 1.33 hs.

a) Costo de combustible: $1.33 \times 4.30 \times 0.34$	\$	194.45
b) Lubricantes y accesorios (24% del costo anterior).		46.67
c) Mantenimiento terminal (salarios)		45.00
d) Tripulación (tren completo)		425.00
e) Refacciones = $\frac{0.18 \times 24,375,000.00 \times 1.33}{365 \times 24}$		119.56
f) M.de O. reparaciones (20% del costo de refacciones).		23.91
g) Interés capital invertido (5% en 20 años)		450.61
h) Amortización (54,000 Hs.) en 1.33 hs.		300.41
i) Costo directo Admón local (15% sub-total)		240.84
Costo locomotora en 1.55 hs. para 56.774 Kms.	\$	1,846.45

9.- Costo horario del equipo de carga:

Costo de cada unidad = \$ 250,000.00

Mantenimiento anual = 4% del costo inicial incluyendo lubricantes, accesorios, etc. Vida útil 30 años.

a) Mantenimiento = $\frac{0.04 \times 250,000.00}{365 \times 1.33}$	\$	20.60
b) Interés capital invertido (5% en 20 años)		
$\frac{0.05 \times 250,000.00}{365 \times 1.33}$		25.74

R = 5.03 Kg/ton. met.

$R_T = 21.1 \times 5.03 = 106 \text{ Kg.}$

$R_p = 0.015 \times 21,100 = 317 \text{ Kg.}$

R = 317 + 106

R = 423 Kg. de los carros vacíos.

$Nc = \frac{6270}{423} = 15 \text{ Unidades.}$

WIREN = 150 + 15 (21.2)  
= 466.5 Ton.

7.- Factor carro y tonelaje ecuacionado:

TE = 505.5 + 5 fo

TE = 466.5 + 15 fo

505.5 + 5 fo = 466.5 = 15 fo

$fo = \frac{39}{10} = 3.90$

TE = 505.5 + 5 (3.90) = 525 tons. ecuacionadas.

8.- Costo horario de operación de la locomotora:

Consumo de combustible a 55 KPH, como promedio - 430 lts. diesel por hora con tiempo de recorrido de 1.33 hs.

a) Costo de combustible: 1.33 x 4.30 x 0.34	\$	194.45
b) lubricantes y accesorios (24% del costo anterior).		46.67
c) Mantenimiento terminal (salarios)		45.00
d) Tripulación (tren completo)		425.00
e) Refacciones = $\frac{0.18 \times \$4,375,000.00 \times 1.33}{365 \times 24}$		119.56
f) M.de O. reparaciones (20% del costo de refacciones).		23.91
g) Interés capital invertido (5% en 20 años)		450.61
h) Amortización (54,000 Hs.) en 1.33 hs.		300.41
i) Costo directo Admón local (15% sub-total)		240.84
Costo locomotora en 1.55 hs. para 56.774 Kms.	\$	1,846.45

9.- Costo horario del equipo de cargas

Costo de cada unidad = \$ 250,000.00

Mantenimiento anual = 4% del costo inicial incluyendo lubricantes, accesorios, etc. Vida útil 30 años.

a) Mantenimiento = $\frac{0.04 \times 250,000.00}{365 \times 1.33}$	\$	20.60
b) Interés capital invertido (5% en 20 años)		
$\frac{0.05 \times 250,000.00}{365 \times 1.33}$		25.74

c) Amortización =  $\frac{250,000}{30 \times 365 \times 1.33}$  = \$ 17.17

d) Costo directo por Admón (15 % sub-total) 9.53  
 Costo carro en 1.33 hs. para 56.774 km. \$73.04

10.- Costo tren horas:

$1.846.45 \times 73.04 (5)$  = \$ 2,211.65

11.- Costo tren kilómetros:

$\frac{1846.45 + 73.04 (5)}{55}$  = \$ 40.21

COSTOS DE OPERACION.-

Por curvaturas:

$\frac{1116^\circ}{330^\circ} = 3,382 \text{ Kms.} \times 1200.00 \times 12 \text{ meses}$  \$ 48,700.80

Por pendiente

$\frac{179,000 \text{ ton.}}{525 \text{ ton.}} \times 1.33 \times 2,211.65$  1.002,902.55

Por conservación de vía.

$56.774 \times 12 \times 1200.00$  817,545.60

TOTAL:-----\$ 1.869,148.95

Costo Ton =  $\frac{1.869,148.95}{179,000}$  = \$ 10.44

Costo Ton-Km. =  $\frac{10.44}{56.774}$  = \$ 0.16

Análisis de costos para la operación entre Carneros, Coah., y Concepción del Oro, Zac., utilizando el servicio de trailer.

DESTINO: Carneros, Coah., K-38+700.  
ORIGEN: Concepción del Oro, Zac., K-125+000  
LONGITUD: 86.300 Kms.  
VELOCIDAD MEDIA: 40 KPH.  
TIEMPO DE RECORRIDO: 2.16 hs.+ 2.0 hs. por maniobras.  
EQUIPO: Trailer 240 H.P.  
CAPACIDAD DE CARGA: 18,000 Kg.

Precio adquisición \$ 650,000.00

Valor por depreciar \$ 650,000.00

VIDA ECONOMICA: 4 años, 1200 Hs./año.  
PROMEDIO INVERSION ANUAL = 60%

1.-CARGOS FIJOS (por año)

- a) Depreciación. 25%
- b) Intereses, impuestos, seguros y almacenamiento. 8%
- c) Mantenimiento y reparaciones. 20%
- SUMA:- 53%

Costo por hora  $\frac{0.53 \times 600,000.00}{1200}$  \$ 265.00

2.- Consumos por hora.

- a) Diesel 0.1514x240 H.P.x \$0.52 = 13.45
  - b) Aceite motor 0.00307 x 240 H.P. x \$ 5.00 = 3.70
  - c) Aceite cambio 18 Lts./100 hs. x \$5.00 = 0.90
  - d) Grasa, estopa, fil - tros, etc. 1.00
- \$ 19.05

3.- SALARIOS.

- a) Operador \$ 100.00
  - b) Ayudante 40.00
- \$ 140.00

Por hora:  $\frac{\$140.00 \times 365}{1200}$  \$ 42.58

RESUMEN:

CARGOS FIJOS. \$ 265.00  
 CONSUMOS. 19.05  
 SALARIOS. 42.58  
 SUMA:-----\$ 326.63

COSTO POR VIAJE: \$326.63 x 4.16 hs = \$ 1,358.78

COSTO POR TONELADA:  $\frac{\$1,358.78}{18 \text{ Ton.}}$  = \$ 75.49/Ton.+ \$4.50 por transbordos.

COSTO POR TONELADA-KILOMETRO:  $\frac{79.99}{86.3}$  = \$ 0.93 Ton/Km.

CUADRO COMPARATIVO.

<u>ALTERNATIVA</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>DESTINO</u>	<u>ESCAVA%</u>	<u>LONG.KM.</u>	<u>G</u>	<u>PEND.</u>
1.- Trazo actual.	Saltillo	C.del Oro	0.914	125.4	10°	2.0%
2.- Rectificación trazo actual	Saltillo	C.del Oro	1.435	122.6	4°	2.0%
3.- Desvío	Carneros	Melville	1.435	56.774	4°	1.5%

C O S T O S

<u>VELOCIDAD</u>	<u>TIEMPO</u>	<u>TREN-HORA</u>	<u>TREN KM.</u>	<u>TONELADA</u>	<u>TON.KM.</u>
1.- 27.7 KPH.	4.52 Hs.	\$1,627.10	\$ 58.74	\$ 31.69	\$ 0.25
2.- 35 KPH.	3.80 Hs.	2,230.06	63.72	22.82	0.19
3.- 55 KPH.	1.33 Hs.	2,211.65	40.21	10.44	0.18

De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos arrojan una superioridad de la tercera alternativa de \$ 40.21 como costo del tren kilómetro en comparación con \$ 58.74 para la primera y \$ 63.72 para la segunda alternativa, por lo que la ventaja inicial presentada por la segunda alternativa en el tonelaje ecuacionado, comienza a desaparecer en el aspecto costos.

### CONCLUSIONES

Tomando como base de partida que estos resultados arrojaron menores costos en la tercera alternativa o sea la construcción del desvío entre Gómez Farfías y Melville, se procede a realizar el estudio de la evaluación de beneficios costos para la misma, considerando una erogación para su ejecución de \$ 6.451,831.85 en total; estos estudios nos muestran que a lo largo de veinte años, tiempo considerado como vida útil de la vía, se recuperan \$ 7.255,823.75 como importe de los beneficios directos del proyecto, lo cual nos da una relación de beneficios-costos igual a 1.13. Si a lo anterior se agrega que el estudio de costos para la cuarta alternativa, operación entre Carneros, Coah., y Concepción del Oro, Zac., utilizando el servicio de trailer, nos muestra un costo por ton/km., de \$ 0.93 más alto que cualquiera de las tres primeras alternativas, se concluye que es más conveniente operar el Ferrocarril Coahuila-Zacatecas mediante la construcción del desvío Gómez Farfías-Melville utilizando la línea "B" de los Nacionales de México y suprimiendo el tramo entre Melville y Saltillo del Ferrocarril primeramente citado.

Lo anterior no resulta en detrimento de los habitantes de las rancherías que están localizadas a lo largo del tramo por suprimirse, que entre las estaciones de Saltillo y Carneros ambas vías llevan un trazo muy cercano; a partir de la segunda estación, se puede utilizar la carretera que por ahí cruzará rumbo a Zacatecas pasando por Concepción del Oro y finalmente se proyecta también que se utilice la carretera del tramo por levantar mediante la implantación de un servicio foráneo de camiones.

Evaluación de Beneficios - Costos del desvío localizado entre las estaciones de Gómez Farías K-B-852+000.00 AD - K-B-846+765.36 AT y Melville K-77+398.37 del Ferrocarril Coahuila-Zacatecas.

CARACTERISTICAS FISICAS

	Vía actual	Proyecto	Diferencia
Longitud.	38.638 Km.	56.774 Km.	18.076 Km.
Grado Máx. de curvatura.	10°00'	4°00'	6°00'
Deflexión.	1366°00'	1116°00'	250°00'
Pend.Máx.compensada.	2.0%	1.5%	0.5%
Velocidad máxima.	27.7 KPH.	55.0 KPH.	27.3 KPH.

DATOS BASICOS.

Costo de un Km. de vía con riel de 60 lbs./yda.	\$ 200,000.00
Costo un Km. de línea telegráfica.	10,000.00
Costo promedio mensual de conservación de 1 Km. de vía	1,200.00
No. de trenes que transitan la línea.	2
Costo de tren kilómetro.	40.21
Costo de tren hora.	2,211.65
Costo de M. de O. por levantar un Km. de vía	8,000.00

PRESUPUESTO DE LA OBRA

Sub-Estructura.

Terracerías y O. de A. 3,170,236.33

SUPER-ESTRUCTURAS.

Vía con durmientes de madera y riel de 60 lbs./yda. entre Gómez Farías y Melville en 32.274 Km. 6,454,800.00

LINEA TELEGRAFICA.

Colocación de línea telegráfica entre Gómez Farías y Melville en 32.274 Kms. 322,740.00

EDIFICIOS.

Construcción de una estación con casa para el Agente. 350,000.00

Construcción de casas de sección. 500,000.00

DERECHO DE VIA.

Adquisición de terrenos para el nuevo derecho de vía entre Gómez Farías y Melville. 50,000.00

SUMA:-----\$ 10,847,776.33

VALOR DE SALVAMENTO

Salvamento del material recuperable entre Saltillo y Melville en 77.398 Kms.con riel de 40 y 60 lbs./yda.(3870 ton) \$ 4,435,794.00

154,796 durmientes recuperables 46,439 Pzs. a razón de -- \$ 10.00 464,390.00

30,960 Planchuelas, recuperables 9,288 Pzs.(120.741 ton. a razón de \$ 680.00) 82,103.88

61,918 Tornillos de vía, recuperables 18,575 Pzs.(7.430-tons. a razón de \$ 680.00) 5,052.40

619,184 Clavos de vía, recuperables 123,836 Pzs.(37.150 - tons. a razón de \$ 680.00). 25,262.00

61,918 Roldanas de presión, recuperables 18,575 Pzs. -- (3,715 ton. a razón de \$ 680.00) 2,526.20

SUMA:-----\$ 5,015,128.48

Mano de obra.  
Por levantamiento de vía entre Saltillo y Melville en -  
77,398 Km. \$ 619,184.00

VALOR NETO DEL SALVAMENTO:----- \$ 4.395,944.48

**BENEFICIOS.**

**1.- CURVATURA.**

Ahorro de 250° de ángulo central que equivale a:

$$\frac{250^\circ}{330^\circ} = 0.758 \text{ Km.}$$

0.758 x 1200.00 x 12 meses \$ 10,915.20

**2.- TIEMPO (operación)**

Tiempo actual de recorrido entre Carneros y Melville.  
1.50 hs.

Tiempo de recorrido por la nueva línea entre Carneros y Melville.

$$\frac{1.10 \text{ "}}{0.40 \text{ hs.}}$$

365 días x 0.40 hs. x 2 trenes x 2,211.65 \$ 645,801.80

**3.- PENDIENTES.**

Se operará con una locomotora DE-24 de 1800 HP y un tonELAJE ecuacionado de 525 ton. para el proyecto.  
Para el tonELAJE anual movido actualmente:

$$\frac{179,000}{525} = 341 \text{ trenes.}$$

para el mismo tonELAJE, actualmente se mueven 796 trenes, por tanto:

796 - 341 = 455 trenes a favor del proyecto, cantidad que se incrementará al triple con el nuevo servicio de vía ancha:

1365 x 0.40 x 2,211.65 \$ 1.207,560.90

**4.- CONSERVACION DE VIA.**

6.424 Km. x 12 meses x 1200.00 \$ 92,505.60

**5.- DISTANCIA (FACTOR NEGATIVO).**

18.076 Km. x 2 trenes x 365 x 40.21 \$ 530,590.25

**RESUMEN:**

Beneficios.	\$ 1.956,783.50
Factores negativos.	530,590.25
Diferencia:-	\$ 1.426,193.25

Considerando que estos beneficios incluyen los costos fijos, se toma de dicho monto un 60% considerado como gastos variables:

$$0.60 \times 1.426,193.25 = \$ 855,715.98$$

AÑO DE OPERACION	FACTOR DE ACTUALIZACION i = 12 %	BENEFICIOS AHORROS ANUALES	COSTO TOTAL	BENEFICIOS ACTUALIZADOS
0	1.000000	\$ 855,715.98	\$ 6.451,831.85	\$ 855,715.98
1	0.892857	"		764,032.00
2	0.797194	"		682,171.65
3	0.711780	"		609,081.52
4	0.635518	"		543,822.91
5	0.567227	"		485,385.21
6	0.506631	"		433,532.24
7	0.452349	"		387,082.27
8	0.403883	"		345,609.14
9	0.360610	"		308,579.74
10	0.321973	"		275,517.44
11	0.287476	"		245,997.81
12	0.256675	"		219,640.90
13	0.229174	"		196,107.85
14	0.204620	"		175,096.60
15	0.182696	"		156,335.89
16	0.163122	"		139,586.10
17	0.145644	"		124,629.90
18	0.130040	"		111,277.31
19	0.116107	"		99,354.62
20	0.113667	"		97,206.67
				<u>\$ 7.255,823.75</u>

$$R.B.C. = \frac{7.255,823.75}{6.451,831.85} = 1.13$$

PRESUPUESTO para la construcción del desvío localizado entre las estaciones Gómez Farfías K-B-846+118.99 y Melville K-77+398.37 del Ferrocarril Coahuila-Zacatecas.

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	F. UNITARIO	IMPORTE
<u>CORTES</u>					
1.-	Excavación en cortes, derrumbes y/o escalones con acarreo libre de 20 mts.				
	En Mat. "A"	27,525	M3	\$ 3.70	\$ 101,842.50
	En Mat. "B"	16,517	"	7.00	115,619.00
	En Mat. "C"	11,011	"	27.50	302,802.50
<u>PRESTAMOS</u>					
2.-	Despalme con acarreo libre de 60 mts., en Mat. "A"	19,365	M3	3.95	76,491.75
3.-	Préstamo lateral con acarreo libre de 60 mts.				
	En Mat. "A"	94,480	M3	4.20	396,816.00
	En Mat. "B"	90,710	"	8.30	752,893.00
4.-	Bonificación en préstamos laterales para alturas mayores de 1.00 m. por cada metro adicional de altura.	89,760	M3-M.	0.45	40,392.00
<u>ACARREOS PARA TERRACENIAS</u>					
5.-	Sobrecarreo	11,040	M3-Est.	0.70	7,728.00
6.-	Acarreos por Déc. de Km.	112,274	M3-Km.	2.00	224,548.00
7.-	Kilómetro excedente.	4,001	M3-Km.	4.08	16,324.08
<u>REAFINAMIENTO</u>					
8.-	Bonificación p/reafinamiento.	32.275	Km.	1,200.00	38,730.00
<u>EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURAS</u>					
9.-	Excavación a cualquier profundidad, en seco con un acarreo de 20 mts.				
	En Mat. "A"	259	M3.	9.50	2,460.50
	En Mat. "B"	1,778	"	18.50	32,893.00
	En Mat. "C"	259	"	44.00	11,396.00
<u>MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE</u>					
10.-	Mampostería de 3ra. clase a cualquier altura con material procedente de banco o de las excavaciones de cortes, cunetas, canales y estructuras con mortero de cemento.	2,707	M3.	210.00	568,470.00
<u>CIMBRAS</u>					
11.-	Cimbras en moldes incluyendo obra falsa de cualquier altura.	1,037	M3.	70.00	72,590.00
<u>ZAMPEADOS</u>					
12.-	Acarreo de piedra producto de banco, ler. Km.	2,707	M3/Km.	5.00	13,535.00
13.-	Acarreo kilómetro subsecuente.	21,656	"	2.50	54,140.00

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNJARIO	IMPORTE
<u>CONCRETO HIDRAULICO</u>					
14.-	Concreto sin incluir cim - bra f'c = 210 Kg/cm2.	397	M3	\$ 329.00	\$ 130,613.00
<u>ACERO EN CONCRETO</u>					
15.-	Acero de refuerzo para con- creto en varillas ociosa - das, cortadas, etc.	51,840	Kg.	4.05	209,952.00
TOTAL:-----					<u>\$ 3,170,236.33</u>

IMPORTA ESTE PRESUPUESTO LA CANTIDAD DE TRES MILLONES CIENTO SETENTA MIL DOS-  
CIENTOS TREINTA Y SEIS PESOS, 33/100.

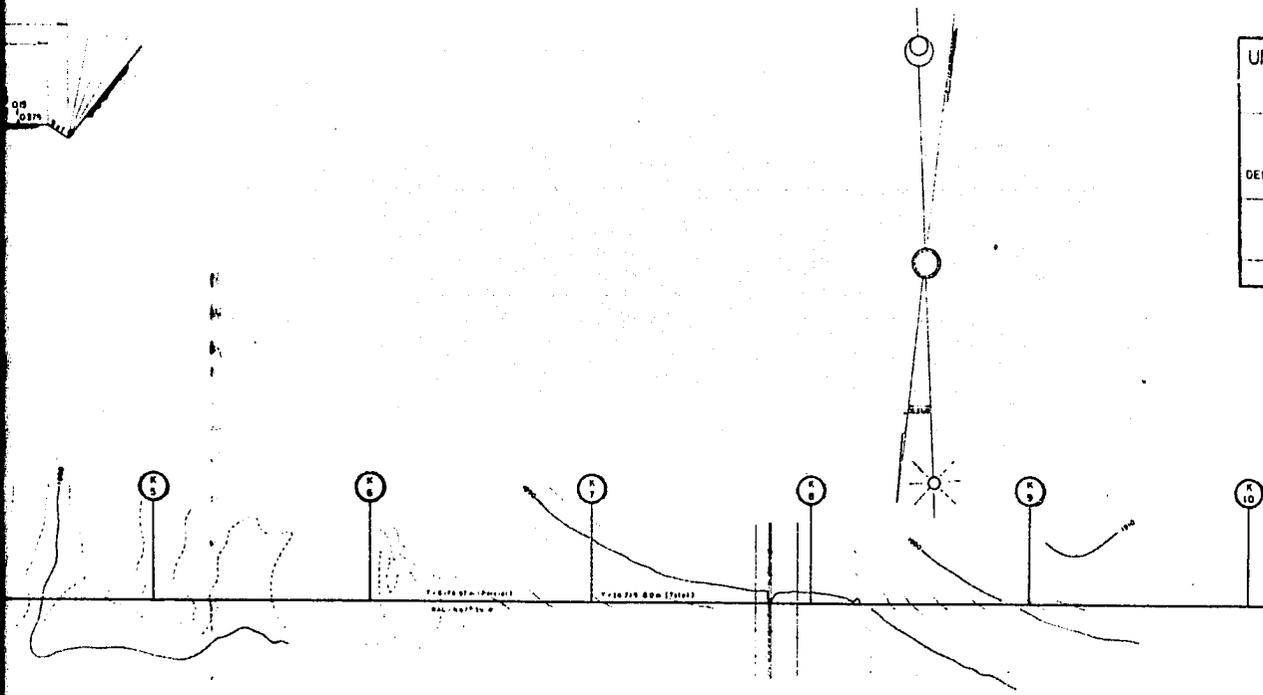
Presupuesto para la construcción de un kilómetro de vía standard con riel de-  
recobro de 60 lbs/yda. y accesorios de segunda clase.

No.	CONCEPTO	Cantidad	Unidad	P.U.	Importe
1	Riel de 60 lbs/yda.	59.60	Ton.	\$ 1 140.00	\$ 67 944.00
2	Durmientes (2a. clase)	1 752	Pas.	24.00	42 048.00
3	Balasto piedra triturada	850	M3.	30.50	25 925.00
4	Placas Dte.60 Lbs.	3 504	Pas.	5.83	20 428.32
5	Tornillos vía 3/4" x 3-3/4"	876	"	1.43	1 252.68
6	Clavos de vía	7 008	"	0.79	5 536.32
7	Planchuelas angs.60 Lbs.	438	"	10.95	4 796.10
8	Roldanas presión 7/8"	876	"	0.69	<u>604.44</u>
SUMA:-----					\$ 168 534.86
Tendido, nivelado y balastado de un kilómetro de vía.....					<u>" 31 465.14</u>
TOTAL:-----					<u>\$ 200 000.00</u>

Importa el presente presupuesto la cantidad de: DOSCIENTOS MIL  
PESOS 00/100 M. N.

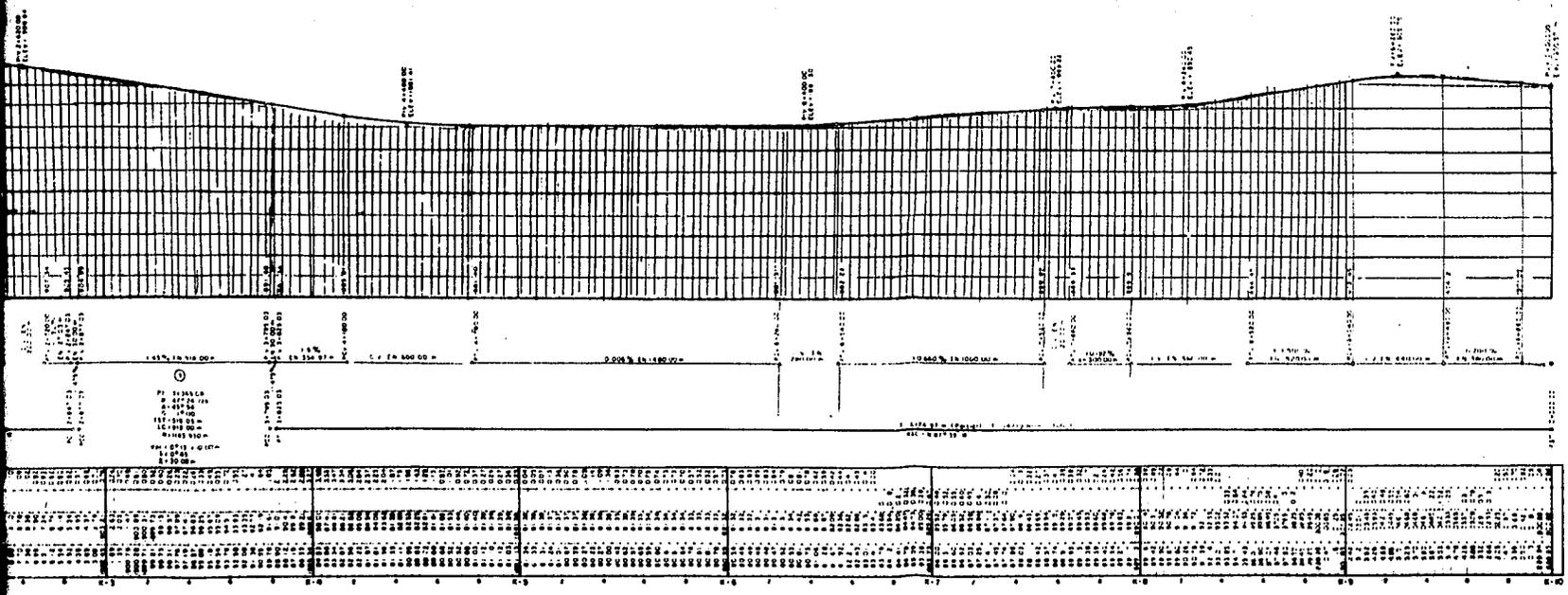


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
 DE MÉXICO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 DESVIO GOMEZ FARIAS-MELVILLE  
 PLANTA Y PERFIL  
 DEL KM-0+000000 AD+KM-8+846+118 99 AT AL  
 KM-10+000 00  
 TESIS PROFESIONAL  
 HOLANDO ESCOBEDO CAMPOS  
 MÉXICO, D.F. PLANO No 1



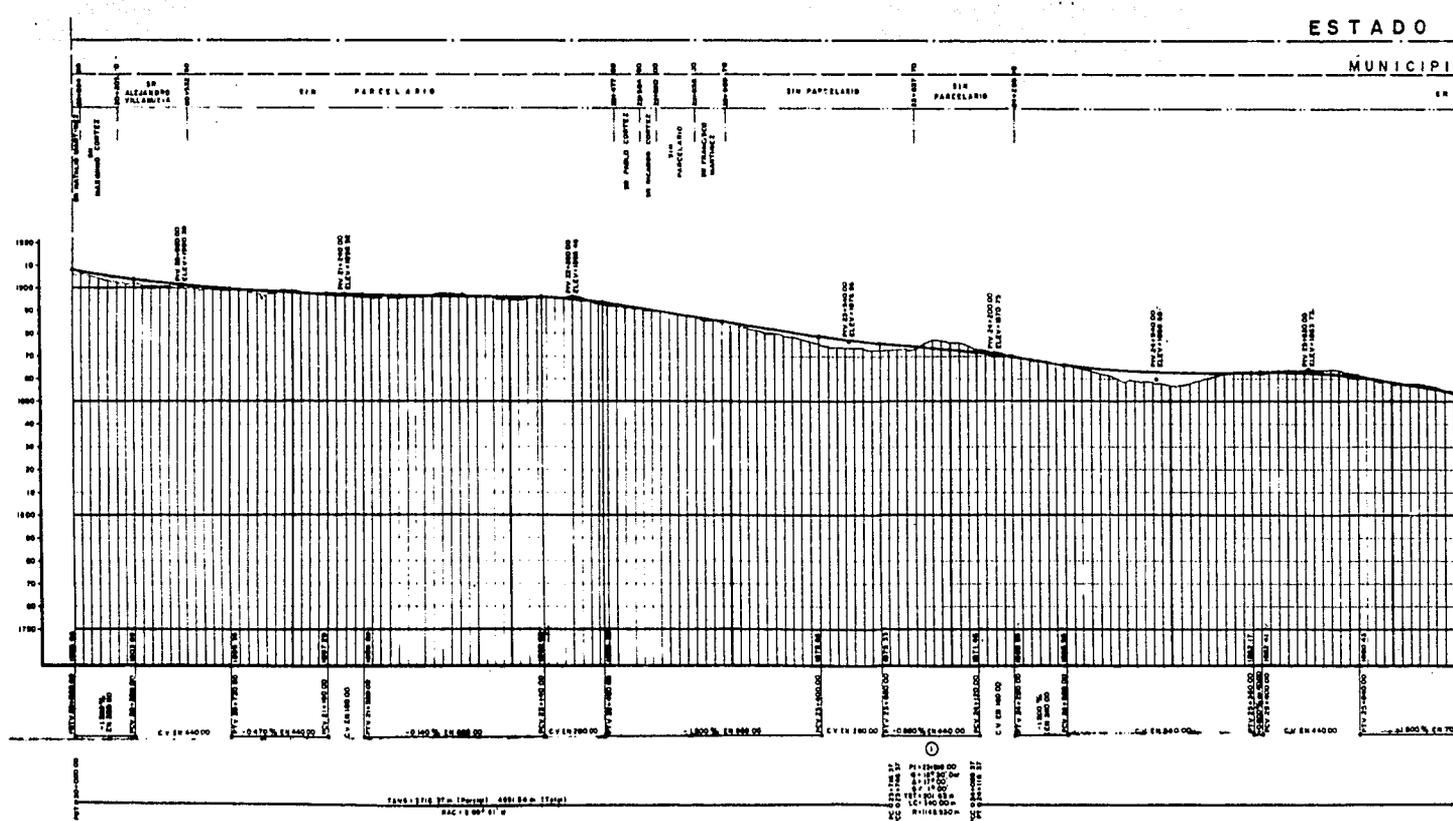
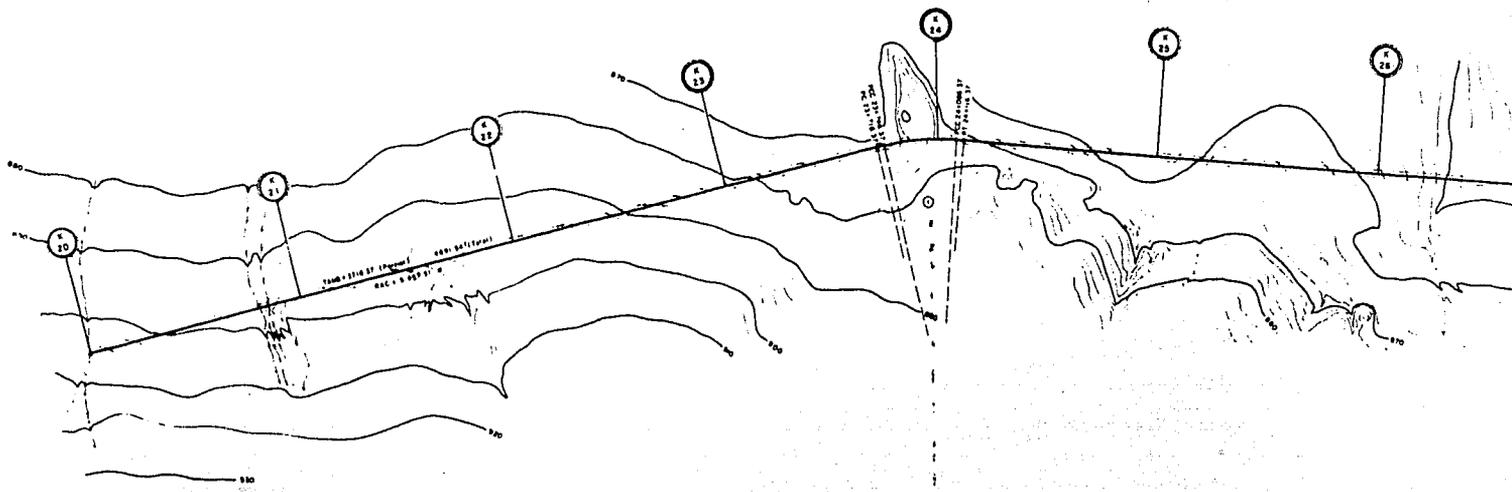
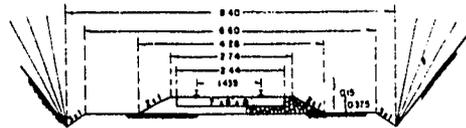
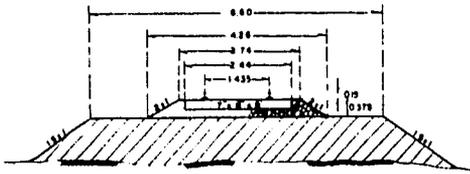
ESTADO DE COAHUILA

MUNICIPIO DE SALTILLO









ESTACION	TERRAPLEN	CORTE	SUBRASANTE	TERRENO
0+00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+10	0.00	0.00	0.00	0.00
0+20	0.00	0.00	0.00	0.00
0+30	0.00	0.00	0.00	0.00
0+40	0.00	0.00	0.00	0.00
0+50	0.00	0.00	0.00	0.00
0+60	0.00	0.00	0.00	0.00
0+70	0.00	0.00	0.00	0.00
0+80	0.00	0.00	0.00	0.00
0+90	0.00	0.00	0.00	0.00
1+00	0.00	0.00	0.00	0.00



**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y ESPECIFICACIONES  
PARA LA FORMACION DE TERRACERIAS**

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION Y ESPECIFICACIONES  
PARA LA FORMACION DE TERRACERIAS

En la realización del proyecto que nos ocupa, uno de los factores determinantes para su ejecución es la construcción de las terracerías necesarias para dar los niveles proyectados, siguiendo la ruta de la mayor economía sin detrimento de la calidad del trabajo.

Para este objeto se ha desarrollado el proyecto necesario para el movimiento de tierras en forma tal, que la curva de masas así obtenida nos represente gráficamente los movimientos indispensables a lo largo del desvío, distribuyendo estos volúmenes en la forma mas económica.

Así, se han calculado las ordenadas correspondientes a la curva masa comprendidas en los 32+274.22 Kms., de proyecto, tomando como base los datos topográficos levantados directamente en el terreno; esto es, la elevación del mismo para cada estación de 20 mts., y la sección transversal respectiva, para que con las cotas calculadas de rasante, se obtengan los espesores en cada una de esas estaciones, ya sea en corte y/o terraplén, y finalmente los volúmenes de cada tramo, vaciando la sección reglamentaria en la transversal del terreno natural, como se muestra en el cuadro No. 2.

Al mismo tiempo, deberán tomarse en consideración la naturaleza y clasificación de los materiales que aparecen a lo largo del proyecto ya que en esta forma se podrán determinar los coeficientes de abundamiento para la obtención final de las ordenadas de la curva masa y además para que sirvan de partida en el pago de los volúmenes excavados y movidos.

Los cuadros Nos. del 3 al 6, nos muestran la secuela de cálculo de estas ordenadas en los dos primeros kilómetros de desarrollo del desvío a efecto de ejemplarizar lo anterior, ya que considerando la longitud total se tendrían que anexar 17 cuadros en total.

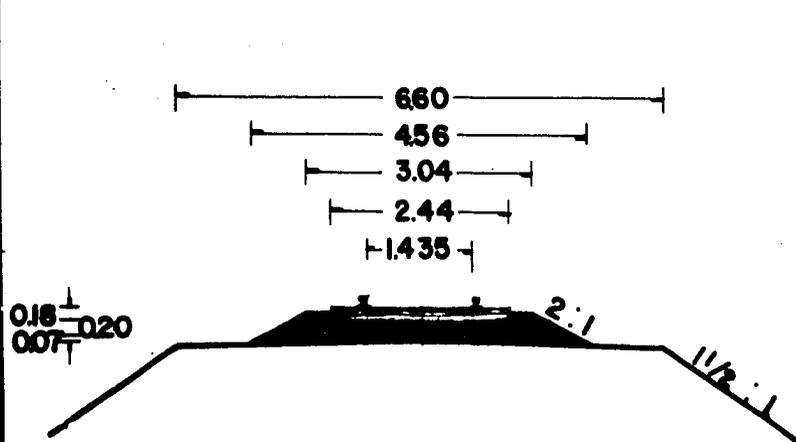
La formación de las terracerías está reglamentada de acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Obras Públicas vigentes para este tipo de trabajos, involucrando:

DESMONTE.- Es la ejecución de alguna, algunas o todas las operaciones siguientes:

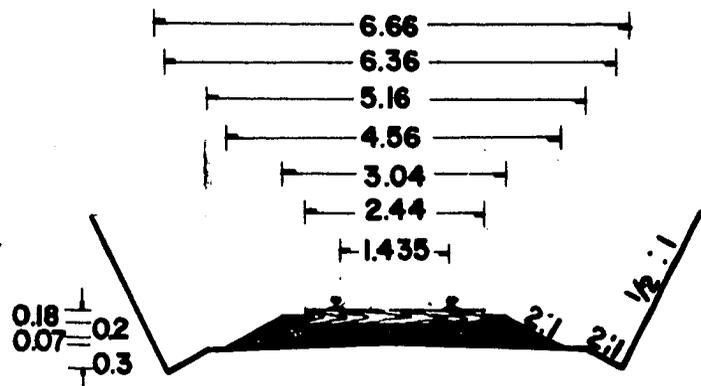
- a) Corte de árboles y arbustos.

# SECCIONES DE PROYECTO

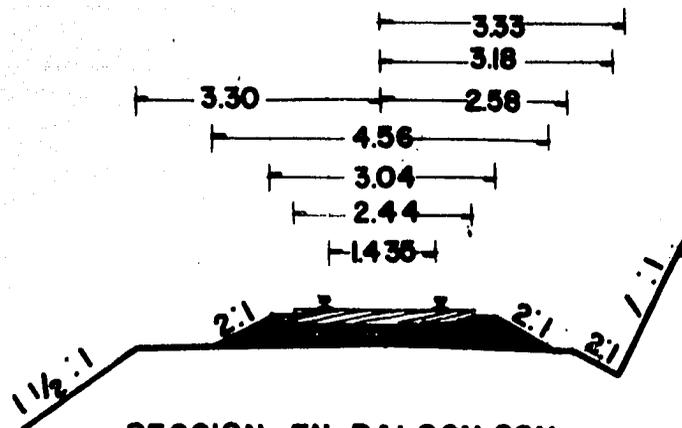
C No 2



TERRAPLEN EN TANGENTE CON BALASTO PERMEABLE



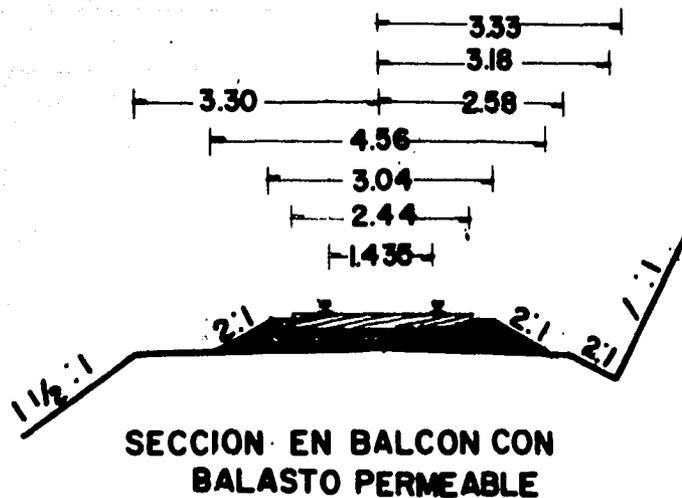
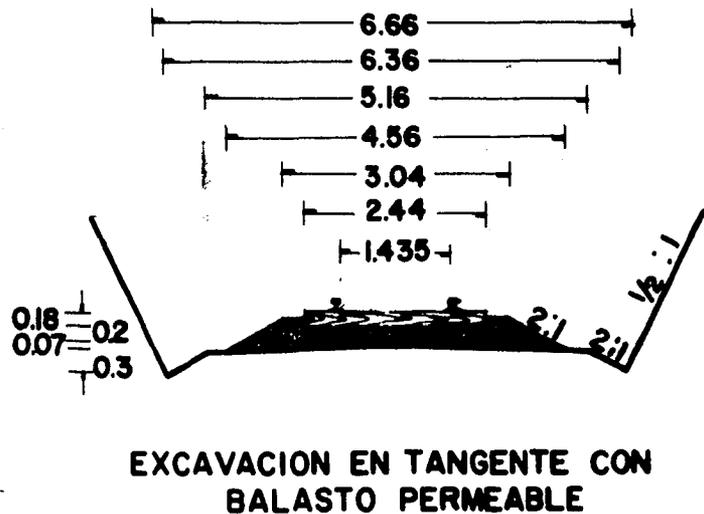
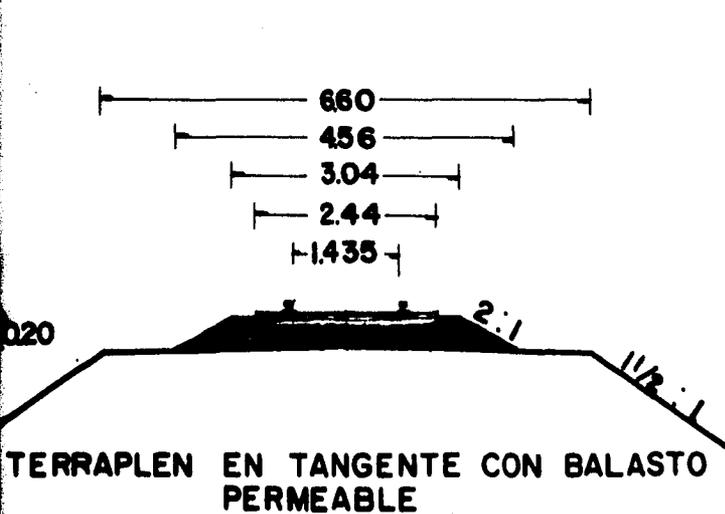
EXCAVACION EN TANGENTE CON BALASTO PERMEABLE



SECCION EN BALCON CON BALASTO PERMEABLE

# SECCIONES DE PROYECTO

C No2



CAMINO -----  
 TRAMO -----  
 DE EST. ----- A EST. -----  
 ORIGEN ----- HACIA -----

CALCULO DE RASANTE Y CURVA MASA

ESTACION	ELEVACION TERRENO	TANG. VERTICAL		CURVA VERTICAL CORRECCION	ELEVACION RASANTE	ESPESES		AREAS				TERRA-PLEN	A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>				D 2	VOLUMEN				TERRA-PLEN				
		PEND	COTAS			CORTE	TEAR	ESTRATOS					ESTRATOS					ESTRATOS								
								1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4					
1939.50	1939.50	P10 =	1939.127	0.570	1939.15	1.35	11.2																			
100	32.25				37.97	1.28	10.3						21.5				10.00	215								
101	35.85				37.90	1.05	8.0						18.8				10.00	183								
102	35.62				37.77	0.85	5.6					0.2	13.6				0.2	2.80	33							
103	37.60				37.66	0.06	2.7					0.7	8.0				0.9	7.10	57							
104	36.81				37.53	0.72						0.6	5.1				1.3	0.50	3							
105	36.25				37.40	1.15						5.1	2.7				5.7	10.00	27							
106	35.84			F10 = 1937.521	37.33	0.87						8.0					13.3									
107	36.24				37.33	0.87						6.5					14.7									
108	36.06				37.33	0.69						5.4					11.9									
109	35.72				37.33	0.67						0.9					10.3									
110	35.20				36.43	0.70						5.0					10.3									
111	35.34				36.13	0.73						6.0					11.4									
112	35.15				35.83	0.49						3.6					9.6									
113	34.81				35.53	0.55						2.7					6.3									
114	34.28				35.23	0.42						3.0					5.7									
115	33.75				34.93	0.65						4.9					7.9									
116	33.92				34.63	0.88						6.7					11.6									
117	33.92				34.33	1.01						8.2					12.9									
118	32.89				34.03	1.14						8.5					17.7									
119	32.35				33.73	1.53						12.0					21.5									
120	32.02				33.43	1.41						12.3					24.3									
121	31.77				33.13	1.36						11.7					28.0	10.00								
122	31.59				32.90	1.51						10.4					26.1	7.75								
123	31.11				32.83	1.73						13.5					27.9	2.25								
124	30.72				32.53	1.81						12.0					30.5	10.00								
125	30.25				32.23	1.96						19.1					36.1									
126	29.82				31.93	2.11						26.6					39.7									
127	1929.59				1931.63	2.04						19.2					40.2	10.00								
Σ 966.73		/ /			Σ 966.30	4.53	25.60	40.2				Σ 221.8	60.2				Σ 424.0	250.00	518						Σ 394	
					966.73	4.53	25.60	40.2				12.0														
					D <sub>1</sub> = 21.07	D <sub>2</sub> = 21.07	804					443.6														
							11.2					19.6														
							69.2					424.0														

TERRACERIAS

PROYECTO.....  
 FECHA.....

CALCULO.....  
 FECHA.....

REVISO.....  
 FECHA.....









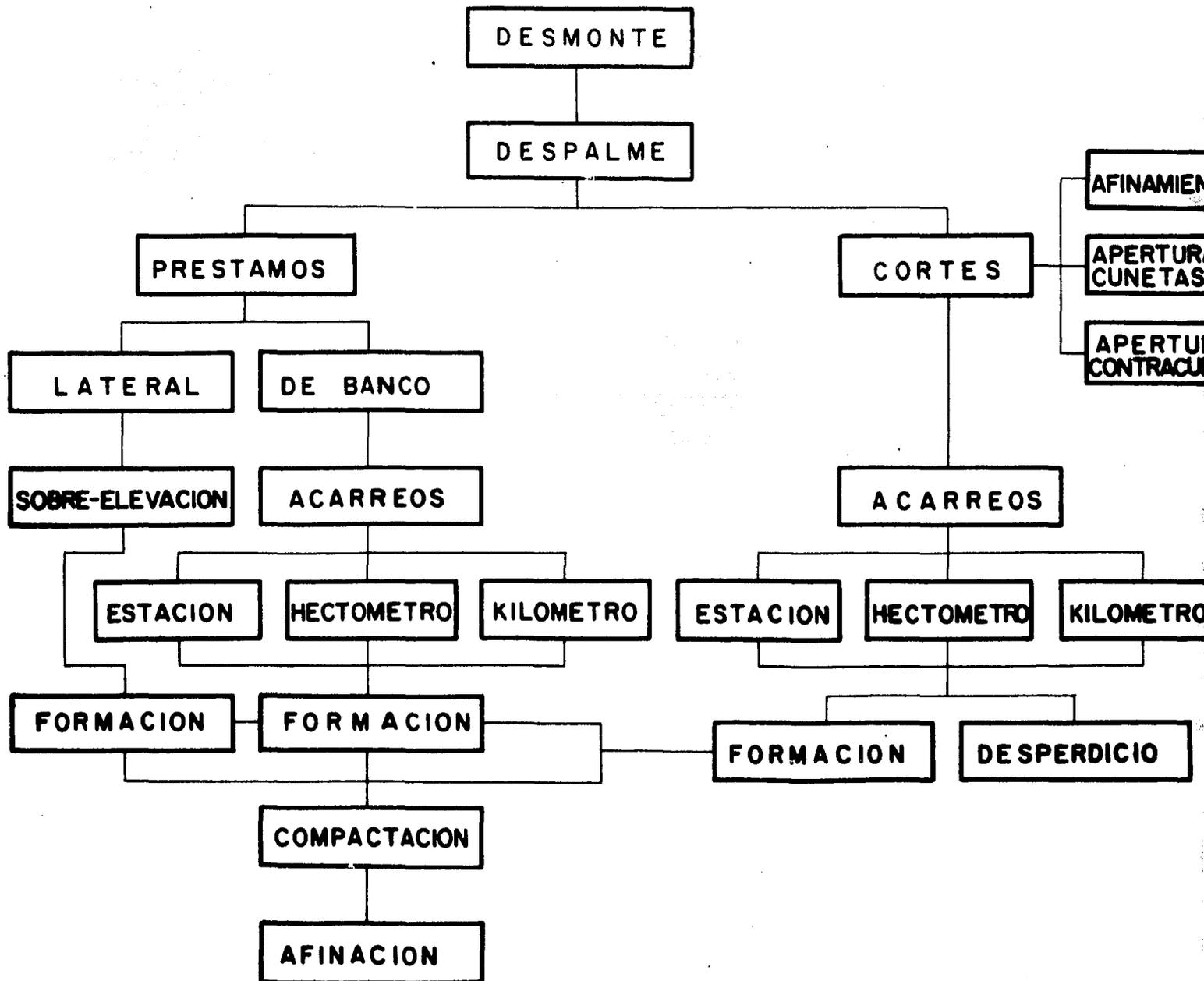






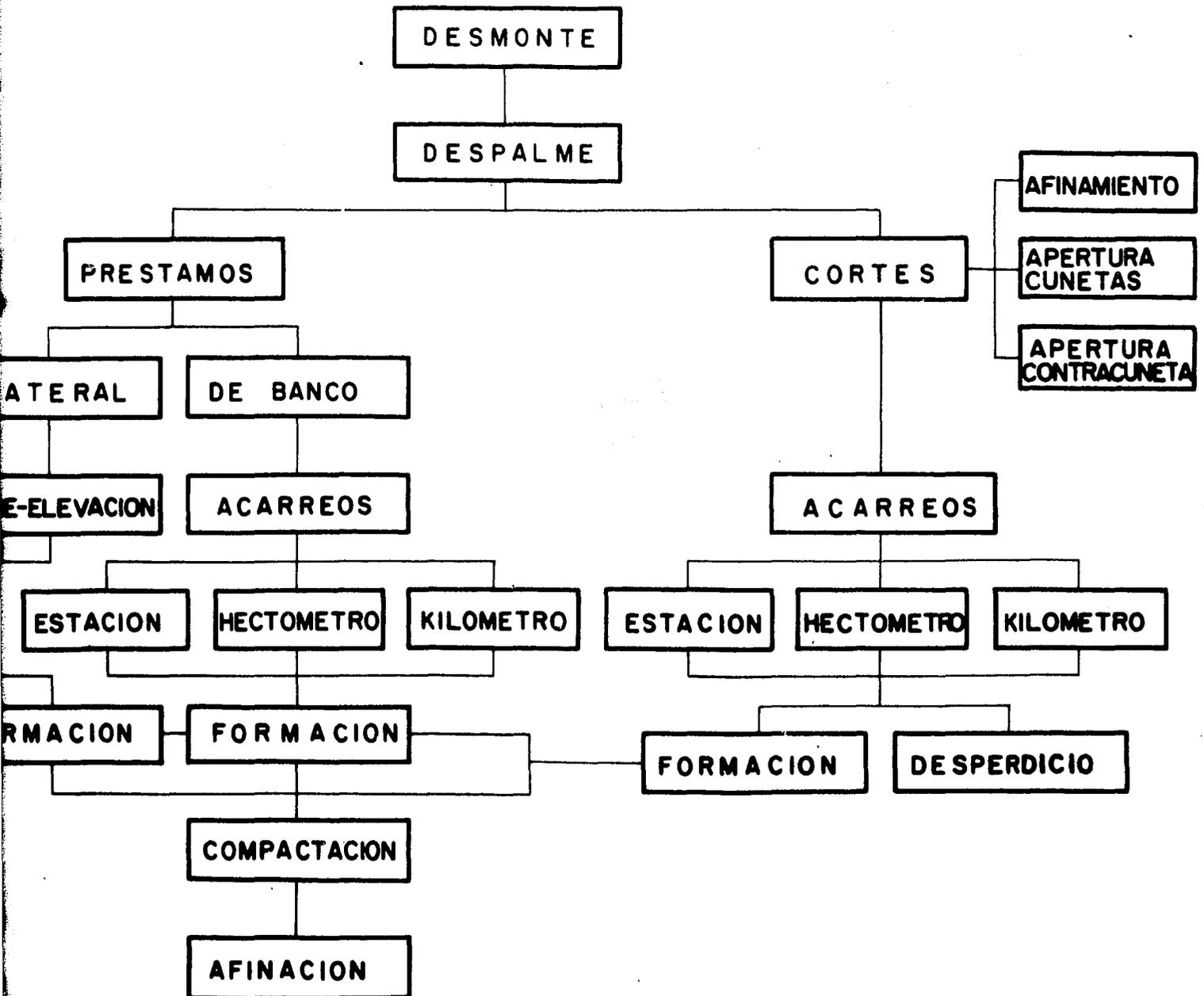
# PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION PARA TERRACERIAS C N

## CUADRO ESQUEMATICO



# PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION PARA TERRACERIAS C No7

## CUADRO ESQUEMATICO



- b) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- c) Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con todo y raíces o cortando éstas.
- d) Limpia y quema, que consiste en retirar y estibar el producto del desmonte al lugar que indique El Organismo, así como en quemar lo no utilizable.

(A) EJECUCION

A 1.- Para fines de desmonte se consideran los siguientes tipos-  
de vegetación:

- a) Manglar.
- b) Selva o bosque.
- c) Monte de regiones áridas o semi-áridas.
- d) Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastisales.

A 2.- Las operaciones de cortar, rozar, limpiar y quemar, se ejecutarán en todo o en parte del derecho de vía, según lo fije el proyecto y/o se ordene; igualmente se ejecutarán estos trabajos en la superficie limitada por las líneas trazadas cuando menos a un metro fuera de los cercos de los canales y contracunetas y de las zonas que limitan los préstamos, bancos y otras superficies fuera del derecho de vía, - que se ordene desmontar. Estos trabajos deberán ejecutar-se de manera que se asegure que toda la materia vegetal -- proveniente del desmonte quede fuera de las zonas destinadas a la construcción.

A 3.- La operación de desenraizar, se ejecutará por lo menos, en las superficies limitadas, por lo menos, en las superficies limitadas por líneas trazadas un metro fuera de los cercos-para cortes, terraplenes con espesor menor de un metro, - canales y contracunetas, y zonas de préstamos, bancos y -- otras superficies en que se ordene que se efectúe el demenraice. Este trabajo deberá ejecutarse de manera que se -- asegure la eliminación completa de la materia vegetal, para que no se revuelva con el material destinado a la construcción.

- A 4.- Las fracciones de desmonte podrán hacerse a mano o con máquina. Cuando se hagan a mano, el corte de los árboles deberá quedar a una altura máxima sobre el suelo de 75 cm., - excepto en las superficies en que deba efectuarse el desmonte a raice. Las ramas de los árboles situados fuera de las áreas desmontadas, que queden sobre la corona del camino, deberán ser cortadas como se indique.
- A 5.- Todo el material aprovechable proveniente del desmonte, deberá ser estibado en los sitios que se indiquen; la materia vegetal no utilizable, salvo indicación en contrario deberá ser quemada tomando las providencias necesarias para no provocar incendios en los bosques. En caso de que la quema, por seguridad para bosques o propiedades vecinas o por cualquier otro motivo, no pueda hacerse antes de que se -- inicie el ataque de las terracerías, el material destinado a ser eliminado en esta forma, se depositará como y en los lugares que se indiquen y, en su oportunidad será quemado.
- A 6.- El desmonte deberá estar terminado cuando menos un kilómetro adelante del ataque de las terracerías. Se fijará, de acuerdo con los programas de obra, la longitud máxima del tramo por desmontar.

(B) MEDICION

- B 1.- El desmonte se medirá tomando como unidad la hectárea. El resultado se considerará con una decimal.
- B 2.- Previamente al desmonte, la superficie por desmontar se dividirá en tramos de características de vegetación semejante, según los tipos indicados en la cláusula (A).
- B 3.- Los tramos con vegetación tipo selva o bosque y tipo monte de regiones áridas, o semi-áridas, se dividirán en subtramos con densidad de vegetación sensiblemente igual. En los -- tramos con vegetación tipo manglar y tipo monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales, la densidad se considerará como del 100%, independientemente de lo poblado del manglar, del monte, de los sembradíos y de los -- pastizales y en estos casos no se hará la división en subtramos.

- B 4.- Para el desmonte, la densidad de vegetación tipo selva o bosque, se determinará en cada sub-tramo, relacionando la sección neta total de madera de árboles y arbustos por hectárea, con la densidad máxima del 100%, correspondiente a 100 metros cuadrados de sección neta de madera por hectárea. La sección neta de cada árbol se determinará a 1.50 mts., y la de los arbustos a 0.60 mts., de altura sobre el nivel del suelo.
- B 5.- Para el desmonte, la densidad de vegetación tipo monta de regiones áridas o semi-áridas, se determinará, en cada sub-tramo, relacionando la sección neta total de madera de árboles y arbustos por hectárea, con la densidad de 100%, correspondiente a 50 metros cuadrados de sección neta de madera por hectárea. La sección neta de cada árbol se determinará a 1.50 mts., y la de los arbustos a 0.60 mts., de altura sobre el nivel del suelo.
- B 6.- El desmonte por unidad de obra terminada, se medirá tomando como unidad la hectárea. No se dividirá el desmonte en tramos de características de vegetación semejante según su tipo, ni en sub-tramos de densidad de vegetación semejante según su tipo, ni en sub-tramos de densidad de vegetación sensiblemente igual, ni se determinará la densidad de vegetación en los sub-tramos. El resultado se considerará con una decimal.

(C) BASE DE PAGO

- C 1.- El desmonte se pagará a los precios fijados en el contrato para la hectárea con densidad de 100%, de cada uno de los tipos de vegetación a que se refiere el inciso (A 1). Estos precios unitarios, incluyen todos los trabajos necesarios para ejecutar las operaciones de corte, roza, desenraice, limpia y quema.
- C 2.- El pago del desmonte, por unidad de obra terminada, es decir sin clasificar la vegetación, comprendiendo uno, algunos o todos los tipos de vegetación indicados en el inciso (A 1), independientemente de la proporción y densidad en que intervenga cada uno de ellos, se hará al precio fijado en el contrato para la hectárea. Este precio unitario incluye todos los trabajos necesarios para ejecutar las operaciones de corte, roza, desenraice, limpia y quema.

(D) CORTES

Excavaciones y remoción de los materiales producto de las mismas, realizadas en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en derrumbes, y en rebajes de terraplenes, de acuerdo con lo fijado en el proyecto, con objeto de formar la subrasante, los taludes, las cunetas y los desplantes de terraplenes.

(E) MATERIALES

E 1.- Los materiales excavados, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga, se clasificarán tomando como base los tres tipos siguientes:

Material A

Material B

Material C

E 2.- El material A es blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con escropa de capacidad adecuada para ser halada con tractor de orugas de 90 a 110 caballos de potencia en la barra, sin auxilio de arados o tractores empujadores, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos, o por excavadoras mecánicas montadas sobre tractor de orugas o equipo similar. Los materiales clasificables como material A, son los suelos poco o nada cementados, con partículas menores de 7.5 cms. (3").

E 3.- El material B es el que, por la dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas -- con cuchilla de inclinación variable, de 140 a 160 caballos de potencia en la barra, o con pala mecánica de capacidad mínima de un metro cúbico, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen para aumentar el rendimiento; o bien, que pueda ser aflojado con arado de 6 toneladas halado con tractor de orugas de 140 a 160 caballos de potencia en la barra. Además se considera como material B, las piedras sueltas menores de medio metro cúbico y mayores de 20 cms. de lado. Los materiales mas comunmente clasificables como material B, son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

E 4.- El material C es el que, por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos de detonación rápida; además, también se consideran como material C las piedras suel

tas que aisladamente cubiquen más de un metro cúbico. Entre los materiales clasificables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

E 5.- A los materiales que presenten mayor dificultad de extracción que los descritos como material A, pero menor que los descritos como material B y a los que presenten mayor dificultad de extracción que los descritos como material B pero menor que los descritos como material C, se les fijará una clasificación intermedia, de acuerdo con la dificultad que hayan presentado para su extracción y carga, asignando porcentajes de material A y B o B y C respectivamente, en proporción con las características medias del material de que se trate.

E 6.- En la clasificación de materiales se observarán las siguientes disposiciones:

a) Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción y carga asimilándolo al que corresponda de los materiales A, B o C. Siempre se mencionarán los 3 tipos de material, para determinar claramente de cuál se trata; así por ejemplo, un suelo no cementado, con partículas menores de 7.5 cms., se clasificará 100-0-0, correspondiendo la primera cifra al material A y los ceros a los materiales B y C. Para un material que presente mayor dificultad de extracción que el material A, pero menor que el material B, deberá apreciarse la clasificación intermedia que le corresponda, asignándole el porcentaje de materiales A y B de acuerdo con su menor o mayor dificultad de extracción y carga; así por ejemplo, un material precisamente intermedio se clasificará 50-50-0. Un material que en condiciones semejantes se encontrara entre los materiales B y C, se clasificará 0-50-50.

b) Si el volumen por clasificar está compuesto por dos o más materiales diferentes, si éstos están separados, se clasificará por separado cada uno de ellos y, en proporción a su volumen se clasificará el del total, considerando siempre los 3 materiales A, B y C. Así, por ejemplo, una capa de material A con volumen de 30% del total, colocada sobre un material que represente una clasificación intermedia entre B y C, se clasificará 30-35-35. Si en el mismo caso el material inferior es C, la clasificación sería 30-0-70 y si es B, se clasificará 30-70-0.

c) Cuando no sea posible hacer la clasificación separada de cada uno de los materiales encontrados, se fijará a todo el volumen una clasificación representativa, de la dificultad de extracción y carga considerando siempre los 3 materiales A, B y C, aunque para algunos de ellos corresponda cero.

F 7.- Cuando el volumen por clasificar esté formado por material C, alternado o con bolsas de otros de menor clasificación, en proporción tal que el material C constituya por lo menos el 75% -- del volumen total, el conjunto se considerará como material C; en aquellos casos en que la disposición de los materiales y el espesor de sus capas sea tal que permita atacarlos con eficiencia aisladamente, los distintos volúmenes se clasificarán por separado, aún cuando el volumen del material C sea igual o mayor que el 75% del volumen total por clasificar.

#### (F) EJECUCION

F 1.- El equipo de construcción deberá ser previamente autorizado, salvo cuando los cortes se paguen por unidad de obra terminada.

F 2.- Las excavaciones en los cortes se ejecutarán procurando seguir un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte.

F 3.- Los materiales obtenidos de las excavaciones se emplearán en la formación de terraplenes o se desperdiciarán como lo indique el proyecto y/o lo ordene el Organismo.

F 4.- Todas las piedras y material suelto de los taludes, serán removidos.

F 5.- Salvo indicación en contrario del proyecto en toda compensación longitudinal de terracerías no deberán iniciarse los cortes antes de que estén terminadas las alcantarillas y muros de sostenimiento, y en todos los casos, la construcción de ambos deberá ir por lo menos 500 mts., adelante del frente de las excavaciones; la construcción de las contracunetas deberá hacerse simultáneamente con el ataque de los cortes; las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria y en tal forma que su desagüe no cause perjuicios a los cortes y a los terraplenes. Iguales disposiciones se observarán cuando se trate de trabajos resultantes de la ampliación de la sección de una terracería existente.

F 6.- Para obtener una buena liga entre los terraplenes y el terreno natural y con el fin de evitar deslizamientos en laderas-lisas cuya pendiente transversal sea igual o mayor de 25%, se construirán escalones dentro del área donde se apoyen los terraplenes, de acuerdo con lo indicado en el proyecto. Los escalones tendrán una plantilla de 2.50 mts., cuando se excaven en materiales A o B, o bien de 50 cms., cuando se excaven en material C.

F 7.- Cuando el proyecto y/o El Organismo así lo indiquen, - antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se ejecutará el despalle de área del desplante, removiendo los materiales inadecuados hasta la profundidad fijada y retirándolos a los lugares indicados. Los despalles se ejecutarán solamente en material A.

F 8.- Para dar por terminada la excavación de un corte, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección (forma, anchura y acabados), de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por el Organismo dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) En cortes excavados en materiales A, B ó C:
  - Niveles en sub-rasante..... ± 5 cm.
  - Ancho de la corona del centro línea a la orilla..... + 10 cm.
  - Ancho de cunetas..... + 10 cm.
  
- b) Taludes en material A ó B:
  - Irregularidades con respecto a la superficie teórica del talud..... 10 cm.
  
- c) Taludes en material C:
  - Irregularidades con respecto a la Superficie teórica del talud..... 50 cm.

(G) MEDICION

G 1.- La medición de los volúmenes se hará tomando como unidad el metro cúbico. El resultado se considerará redondeado a la unidad.

G 2.- La medición de los volúmenes de excavaciones en cortes, de los adicionales excavados abajo de la sub-rasante, así como los de ampliación y/o abatimiento de taludes de cortes, y rebajes de terraplenes, se hará tomando como base los volúmenes que indique -

el proyecto, haciendo las modificaciones por cambios autorizados. En ningún caso se considerará abundamiento. Se separarán los volúmenes correspondientes a cada uno de los materiales A, B ó C.

G 3.- Los volúmenes por estación, en cortes, escalones, ampliación y/o abatimiento de taludes de cortes y rebajes de terraplenes, se clasificarán en la propia excavación.

G 4.- En tanto no se ejecuten el afinamiento y macice de los taludes de un corte, de una ampliación y/o abatimiento de taludes de cortes no se medirá un 20% del volumen total, lo cual se hará cuando se hayan terminado satisfactoriamente dichas obras.

G 5.- En el caso de que al terminarse la excavación de un corte o de una ampliación y/o abatimiento de taludes de cortes, no se hayan terminado las contra-cunetas por causas imputables al contratista, no se considerará el corte como terminado y por lo tanto no se medirá un 10% del volumen total, lo cual se hará cuando se terminen satisfactoriamente dichas obras.

G 6.- No se medirán los volúmenes excedentes a los de proyecto que provengan de las tolerancias de ejecución especificadas en este Capítulo.

G 7.- La medición de los volúmenes por unidad de obra terminada, se hará tomando como unidad el metro cúbico, sin clasificar el material. El resultado se considerará redondeado a la unidad.

(H) BASE DE PAQU

H 1.- Las excavaciones en cortes, las adicionales abajo de la sub-rasante, las ampliaciones y/o abatimientos de taludes, los escalones, los despalmes para desplante de terraplenes, los rebajes de terraplenes existentes y la extracción de derrumbes, se pagarán a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico de los materiales A, B y C. Estos precios, incluyen: extracción, remoción, afinamiento del corte y del terraplén construido con el material producido del mismo corte, recorte de cuñas de sobreancho y extendido del material resultante al pie del talud del terraplén, carga y colocación de los materiales y acarreo libre.

H 2.- Cuando el material proveniente de las excavaciones a que se refiere el inciso H 1 se emplee en la ampliación de la corona, --

elevación de la sub-rasante y tendido de taludes de terraplenes ya -  
construídos con anterioridad, se bonificarán los precios correspon -  
dientes al metro cúbico de la excoavación de que se trate, con la can -  
tidad que se fije en el contrato para el metro cúbico.

H 3.- Las excoavaciones en cortes, las adicionales abajo de la -  
sub-rasante, la ampliación y/o abatimiento de taludes, y las resul -  
tantes de rebajes de terraplenes, por unidad de obra terminada, sin -  
clasificar el material, o sea comprendiendo uno, algunos o todos los  
tipos de material independientemente de la proporción en que incluya  
a cada uno de ellos, se pagarán a los precios fijados en el contrato  
para el metro cúbico según sea el caso de que se trate, como sigue:

a) Cuando el material excoavado se emplé en la formación de te -  
rraplenes, o en la ampliación de la corona, elevación de la sub-rasan -  
te y tendido de taludes de terraplenes ya construídos con anteriori -  
dad, estos precios incluyen lo que corresponda por: extracción, remo -  
ción y carga del material excoavado, acarreo libre, descarga del mate -  
rial, formación de terraplenes, compactación al grado indicado en el  
proyecto, agua necesaria para la compactación, comprendida su extrac -  
ción, carga, acarreos a cualquier distancia, aplicación o incorpora -  
ción, permisos de explotación de bancos de agua, recorte de las cu -  
ñas originadas por el sobre ancho de la corona, extendiendo el mate -  
rial resultante en una capa uniforme al pie del talud del terraplén,  
y afinamiento del corte y del terraplén construído con el material -  
producto de las excoavaciones.

b) Cuando el material excoavado deba ser desperdiciado, estos -  
precios incluyen lo que corresponda por: extracción, remoción y car -  
ga del material excoavado; acarreo libre, descarga y depósito del mate -  
rial en el sitio y forma que se indique y afinamiento del corte.

H 4.- Las excoavaciones en despalmes para desplante de terraple -  
nes y en escalones, por unidad de obra terminada, sin clasificar el -  
material o sea en el caso de los escalones comprendiendo uno, alguno  
o todos los tipos de material, independientemente de la proporción -  
en que incluya a cada uno de ellos, desperdiciando el material, se -  
pagarán a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico se -  
gún sea el caso de que se trate, incluyendo en el precio unitario lo  
siguiente:

a) Para despalmes para desplante de terraplenes; extracción, -

remoción y carga del material excavado; acarreo libre; descarga y depósito del material en el sitio y forma que se indique.

- b) Para escalones: extracción, remoción y carga del material excavado, acarreo libre; descarga y depósito del material en el sitio y forma que se indique.

(I) PRÉSTAMOS

I 1.- Son las excavaciones que se ejecutan en los lugares fijados en el proyecto, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados.

(J) EJECUCION

J 1.- Se despalmarán los préstamos cuando así se ordene, desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características no sea adecuada para la construcción de los terraplenes. Los despalmes se ejecutarán solamente en material A. En la ejecución del despalme se observará lo siguiente:

- a) El despalme se iniciará después de que se haya efectuado el -- seccionamiento de la superficie probable de ataque.
- b) El material producto del despalme se colocará en el lugar que se indique.
- c) El Contratista será responsable de que durante el despalme no se alteren ni modifiquen las referencias y bancos de nivel del seccionamiento.
- d) Una vez despalmados los préstamos, se seccionarán nuevamente - antes de ser atacados, dejando las referencias y bancos de nivel a distancias tales del lugar de ataque y de trabajo que no vayan a ser destruidas o alteradas.

J 2.- El equipo de construcción deberá ser previamente autorizado - salvo cuando los préstamos correspondan a trabajos que se paguen por unidad de obra terminada.

J 3.- La ubicación y las dimensiones de los préstamos serán fijadas en cada caso en el proyecto.

J 4.- Los préstamos se excavarán únicamente hasta la profundidad señalada en el proyecto, en seco, en material apropiado y en la forma más regular posible, a fin de facilitar su medición. El Contratista no iniciará la excavación de ningún préstamo, hasta que éste haya sido traza-

do y seccionado y/o cuente con la autorización correspondiente.

J 5.- Salvo indicación en contrario del proyecto, en toda compensación longitudinal de terracerías no se harán préstamos de ajuste, antes de terminar de vaciar el material aprovechable del corte.

J 6.- En los préstamos cercanos a las terracerías, se dejará una berma o banquetta entre la línea de ceros del terraplén y la orilla de la excavación, del ancho fijado en el proyecto, que no será menor de 3 mts.

J 7.- Salvo indicación en contrario, las excavaciones para préstamos cercanos a las terracerías quedarán debidamente drenadas, de acuerdo con lo que se indique.

J 8.- El Contratista será responsable de que, durante la excavación para obtener los materiales de préstamo, no se alteren ni modifiquen las referencias y bancos de nivel del seccionamiento.

(K) MEDICION

K 1.- La medición de los volúmenes producto del despalme se hará tomando como unidad el metro cúbico y empleando el método del promedio de las áreas extremas. El resultado se considerará redondeado a la unidad.

K 2.- Los materiales de préstamo se medirán tomando como unidad el metro cúbico, para cada uno de los materiales según su clasificación, seccionando en la excavación misma y usando el método del promedio de áreas extremas, en distancias de 20 mts., o menores si la configuración del terreno así lo requiere. El resultado se considerará, para cada material, redondeado a la unidad.

K 3.- No se medirán los préstamos de ajuste que sea necesario ejecutar para reponer material faltante cuando se excedan las tolerancias estipuladas en la construcción de los terraplenes ejecutados con material proveniente de cortes.

K 4.- No se medirán los volúmenes de préstamos que se hayan extraído en exceso, por haberse sobrepasado las tolerancias estipuladas para la construcción de los terraplenes.

(L) BASE DE PAGO

L 1.- El despalse se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de material A. Este precio unitario incluye: extracción, remoción y colocación de los materiales en los sitios indicados en el proyecto y acarreo libre.

L 2.- La excavación de préstamos se pagará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico de materiales A, B y C. Estos -- precios unitarios incluyen: extracción, remoción, carga, acarreo libre, colocación del material en el terraplén a cualquier altura, recorte de cuñas de sobreebanco y afinamiento del terraplén.

(M) REFINAMIENTO

M 1.- Se le llama Refinamiento a las excavaciones y al movimiento de materiales con volumen total hasta de 3 000 metros cúbicos por-kilómetro, necesarios para afinar, rehacer o modificar la sección de proyecto de las terracerías de una obra vial, ya atacadas o terminadas y recibidas con anterioridad.

(N) EJECUCION

N 1.- En el refinamiento, cuando se ordene compactar la sub-rasante, se escarificará y removerá el material en el espesor y forma que se indique.

(O) MEDICION

O 1.- La medición del refinamiento se hará tomando como unidad el kilómetro, considerando el resultado con una decimal.

(P) BASE DE PAGO

P 1.- El refinamiento se pagará al precio fijado en el contrato para el kilómetro. Este precio unitario es sólo una compensación por ser el volumen medido por kilómetro menor de 3 000 metros cúbicos; el pago por los trabajos de desmonte, cortes, préstamos, acarreos de terracerías y compactaciones se hará por separado.

(Q) ACARREOS PARA TERRACERIAS

Q 1.- Se le llama así al transporte del material producto de las excavaciones de cortes, adicionales abajo de la sub-rasante, amplia -

ción y/o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes, escalones, - despalmes, préstamos, derrumbes o canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio, así como el transporte del agua es - pleada en la compactación de terracerías.

(R) EJECUCION

R 1.- El equipo de transporte deberá ser previamente autorizado.

R 2.- Los acarrees se sujetarán a lo fijado en el proyecto.

(S) MEDICION

S 1.- Todos los materiales a que se refiere el inciso Q 1, tendrán un acarreo libre, a partir del término del cual, su transporte se considerará como sobrecarreo.

S 2.- El acarreo libre es el efectuado hasta una distancia de - 20 mts.; el término de los 20 mts., del acarreo libre es el origen a partir del cual se computa el sobrecarreo.

S 3.- El sobrecarreo de los materiales a que se refiere el inciso Q 1 se considerará como sigue:

- a) Hasta 5 estaciones de 20 mts., es decir, hasta 100 mts.
- b) Hasta 5 hectómetros, es decir hasta 500 mts., contados a partir del origen.
- c) A más de 5 hectómetros, es decir de 500 mts., en adelante contados a partir del origen.

S 4.- El sobrecarreo de los materiales a que se refiere este - capítulo se cuantificará multiplicando el volumen de los materiales - acarreados, valorizados como se indica en lo que corresponda para cada material, por la distancia acarreada, tomando en cuenta lo indicado en esta cláusula y considerando como unidad el metro cúbico-estación, el metro cúbico-hectómetro y el metro cúbico-kilómetro, según sea la distancia de sobrecarreo. El resultado se redondeará a la - unidad.

S 5.- La distancia del acarreo libre se considerará como sigue:

- a) En las terracerías compensadas, limitada por el diagrama de masas del proyecto.
- b) En los desperdicios, despalmes, escalones, derrumbes o canales, a partir del centro de gravedad del volumen -

excavado o removido y sobre la ruta mas corta y/o con -  
veniente.

- c) En los préstamos, a partir del centro de gravedad del -  
préstamo y sobre la ruta más corta y/o conveniente.
- d) Para terraplenes, cuando el pago se haga por unidad de -  
obra terminada, a partir del centro de gravedad del prég  
tamo y sobre la ruta más corta y/o conveniente.
- e) Para el agua utilizada en la compactación de terraple -  
nes a partir del lugar de extracción del agua, sobre la  
ruta más corta y/o conveniente.

8 6.- La distancia de sobrecarreo de los materiales a que se re  
fiere el inciso M 1, se considerará a partir del origen del sobrecar  
reco y se medirá en estaciones de 20 mts., hectómetros o kilómetros -  
según corresponda, para un material, y en cada caso, considerando só  
lo uno de los 4 sistemas que a continuación se indican:

- a) En sobrecarreos hasta 5 estaciones, tomando como unidad  
la estación de 20 mts., con aproximación de una decimal.
- b) En sobrecarreos hasta 5 hectómetros, tomando como uni  
dad el hectómetro, conaprcximación de una decimal.
- c) En sobrecarreos a más de 5 hectómetros, tomando como -  
unidad el kilómetro, redondeando siempre las fracciones  
a la unidad inmediata superior.
- d) La distancia de sobrecarreos del agua para compactación  
de terracerías, se medirá tomando como unidad el kilóme  
tro, redondeado siempre a la unidad inmediata superior.

8 7.- La distancia de sobrecarreo cualquiera que sea ésta, se -  
determinará según se indica a continuación:

- a) En las terracerías compensadas, en el diagrama de masas  
del proyecto, entre los centros de gravedad de la exca  
vación y del terraplén, descontando la distancia de acq  
rreo libre.
- b) En los desperdicios, despalmes, escalones, derrumbes o  
canales, entre los centros de gravedad de los volúmenes  
excavados o extraídos y el volumen del material deposi  
tado en el lugar fijado en el proyecto, descontando la  
distancia de acarreo libre, por la ruta más corta y/o -  
conveniente.

- c) En los préstamos, entre el centro de gravedad del préstamo y el del terraplén, según la ruta accesible más corta y/o conveniente, descontando la distancia de acarreo libre.
- d) Para los terraplenes cuando se paguen por unidad de obra terminada, entre el centro de gravedad del préstamo y el del terraplén según la ruta accesible más corta y/o conveniente, descontando la distancia de acarreo libre.
- e) La distancia de sobrecarreo de los volúmenes de agua - para la compactación de terracerías, se medirá según la ruta accesible más corta y/o conveniente, entre el lugar de su obtención y el centro del lugar de aplicación, descontando la distancia de acarreo libre.

S 8.- Cuando la construcción de terraplenes se pague por unidad de obra terminada, no se medirán los sobrecarreos del agua empleada para la compactación de los mismos.

(T) BASE DE PAGO

T 1.- El pago del acarreo libre de los materiales y del agua, a que se refiere el inciso Q 1, queda incluido en el precio unitario -- del concepto de obra de que se trate y el del agua, en el del trabajo en que se utilice.

T 2.- El sobrecarreo se pagará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico-estación, para el metro cúbico-hectómetro o para el metro cúbico-kilómetro, según sea la distancia de sobrecarreo. Este precio unitario corresponde exclusivamente al transporte.

T 3.- Cuando en el pago de conceptos por unidad de obra terminada, de las obras a que se refiere esta parte, proceda el pago de sobrecarreos, éste se hará como se indica en el inciso T 2.

**ESTUDIOS COMPARATIVOS PARA VIA STANDARD O ELASTICA  
COSTOS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION**

ESTUDIOS COMPARATIVOS PARA VIA STANDARD O ELASTICA  
COSTOS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

Para poder efectuar una comparación entre la vía standard y la vía elástica con el fin de seleccionar la opción más conveniente, se estudiarán en forma independiente para conocer sus ventajas y sus desventajas, así como los procedimientos de construcción en cada una de ellas para finalmente llegar a una conclusión apropiada.

VIA STANDARD

Es la vía clavada que se ha venido utilizando en México, similar a la utilizada hace 100 años en Europa y que aún subsiste en Norteamérica; las partes de que se constituye son las siguientes:

DURMIENTES DE MADERA

Sus dimensiones para vía standard de escantillón 1.435 metros, deberán ser 0.18 x 0.20 x 2.44 mts. (7" x 8" x 8') admitiéndose un máximo de 0.19 x 0.21 x 2.50 mts. Son cortados de árboles vivos y sanos que no tengan más de un mes de talados. Los de pino se aserran por sus cuatro caras y los de maderas corrientes tropicales (duras y semiduras) podrán ser aserrados o labrados con hacha; unos y otros tendrán sus cabezas -- cortadas a ángulo recto con el eje de la pieza y sus cuatro caras formarán también ángulo recto entre ellas; tendrán aristas vivas y lisas -- de cutícula y corteza.

Pueden ser de dos clases: de pino y de las siguientes maderas tropicales:

a) **MADERAS DURAS (corrientes tropicales).** -- Corresponden a maderas de Caecotillo, Cacahuaste, Chicozapote, Ebano, Encino prieto, Guaje liso, Granadillo, Laurel, Mangle, Roble, etc.

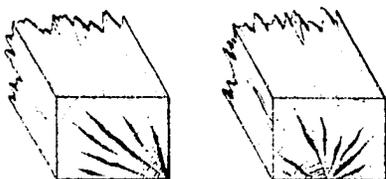
b) **MADERAS SEMIDURAS TIPO ENCINO.** -- Encino amarillo, Guaje, Limoncillo, Naranjillo, Tepehuacate, Tepemesquite, etc.

c) **MADERAS SUAVES TIPO PINO.** -- Encino-roble, Encino de asta, Encino rojo, Mangle blanco, Mangle rojo, Roble blanco, Laurel blanco, etc.

Todos los durmientes deben de estar libres de cualquier defecto -- que pueda perjudicar su resistencia y durabilidad, para lo cual se examinan minuciosamente todas sus caras.

En si, los durmientes se fabrican de madera compacta, debiendo tener en algunas partes de su sección cuando menos seis anillos de creci

**DURMIENTES CUARTEADOS.**



FIGURAS N°s 2 y 3.

N°s 1, 4, 5 y 10  
VER ANEXO.



FIG. N° 6.

(1) FIBRA CON DISTORCION MENOR DE 1/15

(2) FIBRA CON DISTORCION IGUAL A 1/15

(3) FIBRA CON DISTORCION MAYOR DE 1/15

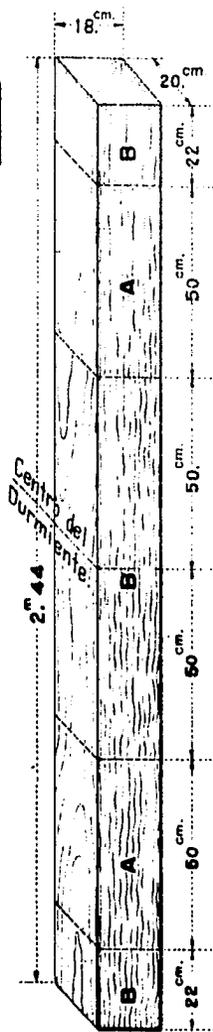


FIG. N° 7.



FIG. N-11.

Durmiente aceptable.  
Nudo de Paloma.



FIG. N° 8.

Durmiente no aceptable.  
Nudo de Paloma.



FIG. N° 9.

Durmiente no aceptable.

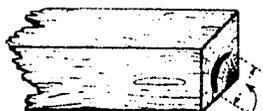


FIG. N° 12.

Durmiente no aceptable.  
Grieta anular visible por la cara.



FIG. N° 13.

Durmiente aceptable.  
Grieta anular visible por la cara.

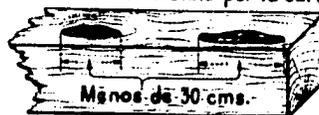


FIG. N° 14.

Durmiente no aceptable.



FIG. N° 15.

Durmiente no aceptable.  
Menos de 7 cms.



FIG. N° 16.

Rejadura



FIG. N° 17.

Distancia L-M igual o mayor a



FIG. N° 18.

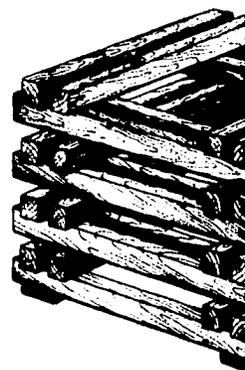
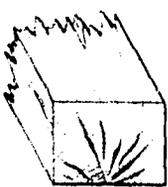


FIG. N° 19.  
Manera de formar las T

**CUARTEADOS.**



Nºs 2 y 3.

4, 5 y 10  
NEXO.

(2) FIBRA CON DISTORSION IGUAL A 1/15  
(3) FIBRA CON DISTORSION MAYOR DE 1/15

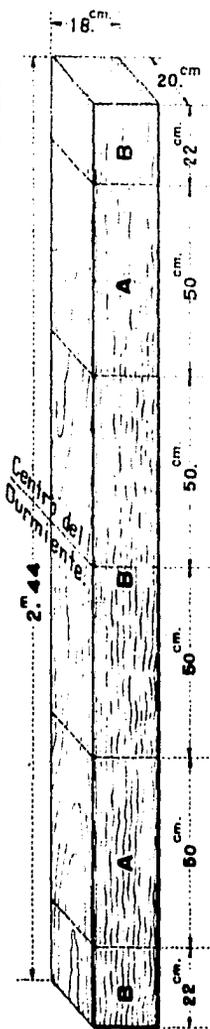


FIG. Nº 7.



FIG. N- II.

Durmiente aceptable.  
Nudo de Paloma.



FIG. Nº 8.

Durmiente no aceptable.  
Nudo de Paloma.



FIG. Nº 9.

Durmiente no aceptable.

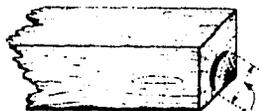


FIG. Nº 12.

Más de 7 cms.

Durmiente no aceptable.  
Griete anular visible por la cara.



FIG. Nº 13.

Menos de 7 cms.

Durmiente aceptable.  
Griete anular visible por la cara.

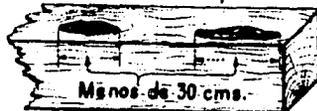


FIG. Nº 14.

Durmiente no aceptable.



FIG. Nº 15.

Menos de 30 cms.

Más de 7 cms.

Durmiente no aceptable.  
Menos de 7 cms.



Más de 30 cms.

FIG. Nº 16.

Durmiente aceptable.  
Menos de 30 cms.



Menos de 7 cms.

FIG. Nº 17.

Rejadura mixta.



FIG. Nº 18.

Distancia L-M igual o mayor a 5 cms. Durmiente aceptable.



FIG. Nº 19.

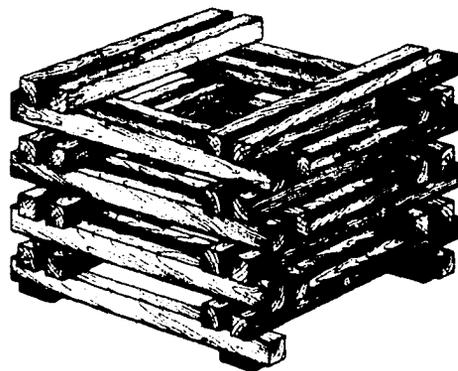


FIG. Nº 20.

Manera de formar las Tongas de Durmientes.

miento anual en un espacio de 3 cm. medidos en dirección radial, exceptuándose los de madera de corasón con diámetro de 8 cm o mayor, los que provengan de trocos de cuya sección se hayan obtenido dos o más durmientes y los sencillos de madera compacta y anillos resinosos.

Se entiende por madera compacta la que no presenta una estructura esponjosa, no admitiéndose los de anillos resinosos en cantidad mayor - del 10% de cada lote. Sus fibras no deberán tener una inclinación mayor de 1:15 en el sentido longitudinal de la pieza y la madera deberá estar exenta de cualquier principio de putrefacción aún cuando se presente en forma de manchas, libre de plagas de hongos.

Finalmente son tratados en Plantas de Impregnación para preservarlos de los agentes exteriores que le son perjudiciales, mediante soluciones de pentaclorofenol en autoclave, siguiendo para tal objeto diversos procedimientos de impregnación; en esta forma puede considerarse al durmiente de madera impregnada una vida útil de aproximadamente 20 años.

#### RIELES

Se usa el tipo Vignoles, o sea el que tiene una base plana. Un riel se denomina de acuerdo con su diseño y el peso promedio de un tramo de una yarda de longitud expresada en libras; por ejemplo: 80 A.S.C.E., 70 NdeM, 112 RE, etc.

Las especificaciones de A.R.E.A. para la manufactura del riel establecen las dimensiones exactas de cada parte de la sección, la composición química y demás requisitos de fabricación para los ferrocarriles americanos.

La longitud reglamentaria es la de 39' (11.90 m), aún cuando se encuentran de 30' y 33', a una temperatura de 15.6° C. Las deformaciones que originan el desgaste del riel son muy variadas ya que trabaja a tracción, compresión, flexión, torsión y choques repetidos, además el pasobrusco de las ruedas en algunas frenadas produce choques y vibraciones que son absorbidos por el riel. De acuerdo con lo anterior y según estadísticas, se puede decir que la vida de un riel fluctúa alrededor de 40 años.

Los defectos que se le pueden presentar al riel son: Fisuras transversales, fisuras compuestas, grieta horizontal en el hongo, fracturas-





progresivas, hongo aplastado, grieta vertical del hongo, escurrimiento del hongo, patines rotos, quebraduras en las perforaciones para los -- tornillos, etc., debidos todos ellos a defectos de fabricación, ave -- rías en el servicio o envejecimiento propio del mismo riel.

### ACCESORIOS

Los accesorios con que actualmente cuenta la vía standard los podemos enumerar como sigue:

1.- SISTEMA DE FIJACION.- El sistema usado permite fijar la vía al durmiente mediante clavos de acero. Cuando el patín del riel se -- apoya directamente al durmiente ocurre un degollamiento de los durmientes por la acción de las cargas que soporta el riel y que son transmitidas por el patín, para evitar este fenómeno y aumentar la vida de -- los durmientes se usan las placas de apoyo metálicas.

2.- SISTEMA DE UNION.- Consiste en unir por medio de bridas los rieles reglamentarios de la vía standard, constituyendo las llamadas - JUNTAS DE DILATACION.

Cada junta comprende un par de planchuelas (placas metálicas de cierto diseño), 4 tornillos con tuercas y roldanas de presión. El objetivo principal de las juntas es el de realizar la unión de dos rieles sucesivos evitando el movimiento transversal o longitudinal de uno con respecto a otro y permitiendo un desplazamiento longitudinal relativo para absorber la dilatación que se provoca en ellos debido a los cambios de temperatura, para lo cual se deja una cierta holgura durante su colocación, conforme a la temperatura que se tenga en el momento de la instalación.

3.- SISTEMA DE ANCLAJE.- Para esto se usa un accesorio de metal denominado "ancla de vía" que cuenta con varios diseños, y tiene por objeto el de frenar el riel o evitar su corrimiento longitudinal, principalmente donde la vía acusa pendientes y se coloca en el patín del riel de manera que sea detenido por el durmiente.

### TENDIDO DE VIA

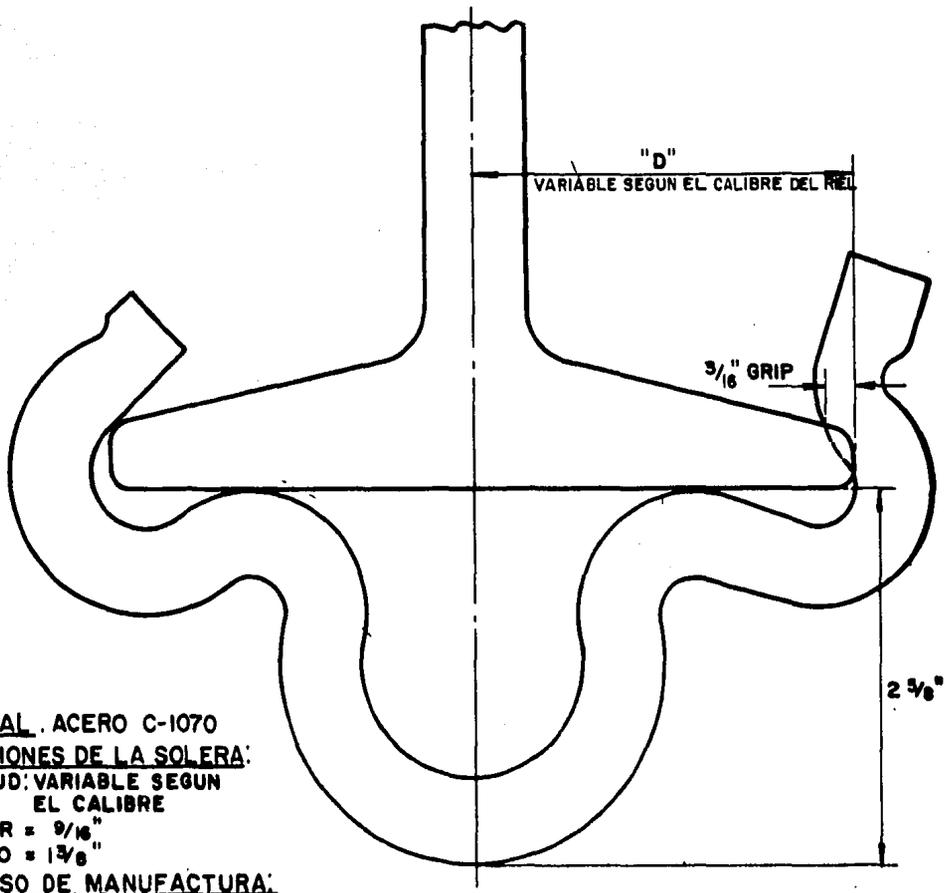
Generalmente la vía standard es construída formando un pequeño -- tren de trabajo con plataformas, cuya fuerza tractiva es producida por una grúa "burro" que se coloca a la cabeza; estas plataformas conducen el riel, durmientes y accesorios para ir formando una vía de penetra -







— ANCLA DE ACERO PARA RIEL —  
WOODINGS-VERONA



**MATERIAL** . ACERO C-1070  
**DIMENSIONES DE LA SOLERA:**  
LONGITUD: VARIABLE SEGUN  
EL CALIBRE

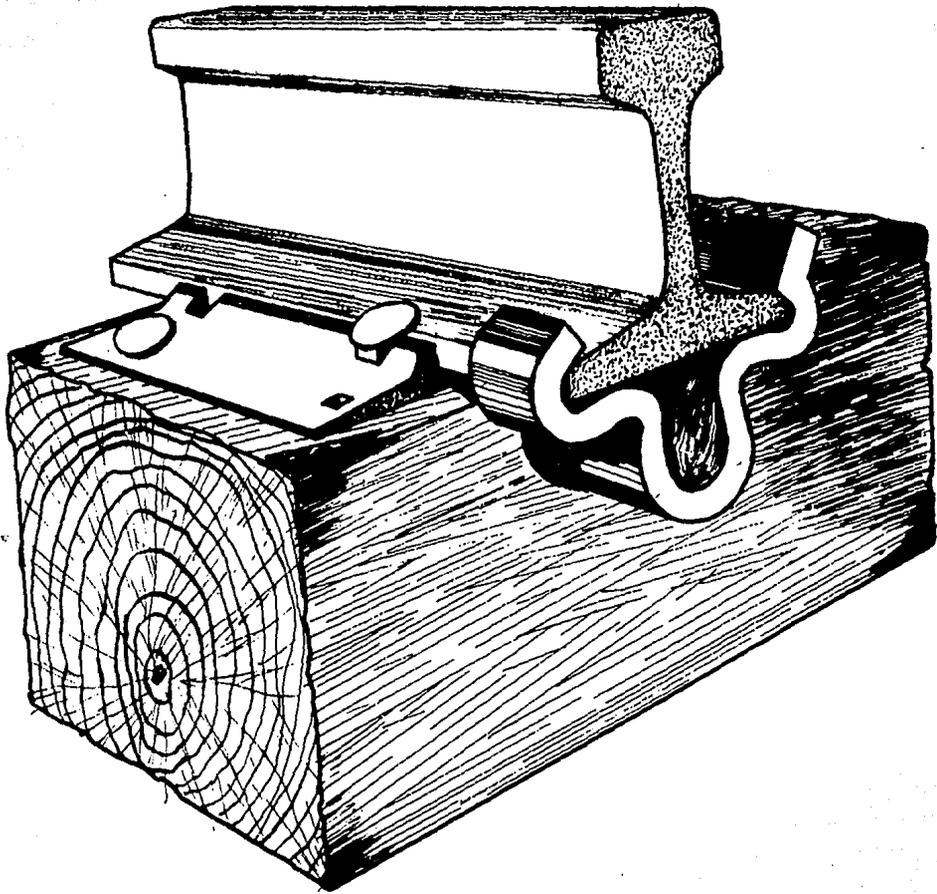
ESPESOR =  $9/16$ "  
ANCHO =  $1\frac{3}{8}$ "

**PROCESO DE MANUFACTURA:**

CORTE ----- En frío  
CALENTAMIENTO: --- 1900° F  
TEMPLADO ----- 1700° F  
DUREZA ----- 363 a 401 Brinell (medio 388)

ESCALA NATURAL

CALIBRE RIEL	DISTANCIA " D "
75 CM	$2\frac{11}{32}$ "
80 ASCE	$2\frac{19}{32}$ "
85 ASCE	$2\frac{1}{8}$ "
90 AS ARA	$2\frac{11}{32}$ "
90 ARA-A	$2\frac{14}{32}$ "
100 ARA-A	$2\frac{21}{32}$ "
100 RE	$2\frac{19}{32}$ "
112 RE	$2\frac{21}{32}$ "
118 RE	$2\frac{27}{32}$ "



ción con los durmientes espaciados. Conforme el personal de vía va colocando y espaciando la madera tomando como referencia el trazo definitivo de la línea estacado en la terracería, la grúa "burro" toma de la plata - forma los rieles para que al girar 180° los coloque sobre la madera así - tendida. En esta forma y dado que cada riel es clavado, ambos a escanti- llón y emplanchuelados provisionalmente, la grúa va rodando sobre la vía - que ella misma va formando. Posteriormente, se completa la madera, se co - loca la placa de asiento, se clava y se completan los tornillos y rolda - nas, para finalmente dar una primera alineada a la vía, calzando provisio - nalmente con el mismo material de la terracería. En estas condiciones, - la vía está lista para permitir el paso de los trenes de trabajo con el - balasto de piedra triturada y calzar definitivamente la vía.

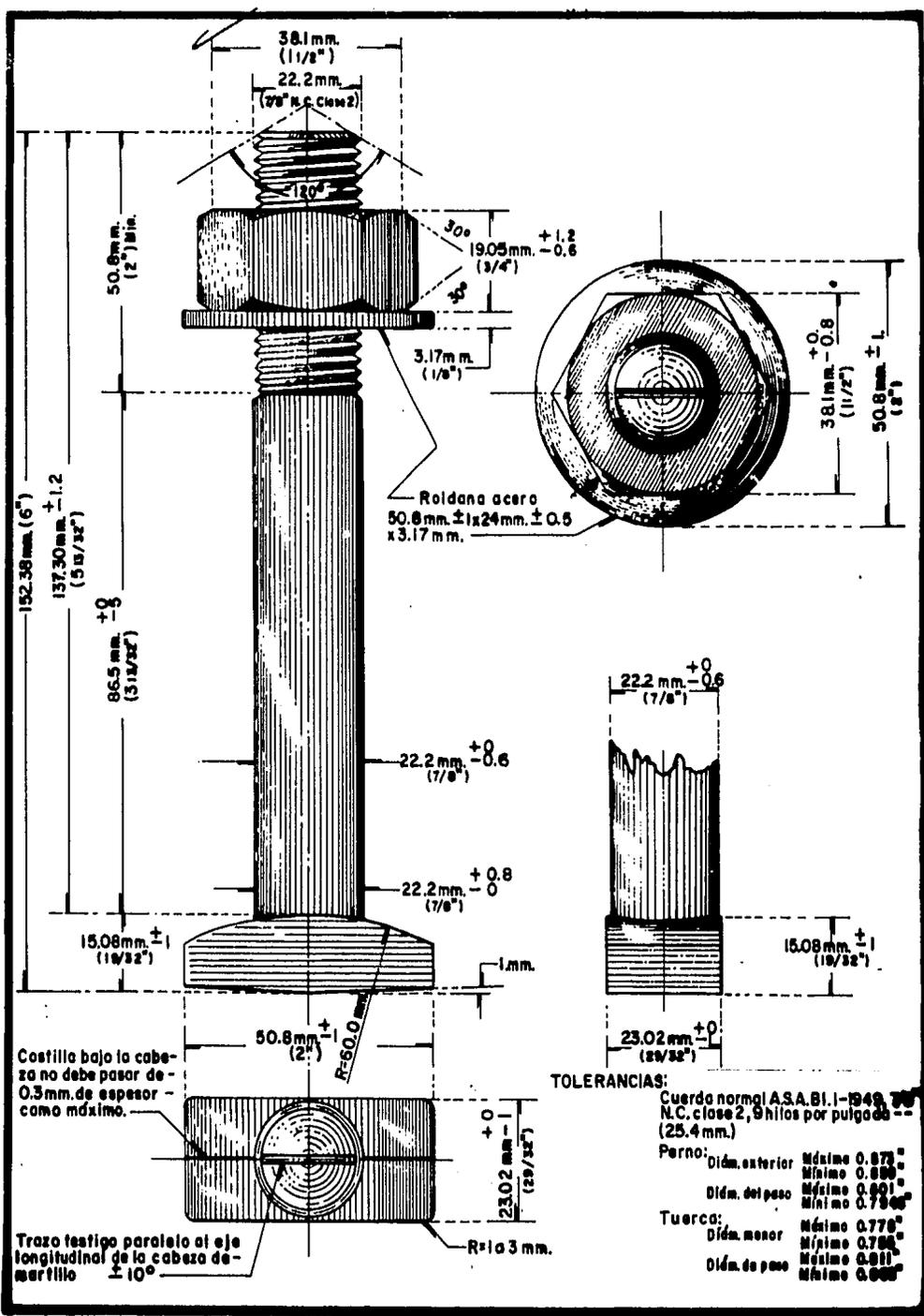
Dentro de esta secuela de trabajo, intervienen clavadoras, tornilla - doras, hachazueladoras si se tiene necesidad de rebajar la cara de los - durmientes, calzadoras automáticas (aunque el calzado de la vía puede - efectuarse manualmente) y reguladoras de balasto para amarrar firmemente la vía con el balasto evitando desplazamientos laterales con el paso de - los trenes, llenando los cajones de la vía y formando la sección reglamen - taria de balasto. Posteriormente se alinea la vía, pudiendo ser esta eta - pa a ojo o utilizando alineadoras automáticas.

VIA ELASTICA.- Esta técnica consiste básicamente en el empleo de -- riel soldado en largos tramos, con sujeción riel-durmiente, por medio de - grapas elásticas, una placa de hule entre el riel y el durmiente y utili - zación de durmientes de concreto armado.

Esta vía permite alcanzar altas velocidades, hasta de 140 Kms. por - hora para trenes de pasajeros y de 80 o 90 Kms., para trenes de carga, a - la vez que permite una fuerte reducción en los gastos de conservación y - mantenimiento de la vía. Proporciona además un viaje cómodo y silencio - so para los pasajeros, con el consiguiente ahorro de gastos de conserva - ción del equipo y material rodante.

#### 1.- SISTEMA DE FIJACION.

En Europa, en lugar del clavo de vía, se emplea el tirafondo o tor - nillo, que aunque tiene mayor resistencia a las fuerzas de tracción que - el clavo, requiere igualmente una conservación esmerada con reapretados - periódicos y sistemáticos. Debido a esto, los ferrocarriles franceses - han desarrollado una técnica especial, que ha venido a solucionar el pro -



**TOLERANCIAS:**  
 Cuerda normal A.S.A.B.I. 1-1949, 20  
 N.C. clase 2, 9 hilos por pulgada -- (25.4 mm.)  
 Perno: Dím. exterior Máximo 0.875"  
 Mínimo 0.850"  
 Dím. del peso Máximo 0.801"  
 Mínimo 0.790"  
 Tuerca: Dím. menor Máximo 0.776"  
 Mínimo 0.766"  
 Dím. de peso Máximo 0.811"  
 Mínimo 0.800"

blema de fijación riel-durmiente. Esta técnica se conoce con el nombre de "SUJECION ELASTICA".

Los fenómenos vibratorios producidos en la estructura como el problema de las juntas que son los puntos débiles de la vía, han sido los que presentan las mayores dificultades, siendo las verdaderas causas de los desperfectos y prematura caducidad de la vía. Para analizar estos fenómenos vibratorios en la vía se han utilizado acelerómetros de cuarzo-piezo-eléctricos, fijados a los rieles y a los durmientes para registrar las aceleraciones mediante oscilógrafos catódicos en los cuales si se observa una gráfica obtenida al paso de una locomotora de vapor a 110 Kms., por hora, se notará que al paso de las ruedas motrices, las aceleraciones adquieren valores de más de 100 g (aceleración de la gravedad =  $9.81 \text{ mts/seg}^2$ ) y que además dichas aceleraciones son prácticamente simétricas respecto al eje de tiempos.

Estos fenómenos de impacto sobre la vía se hacen evidentes al cabo de cierto número de años. Para reproducirlos en el laboratorio se creó una máquina que reproduce con gran fidelidad las vibraciones de la vía. Este aparato consiste en un "vibrogir" (aparato para producir vibraciones) sujeto firmemente a una viga rígida, que a su vez se sujeta a dos rieles y sobre el durmiente cuyos efectos vibratorios quieren estudiarse.

Basados en los experimentos del laboratorio obtenidos con la máquina anteriormente descrita, se han desarrollado varios sistemas de sujeción riel-durmiente, tanto para durmientes de concreto, como para durmientes de madera.

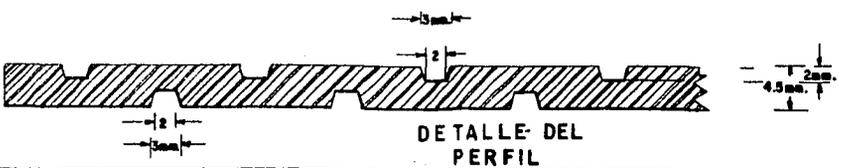
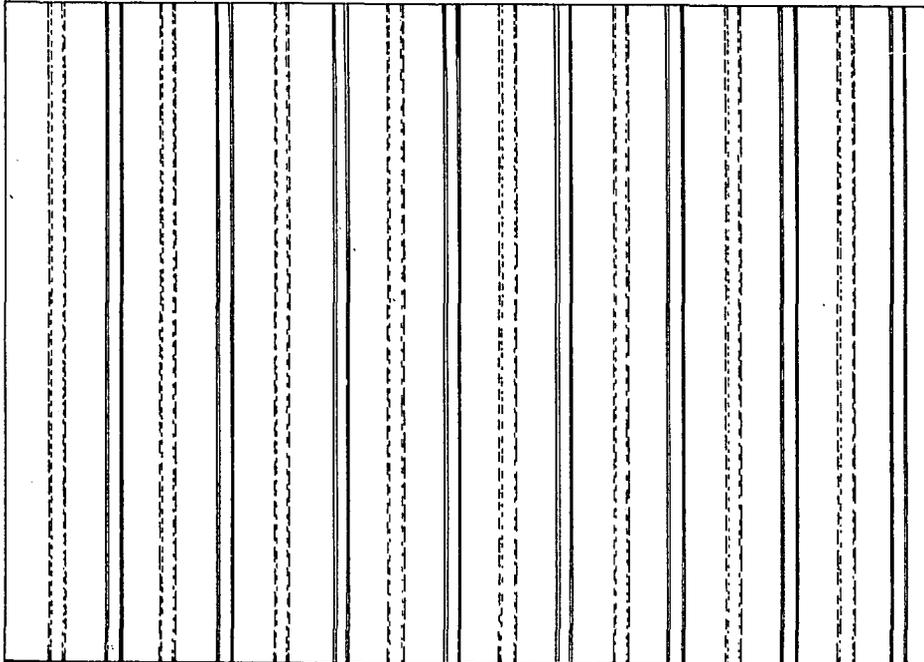
El tipo de fijación elástica actualmente aprobado por la S.N.C.F., (Ferrocarriles Franceses) después de numerosos ensayos, consta básicamente de los siguientes elementos:

Una placa de hule acanalada que se coloca entre el riel y el durmiente con dos grapas elásticas de acero al cromo manganeso, apretadas fuertemente por un tornillo, que sujetan al patín del riel. La grapa elástica R.M. cuando está suelta, tiene un cierto juego entre el borde del patín del riel y la grapa misma, juego que depende de la forma del riel y del tipo de durmiente. Al apretar el tornillo, la grapa cede y entra en contacto con el borde del patín del riel.

Las acanaladuras o estrías, dispuestas alternadamente sobre las dos

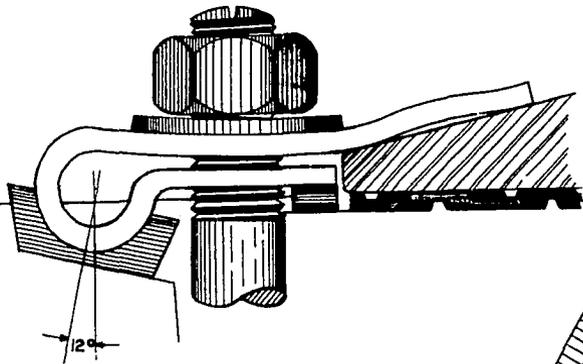
B

A

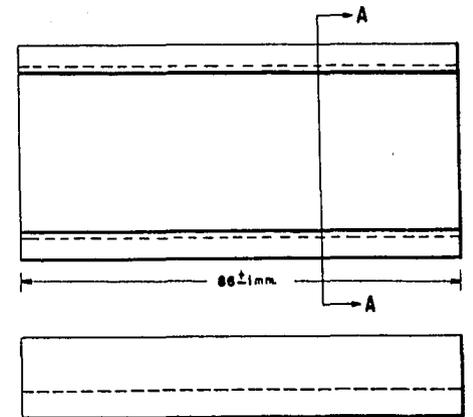
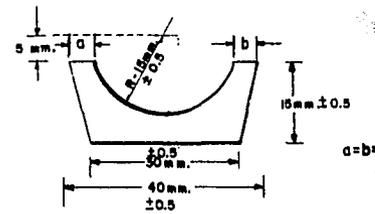
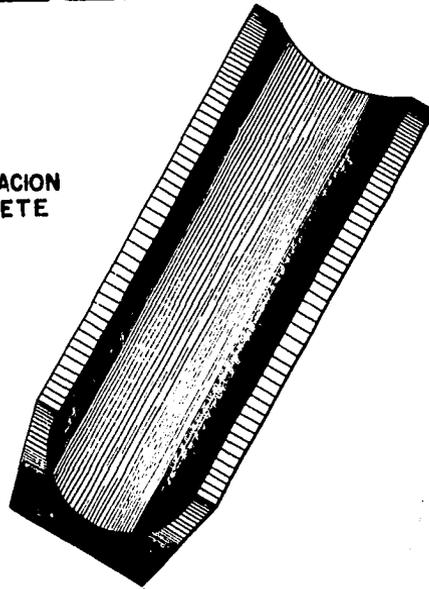


DETALLE DEL  
PERFIL

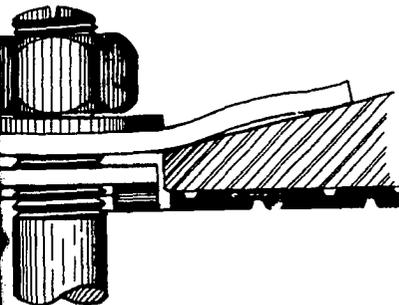




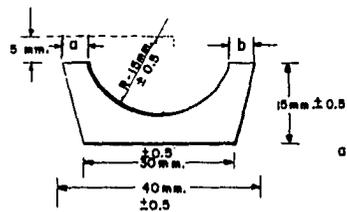
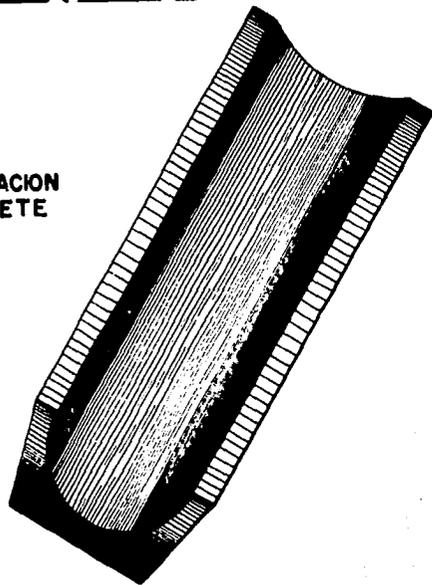
CROQUIS DE LA COLOCACION  
CORRECTA DEL COJINETE



TIPO PARA AISLAMIENTO

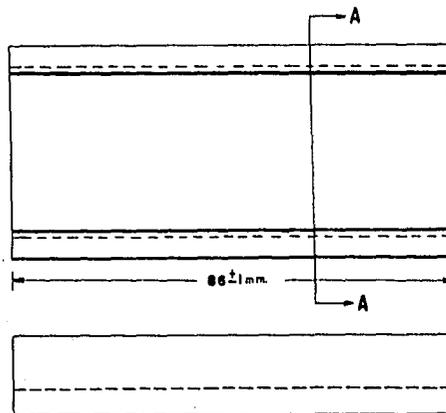


S DE LA COLOCACION  
STA DEL COJINETE

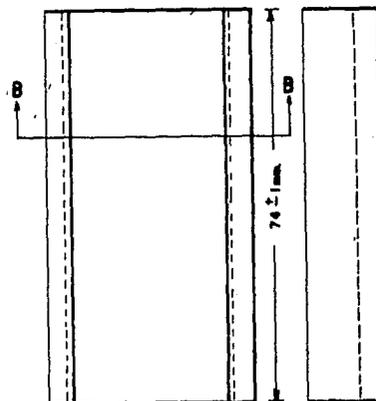


CORTE AA y BB  
Cojinete

$$a=b=5.9 \pm 0.5 \text{ mm.}$$



TIPO PARA AISLAMIENTO



TIPO ORDINARIO



caras, permiten la expansión del hule y evitan los desplazamientos importantes entre la placa, el riel y el durmiente. Si la placa no estuviera acanalada no podría recuperarse y permaneciendo deformada perdería su elasticidad y se gastaría rápidamente.

Se ha comprobado una vida útil y una eficiencia mucho mayor de la sujeción elástica respecto al tirafondo común. Estas sujeciones elásticas, no transmiten casi ninguna concentración, puesto que no se las -- aprieta fuertemente.

En durmientes de concreto es fácil anclar los tornillos firmemente, de manera que no tengan movimientos posteriores debido al tráfico. Por el contrario en la madera, los tirafondos tienden a aflojarse lentamente con el tiempo por la deformación de las fibras y más si están sujetas a esfuerzos alternados y elevados de tracción.

El problema es pues más difícil con la madera y para solucionarlo se ha creado una grapilla tipo R.N.

La grapilla difiere de la grapa, en que tiene una rama más larga que la de la grapa, con el objeto de que sea más flexible. No hay necesidad de la rama inferior, que en el caso de la grapa sirve para mantener el riel lateralmente al escantillón, ya que en durmiente de madera son los rebordes del entallado y los mismos tirafondos los que lo -- sujetan. El esfuerzo de apriete está también limitado por el juego -- del segundo contacto sobre el ala del patín del riel. Se utilizan placas de hule acanaladas y además una pequeña calza metálica, colocada -- dentro de una segunda entalladura del durmiente, para apoyar el extremo exterior de la grapilla.

Los múltiples ensayos llevados a cabo con diferentes tipos de sujeción, dan una idea clara, de que en igualdad de circunstancias, la vía elástica ahorra varias veces el costo de conservación, en comparación con la vía clavada; no sólo por gastos de reclavado y cambio de durmientes, sino también por la posibilidad de emplear calibres menores de -- riel, además del ahorro en pérdidas por accidentes originados por la -- mala sujeción que proporciona el clavo de vía.

## 2.- SISTEMA DE UNION.

En el caso de la vía standard se vió que los rieles reglamentarios son de 39' los cuales se unen con planchuelas y forman las juntas de dilatación; en cada junta, las ruedas de los vehículos chocan violentamen

te con los extremos de los rieles, produciendo oscilaciones que se traducen en movimientos desagradables para los pasajeros, en desgaste y - aflojamiento del material rodante y en destrucción de la junta misma y de la punta de los rieles. Por lo tanto los técnicos europeos decidieron suprimir radicalmente las juntas experimentando con tramos de gran longitud soldados, anclados en durmientes de concreto con fijación elástica, con lo cual también evita cualquier corrimiento longitudinal y - suprime las anclas.

En un principio se encontró gran oposición a esta solución a causa del dogma de la libre dilatación, ya que las variaciones de longitud van a quedar frenadas por la vía y en consecuencia por el riel por lo que éste quedará sujeto a una compresión que soportará un esfuerzo bastante grande.

Existe una teoría al respecto según la práctica: Que los esfuerzos reales que se derivan de las variaciones de temperatura son menores y que las variaciones térmicas dan lugar a fenómenos de adaptación y posiblemente se produzca una especie de modificación estructural por termofluencia del metal, el cual tiende a volver al estado normal sin cambiar la dimensión.

De acuerdo con lo anterior se pueden hacer carriles de gran longitud sólo que, por cuestiones de facilidad de construcción y conservación se han limitado a 800 mts., para lo cual se han diseñado juntas especiales. Esta junta está construida de una aguja y contra-aguja en forma de Z alargada, deslizándose sobre cojinetes metálicos que pueden absorber perfectamente las dilataciones o contracciones que se suscitan en cada extremo de una vía soldada por faltarle tramo de vía que - resista los esfuerzos del dilatamiento.

En vía con durmientes de madera se recomienda no soldar continuamente en curvas de radio menor de 500 mts. En vías con durmientes de concreto se pueden soldar tramos continuos aun en curvas de radios menores; pero en curvaturas menores de 300 mts., se prefiere soldar 2 o 3 tramos de riel únicamente para no favorecer el flambeo del riel, que se traduce en desplazamientos laterales de la vía.

Existen dos métodos de soldadura: el procedimiento aluminotérmico y el procedimiento de soldadura eléctrica a tope.

El primero es el más usado y se basa en la reacción entre el óxido de hierro y el aluminio metálico. Para efectuarlo, los extremos del riel se alinean y sujetan dejando un claro de un centímetro entre las puntas. Cubriendo las dos puntas, se coloca un molde metálico revestido de una mezcla de arcilla y arena. Se precalientan las dos puntas del riel por medio de calentadores de gasolina o gas. Después de haber alcanzado el riel la temperatura rojo-cereza se retiran los precalentadores y se coloca un crisol encima del molde, el cual contiene la porción de soldadura y se enciende por medio de una mecha.

Cuando la reacción se ha terminado, se destapa el fondo del crisol y el acero fundido fluye dentro del molde. La escoria queda retenida en una parte especial del molde y no alcanza la zona de soldadura. Se retiran los moldes, se corta la rebaba que haya quedado y después de enfriado se esmerila el hongo del riel para darle la forma apropiada.

Las ventajas que tiene son: se puede soldar directamente sobre la vía con muy baja inversión en equipo y posibilidad de efectuar reparaciones de rieles rotos en la vía misma.

El procedimiento de soldadura eléctrica a tope se basa en el calentamiento eléctrico para la fusión y soldadura de la punta de los rieles. Los rieles se sujetan simultáneamente mediante dos abrazaderas con contacto eléctrico, a la máquina soldadora. Uno de los rieles se acerca y se pone en corto circuito, manteniendo en contacto las puntas de los rieles. El acero de la punta del riel se funde, removiendo las partes oxidadas, y las imperfecciones del metal de la cara de las puntas de los rieles. Las puntas de los rieles se aprietan unas contra otra bajo presión hidráulica y el acero fundido de las puntas se solda, produciendo un reborde que debe ser posteriormente esmerilado.

Este procedimiento es rápido. Su empleo se ha visto limitado por el alto costo de inversión del equipo. Una de las principales ventajas de este método es su costo por soldadura que es de 10 O 15% menor que con el proceso aluminotérmico.

#### ELECCION TECNICA DE LOS DURMIENTES

El tipo de sujeción elástica puede emplearse en durmientes de madera y en durmientes de concreto. Pero dado que con los rieles de gran longitud y el sistema de fijación elástica aumentamos la longevidad de los carriles aproximadamente en un 50 %, en relación a los rieles con

tos, dependiendo primordialmente del tráfico que tengan no convendría usar durmientes de madera cuya vida (15 a 20 años tratados), sea menor que la de los rieles (30 a 35 años), pues influye en los gastos de conservación.

La diferencia en pesos es de 2 o 3 veces mayor el de concreto, - por lo que la sección requerida de balasto para vías con durmientes - de concreto dará un ahorro de 25% a 30% con respecto al de madera para presentar una estabilidad capaz de soportar los esfuerzos de compresión producidos en el riel.

En cuanto a conservación, en las fases de nivelación y apretado de la fijación, la vía armada sobre traviesas de madera requerirá mayores gastos.

Por otra parte, la sustitución del durmiente de madera por el de concreto en nuestro sistema de vías, beneficiaría a la Nación, ya que los bosques constituyen una de las riquezas en que está basada la economía nacional y actualmente los ferrocarriles están consumiendo un volumen muy considerable de madera para su conservación, que de otra manera podría utilizarse en múltiples productos que reportarían mayores utilidades. En el Decreto del 15 de Septiembre de 1943 se fijó una proporción de 1.4 pieza durmiente por cada metro cúbico de madera de pino explotado que el productor debe entregar a los ferrocarriles. Por esto, el precio del durmiente de madera fluctúa de acuerdo con el mercado internacional y otros factores, no así el durmiente de concreto que por ser un producto industrial puede determinarse su costo en cualquier momento.

Respecto a los durmientes metálicos tienen un alto costo por lo que no pueden competir con los durmientes de concreto que son los más apropiados por lo anteriormente visto.

#### CONSTRUCCION DE LA VIA ELASTICA.

Este método puede ser como el descrito para la vía standard, mediante operarios y un plan de trabajo bien elaborado, aunque presenta la ventaja de hacerse con un sistema mecánico para eliminar el pesado manejo a mano, ya que los durmientes de concreto son considerablemente de mayor peso y en virtud de ese sistema mecánico se mantiene el cost

del manejo al mismo nivel que en el caso de durmientes de madera.

Se prefabrican tramos de vía de 50 a 100 mts., para ser transportados al lugar requerido para su colocación. Los trabajos de carga y descarga se hacen mediante 2 o 3 pórticos con un aditamento de grúa o gatos hidráulicos. Esto es: los carros cargados son conducidos bajo los pórticos, los cuales elevan la vía; se retraen las plataformas bajándose a continuación el tramo sobre el balasto o cama. En este trabajo existen dos casos:

- 1.- Construcción de una vía nueva.
- 2.- Cambio de una vía existente.

En el primer caso, ya que las plataformas que transportan los tramos de vía prefabricada no pueden llegar exactamente al lugar requerido, se tendrá la necesidad de colocar una vía o carriles auxiliares para recorrer los marcos rígidos que los transportan hasta llegar al lugar de colocación indicado. Esta vía auxiliar deberá ser lo más ligera posible y de una longitud igual a la de los tramos prefabricados.

En el segundo caso, como existe una vía que se trata de renovar no habrá necesidad del tendido de la vía auxiliar, sólo bastará colocar las plataformas transportadoras exactamente en el lugar indicado y recorrerse después de haber levantado el tramo de vía con los pórticos, procediéndose al desmantelamiento de la vía antigua y sustituirla por la nueva.

Un inconveniente de este sistema es la necesidad de tener talleres de premontaje aproximadamente cada 30 o 40 Kms., además de la elevada inversión en equipo que el sistema requiere.

#### CONSERVACION DE LA VIA ELASTICA.

Las vías recientemente colocadas exigen durante su período de estabilización, muchos cuidados y ajustes, rectificaciones y nivelaciones - en especial, los cuales son sensiblemente iguales aunque la vía sea soldada o no. Sin embargo ningún avalúo de las economías que procura la vía soldada, en comparación de la vía tipo clásica ha resultado inferior a 30% y en algunos casos ha llegado a ser hasta del 75%.

A partir del momento en que el período de estabilización haya pasado, la vía clásica pone repetidamente de manifiesto su debilidad por una marcada desnivelación en las juntas, defecto que va agravándose cada vez con mayor rapidez y que da lugar a fuertes choques al paso de los

trenes. Las juntas de la vía standard exigen pues intervenciones a corto plazo tanto más frecuentes, cuanto mayor edad tenga la vía.

El comportamiento de la vía soldada es completamente distinto. Sus defectos de nivelación toman una forma muy alargada y consecuentemente evolucionan con gran lentitud; asimismo, tienen muy poca influencia sobre el movimiento de los coches y sobre el confort interior de los viajeros. Por ello, la corrección de estos defectos puede dar lugar a programas de largo plazo, guiado por los registros efectuados mediante coches de control con registradoras automáticas. Como estas operaciones de conservación no interesan sino a ciertas zonas, se puede abandonar la nivelación continua y hacerse en forma de correcciones localizadas, llevadas a cabo con máquinas caladoras apropiadas.

#### CONCLUSIONES.-

Indudablemente que el avance de la tecnología nos ha permitido en esta materia desarrollar nuevas técnicas para la construcción de vías — utilizando nuevos métodos, mejores equipos y materiales de más alta calidad.

A pesar de que las inversiones necesarias para su aplicación no guardan comparación con las correspondientes a los métodos anteriores debido a los altos costos que representan, los análisis económicos nos reportan a la larga las ventajas que se obtienen como la recuperación de las inversiones y la mejor prestación de servicios.

Sin embargo en nuestro caso, diversos factores nos obligan a elegir la construcción de vía standard utilizando los métodos tradicionales en lugar de aplicar los nuevos métodos de construcción.

Primeramente el volumen de flete movido actualmente y que se reporta en la evaluación del proyecto (179 000 ton. anuales) no es de la suficiente envergadura para considerar la construcción de vía elástica en el desvío, pues su costo que se eleva a \$ 600 000.00 por kilómetro de vía, en comparación con el importe de \$ 200 000.00 para la vía standard, implica un alza considerable en el costo de la obra y variación del indicador Beneficios-Costos, resultando a la larga la imposibilidad económica de realizar el trabajo. Por otro lado, el proyecto para el desvío lleva una curvatura máxima de  $4^{\circ}00'$ , no recomendable para la operación de vías de alta velocidad como es la elástica en las que se recomienda un máximo de  $1^{\circ}00'$  de curvatura.

**ESTUDIOS TOPO-HIDRAULICOS PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCION  
DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN EL DESVIO GOMEZ FARIAS, COAH.,  
Y MELVILLE, ZAC.**

ESTUDIOS TOPO-HIDRAULICOS PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCION  
DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN EL DESVIO GOMEZ PARTAS, COAH.,  
Y MELVILLE, ZAC.

En la construcción de líneas férreas el drenaje es parte fundamental y tiene por objeto reducir al máximo la cantidad de agua que llega a las diferentes partes de la vía y además dar una salida expedita al agua cuyo acceso a la vía es inevitable.

Para que la vía tenga buen drenaje debe evitarse que el agua de las cunetas laterales remoje y reblandezca los terraplenes en las líneas de paso, originando asentamientos con el consiguiente perjuicio de que los cortes se saturen con peligro de derrumbes y deslizamientos, y que el agua de los arroyos y hondonadas sea remansada por los terraplenes con el peligro de desviarlos y destruirlos en todo caso.

Como se ve, el drenaje adecuado es uno de las fases más importantes en una vía, debiendo procurarse por todos los medios posibles que su funcionamiento sea correcto.

Deba preverse y estudiarse desde la localización misma de la vía, localizando ésta en suelos estables, permeables y naturalmente drenados; sin embargo, la necesidad de rutas más directas, de reducciones de pendiente y la poca uniformidad de las condiciones topográficas, requieren hacer grandes cortes y terraplenes en toda clase de suelos, por tal motivo no puede impedirse que los caminos atraviesen suelos permeables e impermeables, manantiales, filtraciones y exceso de humedad, por lo tanto se necesita emplear sistemas propiamente diseñados de drenaje artificial para dar al suelo la estabilidad necesaria y obtener las condiciones más económicas de cimentación.

Las principales normas que se deben seguir respecto al drenaje se refieren a:

- a) La localización en planta.
- b) La localización en perfil.

a) Cuando la vía se vea obligada a seguir el curso de un vallico corriente de agua, las terracerías deben quedar a una altura conveniente sobre el nivel de aguas máximas del río o vallico, ya sea que se admita o no que el agua llegue hasta mojar las terracerías; el mismo problema se presenta en el caso de que el proyecto tenga que bor-

dear algún lago o cualquiera otra extensión considerable de agua, - en cuyo caso es patente el problema de drenaje en relación con la - estabilidad de los terraplenes. Por tanto, una fase importante del drenaje consiste en hacer una localización adecuada de la vía para que el cruce de ríos, cañadas, arroyos, etc., se efectúe con estructuras de drenaje eficientes y económicas.

b) En cuanto al perfil de la rasante, también debe estudiarse cuidadosamente en relación con el drenaje. En efecto, frecuentemente bastan ligeros cambios en la rasante para facilitar la remoción-rápida y completa del agua superficial. Además es mucho más importante que la superficie sea rápida y correctamente drenada y protegida contra las inundaciones que logran que las terracerías tengan el costo mínimo.

El drenaje de la vía se divide en dos partes:

A) DRENAJE SUPERFICIAL LONGITUDINAL.- Comprende las siguientes obras:

a) CUNETAS.- Son zanjas que se hacen a ambos lados de la vía con el único objeto de recibir el agua que escurre por los taludes de los cortes y la que se capta dentro del corte mismo, mediante el bombeo que se deja en la corona de las terracerías, generalmente del 2%.

b) CONTRACUNETAS.- Son canales que se construyen en las laderas que provocan el corte, de acuerdo con el proyecto de subrasante, y son localizadas a distancias variables de la línea de ceros del corte dependiendo de la topografía del terreno, con el fin de recibir toda el agua que escurra por la ladera, evitando que ésta caiga a la terracería deslavando los taludes.

B) DRENAJE SUPERFICIAL TRANSVERSAL.- Este drenaje tiene por objeto dar paso expedito al agua que por no poder desviarse en otra forma, tiene que cruzar de uno a otro lado la vía. Ordinariamente se denominan obras de arte y comprenden: los puentes y las alcantarillas.

Los puentes son estructuras de más de 5 mts. o 10 mts., de obra que se usan para salvar un obstáculo natural o artificial.

arroyos o al agua de lluvia a través de la vía.

La diferencia precisa que mas distingue a los puentes de las alcantarillas es que éstas pueden llevar un colchón de tierra y los puentes no.

**ALCANTARILLAS.-** Una alcantarilla consiste en dos partes: el cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte esencial de la estructura. Los muros de cabeza sirven para evitar la erosión alrededor del barril, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal.

Según la forma del cañón, las alcantarillas se pueden dividir en:

a) **ALCANTARILLAS DE TUBO.-** Tienen el cañón hecho con alguno de los siguientes materiales: barro, concreto reforzado, metal corrugado o hierro colado. En general son económicos para pequeñas áreas de drenaje en ciertos casos; también resultan económicos para áreas grandes de drenaje empleando baterías de tubos hasta el máximo tamaño disponible.

b) **ALCANTARILLAS DE CAJÓN.-** Se dividen en alcantarillas de cuatro lados de concreto reforzado que son las menos comunes y las de muros laterales de mampostería o de concreto simple con una cubierta de losa de concreto armado, que es la más usada debido a que resultan más económicas que las anteriores.

c) **ALCANTARILLAS DE BOVEDA.-** Son los tipos más indicados cuando el terraplén es alto y la cimentación firme. Las bóvedas son semejantes a las alcantarillas de cajón, salvo que las cubiertas van en arco. Se usan arcos de mampostería, de concreto simple o de concreto reforzado. Se usan cuando las condiciones de apariencia lo requieren o cuando resultan económicas por disponer de materiales a la mano.

#### **LOCALIZACION.-**

Las alcantarillas se localizan en el fondo de un cauce, bien sea arroyo o canal, procurando no forzar los cruces, aunque la tendencia general es lograrlos en forma normal al eje de la vía debido al incremento que se origina en los costos al considerarlos esviados, considerando además que no se debe reducir el número de obras, concentrando en una sola el agua proveniente de cunetas o de distintos cauces.

**DIRECCION DEL CRUCE.-** De acuerdo con lo anterior, todo cruce que-

tenga un ángulo menor de  $5^{\circ}$ , puede hacerse normal a la vía; cuando la forma del cauce coincida con el eje de la alcantarilla (normal al eje de la vía) basta encauzar el agua con muros de cabeza o aleros.- Cuando el cauce es esviado, conviene alinear la alcantarilla con el fondo del cauce aún cuando se alargue evitando canalizar el cauce con codos forzados que son sometidos a la erosión o destruidos.

Tomando en consideración los estudios topohidráulicos realizados en la zona del proyecto que nos ocupa, el drenaje para el desvío Gómez Farias-Melville fue proyectado tratando de cumplir con todas y cada una de las condiciones antes enunciadas; en esta forma y dado que las áreas hidráulicas por respetar en los cruces transversales no son de mucha cuantía, se optó por construir alcantarillas a base de tubos de concreto reforzado para las menores y obras con muros laterales de mampostería con losa superior de concreto armado, para las que nos representaran mayor área hidráulica.

De esta forma, a continuación se exponen los cálculos hidráulicos y estructurales de la alcantarilla proyectada a la altura del Km. 1+500 del desvío, considerando para el diseño el segundo tipo de obra detallado líneas arriba.

Memoria de cálculo de la alcantarilla localizada en el Km. 1+500 en el Desvío Gómez Farias - Melville, formada por una losa de concreto armado sobre estribos de mampostería.

#### ANTECEDENTES HIDRAULICOS

Superficie por drenar = 190 Has.

Se usará la fórmula de TALBOT para conocer el área de la alcantarilla.

$$a = 0.183 \text{ o } \sqrt[4]{A^3}$$

Donde: a = área hidráulica que deberá tener la alcantarilla.

c = coeficiente que depende de las características topográficas del terreno = 0.55 Terreno con lomerío.

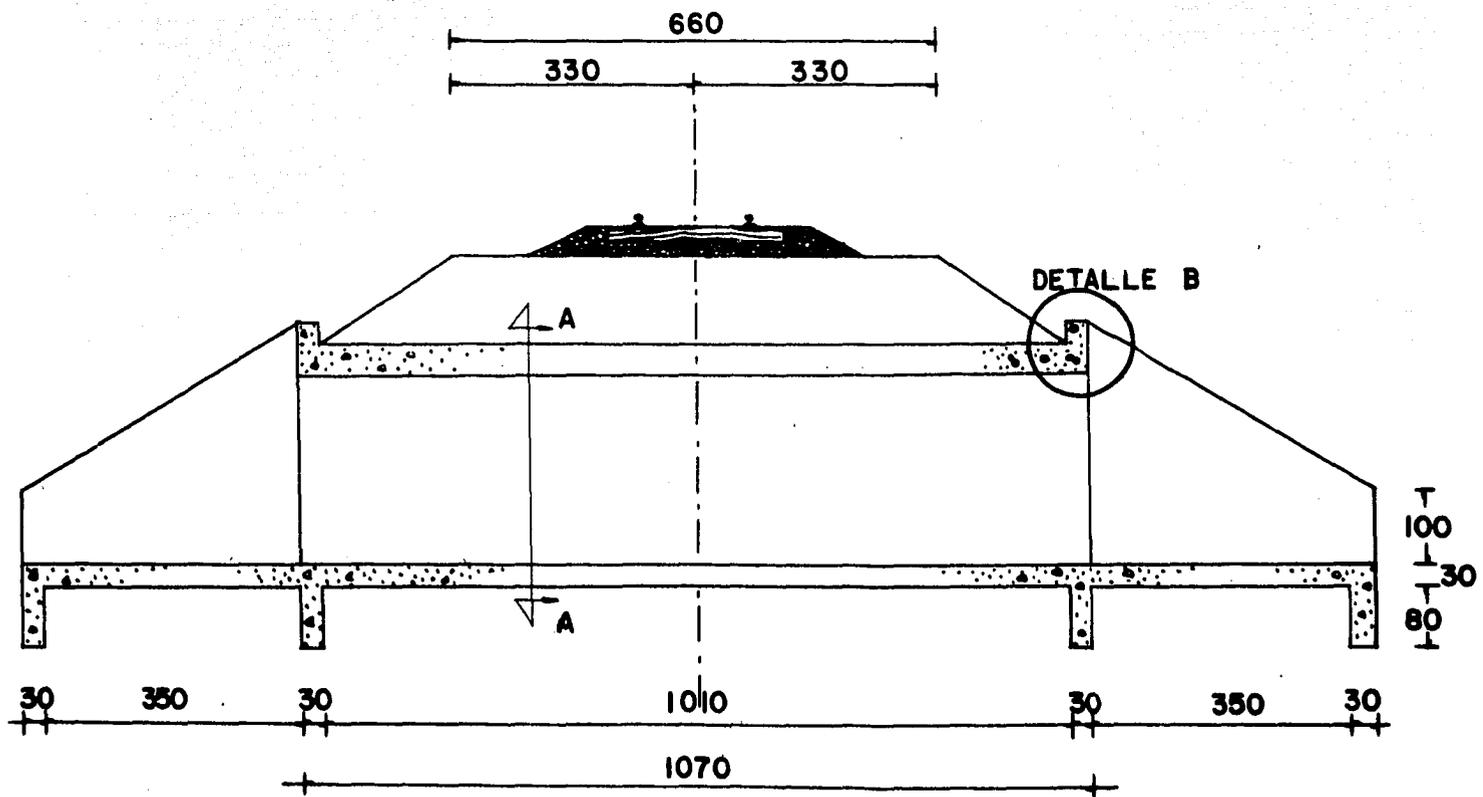
A = Superficie por drenar en hectáreas.

$$a = 0.183 \times 0.55 \sqrt[4]{190^3} = 0.10 \times 190^{0.75} = 0.10 \times 50$$

$$a = 5 \text{ m}^2.$$

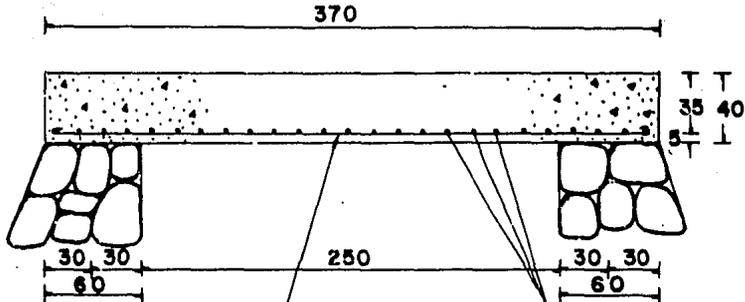
#### DIMENSIONES DE LA ALCANTARILLA

Se le dará un 20% del área hidráulica al área libre necesaria para el paso de cuerpos flotantes.



CORTE TRANSVERSAL

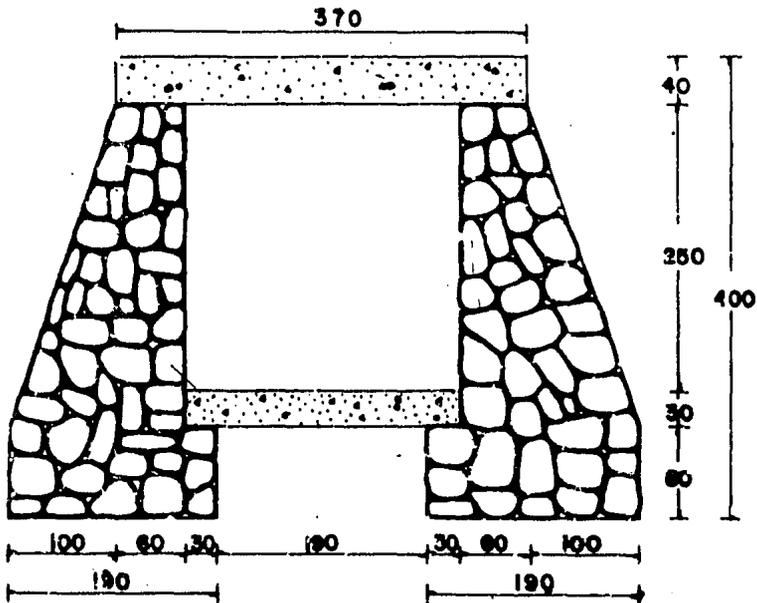
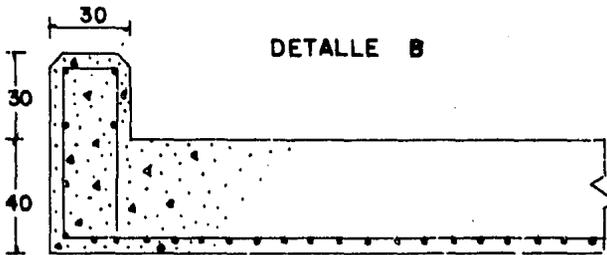
# ARMADO DE LA LOSA



Vars. de 5/8" a cada 6 cm.c.a.c.

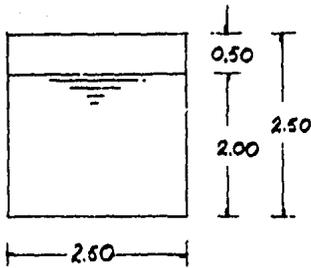
Vars. de 1/2" a cada 14 cm.c.a.c.

## DETALLE B



CORTE A-A

C No 2



0.20 x 5 = 1.00 m<sup>2</sup> espacio libre.

Por lo tanto la sección será de 2.50 m x 2.50 m.

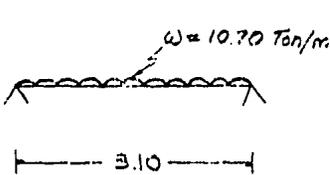
CALCULO ESTRUCTURAL

De acuerdo con las especificaciones del A.R.E.A., se proponen las siguientes dimensiones: (Como se muestra en cuadros # 1 y 2)

De acuerdo con la gráfica de las cargas que deben usarse para el cálculo de alcaatarillas, recomendaciones de la A.R.E.A., "Proceedings" 1925, para un colchón de 1.53 mts., obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{Carga total (muerta + viva + impacto)} &= 9.800 \text{ Ton/m}^2. \\ \text{Peso propio de la losa (0.40x1.00x1.00x2.4)} &= \frac{0.960}{8} \\ &= 10.76 \text{ Ton/m}^2. \end{aligned}$$

CALCULO DE LA LOSA



$$\begin{aligned} M &= \frac{w l^2}{8} = \frac{10.76 \times 3.10^2}{8} = 12.92 \text{ Ton-m.} \\ M &= 1292000 \text{ Kg-cm.} \\ V &= \frac{w l}{2} = \frac{10.76 \times 3.10}{2} = 16.678 \text{ Ton.} \\ V &= 16678 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

DISÑO

Constantes de cálculo:

Datos:

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_s = 1265 \text{ Kg/cm}^2$$

$$v_c = 0.03 f'_c = 0.03 \times 210 = 6.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\mu = 0.10 f'_c = 0.10 \times 210 = 21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i'_c = 0.45 f'_c = 0.45 \times 210 = 94.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = \frac{470}{\Delta \sqrt{\Delta} \sqrt{f'_c}} = \frac{470}{2.4 \sqrt{2.4} \sqrt{210}} = 8.7 \approx 9$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_f}{n f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1265}{9 \times 94.5}} = 0.410$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.410}{3} = 0.864$$

$$K = \frac{f_c}{2} j k = \frac{94.5}{2} \times 0.864 \times 0.410 = 16.74$$

ACERO DE REFUERZO

$h = 40 \text{ cm}; r = 5 \text{ cm}; d = 35 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{1292 \text{ 000}}{1265 \times 0.864 \times 35} = 33.8$$

$$A_s = 33.8 \text{ cm}^2$$

Usando varillas del No. 5 de 5/8" con  $a_s = 1.99 \text{ cm}^2$

Para un metro

$$\text{No. Varillas} = \frac{A_s}{a_s} = \frac{33.8}{1.99} = 16.9 \approx 17$$

$$\text{Separación} = \frac{100}{17} = 5.9 \text{ cm.}$$

ACERO POR TEMPERATURA

$$A_{st} = 0.0025 b d = 0.0025 \times 100 \times 35$$

$$A_{st} = 8.75 \text{ cm}^2$$

Usando varillas del No. 4 de 1/2" con  $a_s = 1.27 \text{ cm}^2$

Para un metro

$$\text{No. de varillas} = \frac{A_s}{a_s} = \frac{8.75}{1.27} = 6.9 \approx 7$$

$$\text{Separación} = \frac{100}{7} = 14.3 \text{ cm.}$$

REVISION

a) Por Momento

$$d = \sqrt{\frac{M}{K b}} = \sqrt{\frac{1 \ 292 \ 000}{16.74 \times 100}} = \sqrt{770} = 27.8 \text{ cm} < 35 \text{ cm} \dots \text{PASA}$$

b) Por cortante

$$V = \frac{V}{\Sigma P_{ojd}} = \frac{16\ 678}{100 \times 0.864 \times 35} = 5.55 \text{ Kg/cm}^2 < 6.3 \text{ Kg/cm}^2 \therefore \text{PASA}$$

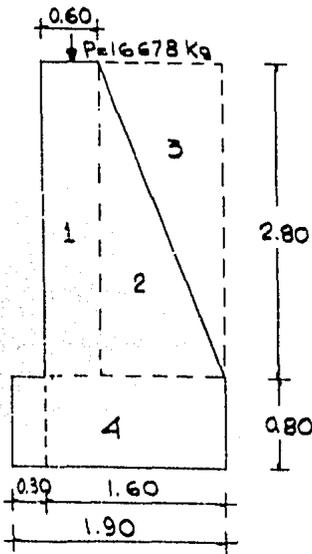
c) Por adherencia

$$\mu = \frac{V}{\Sigma P_{ojd}} = \frac{16\ 678}{85 \times 0.864 \times 35} = 6.5 \text{ Kg/cm}^2 < 21 \text{ Kg/cm}^2 \therefore \text{PASA}$$

$$\Sigma P_0 = 17 \text{ vars} \times 5 \text{ per} = 85$$

CALCULO DE LOS ESTRIBOS

$$P = 16\ 678 \text{ Kg.}$$



Se construirán de mampostería de 3a. clase con mortero de cemento arena 1:5.

$$P = 16.678 \text{ Ton.}$$

$$1 = 2.80 \times 0.30 \times 2.2 = 3.590 \text{ Ton.}$$

$$2 = \frac{2.80 \times 1.00}{2} \times 2.2 = 3.080 \text{ "}$$

$$3 = \frac{2.80 \times 1.00}{2} \times 1.6 = 2.240 \text{ "}$$

$$4 = 0.80 \times 1.90 \times 2.2 = 3.344 \text{ "}$$

$$\Sigma = 28.932 \text{ Ton.}$$

FUERZAS HORIZONTALES

Empuje de tierras simple y por sobrecarga.

$$F = Kwh$$

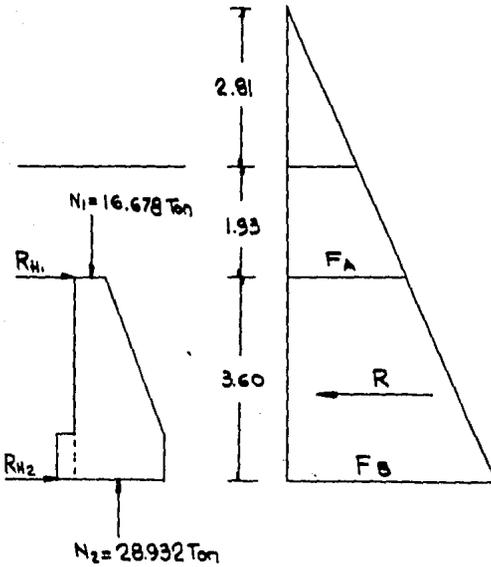
$$K = \frac{1 - \text{Sen } \phi}{1 + \text{Sen } \phi} \text{ siendo } \phi = 33^{\circ} 40' \text{ el ángulo de reposo.}$$

$$\therefore \text{Sen } \phi = 0.555$$

$$K = \frac{1 - 0.555}{1 + 0.555} = 0.286$$

ALTOHA DE SOBRE CARGA

$$h' = \frac{W_{viva}}{W_{material}} = \frac{4.5}{1.6} = 2.81 \text{ mts.}$$



$$F_A = Kwh, = 0.286 \times 1.6 \times 4.74 = 2.17 \text{ ton.}$$

$$F_B = Kwh = 0.286 \times 1.6 \times 8.34 = 3.81 \text{ ton.}$$

$$R = \frac{(F_A + F_B)h}{2} = \frac{(2.17 + 3.81)}{2} \times 3.60 = 10.76 \text{ Ton}$$

$$R_{H1} = N_1 \mu = 16.78 \times 0.7 = 11.67 \text{ ton.}$$

$$R_{H2} = N_2 \mu = 28.932 \times 0.7 = 20.25 \text{ ton.}$$

La condición para que el estribo no deslice es:  $R < (R_{H1} + R_{H2})$ . ;  $10.76 < 31.92$

∴ Se acepta

DETERMINACION DE FATIGAS

FUERZA Ton.	BRAZO M.	MOMENTO TON-M.
P 16.678	0.60	10.007
1 3.590	0.60	2.154
2 3.080	1.23	3.788
3 2.240	1.56	3.494
4 3.344	0.95	3.176
<u>28.932</u>		<u>22.619</u>

CALCULO DE EXCENTRICIDAD CON RESPECTO AL PUNTO A.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum My}{\sum Fy}$$

$$e = \frac{1.90}{2} - \frac{22.619}{28.932} = 0.95 - 0.78 = 0.17 \text{ M.}$$

La condición para que no haya tensión es:

$$e < \frac{B}{6} ; \frac{B}{6} = \frac{1.90}{6} = 0.31 \quad \therefore e = 0.17 < \frac{B}{6} = 0.31$$

Por lo tanto no hay tensión.

CALCULO DE FATIGAS

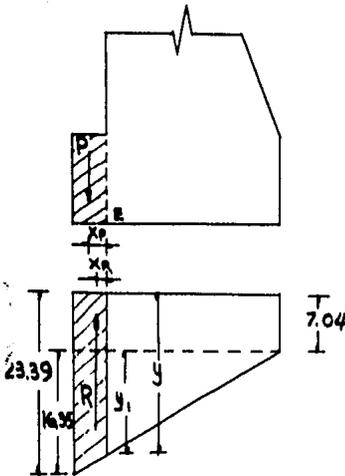
$$\sigma = \frac{P}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right)$$

$$\sigma = \frac{28,922}{1.90} \left( 1 + \frac{6 \times 0.17}{1.90} \right)$$

$$\sigma_{\max} = 15.22 (1 + 0.537) = 23.39 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = 15.22 (1 - 0.537) = 7.04 \text{ ton/m}^2$$

CALCULO DEL ESCALON



$$P = 0.30 \times 0.80 \times 1.00 \times 2.2 = 0.523 \text{ Ton}$$

$$Y_1 = \frac{1.60}{16.35} \times 1.60 = 13.76 \text{ m.}$$

$$Y = Y_1 + 7.04 = 13.76 + 7.04 = 20.80$$

$$R = \frac{23.39 + 20.80}{2} \times 0.30 = 6.63$$

REVISION POR CORTANTE EN EL ESCALON.

CONDICION.

$$V_c = 1.5 V < 2.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_c = 1.5 \times \frac{6.63}{80 \times 100} = 1.144 < 2.0 \text{ Kg/cm}^2$$

CONDICION: CORTANTE ADMISIBLE.

REVISION POR MOMENTO EN EL ESCALON.

$$X_R = \frac{0.30 (2 \times 23.39 + 20.80)}{3 (23.39 + 20.80)} = 0.153 \text{ M}$$

MOMENTO CON RESPECTO A -E-

$$M = R (X_R) - P (X_P)$$

$$M = 6.63 (0.153) - 0.528 (0.15)$$

$$M = 1.01 - 0.079 = 0.930 \text{ ton-m} = 93000 \text{ kg-cm}^2$$

CONDICION DE MOMENTOS.

$$f = \frac{6M}{bh^2} < 0.9 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f = \frac{6 \times 93000}{100 \times 80^2} = \frac{558000}{640000} = 0.87$$

$$f = 0.87 \text{ Kg/cm}^2 < 0.9 \text{ Kg/cm}^2$$

∴ PASA