

**U.A.Q.** ESCUELA DE INGENIERÍA

**"Proyecto de dos Kilómetros del Camino  
Querétaro-La Griega-Esperanza"**

**T E S I S**

*que para obtener el Título de*

**I N G E N I E R O   C I V I L**

*presenta*

**E L I A S   R A N G E L   D I A Z**

*Biblioteca Central*

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**



---

QUERÉTARO, QRO.

1967.

No. Reg. 1902

..... TS

Clas. 625.7

R196 p

Como un homenaje a la memoria  
de mi padre el Sr.  
Elías Rangel R. (q. e. p. d.)  
por el gran afecto que nos  
tenía.

A mi madre la Sra.

Elena Díaz Vda. de Rangel  
como un tributo a sus sacri-  
ficios que pasó, para haber-  
me dado una profesión.

A mis hermanos:

Marcos, María Guadalupe,  
Manuela, Antonio y José,  
como agradecimiento a su  
apoyo durante toda mi vida.

A mis maestros:

en especial a los señores

Ing. José Antonio Legarreta

Ing. J. Jesús Núñez Villarreal

Ing. Juan Manuel Jáurena.

A mis compañeros:

Agustín Pacheco C.

Arturo Muñoz G.

Jesús Pérez H.

José Chávez C.

A mis amigos

Al Sacerdote  
Don Odilón Aguirre

Al M. C. Tte. Coronel  
Antonio Aguilar Camarillo

A mi novia

Por su valiosa ayuda al  
Sr. Ing. Pablo Arana P.  
Director de la Junta Local de Caminos del  
Estado de Querétaro

A MI UNIVERSIDAD



*Universidad Autónoma de Querétaro*

ESCUELA DE INGENIERIA

AV. 16 DE SEPTIEMBRE 574. 68

TELEFONO 2-00-22

Querétaro, Qro., diciembre 16 de 1967.

PASANTE SR. ELIAS RANGEL DIAZ  
P R E S E N T E

En respuesta a su atenta solicitud, relativa al tema de su Tesis Profesional, me permito comunicar a usted el que, para tal efecto fue propuesto por el Sr. Ing. J. Jesús Núñez Villarreal y aprobado por el Consejo Técnico de esta Escuela. El título de su Tesis Profesional será "Proyecto de - dos kilómetros del Camino Querétaro-La Griega-Esperanza", y deberá tratar - en ella los siguientes puntos:

- I.- Introducción.
  - a) Breve historia de las comunicaciones y su evolución en México.
- II.- Generalidades.
  - a) Clasificación y características de los Caminos.
  - b) Objetividad e importancia en la planeación de esta vía.
- III.-Localización.
  - a) Trazo preliminar.
  - b) Trazo definitivo.
- IV.- Proyecto geométrico.
  - a) Perfil.
  - b) Secciones de Construcción.
  - c) Curva masa.
- V.- Obras de Drenaje.
  - a) Estudios de campo.
  - b) Proyectos de obras.
- VI.- Procedimientos de construcción.
  - a) Estudios preliminares.
  - b) Ejecución de Obra.
  - c) Inspección.
- VII.-Conservación.

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Escuela en el sentido de que, antes de su Examen Profesional, deberá cumplir - el requisito del Servicio Social Profesional y de que el presente oficio - se imprima en todos los ejemplares de su Tesis.

A t e n t a m e n t e  
" EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR "

ING. JUAN MANUEL FAJRENA L.  
DIRECTOR

c.c.p.- Sr. Ing. J. Jesús Núñez Villarreal.  
c.c.p.- Escuela de Ingeniería.- Archivo.

CAPITULO I  
INTRODUCCION

## I.- INTRODUCCION.

A).- *Breve Historia de las Comunicaciones y su Evolución en México.*- La importancia de las comunicaciones se demuestra, en el estudio de la historia, la cual nos enseña el gran progreso que han tenido a través de los siglos.

El hombre en cuanto forma una célula social elemental, siente la preocupación de las comunicaciones, para buscar los medios de sustento y entrar en relación con sus semejantes.

La primera noticia que se tiene de la existencia de un camino fué en la Mesopotamia poco después del descubrimiento, de la rueda más o menos por el año 3,500 A.C.

En la Isla de Creta del Mar Mediterraneo se encontró un camino recubierto de piedras, construido antes del año 1,500 A.C. y así como estos se encontraron varios. Pero del primero que se tiene conocimiento como un camino importante es el que menciona el historiador Herodoto, el cual cuenta que el Rey Keops construyó 300 años A.C. un camino que serviría para llevar, los materiales de construcción para una gran pirámide. Este camino estaba enlosado con piedras toscamente labradas de gran tamaño; ya que el servicio que el camino había de prestar era para tránsito de materiales de mucho peso, como los bloques que llegaban a pesar muchas toneladas, los cuales transportaban colocados sobre una especie de trineos que arrastraban, cuadrillas de esclavos,

En Babilonia el servicio de comunicaciones fué relativamente perfecto; se sabe que cuatro caminos importantes partían de la capital uno de ellos de 400 millas de longitud en el cual había de cada 20 a 30 Kilómetros paradores para que los viajeros pudiesen descansar. Fué en este lugar donde se empleó, por primera vez el asfalto como material de pavimentación

En Roma cuando la humanidad llega a un máximo de civilización es donde se encuentra el sistema de comunicación-

Más perfecto de la Edad Antigua, asombra contemplar-- a aquellos hombres como llegaron a concebir y realizar una inmensa red de calzadas que unían la metrópoli con los extremos más apartados del mundo entonces conocido. La existencia de un inmenso imperio unido exigía inexorablemente, una red de -- comunicaciones rápida y segura. En su concepción de conjunto -- y en los detalles técnicos de ejecución los romanos llegaron a una perfección que solo fué igualada por la humanidad en el -- siglo pasado.

Había calzadas de todas categorías; las vías principales, que partían de Roma estaban construidas sobre cimientos de gran espesor y las más lujosas con lozas rejuntadas con el máximo cuidado, que formaban un espléndido pavimento continuo-- donde apenas se veían las uniones.

En la provincia del imperio realizaron obras también de gran importancia y el cuidado de la construcción y conservación de las calzadas era un gran honor porque se consideraba como un servicio fundamental del imperio.

Puede decirse que en Roma se alcanzó la perfección -- en el servicio de comunicaciones en aquel tiempo, teniendo en cuenta los medios de aquella época y es por eso que a los romanos, se les debe la primera técnica aplicable sobre la construcción, en los caminos.

Con la caída del Imperio Romano la construcción de -- carreteras se convirtió en arte perdido y fué cuando Francia y España y otros países empezaron a preocuparse de la tarea de -- mejorar la red de carreteras. En Inglaterra los Ingenieros --- Telfor y Macadam fueron los encargados de mejorar las carreteras, inglesas. Las mejoras de carreteras trajo consigo un enorme, desarrollo de los países.

El 27 de septiembre de 1827 apareció en el transporte terrestre un nuevo medio de comunicación, el ferrocarril, al inaugurar Jorge Stephenson la primera línea de comunicación, el Stockton And Darlington Railway. Se había producido un hecho--

trascendental porque con capacidad y velocidad mucho mayores -- era posible transportar muchas riquezas inexplorables al alcance de la iniciativa industrial que en el siglo XIX transformaba totalmente la economía del mundo.

La rapidez del desarrollo del Ferrocarril fue impresionante, porque los países civilizados de Europa y América cubrían sus territorios con líneas férreas que transportaban todo el tráfico importante de viajeros y mercancías. Por eso prácticamente la construcción de carreteras quedaba como una función secundaria, como auxiliar del ferrocarril.

A fines del siglo XIX Trevithick construyó un vehículo de vapor y al igual que en otros países se iba perfeccionando. En 1884 Gotthob Daimler construyó un motor de combustión interna que lo adaptaron a una bicicleta y que después en 1889 -- Panhard y Levassor lo aplicaron a un omnibus: " Había aparecido el motor de gasolina ". Su técnica se perfeccionaba rápidamente, todos lo consideraban como elemento deportivo de lujo en los -- primeros tiempos, pero poco a poco se fué popularizando y convirtiéndose en medio útil y económico para el transporte de personas y mercancías.

Fué entonces necesario adaptar la carretera al nuevo elemento de transporte, los antiguos firmes de Macadam se destruían rápidamente y producían polvo molesto y muy peligroso para el tráfico, por eso hubo necesidad de construir pavimentos -- resistentes, las curvas y las rasantes eran inadecuadas y en general todos los detalles técnicos no eran apropiados para los -- vehículos y fué entonces cuando se empezaron a estudiar lógicamente y científicamente los problemas de los caminos modernos.

La guerra de 1914-1918 consagró al automóvil como un medio de transporte, y a su terminación, las naciones se preocuparon muy en primer término de sus medios de comunicación. El -- tráfico mixto de vehículos motorizados y de tracción animal era muy peligroso y anti- económico y esto dió origen a la construcción de carreteras exclusivamente para tráfico de automóviles.

En Italia fué el primer país donde se hicieron carreteras especialmente para tráfico de automóviles y se plantearon como un negocio privado y con una técnica definida y con un futuro proyectista.

En lo que respecta a México, se encuentra actualmente construyendo y con el máximo de su capacidad económica una extensa red de caminos que servirán para integrar la red vial para el desarrollo económico del país para contribuir a su desenvolvimiento social. Este formidable impulso constructor, llamado a transformar totalmente el aspecto de las comunicaciones en la República se inició hace 42 años, pero para comprenderlo mejor conviene recordar antes, aún cuando solo sea muy someramente la evolución de los caminos en México desde la época precortesiana a nuestros días:

Los caminos antes de Cortes.- Cuando los conquistadores llegaron a lo que hoy constituye el Territorio Nacional, encontraron que sus pobladores desconocían el uso de la rueda y de los animales de tiro y carga. A pesar de ello contaban con un buen número de caminos de piedra, veredas y senderos. Descollaban en este aspecto constructivo los Aztecas y los Mayas -- quienes para sus actividades religiosas, comerciales y bélicas utilizaban estas vías terrestres cuyos vestigios perduran en algunas partes del país, tal como el camino empedrado de los Mayas llamado " Sacbé " (camino blanco) en las inmediaciones de Ixamal . Yuc. Y no solamente atendieron aquellos aborígenes -- a la construcción de caminos, sino que también se preocupaban por su conservación.

Los caminos durante la colonia.- La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos.

La introducción de animales de tiro y carga y el uso de palanquines y literas tirados por caballos y mulas, originaron las primeras modificaciones a los caminos existentes. Por --

otra parte la comunicación del centro de la Nueva España con sus puertos marítimos, requería la construcción de caminos para enviar al extranjero los productos del país.

En 1522 Cortés mandó abrir el camino México-Veracruz, este camino habría de ser durante los albores de la colonia el más importante y que siglos más tarde en 1803 el Barón de Humboldt lo habría de llamar el camino a Europa.

En 1533 llegó a la Nueva España Fray Sebastián de Aparicio y fué el primero que se las ingenió para construir las primeras carreteras aún cuando en forma muy rudimentaria. Siendo también el mismo el que transformó en carretero el camino a Veracruz.

Otros caminos de la Colonia.- En 1523 Cortés ordenó la apertura del camino México a Tampico y la construcción del muelle de este puerto, en 1537 Don Antonio de Mendoza primer Virrey de la Nueva España mandó abrir dos caminos al Occidente. En 1570 se construyó el camino de Zacatecas a Durango y en 1597 El Virrey Manrique de Zúñiga ordenó la construcción del camino México a Guadalajara desde San Juan de los Lagos.

Como desde 1581 la llegada de las embarcaciones de China ocasionaban gran tránsito de mercaderes hacia Acapulco, en 1596 El Virrey Don Luis de Velasco dispuso la construcción del camino a Acapulco que Humboldt habría de llamar la ruta para Asia. Y así sucesivamente se fueron construyendo más caminos para unir los puntos más importantes hasta la época de la Independencia.

Los caminos desde la Independencia hasta 1910.- En los años inmediato posteriores a 1810 fecha en que se inició nuestra Independencia poco se hizo en materia de caminos, conjetándose los diferentes regimenes a la expedición a una que otra ley relativa a vías terrestres, ya que la crítica situación que entonces imperaba en el país, impedía la realización de cualquier esfuerzo de orden constructivo que se hubiera intentado. No obstante lo anterior y a pesar del lamentable estancamiento de nuestras comunicaciones, los transportes seguían progresando

y evolucionando y en 1849 se establecieron las primeras líneas de diligencias y fué en este año cuando se introdujo el Ferrocarril a México.

Siendo presidente de la República el Licenciado Benito Juárez, en vista del lamentable estado de las comunicaciones creó un impuesto el 19 de noviembre de 1867 dedicado a la conservación de los caminos.

El 13 de mayo de 1891 fué creada la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas por el General Porfirio Díaz entonces Presidente de la República, por considerar que su desarrollo era indispensable para fomentar la economía del país.

Advenimiento del Automovil.- La aparición del automovil en México fué en 1906 y revolucionó definitivamente los viejos sistemas de transportes por carretera e influyó mucho en el incremento y modificación de los caminos que los 400 años anteriores a nuestra historia .

Desgraciadamente la aparición del moderno vehículo -- no logró en México la misma transición que en otros países. Hasta entonces el grado de curvatura, las pendientes y la superficie de rodamiento eran solo adecuados a las exigencias de los vehículos de tracción animal. En nuestro país no se efectuó ninguna transformación de los caminos por haber coincidido la aparición y rápido crecimiento de la Industria Automotriz con el movimiento revolucionario.

Una vez terminada la Revolución Mexicana y la firme -- estabilización del gobierno fué cuando se enfocó sobre el vital problema de las comunicaciones y se encontró con una angustiada realidad; el automovil había adelantado demasiado para los viejos caminos de México que resultaban ya totalmente inadecuados.

Siendo Presidente de la República El General Plutarco Elías Calles fué cuando se inició en México el formidable impulso constructor destinado a transformar totalmente la red de carreteras de la República. Primeramente se estableció un impuesto sobre la gasolina, cuyo objeto era el de disponer el pro

ducto de este impuesto para construir, conservar y mejorar - los nuevos caminos. Después se formó La Comisión Nacional de Caminos el 30 de marzo de 1925. Siendo la encargada de cons--- truir los primeros caminos debido a la carencia que había en--- tonces de Compañías Constructoras Nacionales debidamente orga--- nizadas y las primeras carreteras que construyeron fueron las--- de México-Nuevo Laredo, México- Puebla, México-Acapulco.

Implantación del sistema de cooperación con los Es--- tados Como la Federación no se encontraba satisfecha con los - caminos existentes y habiéndolo necesidad de construir caminos - secundarios, se implantó por acuerdo Presidencial el 22 de di--- ciembre de 1932 el sistema de cooperación Federal a los Esta--- dos, impartiendo a estos una ayuda del 50 % del costo de Cami--- nos Nacionales y Locales construidos por dicho sistema. Se --- crearon mediante este mismo acuerdo, Juntas Locales de Caminos en todas las Entidades Federativas , encargadas de dirigir las obras y administrar los fondos . Dependiendo actualmente estas Juntas Locales de la Dirección de Carreteras por Cooperación--- de la Secretaría y Obras Públicas.

CAPITULO II  
GENERALIDADES

## II.- GENERALIDADES.-

A).- Clasificación y Características de los Caminos.- Los caminos se clasifican de acuerdo con su capacidad de tránsito en la forma siguiente:

a).- Tipo especial.- Para un T.D.P.A. (Tránsito diario promedio anual ) superior a 3,000 vehículos equivalente a un T.H.M.A. ( Tránsito Horario Máximo Anual ) mayor de 360.

b).- Tipo A.- Para un T.D.P.A. de 1,500 a 3,600 vehículos equivalente a un T.H.M.A. de 180 a 360 .

c).- Tipo B.- Para un T.D.P.A. de 500 a 1,500 vehículos equivalente a un T.H.M.A. de 60 a 180.

d).- Tipo C.- Para un T.D.P.A. De 50 a 500 vehículos equivalente a un T.H.M.A. de 6 a 60.

En el número de vehículos indicados en los párrafos anteriores está considerado un 50 % de vehículos pesados.

Las normas geométricas de los caminos clasificados anteriormente, varían según las características topográficas de los terrenos que atraviesan. En estos se consideran las siguientes clases:

a).- Terreno plano y Lomerío Suave.

b).- Lomerío Fuerte.

c).- Montañoso poco escarpado.

d).- Montañoso muy escarpado.

Las características geométricas de los caminos son diferentes para cada tipo dependiendo esto de su clasificación y de la topografía del terreno.

Las características geométricas del tipo especial -- generalmente son aplicables a supercarreteras dado que la intensidad del tráfico y las necesidades son mayores que los tipos A, B, y C.

Las características de los tipos A, B y C se especifican en las tablas Nos. 1, 2 y 3 .

B).- Objetividad e Importancia en la planeación de esta Vía.- Las razones principales para construir esta vía, se sintetizan de la manera siguiente:

10.- Acortamiento de la distancia entre Tampico y la zona del Bajío en 12 kilómetros en el tramo correspondiente al camino Querétaro-Bernal ( Ver mapa del Edo. de Querétaro) reduciéndose como consecuencia el costo de operación debido al mejor alineamiento vertical y horizontal.

20.- Se localiza en una zona de importancia, ya que esta produce diversos productos en grandes cantidades tales como: Maíz, Frijol, Trigo, Cebada etc., y se hace necesaria esta vía para que los productos en ella obtenidos se lleven al mercado, en forma rápida y económica.

30.- El tránsito actual procedente de los municipios de Bernal, Cadereyta, y Exequiel Montes circularía por la nueva ruta, evitando con esto el entroque en la Super-Carretera y en consecuencia reduce la distancia indicada anteriormente.

La clasificación del camino de este proyecto es del Tipo B y sus características geométricas se encuentran en las tablas Nos. 2 y 2 A.

CARACTERISTICAS DEL CAMINO TIPO "A"

Características Geométricas.	Unidades	Terreno plano y lomerío Suave	Lomerío Fuerte	Montañoso poco Escarpado	Montañoso -- muy escarpado
Velocidad de Operación	Km./h.	100	80	70	60
Velocidad de Proyecto	Km./h.	70	60	50	40
Ancho de Corona	M.	9.00	9.00	8.50	8.00
Ancho de Carpeta	M.	6.10	6.10	6.10	6.10
Grado Máximo de C <sup>o</sup>	o	8	11	16° 30'	26
Pendiente Gobernadora	%	2.0	3.5	4.0	4.5
Pendiente Máxima	%	4.0	5.0	5.5	6.0

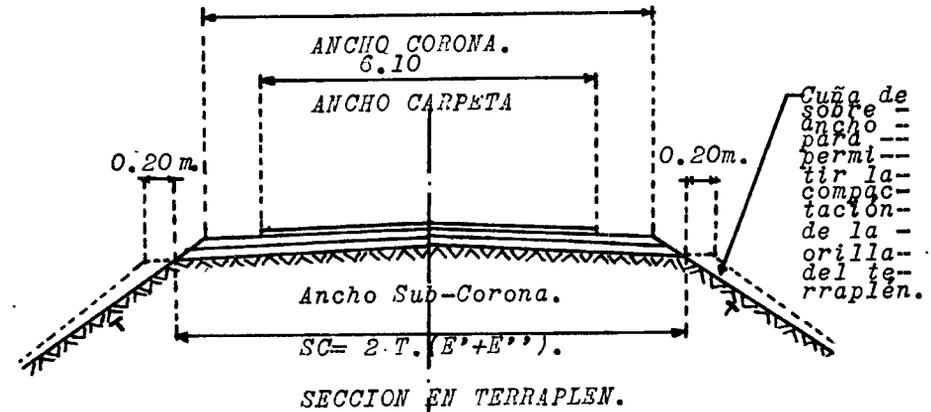
Tabla No.1

CARACTERISTICAS DEL CAMINO TIPO "B"

Características Geométricas.	Unidades	Terreno Plano y Lomerío Suave	Lomerío Fuerte	Montañoso poco Escarpado	Montañoso muy Escarpado
Velocidad de Operación	Km./h	80	70	60	50
Velocidad de Proyecto	Km./h	60	50	40	35
Ancho de Corona	M.	8.00	8.00	7.50	7.00
Ancho de Carpeta	M.	6.10	6.10	6.10	5.50
Grado Máximo de C.	o	11	16° 30'	26	35
Pendiente Gobernadora	%	2.5	3.5	4.5	5.0
Pendiente Máxima	%	4.5	5.5	6.0	6.5

Tabla No. 2.

PROYECTO DE PAVIMENTACION  
C= 8.00



	SUB-BASE	BASE	CARPETA
MATERIAL:	Tamaño Máximo.	Tamaño Máximo.	3-E
	51 mm(2") a 38 mm.	38mm.	
ESPESOR COMPACTO:	E'	E''	Un riego.

El ancho de la corona será de 8.00m. para todos los tipos de terreno (plano, lomerío suave, lomerío fuerte, montañoso, escarpado y muy escarpado) y tanto en terraplén como en -- balcón o corte. En las curvas se deberá considerar la ampliación correspondiente.

Taludes: para terraplenes menores de 0.70 m. de altura: 3:1  
 " " de 0.70 a 2.50m. de altura: 2: 1  
 " " mayores de 2.50 m. de altura: 1.5:1

Para calcular el ancho de la subcorona deberá considerarse que el espesor total de la sub-base más la base podrá variar entre 27 y 36 Cms. Como promedio podrá suponerse de 30

El riego de impregnación se dará con producto asfáltico -- FH-1 .

Para la carpeta de un riego, se usará producto asfáltico -- FR-3.

En las carreteras programadas hasta revestimiento provisional o primera capa de sub-base, deberá preverse un ancho de sub-corona suficiente para permitir la futura construcción del pavimento.

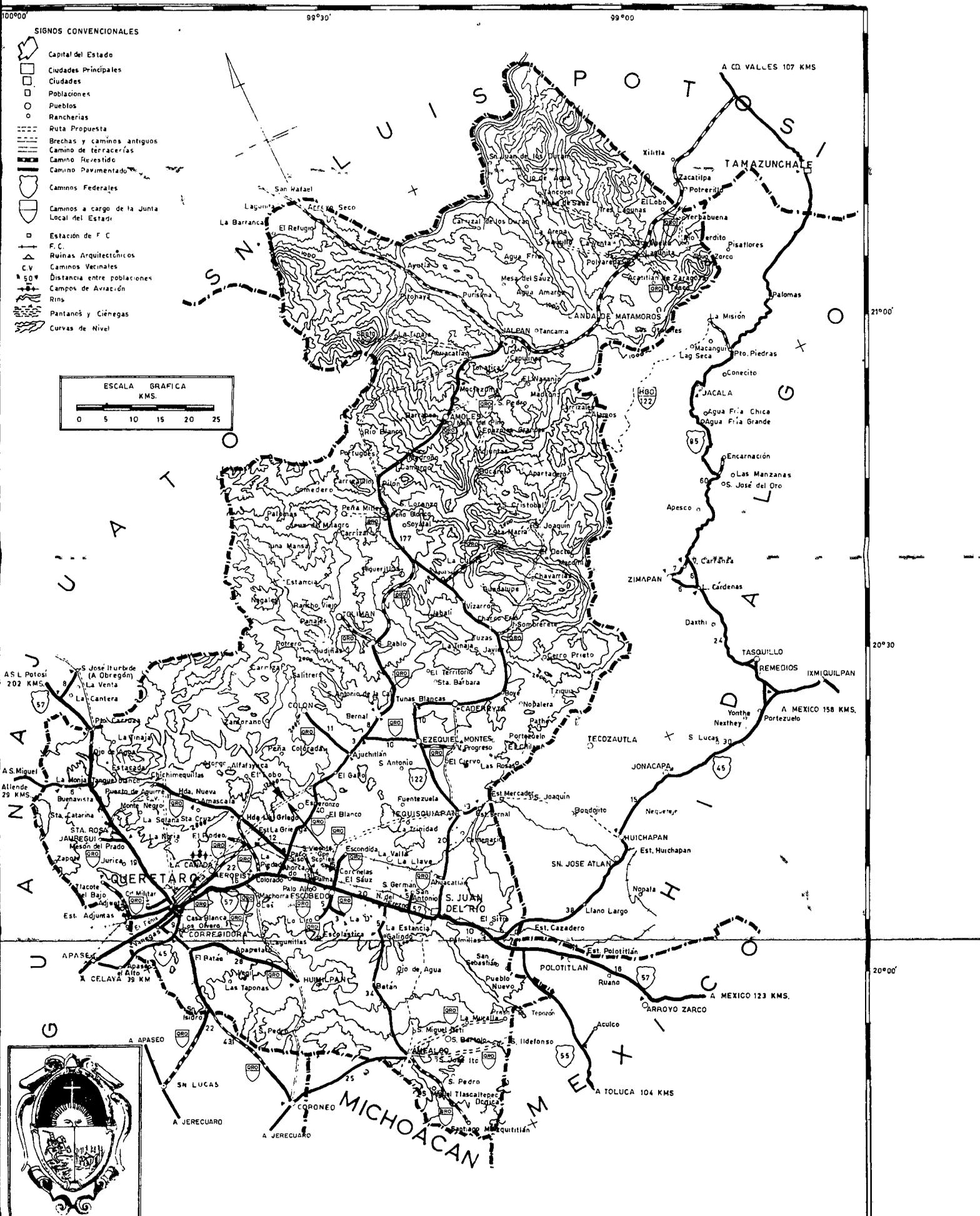
CARACTERISTICAS DEL CAMINO TIPO "C"

Características Geométricas	Unidades	Terreno Plano y Lomerío Suave	Lomerío Fuerte	Montañoso poco Escarpado	Montañoso muy Escarpado.
Velocidad de Operación	Km./h	70	60	40	35
Velocidad de Proyecto	Km./h	50	40	30	25
Ancho de Corona	M.	7.00	7.00	6.50	6.00
Ancho de Carpeta	M.	5.50	5.50	5.50	5.50
Grado Máximo de C.	o	16° 30'	26	47	67
Pendiente Gobernadora	‰	3.0	4.0	4.5	5.0
Pendiente Máxima	‰	5.0	6.0	6.5	7.0

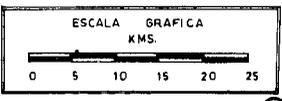
Tabla No. 3

# QUERETARO

## RED DE CARRETERAS



- SIGNOS CONVENCIONALES**
- Capital del Estado
  - Ciudades Principales
  - Ciudades
  - Poblaciones
  - Pueblos
  - Rancherías
  - Ruta Propuesta
  - Brechas y caminos antiguos
  - Camino de terracerías
  - Camino Revestido
  - Camino Pavimentado
  - Caminos Federales
  - Caminos a cargo de la Junta Local del Estado
  - Estación de F.C.
  - F.C.
  - Ruinas Arquitectónicas
  - Caminos Vecinales
  - Distancia entre poblaciones
  - Campos de Aviación
  - Rins
  - Pantanos y Ciénegas
  - Curvas de Nivel



CAPITULO III  
LOCALIZACION

### III.- LOCALIZACION.-

A).- *Trazo preliminar.*- Una vez que ha sido concluida la necesidad de construir un camino, de acuerdo con los estudios socio-económicos, geográficos y políticos llevados a cabo por la Dirección de Planeación de la Secretaría de Obras Públicas, y determinados los lugares o poblados por los que forzosamente debe pasar el camino, llamados puntos obligados, quedarán por resolverse los problemas técnicos de su construcción, procediendo en primer término a localizar la línea, de acuerdo a las especificaciones que para el efecto hayan sido laboradas, dependiendo estas del tipo de camino.

Como el cálculo del camino es de 2 kilómetros, expondré la secuela del proyecto de los estudios de campo y los estudios de gabinete para la longitud total del camino que es de 31.600 KMS.

→ *Reconocimiento.*- El reconocimiento es en esencia el recorrido material de una faja de terreno para fijar la mejor ruta posible entre dos puntos determinados. En el reconocimiento no se estudia solamente un línea sino una superficie, una faja de terreno para poder escoger una o más alternativas donde ubicar los diversos puntos obligados, pero es necesario estudiar de todos los puntos de vista cual solución es la más adecuada. Para hacer un buen reconocimiento, es necesario que la persona que lo haga tenga bastante criterio y experiencia-- en las operaciones de campo porque sino lo es, los trabajos -- subsecuentes no rectificarán los errores que se cometan.

Los Reconocimientos pueden ser Generales y Locales.-

*Reconocimiento General.*- Tiene como fin el conocer -- los problemas de índole topográfica, geológica e hidrológica -- que presenta el camino al largo de toda la ruta. En este reconocimiento se toman datos respecto a los puntos obligados por razones topográfica, hidrológicas y geológicas por las cuales forzosamente debe pasar el camino; tales como un puerto en una cordillera , el estrechamiento en el cauce de un río, zonas -- donde se puedan producir posibles derrumbes o asentamientos, etc.

Los reconocimientos pueden hacerse a pie, a caballo, en Jeep, en avión, en helicóptero; y una vez decidido como se va a hacer el reconocimiento, se formularán los siguientes datos:

a).- *Altura.*- La de los puntos obligados para obtener la diferencia del nivel relativa entre ellos.

b).- *Distancias aproximadas entre los puntos obligados.*

c).- *Pendientes aproximadas del terreno.*

También es recomendable tomar las direcciones de corrientes de agua, rumbo de caminos vecinales. Clasificación geológica, vegetación. Saber si hay agua y materiales para la construcción, dificultades posibles en la construcción de puentes, drenajes etc. En la generalidad de los casos los reconocimientos se hacen llevando instrumentos portátiles como: Brújula, -- Clisímetro, Aneroides, Cuenta Pasos etc.

La Fotogrametría Aerea es otra forma de hacer reconocimientos, sus resultados son sorprendentes dado que es posible configurar una faja de varios kilómetros de ancho entre los pueblos que se quiere ligar en un tiempo sorprendentemente corto y a un costo bajísimo comparado con el de otro métodos, que nunca podrían brindar la abundancia de detalles ni la amplitud abarcada. Los " Mapas Aereos " compuestos por un mosaico de fotografías se forman por la yuxtaposición de las mismas obtenidas -- a lo largo de la línea de vuelo.

*Reconocimiento Local.*-Aprobada la ruta propuesta y fijados los puntos obligados, se procederá a efectuar reconocimientos detallados entre dos puntos, buscando mejores pendientes, mejor terreno, mejor alineamiento, todo esto sin apartarse mucho de la dirección general. Estos reconocimientos ya se tienen que efectuar a pie.

Teniendo en cuenta la pendiente gobernadora que nunca deberá ser mayor a la máxima permitida para las características del camino en proyecto, se procede a marcar materialmente en el terreno los puntos por donde debe pasar la preliminar. -- Los puntos de inflexión se marcan por medio de estacas, marcas en los arboles, etc.

En el reconocimiento general se pueden presentar ca-

sos que para salvar una diferencia de elevaciones se necesita aparentemente una pendiente mayor que la permitida, en este caso habría que buscar en el reconocimiento local, manera de desarrollar es decir, dar mayor longitud a la línea para salvar dicha diferencia de elevaciones con una pendiente menor o igual que la permitida.

**Trazo de la preliminar.**— Una vez llevado a cabo el reconocimiento de la ruta, durante el cual se fijaron los puntos obligados y los intermedios que sean necesarios por la topografía, se lleva a cabo el trazo de la preliminar, que no es más que una poligonal abierta partiendo de un punto el cual se le denomina 0+000, y se van clavando estacas cada 20 metros y así se continúa en esta forma a todo lo largo de la línea. Generalmente los ángulos se miden por el método de deflexiones y con el rumbo magnético observado para el primer lado de la poligonal, se van calculando los de los siguientes lados y después con la declinación obtenida por medio de la orientación astronómica se convierten a rumbos astronómicos (R.A.C.) y así se está en condiciones de calcular las coordenadas de la poligonal con las cuales se dibuja.

El objeto de la preliminar es tener una línea que sirva de base para topografiar una faja de terreno donde debe alojarse la línea definitiva, o sea, el eje de la carretera. — El estudio de la preliminar comprende tres operaciones topográficas que sirven para el estudio del trazo definitivo y son: **Trazo, Nivelación y Topografía del terreno.**

El cálculo de las coordenadas de la línea preliminar de este proyecto se encuentra en la tabla No. 4.

→ Una vez que se ha llevado a cabo el trazo de la poligonal, consecutivamente si es posible se lleva a cabo la nivelación de los lados de dicha poligonal. El objeto de la nivelación es: 1o.— Representar sobre el papel todos los accidentes del terreno que cruza el trazo para conocer su perfil. 2o.— obtener las cotas de las estaciones y poder levantar la topografía.

CAMINO : QUERETARO - LA GRIEGA - ESPERANZA

TRAMO : QUERETARO - LA GRIEGA

DE KM. 5+240 A KM. 7+460

ORIGEN DEL TRAZO: QUERETARO

N	PUNTO OBSERVADO	DISTANCIA	DEFLECCION		RUMBO ASTRONÓMICO CALCULADO	PROYECCIONES					CORDENADAS		
			IZQUIERDA	DERECHA		SENO	+ E	- W	COSENO	+ N	- S	X	Y
90	PI. 5+740	500.00			N 55° 04' E	0.8198	409.90		0.5726	286.30		14525.03	12623.07
10	PI 5+995	255.00	2° 30'		N 52° 34' E	0.7940	202.47		0.6018	154.99		14934.93	12909.37
35	PI. 6+095	100.00		22° 30'	N 75° 04' E	0.9263	96.23		0.2577	25.77		15137.90	13064.36
15	PI 6+240	165.00		42° 00'	S 62° 56' E	0.8905	146.93		0.4550		75.07	15233.73	13090.13
50	PI. 6+307	47.00	22° 00'		S 84° 56' E	0.9961	46.81		0.0883		4.15	15380.56	13015.06
7	PI 7+460	1153.00	30° 30'		N 64° 34' E	0.9031	1041.27		0.4295	195.21		15565.54	13076.62

U. A. Q.

ESCUELA DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

CALCULO DE COORDENADAS  
DE LA PRELIMINAR

ELIAS RANGEL DIAZ

1967

Para hacer una nivelación hay varios métodos; en nuestro caso usamos la Nivelación directa es la que comunmente se usa y se ejecuta con aparatos llamados " Niveles Fijos" con lo que se puede dirigir visuales horizontales.

Las elevaciones se toman respecto a un plano de comparación que generalmente es el nivel del mar, obteniendo la elevación de una estación del ferrocarril, de un puente caminero - etc., Cuando esto no sea posible se partirá de una cota obtenida con un Aneroides y por último si tampoco es posible, podrá -- adoptarse una cota arbitraria para el primer banco fijo. Se nivelan todas las estacas y todos los puntos intermedios interesantes, tales como canales, barrancas, cauces de arroyos etc.

En terrenos planos y ondulados se fijarán bancos de nivel a cada 500 metros; esta distancia disminuye conforme el terreno se hace más accidentado y en terrenos escabrosos puede llegar a ser conveniente bancos a cada 100 metros. Cada banco se numera por el kilómetro en que se encuentra y el número de orden que le corresponde en ese kilómetro. Por ejemplo, BN. --- 5-2. El 5 se refiere al kilómetro correspondiente del camino y el 2 es el número del banco en orden progresivo .

→ Topografía del Terreno.- Esta operación consiste en hacer el estudio de una faja de terreno a uno y otro lado de la línea preliminar, hasta una distancia fijada de antemano y que varía de acuerdo con la configuración del terreno. Esencialmente consiste en la determinación de las curvas del nivel.

Dentro de esta faja de terreno es por donde se proyectará la línea definitiva, la cual se podrá ver dentro de la misma buscando las mejores condiciones de alineamiento y pendiente de acuerdo con las características del camino.

Obtenidos los datos de campo, se procederá a proyectarlos en la planta para obtener la representación gráfica del terreno.

Proyecto de la Línea Definitiva.- Una vez terminada la preliminar con sus estudios correspondiente, se procede ha--

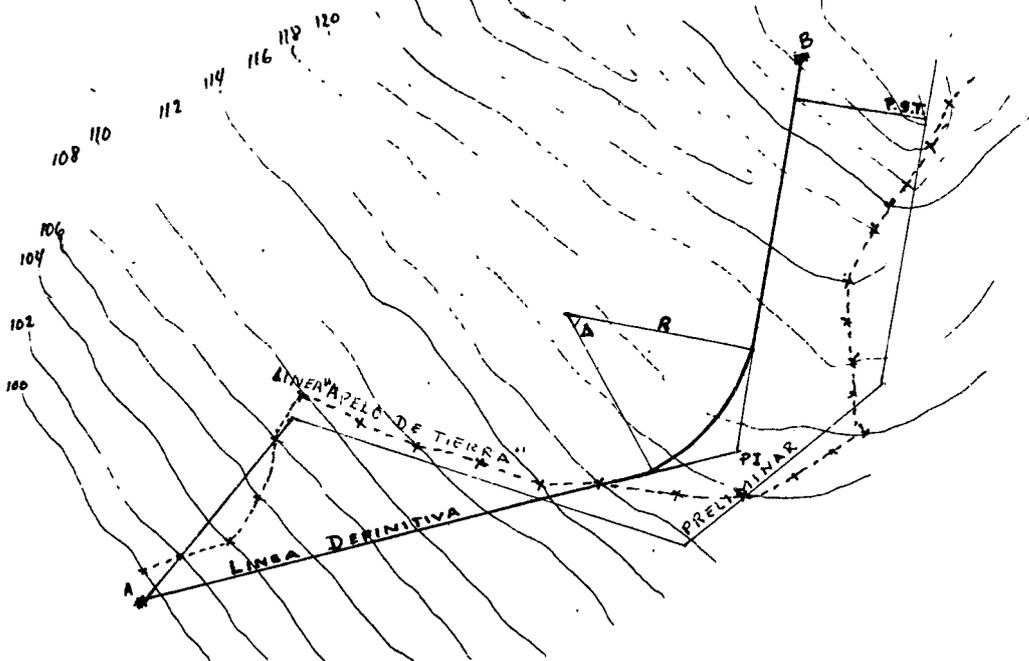
cer el estudio para el trazo definitivo, o sea, proyectar sobre el plano de la preliminar una sucesión de tangentes y curvas, - teniendo en cuenta las especificaciones y características que de berá llenar el camino por construir.

Proyecto en el plano.- Puede considerarse que la ruta general de la preliminar ha sido bien escogida, y por lo tanto se puede construir una línea sin terracerías excesivas entre -- puntos consecutivos obligados y sin que las pendientes se pasen del límite fijado de antemano, o pendiente gobernadora.

Lo que en el terreno se puede hacer con un Clisímetro para llevar una línea con una pendiente dada, puede hacerse en un plano utilizando un compás de puntas. Conociendo la equidistancia entre curvas de nivel y la pendiente que se desea para - el camino, se calcula la abertura del compás para que al interceptar con sus puntos dos curvas de nivel contiguas, la línea - imaginaria que une estos dos puntos tenga la pendiente deseada, ejemplo: supongamos una equidistancia en el plano entre curvas del nivel de dos metros y una pendiente de 6 %; cada vez que se pase de una curva a otra se subirán o bajarán dos metros; -- por lo tanto la abertura entre los puntos del compás será igual a  $2/0.06=33.33$  metros. Con la misma escala con que está dibujado el plano se separarán las puntas del compás y partiendo del punto inicial se procede a ascender o descender brincando de -- curva en curva. La unión de estos puntos dará una línea llamada línea " A pelo de tierra " . Esta línea quebrada es la base para proyectar el trazo de la línea definitiva que con las mayores tangentes posibles, deberá apegarse lo más que se puedan a la línea " A pelo de tierra".

En caso de no llegar con la línea " A pelo de tierra" hasta el otro punto de control como consecuencia de haber escogido una pendiente mayor de la requerida, ó llegar hasta el, pero con una línea muy larga, se procederá hacer otros tanteos para obtener una línea lo más corta posible y con una pendiente - que no pase de la fijada por las normas de tipo del camino.

En la practica se procurará compensar a izquierda y derecha de la línea de proyecto la imaginaria del trazo "A pelo de tierra" para lograr una primera compensación longitudinal. Las tangentes se unen con curvas que, igualmente se apeguen a la línea imaginaria o compensen las desviaciones a izquierda y derecha lo más que sea posible ; como puede verse en la siguiente figura.



Pero no debe sacrificarse el alineamiento por buscar un proyecto que tenga poco movimiento de terracerías es decir, no debe exagerarse la condición de apegarse a la línea "A pelo de tierra". Por que, por lo general pueden substituirse varias curvas sucesivas por una sola que las comprende a todas.

Es importante que al proyectarse en el plano la línea definitiva, se unan las curvas que sean convenientes y que cada vez que en plano la línea de proyecto cruce a la línea preliminar se marque este punto y su cadenamamiento, y con un transporta

por o por trigonometría se determine el ángulo de cruce. Cuando en un kilómetro o menos si el terreno es muy accidentado, - la línea de proyecto no cruce la línea preliminar se medirán - de trecho en trecho las distancias que separen ambas líneas en puntos conocidos tales como PI, PC, PST, etc. Estos puntos se -- llaman puntos de liga y sirven para que, a la hora de iniciar- el trazo definitivo vayamos comprobando que el trazo que se -- proyectó en el plano va siendo trasladado fielmente al terreno, para no dar lugar a que los errores se propaguen.

Proyecto de curvas.- El alineamiento de un camino es tá compuesto de líneas rectas y curvas. Estas son arcos de circulo que unen dos trazos rectos limitados por sus respectivos- puntos de tangencia.

Hay dos maneras para proyectar curvas. Una consiste- en escoger la que mejor se adapte y posteriormente calcular su grado de acuerdo con el radio correspondiente; y la otra con-- siste en emplear curvas de determinado grado y calcular los de más elementos de ellas.

Debido a la facilidad que presenta el calculo de es- tas curvas y a su fácil trazado, es más recomendable la segun- da alternativa y es la que usaremos con nuestro proyecto .

Las curvas pueden ser: curvas circulares o curvas espirales.

Se denomina grado de curvatura, a un ángulo central- de un círculo que subtiende un arco de 20 metros.



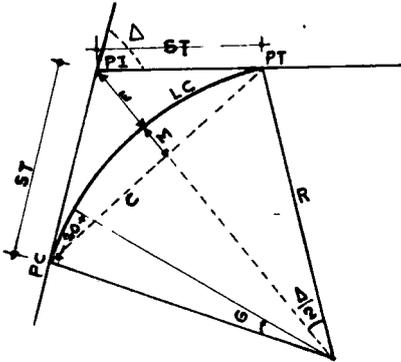
Para obtener el radio de una curva circu-- lar de grado (G) cualquiera, hacemos una - proporción basada en las propiedades del- círculo.

$$\frac{2\pi R}{360^\circ} = \frac{20}{G}$$

Despejando R

$$R = \frac{20 \times 360}{2\pi G} = \text{Radio de la curva de } 1^\circ$$
$$R = \frac{1145.91}{G}$$

Elementos de una curva circular.- Los elementos de una curva circular son :



C=Cuerda total de la curva de PC, a PT.

M= Ordenada media.

E= Distancia externa.

ST=Subtangente.

R =Radio de la Curva.

Δ=Ángulo de Deflexión

G =Grado de la curva.

LC=Longitud de la curva.

PC=Principio de curva.

PT=Principio de tangente, o fin de -- curva.

PI=Punto de inflexión.

Para el cálculo de los elementos anteriores, se emplean las siguientes formulas:

$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$LC = 20 \frac{\Delta}{G}$$

$$\Delta = \frac{G \cdot LC}{20}$$

$$G = \frac{20 \Delta}{LC}$$

$$R = ST \cot \frac{\Delta}{2}$$

Y para el cálculo de los elementos con cuerdas de 20 metros tenemos:

$$R = \frac{10}{\text{Sen} \frac{G}{2}}$$

$$C = 2 R \text{ Sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$M = (1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2}) R$$

$$E = R (\text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1)$$

Al calcular las curvas circulares hay que tomar en cuenta: La sobre-elevación, Ampliación y longitud de transición.

a).- Sobre-elevación .- Si un vehículo sigue la trayectoria de una tangente y pasa a la de una curva, al recorrer ésta aparece la fuerza centrífuga que origina dos peligros para la estabilidad del vehículo en movimiento; el peligro de deslizamiento transversal y el peligro de vuelco.

Para calcular la sobre-elevación se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Sobre-elevación} = \text{Tan} \quad = \frac{v^2}{gR}$$

V = Velocidad de Proyecto.

R = Radio de la Curva.

g = Aceleración debida a la gravedad.

b).- Ampliación.- Como el eje de las ruedas traseras de un vehículo que transita por el lado interior de una curva horizontal se mantiene en coincidencia con el radio de la misma, y por ser rígida la base de los mismos las ruedas delanteras tienen que seguir una ruta que las acerca al centro del camino; y como por otro lado los vehículos que transitan por la parte exterior tienen que mantener las ruedas delanteras dentro del pavimento obligando a las traseras a recorrer una ruta que también las acerca más hacia el centro de la carretera, y como se necesita mantener cierta distancia entre los vehículos en movimiento, o sea la misma distancia que debe existir en tangente, se precisa la ampliación del pavimento en las curvas.

La ampliación es una cantidad constante desde el PC hasta el PT y después disminuye hasta los extremos de las transiciones. Esta ampliación se hace por el lado interior de la curva.

La cantidad que debe ampliarse una curva ya viene tabulada de acuerdo con el grado de curvatura, así:

<u>Grado de la Curva:</u>	<u>Ampliación en metros.</u>
De 4 a 9	0.60.
De 10 a 12	0.75.
De 13 a 16	1.00.
Más de 16	1.20.

c).- Longitud de transición.- La construcción de la sobre-elevación obliga a que antes del PC de la curva y después del PT de ella se construyan transiciones en las tangentes con el fin de que se vaya pasando gradualmente a la sección horizontal del camino hasta la sobre elevación y posteriormente de la sobre-elevación a la sección horizontal.

Para determinar la Longitud de transición se emplea la siguiente fórmula: 3

$$LT = 0.0351 \frac{V^3}{R}$$

V = Velocidad de proyecto en Km/h; R = Radio de curvatura en metros.

Curvas Espirales.- Este tipo de curvas, se combinan con las circulares con objeto de suavizar gradualmente la sobre-elevación que requiere la curva circular, así como para regular el paso de la tangente a la curva circular y de la curva circular a la tangente. La curvatura de la curva espiral es muy ligera en el punto donde se une con la tangente y aumenta gradualmente hasta que obtiene la misma agudeza que la curva circular. Se puede definir la espiral, como una curva cuyo radio de curvatura disminuye constantemente al aumentar la longitud de la curva.

Elementos de una Curva Espiral.-

P.I. = Punto de intersección de las tangentes.

$\Delta$  = Deflexión en el P.I.

TE = Punto de paso de la tangente a la espiral.

EC = Punto de paso de la espiral a la tangente.

CE = Punto de paso de la curva circular a la espiral.

ET = Punto de paso de la espiral a la tangente.

$\theta_e$  = Angulo total de cada espiral.

$\Delta$  = Angulo central de la curva circular.

$R_c$  = Radio de la curva circular.

$T_e$  = Distancia del P.I. al T.E.

$X_c, Y_c$  = Coordenadas del E.C.

$X, Y$  = Coordenadas de un punto cualquiera de la espiral.

$E_c$  = Distancia externa al punto medio de la curva circular.

$C.L.$  = Cuerda larga al E.C.

$A$  = Punto de intersección de la tangente en el E.C. con la tangente primitiva.

$T.L$  = Distancia del TE al punto A.

$T.C.$  = Distancia del punto A al EC.

$B.$  = Punto donde la curva circular prolongada tiene su radio perpendicular a la tangente primitiva.

$K.P.$  = Coordenadas del punto B.

$\phi$  = Deflexión a un punto cualquiera de la espiral desde el TE. ó desde el E.T.

$\phi_c.$  = Deflexión al E.C.ó al C.E.

Cálculo y trazo de las espirales.- Tomando en cuenta el grado de curvatura circular ( $G_c$ ) cuyas espirales se quiere trazar y la velocidad de proyecto ( $V$ ), con ayuda de la tabla No. 5 editada por la S.O.P. (muestra la longitud mínima de la espiral que recomienda) se determina la longitud ( $L_e$ ) de la espiral.

El ángulo  $\theta_e$  que corresponde a la espiral se determina por medio de la fórmula siguiente:

$$\theta_e = \frac{L_e}{40} G_c$$

Con el valor de  $G_c$  se entra en la tabla No 6 que da los valores de  $p, k, x, y, T.L, T.C.,$  y  $C.L.$

La distancia  $T_e$  se determina por medio de la fórmula siguiente:

$$T_e = (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

El kilometraje del punto T.E. se obtiene restando el kilometraje del PI la distancia  $T_e$ :  $TE = PI - T_e$ .



El punto E.C. se localiza midiendo a partir del TE-- la abscisa Xc y la ordenada Yc.

Como comprobación, se puede medir la distancia C.L.--

La espiral puede trazarse por medio de cordenadas ó por deflexiones.

Para determinar la deflexión cualquier punto de la - espiral medida, desde el TE y E.T. se emplea la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{\theta_e}{3(L_e)^2} L^2$$

$\phi$  = Deflexión deseada.

$L_e$  = Longitud espiral.

$L$  = Distancia al punto deseado.

$\theta_e$  = Angulo total de cada espiral.

Una vez vista la deducción y obtención de los elementos de las curvas procederemos a calcular una curva horizontal circular y una curva horizontal espiral ubicadas la primera -- del Km 5 + 194.62 P.C. al Km 5 + 284.62 PT y la segunda del KM. 6+011.32 TE al Km 6+182.98 ET.

Cálculo de la curva horizontal circular.--

Datos:  $PI = 5 + 240.00$

$$\Delta = 18^{\circ}00'. \text{ Izq.}$$

Debido a la topografía el grado de curvatura que más conviene es de  $4^{\circ}00'$ .

Solución: primeramente se obtiene el radio para calcular la subtangente y saber el kilometraje que le corresponde al P.C. (principio de curva) restando el valor de S.T. al nombre del P.I. , enseguida se calculará la longitud de curva- (L.C.) que sumada al P.C., nos dá el kilometraje del P.T. --- principio de tangente); por último, se calcula la deflexión --- por metro para obtener los ángulos correspondientes a cada --- cuerda que se trazará en el campo y así poder fijar las esta--- ciones correspondientes.

$$R = \frac{10}{\text{Sen } \frac{G}{2}} = \frac{10}{\text{Sen } 2^{\circ} 0.0349} = 286.54 \text{ m.}$$

$$ST = R \times \tan \frac{\Delta}{2} = 286.54 \times \tan 9^{\circ} = 286.54 \times 0.1584 = 45.38$$

$$PC = PI - ST = 5 + 240.00 - 45.38 = 5 + 194.62$$

$$LC = \frac{20 \times \Delta}{G} = \frac{20 \times 18}{4} = 90.00 \text{ m.}$$

$$PT = PC + LC = 5 + 194.62 + 90.00 = 5 + 284.62$$

$$\delta_m = 1.5 \delta = 1.5 \times 4 = 6'$$

Cálculo de las deflexiones para cuerdas de 20 metros

(Estaciones cerradas) que se ponen en el campo.

<u>Estación.</u>	<u>Deflexión</u>
P.C. 5+194.62	0°00'
6' X 5.38 = 32°	
5 + 200 ..	0°32'
6' X 20 = 120 = 2°	
5+220 = -----	2°32'
5+240	4°32'
5+260	6°32'
5+280	8°32'
PT 5+284.62	9°00'

Como comprobación la última deflexión debe ser igual a la mitad del delta.

Cálculo de la curva horizontal Espiral.

Datos:  $PI = 6 + 100$

$$\Delta T = 39^{\circ}30'$$

$$\text{Grado de curvatura} = 6^{\circ}00'$$

Solución:  $L_e = 40 \text{ Mts. (según tabla No.5)}$

$$\Delta_c = \Delta T - 2\theta_e = 39^{\circ}30' - 2(6^{\circ}00') = 27^{\circ}30'$$

$$R = \frac{10}{\text{Sen} \frac{\Delta_c}{2}} = \frac{10}{\text{Sen} 3^{\circ}} = \frac{10}{0.0523} = 190.99 \text{ m.}$$

$$T_e = (2Rc + p) \text{ tg } \frac{\Delta_c}{4} + k = (190.99 + 0.35) \text{ tg } 19^{\circ}45'$$

$$T_e = (191.34) 0.3590 + 19.99 = 88.68 \quad 19.99$$

$$TE = PI - T_e = 6 + 100 - 88.68 = 6 + 011.32$$

Cálculo de la curva circular.

$$LC = \frac{20 \Delta_c}{G} = \frac{20 \times 27^{\circ}30'}{6} = 91.66 \text{ m.}$$

$$EC = TE + Le = 6+011.32 + 40.00 = 6+051.32$$

$$CE = TE + Le + LC = 6+011.32 + 40.00 + 91.66 = 6+142.98$$

$$ET = TE = 2(Le) + LC = 6+011.32 + 2(40.00) + 91.66 = 6+182.98$$

La deflexión por metro para la curva espiral se ----  
obtiene mediante la formula

$$\phi = \frac{\theta_e}{3(Le)^2} L^2$$

Para la estación 6+020 la deflexión sera igual a:

$$\phi = \frac{6.00^{\circ}}{3(40)^2} (8.68)^2 = \frac{6.00}{4800} (75.34) = \frac{452.05}{4800} = 0.0942^{\circ}$$

Convirtiéndolos a minutos  $0.0942 \times 60 = 0^{\circ} 06'$

Para la estación 6+040

$$\phi = \frac{6.00}{4800} (28.68)^2 = \frac{4935.25}{4800} = 1.028^{\circ}$$

$$0.028 \times 6 = 0.02' ; 1^{\circ} + 0.02 = 1^{\circ} 02'$$

Deflexión para el EC.

$$\phi = \frac{6.00}{4800} (40)^2 = \frac{6.00}{4.800} (1600) = \frac{9600}{4800} = 2^{\circ} 00'$$

Cálculo de la deflexión por metro para la curva circular.

$$\delta m = 1.56 = 1.5 \times 6 = 9'$$

Estación	Deflexión
EC 6 + 051.32	0°00
6 + 060	1°18
6 + 080	4°18
6+ 100	7°18
6 +120	10°18
6 +140	13°18
6 +142.98	13°45

El cálculo de la deflexión por metro para la siguiente espiral se hace partiendo del ET al CE, esto es por razones de comodidad en el campo, ya que al ponernos en el ET a la vez que trazamos la espiral quedamos en condiciones de seguir trazando la siguiente tangente.

**TABLA 5**  
**V=60 Km/h.**  
**SOBRE-ELEVACIONES RECOMENDADAS**

$G_c$	$R_c$	$\frac{L_e}{T.T.*}$	S%	N
0°30'	2291.83	12*	2.0	12.00
1°00'	1145.92	12*	2.0	12.00
1°30'	763.94	12*	2.0	12.00
2°00'	572.96	14*	2.2	12.73
2°30'	458.37	16*	2.7	11.85
3°00'	381.97	20*	3.3	12.12
3°30'	327.40	24*	3.8	12.63
4°00'	286.48	26*	4.4	11.82
4°30'	254.65	30	4.9	12.24
5°00'	229.18	34	5.5	12.36
5°30'	208.35	36	6.0	12.00
6°00'	190.99	40	6.5	12.31
6°30'	176.29	44	7.1	12.39
7°00'	163.70	46	7.6	12.11
7°30'	152.79	50	8.2	12.20
8°00'	143.24	52	8.7	11.95
8°30'	134.81	56	9.3	12.04
9°00'	127.32	60	9.8	12.24
9°30'	120.62	64	10.4	12.31
10°00'	114.59	66	10.9	12.11
10°30'	109.13	70	11.5	12.17
11°00'	104.17	72	12.0	12.00

$G_c$  = Grado de la curva circular  
 $S$  = Sobre elevación en %  
 $V$  = Velocidad en Km/h.  
 $N$  = Semidistancia del punto donde termina el bombeo al punto donde la  $S$  es de 2 %

TABLA 6

ELEMENTOS BASICOS DE LA ESPIRAL PARA  $V=60 \text{ Km/h}$   
 Y  $G_c$  DE  $4^{\circ}00'$  A  $11^{\circ}00'$  MOSTRANDO VALORES DE  $\rho$ ,  $k$ ,  
 $x_c, y_c, T.L., T.C., C.L.$  (EN MTS.) CORRESPONDIENTES A  
 LOS VALORES DE  $L_e$  RECOMENDADOS.

$G_c$	$R_c$	$L_e$	$\theta_e$	$\rho$	$k$	$x_c$	$y_c$	T.L.	T.C.	C.L.
$4^{\circ}00'$	286.48	26	2.60	.10	13.00	25.99	0.39	17.34	8.67	26.00
$4^{\circ}30'$	254.65	30	3.38	.15	15.00	25.99	0.59	20.00	10.00	30.00
$5^{\circ}00'$	229.18	34	4.25	.21	17.00	33.98	0.84	22.67	11.34	33.99
$5^{\circ}30'$	208.35	36	4.95	.26	18.00	35.97	1.04	24.01	12.01	35.99
$6^{\circ}00'$	190.99	40	6.00	.35	19.99	39.96	1.40	26.68	13.35	39.98
$6^{\circ}30'$	176.29	44	7.15	.46	21.99	43.93	1.83	29.36	14.69	43.97
$7^{\circ}00'$	163.70	46	8.05	.54	22.98	45.91	2.15	30.70	15.36	45.96
$7^{\circ}30'$	152.79	50	9.38	.68	24.98	49.87	2.72	33.38	16.71	49.94
$8^{\circ}00'$	143.24	52	10.40	.79	25.97	51.83	3.14	34.73	17.39	51.92
$8^{\circ}30'$	134.81	56	11.90	.97	27.96	55.76	3.87	37.42	18.74	55.89
$9^{\circ}00'$	127.32	60	13.50	1.18	29.94	59.67	4.69	40.12	20.11	59.85
$9^{\circ}30'$	120.62	64	15.20	1.41	31.93	63.55	5.63	42.82	21.48	63.80
$10^{\circ}00'$	114.59	66	16.50	1.58	32.91	65.45	6.30	44.19	22.18	65.76
$10^{\circ}30'$	109.13	70	18.38	1.86	34.88	69.28	7.43	46.92	23.56	69.68
$11^{\circ}00'$	104.17	72	19.80	2.06	35.86	71.14	8.22	48.30	24.28	71.62

Deflexión para la Estación 6+180 partiendo del --  
ET= 6 + 182.98

$$\phi = \frac{6.00^0 (2.98)^2}{4800} = \frac{53.28}{4800} = 0.011^0$$

$$0.011 \times 60 = 0^{\circ} 01'$$

Para la Estación 6 + 160

$$\phi = \frac{6.00}{4800} (22.98)^2 = \frac{3168.48}{4800} = 0.66^0$$

$$0.66 \times 60 = 0^{\circ} 40'$$

Deflexión para el CE

$$\phi = \frac{6.00}{4800} (40)^2 = \frac{9600}{4800} = 2^{\circ} 00'$$

B ) .- Trazo Definitivo.- Se llama definitivo porque será el eje del camino a construir, en el cual se basarán todos los trabajos de campo para el proyecto definitivo. Una vez hecho el estudio del proyecto de la línea definitiva en el gabinete, se procede a fijarla materialmente en el terreno. Para esto, es necesario llevar una copia del proyecto, con todos los datos correspondientes, tales como los PI, PC, PT, el grado de las curvas, cruces de la línea definitiva, distancias tomadas de diversos puntos a la línea definitiva y en fin, el mayor número de datos posibles. Estos puntos se llaman ligas y sirven para iniciar el trazo definitivo y para ir comprobando que el proyecto que se hizo en el plano va siendo trasladado fielmente al terreno. Para fijar las tangentes se hace generalmente por medio de coordenadas. El cálculo de las coordenadas de la definitiva se encuentra en la tabla No. 8.

La representación gráfica del trazo definitivo incluyen do los trabajos preliminares de los 2 kilómetros en estudio, se muestra en el plano No. 1, y el registro se encuentra en la ta ble No. 7 .

Registro del Trazo Definitivo del Km. 5+000 al Km. 7+000.

ESTACION	DIST.	DEF.	DATOS CURVAS.	R.M.O.
5+000.				N 81° 38'E
5+060 P.T.			$\Delta = 18^{\circ} 00'$ Izq.	
5+240 P.I.			PI= 5+240.	N 63° 38'E
5+194.62 PC.	PT a PC = 90.00	0 00'	G= 4.00'	
200.		0 32'	ST=45.38 M.	
220.		2 32'	LC=90.70 M.	
240.		4 32'	R=286.54 M.	
260.		6 32'	PI=6+100.	
280.		8 32'	$\Delta t = 39^{\circ} 30'$ Der.	
5+284.62 PT		9 00'	$\Delta \alpha = 27^{\circ} 30'$ G=6.00'	
6+011.32 TE.		0 00'	Rc=190.99.	
6+020.00	0 06'	Le=40.00 M.		
6+041.	1 02'	$\theta = 6^{\circ} 00'$ , p=0.35.		
6+051.32 EC.	2 00'	Yc=1.40, Xc=39.96. Tc=13.35. CL=39.98.		
6+060.	1 18'	LC=91.66.		
080.	4 18'	TE=6+011.32.		
100.	7 18'	Te=88.68.		
120.	10 18'	EC=6+051.32.		
140.	13 18'	CE=6+172.98.		
6+142.97 CE.	13 45'	ET=6+172.97.		
6+172.92 ET.	0 00'		S 76° 52'E	
180.	0 01'	PI=6+452.86.		
160.	0 40'	$\Delta t = 29^{\circ} 57'$ Izq.		
6+142.98 CL.	2 00'	$\Delta c = 21^{\circ} 27'$		
6+374.54 TE.	0 00'	G= 5° 00'		
6+380.00	0 02'	Rc=229.18 M.		
6+400.00.	0 47'	Le=34.00. e=4.5'		
6+408.54 EC.	1 25'	p=0.21. k=17.00		
		Xc=33.98. Yc=0.84.		
6+410.00.	0 11'	TL=22.67. Tc=11.34.		
420.00	1 26'	CL=33.99. LC=85.80.		
440.00	3 56'	TE=6+374.54.		
460.00	6 25'	Te=78.32 M.		
480.00	8 50'	EC=6+408.54.		
6+494.34 CE.	10 23'	CE=6+494.34.		
		ET=6+528.32.		
6+528.34 ET.	0 00'		N 73° 11'E	
520.00.	0 05'			
500.00.	0 58'			
6+494.34 CE.	1 25'			
7+000.				

TABLA No. 7

Al hacer el trazo definitivo es muy importante marcar otros puntos: estos puntos se llaman referencias.

Referencias.- El objeto de las referencias es fijar la posición de un punto con relación a otros fijos, que se supone permanecerán durante la construcción del camino; como los puntos del trazo desaparecen muchas veces cuando se hace el desmonte, desde los puntos fijos puede reconstruirse el trazo en cualquier momento, para comprobar si la ejecución del camino va apegándose al proyecto. Para referenciar un punto se emplean ángulos y distancias medidas con exactitud. De preferencia, los puntos de referencia, estarán fuera del derecho de vía. Los ángulos se medirán siempre en cuadrantes, tomando como origen el eje del camino la numeración de los puntos de referencia se hará en el sentido de las manecillas del reloj, de adentro hacia afuera. Las visuales deberán ser tales que puedan fácilmente identificarse y cada una debe tener dos puntos de referencia, en los cuales se medirán las distancias entre ellos.

Nivelación Definitiva.- La nivelación del trazo definitivo se hace en la misma forma que en la preliminar, solo que en este caso no se nivelan los PI, sino solamente los puntos que están situados en las tangentes ( Estaciones a cada 20 metros y en lugares accidentados del terreno) y en las curvas. La nivelación definitiva nos sirve para dibujar el perfil del terreno y sobre el mismo proyectar la subrasante.

A continuación expongo en la tabla No. 9 el registro de la nivelación del kilómetro 4+992.60 al KM. 5+500 dado que, el procedimiento de los 2 kilómetros en estudio se hace de la misma forma.

CAMINO: QUERETARO-LA GRIEGA-ESPERANZA  
 TRAMO: QUERETARO-LA GRIEGA

DE KM. 4+920 A KM. 7+000  
 ORIGEN DEL TRAZO. QUERETARO

N	PUNTO OBSERVADO	SUBTANGENTE ATRAS	TANGENTE	SUBTANGENTE ADELANTE	DISTANCIA	DEFLEXIONES		RUMBO ASTRONÓMICO CALCULADO	PROYECCIONES					COORDENADAS		
						IZQUIERDA	DERECHA		SENO	+ E	- W	COSENO	+ N	- S	X	Y
	5+240	73.40	202.02	45.38	320.80		15° 36'	N 73° 04' E	0.9566	306.88	0.2913	93.95			14218.15	12529.62
	6+100	45.38	726.70	88.68	860.76	18° 00'		N 55° 04' E	0.8198	705.65	0.5726	492.87			14525.03	12623.07
	6+452.86	88.68	191.56	78.32	358.56		33° 30'	S 85° 26' E	0.9968	357.41	0.0796		28.54		15588.09	13087.40
	7+100	78.32	471.66		549.98	29° 57'		N 64° 37' E	0.9035	496.90	0.4288	23.83			16084.99	13323.23

U. A. Q.

ESCUELA DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

CALCULO DE COORDENADAS  
 DE LA DEFINITIVA

ELIAS RANGEL DIAZ

1967

ING. JESUS NUÑEZ VILLARREAL

TABLA No.8

REGISTRO DE NIVELACION .

ESTACION.	+	∩	—	COTAS.	OBSERVACIONES.
B.N. 4-2	0.647	1279.330	0.639	1278.683	B.N. 4-2 SOBRE ROCA CON PINTURA A 35.00 MTS. APROXIMADAMENTE A LA DERECHA DE EST. 4+980. ELEV. 1278.683.
P.L.1	0.117	1277.818	1.629	1277.701	
P.L.2	0.601	1274.469	3.950	1273.268	
PT. 4+992.60-			1.00	1273.470	
5 00			1.66	1273.310	
020			2.20	1272.270	
040			1.72	1270.750	
060			2.46	1272.010	
P.L.3	0.164	1271.193	3.44	1271.024	
080			1.161	1269.500	
090			3.61	1267.580	
094			4.18	1267.010	
100			3.98	1267.240	
120			3.09	1268.100	
140			2.62	1268.510	
160			2.65	1268.54	
P.L.4	0776.	1268.969	3.00	1268.193	
180			1.31	1267.660	
PL5+194.62			2.67	1266.300	
200			2.35	1266.620	
220			0.68	1268.290	
PL5	1590	1270.089	0.47	1268.499	
5+240			1.44	1268.95	
5+260			2.42	1267.67	B.N- 5-1 SOBRE GRAPAS TRONCÓN MEZQUITE A 27.00 MTS. APROX.A IZQUIERDA DE ESTACION 5+494.00 ELEV. 1249.061 .
PL6	0.076	1266.198	3.987	1266.122	
272			0.90	1265.30	
280			1.44	1264.76	
5+284.62 PI			1.44	1264.76	
300			2.34	1253.86	
PL7	0.240	1262.804	3.63	1262.564	
320			0.96	1261.84	
340			3.04	1259.76	
PL.8	0.160	1259.030	3.93	1358.870	
360			1.16	1257.87	
380			2.17	1256.86	
400			2.75	1256.28	
420			3.66	1255.37	
440			3.78	1255.25	
PL.	0.691	1255.947	3.774	1255.256	C O M P R O B A C I O N .
460			0.80	1255.15	
480			1.90	1254.05	
500			2.88	1253.07	
PL	0.029	1253.092	2.884	1253.063	
B.N. 5.1	3.830	1252.891	3.795	1249.061	B.N. 5.1 P.L. 5+500
PL	3.466	1252.856	3.792	1349.390	
EST .	+	∩	—	COTAS .	
B.N. 5.1	3.865	1252.926		1249.061	
	3.753	1253.143	3.536	1249.390	
	-2.887	1255.950	0.080	1253.063	
	3.500	1259.055	0.695	1255.255	
	3.973	1263.811	0.187	1258.868	
	3.521	1266.182	0.280	1262.561	
	3.985	1270.104	0.063	1266.119	
	0.502	1268.998	0.608	1268.498	
	3.378	1271.566	0.810	1368.188	
	3.530	1274.556	0.540	1271.026	
	3.943	1277.809	0.690	1273.866	
	1.707	1279.406	0.110	1277.699	
			0.725	1278.681	
B.N. 4-2.				1278.683	

CAPITULO IV  
PROYECTO  
GEOMETRICO

#### IV.-PROYECTO GEOMETRICO.

A).- Perfil.- Las cotas del terreno natural obtenidas en el campo, se anotan en el papel milimétrico para obtener el perfil del trazo; tal como se ve en el plano No. 2 . Una vez dibujada la nivelación, se estará en condiciones de poder proyectar la subrasante .

Proyecto de Subrasante.- La subrasante es el perfil de las terracerías del camino, compuesto por una serie de líneas rectas, que son las pendientes unidas por arcos de curvas parabólicas verticales.

Con los datos completos de campo, es decir trazo, nivelación etc; ya dibujadas se procede hacer el estudio del proyecto de subrasante y de las curvas verticales necesarias. Antes de proyectar una subrasante, deben considerarse primero los puntos de control o sea, los niveles de las aguas máximas en las áreas drenadas, elevaciones de los puentes existentes, cruzamientos del ferrocarril etc. y una vez teniendo como puntos obligados los anteriormente mencionados y ajustándose a las normas técnicas de pendiente y visibilidad, se procede hacer el estudio del proyecto de subrasante buscando la mayor equivalencia sobre volúmenes de cortes y terraplenes , es decir, procurando que el volumen de corte más su abudamiento sea igual al requerido para formar los terraplenes.

Evidentemente que para llegar a la solución más satisfactoria desde el punto de vista técnico y económico es necesario hacer varios estudios, pues solamente en raras ocasiones se obtendrá al primer intento.

La solución no será en todos los casos la más económica, ya que no siempre se puede lograr la compensación de las terracerías con una subrasante que esté dentro del límite de pendiente especificado.

Habrán ocasiones en que el volumen de corte sea mucho mayor que el de terraplén, como frecuentemente sucede en lugares montañosos, o en lugares donde las malas condiciones de es-

tabilidad de algunos terraplenes obligan a bajar la subrasante para lograr que el camino quede alojado sobre terreno firme. - Esto ocasiona en el perfil una serie de puntos bajos, los cuales al obligar a la subrasante a seguirlos, aumentan considerablemente el volúmen de los cortes y por lo tanto, tendrá que haber desperdicios de material y aumento de costo. Si la subrasante no baja, entonces al no presentar seguridad en su estabilidad los taludes de algunos terraplenes, requieren la construcción de obras auxiliares, tales como muros de retención cuya altura y volumen de mampostería varían según la clase de terreno, pues se tendrán que hacer excavaciones para su cimentación y generalmente esta representa un volúmen de importancia.

La subrasante que se proyecta, deberá compensar, en todo lo que sea posible los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal, y aún en el transversal cuando se aloja en una ladera que permita compensación lateralmente.

La subrasante en terrenos planos está íntimamente ligada con el drenaje transversal del camino ya que esta puede originar aumentos innecesarios de costos.

Teniendo presente todo lo anteriormente expuesto se proyectará la subrasante, procurando evitar en todo lo que sea posible quiebres excesivos y tener pendiente más uniformes, siempre dentro de los límites especificados para la obra.

El proyecto de subrasante se anota gráficamente sobre el perfil del terreno así como las elevaciones de la misma para cada estación de 20 metros. Conociendo la pendiente y la elevación del punto de partida de la subrasante, se calcula las cotas de cada estación, sumando algebraicamente a la cota conocida inmediata anterior la variación por 20 metros de la pendiente o sea la quinta parte de la pendiente en metros por estaciones completas.

Las pendientes se proyectarán al décimo como por ejem. 5.1% 3.2% etc. Excepto en los casos en que igualdades, ligas o cualquier otro motivo obligue a calcular pendientes fraccionarias, se necesitará todos los decimios que se requieren para -

dar la diferencia de niveles entre los dos puntos que ligan -- por ejemplo 5.094 %, 3.168 % etc.

La rasante viene a ser: líneas rectas (pendientes) - ligadas con curvas verticales; y el cálculo de estas es el siguiente:

Curvas verticales.- Las curvas verticales son arcos de parábola que se emplean en los cambios dependiente de la rasante. Únicamente se proyectan cuando la diferencia algebraica entre dos pendientes sea mayor de 0.5 % porque en los casos de diferencia igual o menor el cambio es tan pequeño que en el terreno prácticamente es imperceptible y se pierde durante la construcción.

Para calcular las cotas de la subrasante en las curvas verticales hay varios métodos los cuales todos están basados en las propiedades de la parábola.

Las curvas verticales pueden ser en cresta o en columpio.

La curva vertical en cresta es aquella curva cuya concavidad queda hacia abajo.

La curva vertical en columpio es aquella curva cuya concavidad queda hacia arriba. Cálculo de una curva vertical

Vamos a suponer que iniciamos a partir del kilómetro 0+000 la rasante con una tangente a nivel, y después en el punto 0+360 levantarnos con el 4.5 % ; primeramente se saca la diferencia de pendientes cambiándole signo a la pendiente de adelante, esa diferencia nos da el número aproximado de estaciones que debemos ajustarlo al número par inmediato superior si el P.I.V. ( Punto de intersección de las dos pendientes) es una estación cerrada; en caso de que sea una estación intermedia, se ajusta el número impar inmediato superior; en seguida esta diferencia ( en por ciento) se divide entre el número de estaciones que resulte, para obtener el coeficiente de corrección de alturas, que multiplicado por el cuadrado del nú

mero correspondiente a cada una de las estaciones de la curva nos dará la corrección total que le haremos a cada una de las estaciones; misma que se le aumentará o restará (según el caso) a la cota calculada para cada una de las estaciones con la pendiente de atrás; un cálculo completo de este primer caso, es - el siguiente:

Pendiente de atrás - 0.0 %

Pendiente de Adelante - +4.5 %

$$\frac{0.0}{+4.5} \div \frac{4.5}{4.5} = 6 \text{ Estaciones} = 120 \text{ Mts.}$$

$$\text{Corrección: } K = \frac{0.45}{6} = 0.075$$

$$\begin{array}{r} P.I.V. = 0+360 \\ - 60 \\ \hline P.C.V. = 0+300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} P.I.V. = 0+360 \\ + 60 \\ \hline P.T.V. = 0+420 \end{array}$$

Estación	No	(No.) <sup>2</sup>	K.	Kx(No.) <sup>2</sup>	Cota Pen. Atrás	Cota real
P.C.V. 0+300	0	0	0.075	+0.000	2,740.00	2,740.00
0+320	1	1	0.075	+0.075	2,740.00	2,740.07
0+340	2	4	0.075	+0.300	2,740.00	2,740.30
P.I.V. 0+360	3	9	0.075	+0.675	2,740.00	2,740.67
0+380	4	16	0.075	+1.200	2,740.00	2,741.20
0+400	5	25	0.075	+1.875	2,740.00	2,741.87
P.T.V. 0+420	6	36	0.075	+2.700	2,740.00	2,742.70

Por comodidad, el signo de la corrección se saca por deducción o sea, si vamos subiendo y se sigue subiendo, es lógico que se sume la corrección y por el contrario, si se va subiendo y luego se baja, se resta o visversa, si se va bajando y luego se sube se suma; así como también si se va bajando y se sigue bajando, se resta.

En las tablas 10 a 12 donde está el cálculo de curvas se encuentra el cálculo de tres curvas verticales comprendidas entre el kilómetro 5+000 al KM.7+000.

La longitud mínima de las curvas verticales en cresta debe satisfacer la distancia de visibilidad de parada, pero podrá emplearse una mayor longitud para satisfacer el rebase y aún más si el proyecto y/o La Secretaría de Obras Públicas - así lo ordenan. La longitud mínima de la curva vertical parabólica en cresta está en función de la velocidad de proyecto, de la diferencia algebraica de pendientes y de la distancia de visibilidad de parada (Gráfica No.3 ). La longitud de la curva se calcula con la fórmula siguiente: ( Gráfica No. 1 )

$$L = \frac{A S^2}{200(h_1 + h_2)^2}$$

En donde:

L= Longitud en metros de la curva vertical en cresta.

S= Distancia en metros de visibilidad de parada.

A= Diferencia algebraica en por ciento de las pendientes.

$h_1$  = Altura del ojo arriba del pavimento (1.15).

$h_2$  = Altura del objeto sobre el pavimento (0.10)

Substituyendo los valores y simplificando, la fórmula anterior queda reducida a:  $L = \frac{A S^2}{384}$ .

La longitud de las curvas verticales para satisfacer la distancia de visibilidad de rebase según la velocidad de proyecto, está dada por la fórmula:

$$L = \frac{A S^2}{916}$$

En la gráfica No. 1 se encuentran los valores de las longitudes de las curvas verticales en cresta, para distintas velocidades.

Una vez determinada la longitud de curva vertical para cada caso, (en las gráficas No. 1 y 2) aproximando al número de estaciones de 20 metros inmediato superior, el cálculo de la cota de cada punto de la curva en estación cerrada se efectúa con la fórmula siguiente:

$$Y_n = Y_{(n+1)} + \left[ c - \frac{(2n-1)}{10} K \right]^2$$

En donde:  $c = \frac{P_e}{5}$

$$K = \frac{P_e - P_a}{\text{No. Est.}}$$

$P_e$  = Pendiente de entrada a la curva con su signo correspondiente, en por ciento.

$P_a$  = Pendiente de salida de la curva con su signo correspondiente, en por ciento.

$n$  = Número de orden de la estación por calcular.

$Y_n$  = Cota de la curva en la estación por calcular.

$Y_{(n-1)}$  = Cota de la curva en la estación anterior.

Como comprobación de que las cotas de las estaciones cerradas estuvieron bien calculadas, la elevación con que se llegue al final de la curva vertical (P.T.V.) Debe ser igual a la calculada sobre la tangente vertical de salida a partir del P.I.V. El valor de las cotas de estaciones intermedias, se obtienen por interpolación lineal entre las cotas de las estaciones contiguas.

Para el cálculo de la longitud de la curva vertical, en columbia se tomará en cuenta como factor primordial la distancia de visibilidad nocturna dada por la intensidad y ángulo del haz luminoso de los faros del vehículo, para que satisfaga una distancia mínima igual a la de parada.

El cálculo está en función de la velocidad del vehículo, de la diferencia algebraica de pendientes, de las tangentes verticales y de la potencia de los faros del vehículo.

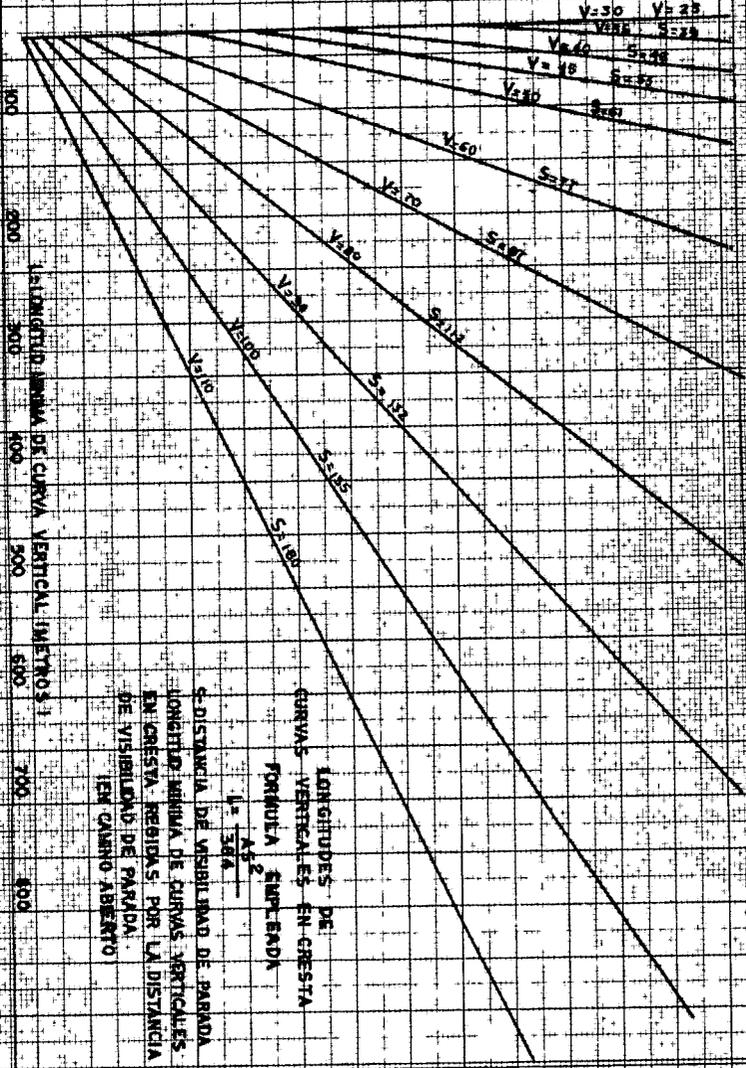
Su valor está dado por las formulas:

$$L = \frac{A S^2}{152 + 3.5S} \quad \text{Para } S < L$$

$$L = 2S - \frac{152 + 3.5S}{A} \quad \text{Para } S \geq L$$

Δ = DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES EN %

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL (METROS)

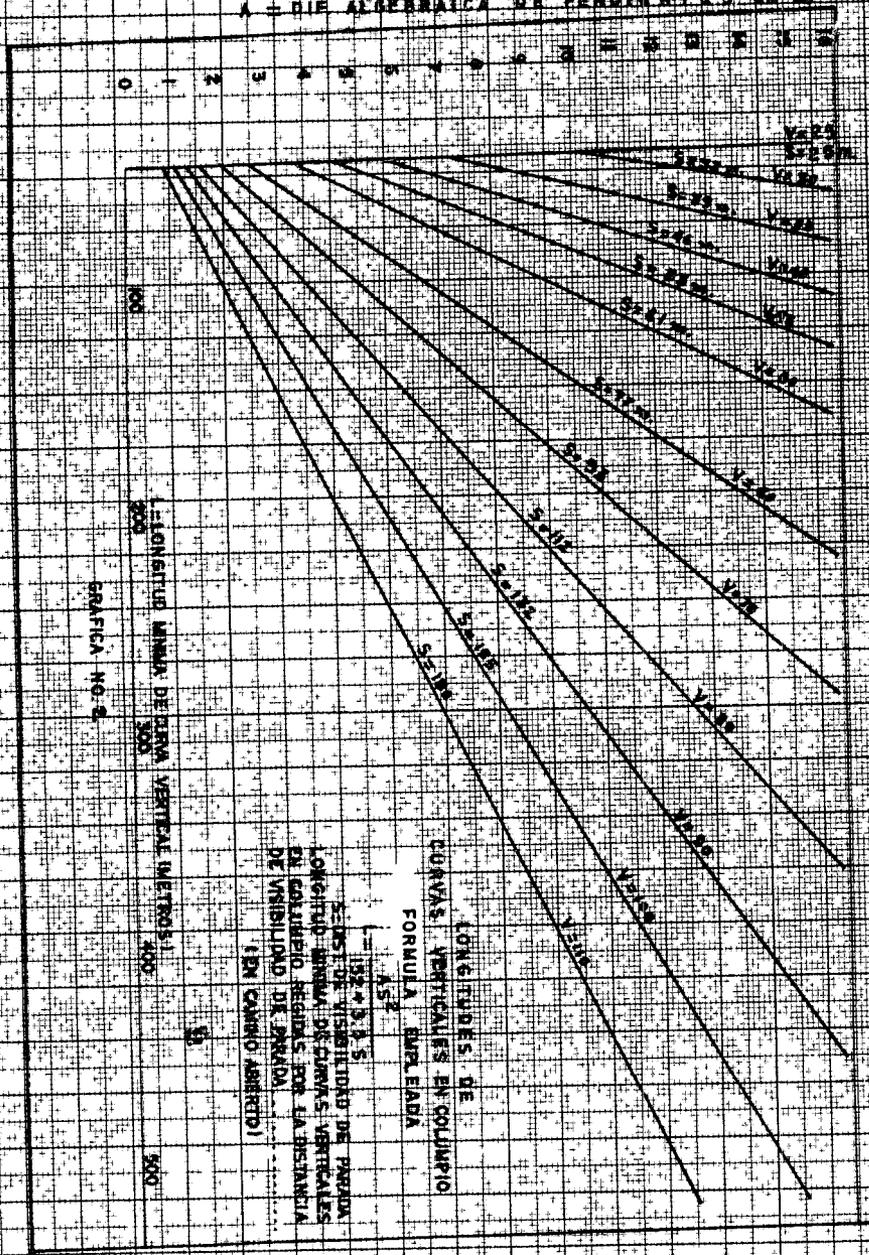
GRATICA NO.

0 100 200 300 400 500 600 700 800

LONGITUDES DE CURVAS VERTICALES EN CRESTA  
 FORMULA SUPLENDO  

$$L = \frac{S^2}{2A}$$
  
 S-DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA  
 LONGITUD MINIMA DE CURVAS VERTICALES EN CRESTA REQUERIDA POR LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA EN CAMINO ABIERTO

A = DIE ALGEBRAICA DE PENDIENTES EN %



LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL (METROS)  
 0 50 100 200 300 400 500  
 GRATICA NO. 2

SECT. DE VISIBILIDAD DE PAVIDA  
 LONGITUD MINIMA DE CURVA S VERTICALES  
 DE CALZADO, SEGUN S POR LA DISTANCIA  
 DE VISIBILIDAD DE PAVIDA  
 (EN CASO ABERTO)

LONGITUDES DE  
 CURVAS VERTICALES EN COUPLIO  
 FORMULA BURLIADA

$$L = \frac{102 + 3.45}{A^2}$$

Vx VELOCIDAD DE PROYECTO 1200 / V

0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5

30

600

1500

3000

SE DESARROLLA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS METRICAS

GRATISCA 80-5

VELOCIDAD DE PROYECTO

FORMULA EMPLEADA

$$V = \frac{S \cdot 1000}{T} = \frac{S \cdot 1000}{\frac{S}{V}} = \frac{S^2 \cdot 1000}{S}$$

V	VELOCIDAD	T	TIEMPO
1.5	1.5	666.67	666.67
2.0	2.0	500.00	500.00
2.5	2.5	400.00	400.00
3.0	3.0	333.33	333.33
3.5	3.5	285.71	285.71
4.0	4.0	250.00	250.00
4.5	4.5	222.22	222.22
5.0	5.0	200.00	200.00
5.5	5.5	181.82	181.82
6.0	6.0	166.67	166.67
6.5	6.5	153.85	153.85
7.0	7.0	142.86	142.86
7.5	7.5	133.33	133.33
8.0	8.0	125.00	125.00
8.5	8.5	117.65	117.65
9.0	9.0	111.11	111.11
9.5	9.5	105.26	105.26
10.0	10.0	100.00	100.00
10.5	10.5	95.24	95.24
11.0	11.0	90.91	90.91
11.5	11.5	87.03	87.03
12.0	12.0	83.33	83.33
12.5	12.5	80.00	80.00
13.0	13.0	77.00	77.00
13.5	13.5	74.07	74.07
14.0	14.0	71.43	71.43
14.5	14.5	69.00	69.00
15.0	15.0	66.67	66.67
15.5	15.5	64.52	64.52
16.0	16.0	62.50	62.50
16.5	16.5	60.61	60.61
17.0	17.0	58.82	58.82
17.5	17.5	57.14	57.14
18.0	18.0	55.56	55.56
18.5	18.5	54.05	54.05
19.0	19.0	52.63	52.63
19.5	19.5	51.28	51.28
20.0	20.0	50.00	50.00

V= VELOCIDAD DE PROYECTO (K/H.)

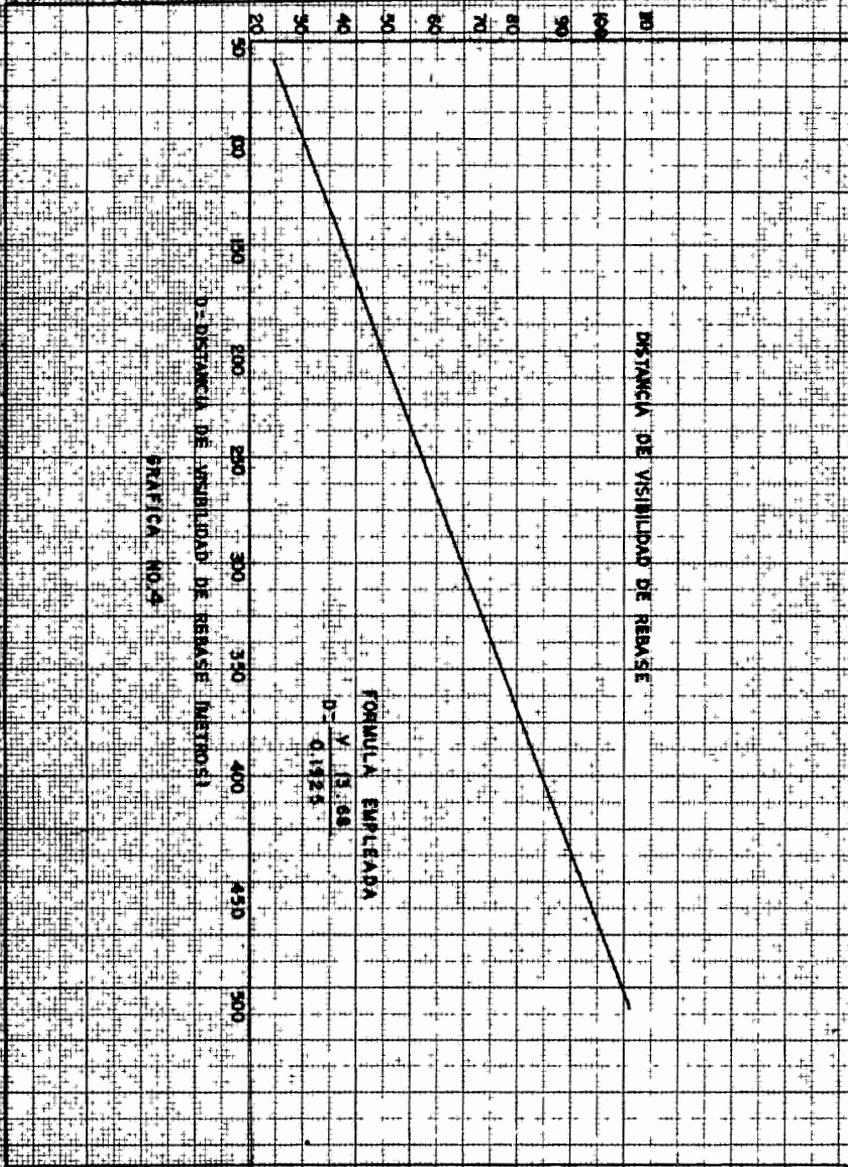
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE

D= DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE (METROS)

GRAFICA NO. 9

FORMULA EMPLEADA

$$D = \frac{V \cdot 13.68}{0.1425}$$



En donde:

$L$  = Longitud de la curva vertical en metros.

$S$  = Distancia en metros de visibilidad con el haz luminoso, igual a la distancia de parada.

$A$  = Diferencia algebraica de pendientes en por ciento.

En la gráfica No. 2 se pueden obtener los valores de la longitud de la curva vertical en metros necesaria para satisfacer la visibilidad de parada para los distintos valores de  $A$ . las cotas de cada punto en la curva, en estación cerrada se calcularon en la misma forma indicada para las curvas verticales en cresta.

B).- Secciones de construcción.- Una vez que ha sido trazada la línea definitiva en el terreno con todas sus curvas y habiéndola nivelado, se sacan secciones transversales del terreno en cada estación de 20 metros y en todos aquellos puntos intermedios en los cuales se note que haya cambio notable de la topografía.

Estas secciones se obtienen, de preferencia con nivel de mano, y su procedimiento es el siguiente; se para el Topógrafo en el centro de la estación y lee las lecturas en el estadal en los puntos en donde se observen accidentes en el terreno, estas lecturas restadas de la altura del observador nos darán la elevación o depresión del terreno. Esta lectura se apunta en la libreta junto con la distancia a la cual se sacó el desnivel.

En caso de no observar ningún desnivel notorio, o sea cuando el terreno es plano se determinarán exclusivamente los extremos.

En el gabinete se dibujan las secciones a escala 1:100 en papel milimétrico y por medio de la diferencia de elevaciones del terreno y la subrasante podemos conocer el espesor; ya sea de corte o de terraplén para cada estación comple-

tamente de 20 metros o cualquier punto intermedio que haya sido nivelado. Haciendo uso de una plantilla de material transparente que represente la sección del camino con sus cunetas, -- si es en corte, se dibujan sobre la sección transversal a la distancia del terreno que corresponda al corte. Los terraplenes se dibujarán con el talud correspondiente, dependiendo éste del ángulo de reposo del material empleado en su construcción. En los cortes el talud dependerá de la estabilidad de los mismos de acuerdo con el tipo de material que los forma.

El registro de las secciones transversales del terreno que se levantan en el campo se lleva de la siguiente manera.

	$\frac{15}{-2.50}$	$\frac{8.30}{-1.40}$	5+060	$\frac{15}{-1.80}$		
		$\frac{15}{-2.10}$	5+080	$\frac{15}{2.10}$		
	$\frac{15}{-3.70}$	$\frac{11.50}{-2.50}$	5+100	$\frac{5.40}{1.50}$	$\frac{15}{-3.20}$	
$\frac{15.00}{-4.30}$	$\frac{11.30}{-2.50}$	$\frac{8.30}{-2.20}$	PC5+194.62	$\frac{9.80}{2.60}$	$\frac{15}{3.80}$	---

La columna del centro indica el cadenamiento de la línea y las columnas que están a la derecha y a la izquierda indican las distancias y su desnivel con respecto a la estación. Siendo el numerador la distancia y el denominador el desnivel.

Cálculo de las áreas.-- Una vez dibujados los perfiles transversales del camino en escala adecuada generalmente 1:100 se procede a medir sus áreas para determinar los volúmenes de corte o terraplén.

La determinación de las áreas puede hacerse por varios procedimientos sin embargo, el método que generalmente se usa es el del planímetro, por ser el más rápido y el que da resultado muy aproximados para el fin que se persigue.

Cálculo de los volúmenes.-- El volumen de material ya sea en corte o terraplén comprendido entre dos secciones se --

calculará, tomando el promedio de sus áreas extremas y multiplicándolo por la distancia entre ellas.

Como la separación entre dos secciones es normalmente de 20 metros, el volúmen será:

$$V = \left( \frac{A+A'}{2} \right) 20 = 10(A+A')$$

En donde  $A$  y  $A'$  son las áreas de las secciones extremas.

Cuando se trata de áreas en secciones intermedias -- motivadas por accidentes notables de la topografía se empleará la siguiente fórmula:

$$v = \frac{A+A'}{2} d$$

Siendo  $A$  y  $A'$  áreas de las secciones extremas y "d" -- la distancia que las separa.

Cuando una de las áreas sea igual a cero, como es el caso de los puntos en que cambia de un corte a un terraplén -- (llamándose este punto línea de paso) se promediarán, con el área restante o sea que ésta se divide entre dos, y el resultado se multiplicará por la distancia entre las dos secciones.

Como al proyectar un camino sabemos sus especificaciones geométricas según sea el tipo de que se trate y además de estos datos, conocemos los puntos donde empieza una curva -- (P.C.) y donde termina (P.T.), así como de cada punto en el terreno sabemos sus espesores, que resultan de la diferencia que existe entre la cota de rasante y la del terreno, luego, únicamente nos faltará conocer la sobreelevación, ampliación y tangente transición de las curvas horizontales, así como también el bombeo de las tangentes.

El bombeo de las tangentes en un camino, es la pendiente transversal descendente a partir del eje del camino hacia ambos lados, generalmente es del 2 % y que sirve para desalojar el agua pluvial de la corona del camino.

En las curvas debe dársele antes y después una tan-  
gente de transición o sea, que deberá pasarse paulatinamente -  
de la tangente a la curva y viceversa, tanto en su bombeo, que  
en este caso se le llama sobreelevación, como en su ampliación.

Cálculo de sobreelevación y ampliación.

a).- En curvas espirales.- Para su cálculo se conside  
ra girando sobre el eje del camino. Al efectuar la transición-  
entre el bombeo y la sobreelevación total, la corona se conside  
rará formada por dos líneas transversales que corresponden a -  
las dos alas del mismo y que parten del eje del camino con dis  
tingtas pendientes. Este tramo del camino en que la corona en --  
sección transversal no es una sola recta; es el comprendido en  
tre dos puntos situados a "N" metros antes y después del ET ---  
( ó TE ) . Lámina No.1

La longitud de la espiral de transición servirá para-  
efectuar en ella el cambio de la sección de bombeo en la tangen  
te a la de sobreelevación total en la curva circular. Esto re--  
quiere considerarlo siguiente:

1).- El ala exterior de la curva se comenzará a sobre  
elegar a partir de la sección de bombeo desde un punto situado-  
a "N" metros atrás del TE ( o adelante del ET ) hasta llegar a-  
este, a nivel.

De ahí en adelante se hará variar la sobreelevación -  
linealmente hasta el EC ( ó CE ) en donde tendrá su valor máximo  
que mantendrá a todo lo largo de la curva circular. El punto si  
tuado a "N" metros atrás del TE (o adelante del ET) está dado--  
precisamente por la prolongación de la recta que marca la varia  
ción lineal que se le dá a la sobreelevación dentro del espi--  
ral.

2).- El ala interior de la curva se mantendrá con su  
pendiente de bombeo hasta un punto dentro de la espiral situado  
a la distancia "N" adelante del TE ( ó atrás del ET) en donde -  
el ala exterior tiene el mismo valor absoluto de 2 % de sobre -  
elevación. De aquí en adelante se incrementará progresivamente-  
su valor hasta adquirir el máximo en el EC ( ó CE ) de la curva-

circular, manteniéndolo en toda ella.

b).- *En tangente de transición.*- Substituyen a la espiral de transición, con ciertas limitaciones. Por lo mismo - la transición de la sobreelevación en las alas del camino se - debe tratar en la misma forma indicada para las espirales. De be considerarse entonces que el TT corresponde al TE (ó ET)- y que el PC y el PT corresponden al EC y CE respectivamente.

*La Ampliación en las Transiciones.*- Es la longitud - de la curva espiral o de la tangente de transición, que sirve - para hacer en ella la transición del ancho normal de corona en tangente, al ancho con ampliación completa en la curva circu-- lar. La variación de la ampliación es una función lineal de su distancia al TE, ET ó TT.

Una vez que se obtienen los datos de curva, se está - en condición de proyectar el camino; puesto que conocemos los - datos siguientes:

Eje del camino (trazo definitivo)

Perfil del eje (Nivelación definitiva)

Configuración transversal del camino (Secciones de - construcción )

Rasante o Pendiente del camino ( calculada en gabine - te )

Espesores de corte y terraplén en cada estación o -- puntos claves.

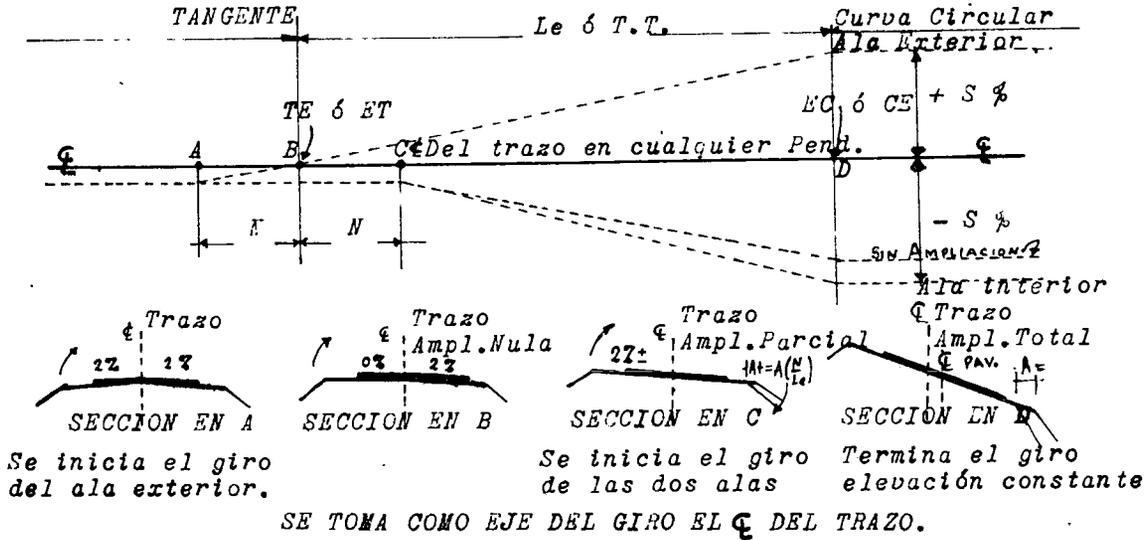
Geometría del camino tanto en tangente como en curva con sus ampliaciones, sobreelevaciones y tangentes en transición.

Se procederá ahora a obtener las áreas, ya sea de cor - te o terraplén, y calcular el volúmen de material por mover, - o sea, que se hace el estudio de estos movimientos mediante el - cálculo de una "curva de masas" que dependerá de los volúmenes - encontrados, como se verá más adelante.

En el plano No.3 se encuentran las secciones corres-- pondientes al kilómetro 5+060 al 5+194.62 estas representan los casos más generales de secciones de construcción del camino en estudio, por lo cual no expongo el dibujo geomético transver-- sal de los dos kilómetros completos.

PROYECCION VERTICAL LONGITUDINAL

TABLA No. 1



TRANSICION DE LA SOBREELEVACION.

C).- *Curva Masa.*- El diagrama de la Curva Masa *re-*presenta gráficamente la ubicación y magnitud de los volúme--nes de las terracerías.

Las abscisas representan el cadenamamiento de la sub--rasante y las ordenadas representan volúmenes acumulativos -de las terracerías. El diagrama de la C.M. se dibuja en el --mismo perfil del terreno del proyecto de la subrasante .

Para determinar los volúmenes acumulados se conside--ran con signo positivo los cortes y con signo negativo los te--rraplén y los cálculos se van haciendo sumandolos algebraica--mente. Generalmente para evitar la presencia de ordenadas nega--tivas se toma una cota de partida suficientemente grande.

La secuela a seguir para el proyecto de una curva masa es la siguiente:

- 1o.- Se proyecta la subrasante en el perfil del terre--no.
- 2o.- Se determina en cada estación, o en los puntos --que lo ameriten los espesores de corte y terraplén.
- 3o.- Se dibujan las secciones de construcción.
- 4o.- Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén--con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sec--ción de construcción.
- 5o.- Se calculan las áreas de las secciones.
- 6o.- Se calculan los volúmenes abundando los cortes.se--gún el tipo de material.
- 7o.- se suman algebraicamente los volúmenes de corte y terraplén y se dibuja la curva con los valores anteriores.

*Línea Compensadora.*- Cualquier línea horizontal que --corte una cima o un columpio de la curva masa, marca los lími--tes de corte y terraplén que se compensan.

Del estudio y forma que presenta el diagrama de Cur--va Masa se puede deducir facilmente algunas de sus principa--les características.

a).- La curva es ascendente hacia la derecha, en -- los tramos en que el corte predomina al terraplén y descien de hacia la derecha en los tramos en ue el terraplén predomi na al corte.

b).- Los máximos de la curva son puntos de paso de un tramo en que el corte, predomina al terraplén, a un tramo en que el terraplén predomina al corte.

Inversamente los mínimos de la curva, son puntos de paso de un tramo en que el terraplén predomina al corte, a un tramo en que el corte predomina al terraplén.

c).- La ordenada de cualquier punto de la curva ma sa con relación a una horizontal cualquiera mide la suma alge braica de los volúmenes de cortes y terraplenes existentes a partir del punto de intersección con ella de la línea conside rada.

d).- La diferencia de ordenadas entre dos puntos -- cualquiera de la Curva Masa, da el volúmen de corte o terra-- plén disponible entre ellos.

e).- Entre las secciones correspondientes a los puntos de intersección de una horizontal con el diagrama de la - Curva Masa, existe una compensación de volúmenes de corte y - terraplén. El volúmen total de tierras a mover entre esas dos- secciones será la ordznada máxima con relación a la horizon- tal considerada.

f).- En un tramo compensado, el movimiento de tie--- rras que habrá que efectuarse será hacia la derecha cuando el- diagrama quede arriba de la horizontal que indica la compen sación y hacia la izquierda cuando el diagrama está abajo de - dicha horizontal.

Al calcular una Curva Masa no conviene hacerlo por - tramos largos ya que como se trata de un procedimiento de apro ximaciones sucesivas y además siendo difícil que a las prime- ras subrasantes se escoja la más conveniente, se aconseja pro- ceder por tramos de 500 metros a un kilómetro. Y hasta no que- dar conforme seguir a los siguientes tramos. Cada vez que se -

proyecte una subrasante se determinaran los espesores, se dibujan las secciones y se escoge la línea de compensación, -- que en muchos casos puede ser la del tramo anterior . Si la línea de compensación se sube hay desperdicios, si se baja hay prestamos .

En general la línea de compensación que da los acarrees mínimos es aquella que corta el mayor número de veces a la curva masa.

Los principales objetivos de la curva masa son los siguientes:

a).- Compensar volúmenes.

b).- Fijar el sentido de los movimientos del material.

c).- Fijar los límites de los acarrees.

d).- Calcular los sobre-acarrees.

e).- Controlar los prestamos y desperdicios.

Analisis de una Curva Masa.- Vamos a analizar cada uno de los puntos anteriores. En el perfil indicado en gráfica No. 5 con su correspondiente diagrama de curva masa.

Compensación de volúmenes.- Cualquier línea horizontal que corte una cima o un colúmpio de la curva masa, marca los límites de corte y terraplén que se compensan.

Si trazamos en la curva masa, la línea horizontal GH nos indica que el volumen comprendido entre G y D es suficiente para construir el terraplén de D a H o bajando referencial al perfil del camino se nos presentará que el volumen de corte I llena el terraplén II pero no indica lo que debe hacerse con el resto del corte ni hasta donde debe acarreararse.

En estas condiciones se presenta el problema de la -- distribución de volúmenes es decir, que cortes se van a emplear en que terraplén y como determinar la distancia de transportee del material de su punto de extracción a su punto de empleo.

Para lograr esto y basándonos en las propiedades de--

la curva masa, trazamos una horizontal cualquiera, decimos --- cualquiera porque aún no sabemos donde nos conviene situarla, -- por ejemplo: la línea horizontal IJ intercepta a la curva en -- los puntos KLMNF los cuales nos definen una compensación en-- tre cortes y terraplenes.

Al trazar la línea horizontal IJ, se nos presenta -- que el corte KB es suficiente para el terraplén BL, que con -- el corte MD, se construirá el terraplén DN, que el terraplén -- LC se formará con el corte CM, y que el terraplén NE se forma -- rá con el corte EF, bajando al perfil del camino las referen--- cias de los puntos K.L.M.N. y F. se obtienen los límites de -- los movimientos de los cortes y terraplenes.

Sentido de los movimientos.- Los movimientos de los-- materiales se hacen de la siguiente manera: cuando los cortes-- de la Curva Masa quedan arriba de la línea de compensación se-- mueven hacia adelante, y cuando quedan abajo de la línea de -- compensación se mueven hacia atrás.

Distancia de Acarreo Libre.- Es la distancia en que-- al contratista no se le paga nada por concepto de acarreo. Ac-- tualmente se establece que la distancia de acarreo libre sea -- una estación de 20 metros. Como el acarreo libre es de una es-- tación en cada cambio de la curva masa ya sea cima o columpio-- se traza una horizontal que tenga esa longitud ( 20 metros).

En la curva masa las líneas ab y cd se supone que-- miden una estación y por lo tanto marcan los límites del aca-- rreo libre. Bajando los puntos donde esta horizontal, corta a-- la curva masa hasta el perfil, se obtienen los límites de cor-- tes y terraplenes correspondientes al acarreo libre . Los vo-- lúmenes de los cortes y terraplenes son para cada caso las di-- ferencias de las ordenadas entre a y B, y d y C .

Distancia de Sobre-Acarreos.- Todo el material que-- se traslada de un corte o un prestamo a un terraplén, a dis-- tancia mayor que la del acarreo libre, se llama sobre-acarreo--

Las áreas comprendidas entre la curva de masas y una horizontal, o la curva de masas y dos horizontales, representan acarreos que son el producto de bases (distancias) por alturas (volúmenes).

A la distancia que hay del centro de gravedad del terraplén que se forma con ese material se le resta la distancia del acarreo libre, para obtener la del sobre-acarreo. En la figura correspondiente a la curva masa se divide op en dos partes iguales y por ese punto trazamos la horizontal ef, la distancia del sobre-acarreo será por lo tanto ef, menos ab, los puntos ef, tienen la propiedad de encontrarse en las ordenadas que pasan por los centros de gravedad de las masas de corte terraplén movidos.

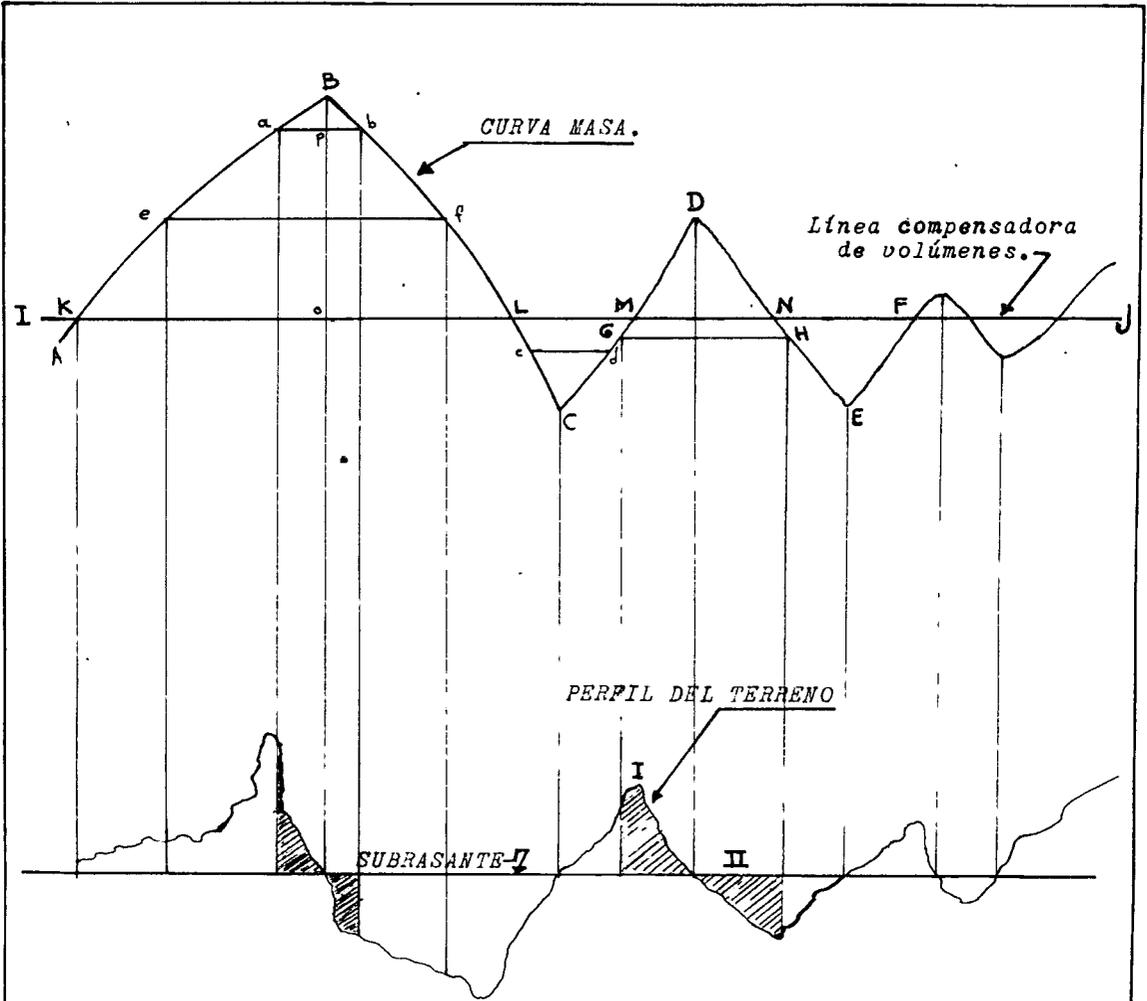
Prestamos y Desperdicios.- El diagrama de la curva-masa frecuentemente acusa grandes ondulaciones de su dibujo como consecuencia de la presencia de volúmenes de consideración ya sea en corte o terraplén. En estos casos lo que se hace es fraccionar la línea de compensación original, limitando con ello zonas equilibradas de volúmen. Como el exceso de corte origina el crecimiento ascendente de la curva masa, esto obliga a emplear dos líneas de compensación y la diferencia de ordenadas entre estas líneas indicará el volúmen de desperdicio de dicho corte. Cuando la presencia de un terraplén origine el crecimiento excesivo descendente de la curva es necesario trazar dos líneas de compensación, en la cual la diferencia de ordenadas indicará la magnitud de volúmen de préstamo.

El cálculo de Curva Masa de este proyecto se encuentra en las tablas Nos. 10, 11 y 12 y su procedimiento es el siguiente:

En la columna estación, se pondrán todas las estaciones seccionadas.

En la columna elevaciones terreno, las cotas del terreno de cada una de las estaciones.

En la columna elevaciones subrasantes, -Las cotas de la subrasante proyectadas sobre el perfil.



U. A. Q. ESCUELA DE INGENIERIA.	
TESIS PROFESIONAL.	
CURVA MASA	
Elias Rangel D.	1967

GRAFICA No.5.







En las columnas espesores  $C$  y  $T$ .- Las diferencias - - del terreno con la rasante.

En las columnas areas  $C$  y  $T$ .- Sus areas en corte o terraplén de cada estación.

Enseguida se utilizará la columna  $A_1 + A_2$ , donde se - anotarán las sumas de las areas en corte o terraplén de una sección con la siguiente; siendo  $A_1$  la primera, y  $A_2$  la segunda; en la siguiente columna  $D/2$ : se anotará la semi-distancia de - las estaciones con relación a la anterior.

En las columnas  $C$  y  $T$  de volúmen, es el producto resul-- tante de las dos columnas anteriores.

Las columnas correspondientes a "Coeficiente de abunda-- miento" ( Coef. Ab.) y  $C$  y  $T$ , se utilizan cuando se ha efectuado con anterioridad un estudio de materiales y se conocen sus - coeficientes.

Las siguientes columnas de  $C$  y  $T$ , son secuencia del- producto de las cuatro anteriores, si es que existen coeficien- tes de abundamientos.

En las columnas de suma algebraica de volúmenes - abundados , se anotan los volúmenes de corte o terraplén (abun- dados o no) y, en caso de que en una estación existan volúmenes tanto de corte como de terraplén, se efectuará una suma alge-- braica siendo de signo positivo los cortes, y de negativo los- terraplenes.

Por último se llega a la columna " Ordenada Curva Ma- sa" ; en la que se anotarán las ordenadas resultantes, sumando- o restando los volúmenes abundados anotados en la columna de - suma algebraica la ordenada anterior, obteniendo así las co-- rrespondientes a cada estación, la forma de ir comprobando el- cálculo hoja por hoja, consiste en: sumar los volúmenes de - corte y terraplén por separado, de las columnas "Volúmen" y "Su- ma Algebraica" luego se calculan sus diferencias, que deben ser iguales en sí, y a la vez identicas a la diferencia que resul- te entre la primer ordenada y la última en esa hoja.

CAPITULO V  
OBRAS DE  
DRENAJE

V.- OBRAS DE DRENAJE.-

A).- *Estudios de Campo.*- El éxito de cualquier camino depende en gran parte de su sistema de drenaje, la idea fundamental en todo sistema es eliminar el agua o humedad.

En la vida de un camino es fundamental el buen funcionamiento del drenaje; porque la naturaleza de los materiales con que se forman los terraplenes o el de los taludes de los cortes, que con cualquier exceso de humedad ocasiona deslaves y trastornos al funcionamiento del camino. Los deslaves, asentamientos, y desprendimientos de material encarecen el costo de la conservación y a veces interrumpen el tránsito ocasionando por lo tanto desequilibrios económicos.

Como puede observarse, el proyectar un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde su localización. Sin embargo debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos permeables, impermeables etc. obligando a ello a la construcción artificial de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas.

La experiencia en el análisis y estudio de muchísimos caminos en mal estado ha demostrado que el drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido el responsable del daño que han sufrido o que hayan perdido su eficiencia.

El problema del drenaje puede dividirse en: "Drenaje superficial" y "Drenaje subterráneo".

**Drenaje Superficial.**- Se llama drenaje superficial el que tiende a eliminar el agua que escurre sobre el camino, ya sea que provenga directamente de lluvia, de escurrideros naturales o de agua almacenada.

El drenaje superficial comprende dos aspectos; que están completamente relacionados; Primero el que trata-

de evitar que el agua llegue al camino en la menor cantidad posible por medio de obras que lo protejan y Segundo el que trata de eliminar el agua que inevitablemente llega al camino, por medio de estructuras especiales. Así pues nuestro primer estudio se referirá a las obras de captación y defensa; tales como cunetas, contracunetas, bombeo del camino, alcantarillas, etc.

Cunetas.- Las cunetas son las estructuras destinadas a recoger el agua que escurre de la superficie del camino de ida al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Las cunetas son en general zanjas que se localizan a ambos lados del camino con el objeto de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en las curvas) y desalojarla en alcantarillas o por medio de canales de salida.

La forma de las cunetas depende de la cantidad de agua que escurre y del ancho del camino y sus dimensiones dependen del escurrimiento.

Siendo tan inciertos los factores que intervienen en la determinación del área hidráulica, ordinariamente la forma y dimensiones de las cunetas se determinan a juicio de acuerdo con las condiciones climatológicas, topográficas, y geológicas del lugar. De preferencia se hacen por comparación con lugares semejantes donde ya se haya experimentado el funcionamiento de las cunetas. La tendencia es hacerlas pequeñas y poco profundas, para mayor seguridad como para mayor economía.

La forma más práctica es en "V" con el talud adyacente al camino lo más tendido posible y por el lado de afuera con el talud natural del terreno y con un-

tirante de 30 cms. Las cunetas en forma trapezoidal y las rectangulares tienen menos usos que la de forma de "V" debido a que aquellas son más peligrosas para el tránsito y tienen una conservación un poco más difícil y además de que pasan humedad a la base del camino. La pendiente de las cunetas se dará de acuerdo con el camino o de acuerdo con el gasto por drenar y la sección de la misma, pero teniendo como límite la velocidad que puede resistir el terreno sin erosionarse.

La conservación de las cunetas consiste en tenerlas limpias mediante el desazolve y el desyerbe para aprovechar toda su capacidad. Además de la limpieza se deberá cuidar que siempre conserven su forma, por eso, con frecuencia se les debe ampear para su fácil conservación mayor economía y un mejor aspecto.

Contracunetas. - Las contracunetas son ranjas que se hacen en lugares convenientes con el fin de evitar que llegue el agua a las cunetas cuando estas tienen una capacidad menor que la necesaria para el gasto.

La localización va íntimamente ligada con su funcionamiento, por lo tanto deben siempre colocarse en laderas del lado de aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del corte.

Como se puede observar el uso de las contracunetas está destinado para terrenos montañosos o enlomerios y un factor muy importante en su localización es la naturaleza geológica del terreno; pues si en la localización se llega a un manto poroso por el que se filtrara el agua se perjudicarían los cortes ocasionando deslaves y derrumbes.

En todos los casos el tamaño y la forma de las contracunetas deberá sujetarse a las necesidades hidráulicas pero generalmente se hacen de sección trapezoidal de 50 cms. de base y taludes 1:1 en material suficientemente compacto, la longitud deberá ser la necesaria para llevar las aguas hasta desembocar en el Talweg u Hondanada adyacente. El desfogue de las mismas debe ser siempre libre y lo suficientemente alejado del terraplen para no ocasionar perjuicios.

**Bombeo del Camino.**— Se llama bombeo del camino a la forma que se le dá a la sección transversal para evitar que el agua de lluvia se estanque y por lo tanto ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terracerías, que provocan saturaciones en las mismas y reblandecimiento del mismo. Sirve también para evitar que el agua corra longitudinalmente sobre la superficie y la erosión.

El bombeo depende no solamente de la precipitación pluvial sino de la clase de superficie del camino, ya que una superficie dura y tersa requiere menos bombeo que una rugosa y falta de compactación.

**Alcantarillas.**— Las alcantarillas son las obras que tiene por objeto dar paso rápido a el agua que por no poder desviarse en otra forma tiene que cruzar de un lado a otro en el camino.

Al proyectar las alcantarillas debe tenerse mucho cuidado en el estudio para que no resulte muy amplias ni insuficientes. Por que si tienen una capacidad mayor la que debetener, se aumenta el costo de construcción y por otra parte si es insuficiente puede ocasionar su destrucción parcial ó total. Las alcantarillas pueden ser de tubo (concreto o de lámina corrugada) Bóvedas y lozas. Los principales factores que influyen en el proyecto de una alcantarilla son los siguientes:

1.- *Intensidad de Precipitación.*

2.- *Clase y Condiciones del terreno.*- La cantidad de agua que se va a drenar depende de la permeabilidad de la superficie del terreno, varía con la clase del subsuelo, grado de saturación, calidad y cantidad de la vegetación.

3.- *Carácter e Inclinación de la Superficie.*- La rapidéz con que el agua de lluvia toma su curso o cauce, depende de que la superficie esté más o menos lisa, o rugosa, árida o cubierta de vegetación.

4.- *Condición e Inclinación del Cauce de la Corriente.*- La rapidéz con la que el agua alcanza la alcantarilla, depende de que el cauce esté bien definido y no presente obstrucciones de ninguna clase. Si el curso del agua no se obstrucciona y tiene una inclinación considerable, el agua puede llegar a la alcantarilla casi tan rápidamente como cae.

5.- *Area Drenada.* La sección de la alcantarilla depende de la superficie del área drenada; en muchos casos la forma de esta área drenada es mucho más importante, que su extensión.

6.- *Entrada de la Alcantarilla e Inclinación del Lecho.*- La eficiencia de una alcantarilla puede aumentarse notablemente arreglando su boca de tal manera que el agua entre rápidamente, sin demoras. La capacidad de descarga puede aumentarse dando mayor inclinación a la cama de las alcantarillas.

PROYECTO DE ALCANTARILLAS.- Para proyectar correctamente las obras de drenaje es indispensable estudiar los siguientes conceptos en el campo y en el gabinete.

a).- *Localización*

b).- *Area hidráulica necesaria.*

c).- *Sección, pendiente y elevación del fondo.*

d).- Longitud de la obra.

e).- Tipo económico.

a).- Localización.- La localización de una alcantarilla se efectúa generalmente en el fondo del cauce del arroyo o del canal. Solamente en casos muy especiales se localizan fuera del cauce, por ejemplo, en caso de que el cauce natural tenga una pendiente excesiva y el terraplén sea muy alto. No hay razón porque forzar los cruces para que estos sean perpendiculares al eje del camino, pues los gastos posteriores de conservación son mayores a la larga debido a la erosión producida por la corriente.

b).- Area hidráulica necesaria.- Son cuatro los métodos más empleados para deducir el área hidráulica necesaria.

1.- Metodo Empírico.- Consiste en emplear una fórmula empírica para calcular el área hidráulica necesaria con las características de la cuenca esta fórmula es la de Talbot.

$a = 0.183C \sqrt[4]{A}$       "a"= Area hidráulica necesaria que deberá tener la alcantarilla, en metros cuadrados.

C= Coeficiente según el terreno varía entre 0.20 y 1.00

A= Superficie en hectáreas por drenar.

2.- Metodo Racional.- Está en función de la precipitación pluvial. Esto es aconsejable cuando se disponen de datos de precipitación, del área de la cuenca y del coeficiente de escurrimiento. Fórmula de Burkli-Ziegler.

$$Q = 0.022CAh \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$$

Q= Gasto de la alcantarilla en m<sup>3</sup> /seg

C= Coeficiente de escurrimiento que depende de la naturaleza del terreno.

A= Número de hectáreas tributarias.

S= Pendiente del terreno en metros por kilómetro.

$h$  = Precipitación en ctas. por hora correspondiente al aguacero mas intenso durante 10 minutos.

3.- Método por comparación.- Se emplea este procedimiento cuando cerca de la línea existe alguna obra ya construida donde se observarán las dimensiones y si es posible la huella del nivel de las aguas máximas-

4.- Método de Sección y Pendiente.- Este procedimiento es aconsejable cuando el cauce del arroyo está bien definido. Midiendo la sección y determinando la pendiente del arroyo se deduce el gasto del mismo en función de la rugosidad del cauce. Una vez deducido el gasto se pueden dar las dimensiones de las alcantarillas.

Contando con la sección y la pendiente, puede calcularse la velocidad mediante la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

en que " $v$ " es la velocidad en metros por segundo; " $n$ " un coeficiente que depende del material y estado del cauce del rio o arroyo; " $R$ " es el radio hidráulico que se obtiene dividiendo el área de la sección, entre el perímetro mojado; y " $S$ " la pendiente, obtenida de dividir la diferencia de altura del agua de las secciones consideradas, entre la distancia que las separa.

Con la velocidad se obtiene el gasto mediante la fórmula.

$$Q = a v$$

en que " $a$ " es el área de la sección.

c).- Sección, pendiente y elevación del fondo.- La sección se obtiene del área hidráulica necesaria obtenida con cualquiera de los procedimientos anteriores. La pendiente se eligirá tomando en cuenta la pendiente del cauce, la pendiente mínima para que no se azolve y la pendiente máxima para que no se erosione. La elevación del fondo del cauce con el eje de la línea lo obtendrá el nivelador al pasar cada arroyo.

d).- La longitud de una alcantarilla depende:

1.- Ancho de la corona del camino.

2.- Espesor del terraplén.

3.- Talud del terraplén.

4.- Pendiente de la obra.

5.- Angulo de esvíaamiento.

e).- Tipo económico.- El tipo económico se --  
elegirá comparando en cada caso el costo de los distin-  
tos tipos que puedan usar, teniendo en cuenta no solo --  
su costo inicial, sino también su conservación.

DRENAJE SUBTERRANEO.- El drenaje subterráneo --  
está constituido por los dispositivos necesarios para --  
eliminar el agua subterránea, o bien abatir su nivel has-  
ta donde no sea perjudicial al camino.

El agua que hay que eliminar de los suelos --  
no es solamente la que se infiltra sino también la de --  
las corrientes subterráneas que vienen de regiones más --  
altas el agua que cae y se infiltra penetra hasta alcan-  
zar el nivel freático o alguna capa impermeable y des-  
pués permanece ahí o comienza a influir lateralmente a --  
algún lugar mas bajo buscando salida. Esa salida puede --  
ser una zanja o bien algún conducto artificial subterra-  
neo.

Las obras de drenaje subterráneo tienen el mis-  
mo fin que las del drenaje superficial, o sea comprende  
dos aspectos:

1o.- Las obras de captación y defensa, que --  
consisten en remover el agua libre con lo cual se contro-  
la el máximo ascenso del agua capilar y 2o.- Las obras --  
de alejamiento, que consisten en interceptar y recolec-  
tar el agua que lleva al camino lateralmente.

El proyecto de un drenaje subterráneo es muy-  
importante, porque va de acuerdo con la naturaleza de --  
los suelos, pues el exceso de agua ó humedad es altamen-

te perjudicial, ya que ocasiona reblandecimientos de los terraplenes ó bases y por lo tanto baches, grietas, deslaves, así como resbalamiento del material - de los táludes de los terraplenes etc.

Las características y propiedades físicas de los suelos que más influyen en el proyecto del --- subdrenaje son los siguientes:

a).- **PERMEABILIDAD.**- Es la propiedad de --- los suelos de permitir el paso del agua libre ó gravitacional a través de sus intersticios o poros.

b).- **TEXTURA.**- Depende de la cantidad de - agua corriente y estancada; está en función del tamaño de las partículas.

c).- **CAPACIDAD.**- Es la propiedad de los --- suelos de absorber agua por contacto, con una fuente adyacente de este líquido y de transmitirla en todas - direcciones sin importar la intensidad y dirección de la fuerza de la gravedad. La fuerza que ocasiona este escurrimiento de agua, es la tensión superficial --- ó atracción molecular de láminas delgadas de agua y - es denominada tensión capilar.

La capilaridad es de las características - que mayor influencia tienen en el estudio del drenaje subterráneo.

d).- **ESCURRIMIENTO.**) Es el movimiento del - agua por gravedad dentro del terreno.

e).- **EXPANSION Y CONTRACCION).**- Es el cambio de volúmenes de acuerdo con la cantidad de humedad, ocasiona asentamientos o levantamiento de la -- base.

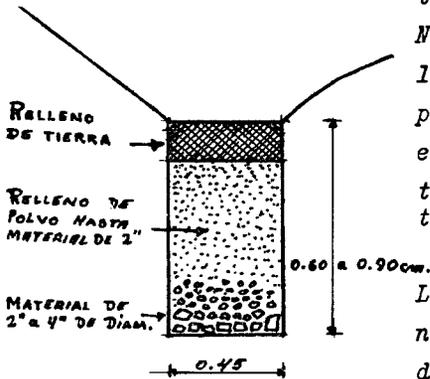
f).- **PLASTICIDAD)** Depende de la mayor o menor cantidad de agua o humedad contenida en el subsuelo.

Entre los métodos más comunes de drenaje --- subterráneos, que se emplean en la práctica son los, - siguientes; A) Zanjas abiertas, b) Drenes ciegos, C)- Drenes de tubo de barro o de metal corrugado.

ZANJAS ABIERTAS.- El empleo de zanj<sup>as</sup> abiertas en caminos es muy común para zonas bajas y planas, se localizan a unos cuantos metros afuera del camino y paralelamente a él. Para que las zanj<sup>as</sup> sean efectivas como subdrenes deben ser suficientemente profundas para que estén mas abajo de la máxima altura deseable del nivel freático.

DRENES CIEGOS.-

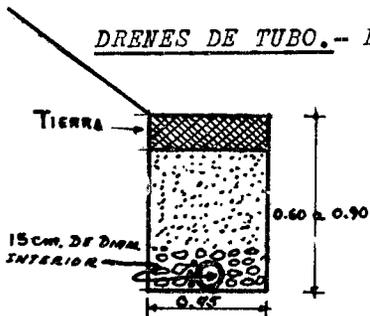
Son zanj<sup>as</sup> rellenas de piedra quebrada o grava que se colocan a ambos lados del camino con la pendiente necesaria para que corra el agua. No hay método Racional para calcular las dimensiones de estas zanj<sup>as</sup>. La pendiente y dimensiones dependen en gran parte de la naturaleza del terreno y de las exigencias constructivas.



Lo importante en el proyecto de drenes ciegos, es que estos tengan pendiente adecuada, salida fácil y que la graduación del material y el tamaño de las partículas faciliten el escurrimiento.

DRENES DE TUBO.-

Este tipo de drenes lo constituye una zanja rellena de material permeable, con un tubo alojado dentro de él. El dren propiamente es la zanja y el tubo es el conducto necesario para dar salida al agua drenada. Los tubos pueden ser de barro, de concreto o de metal corrugado y deben ser lo

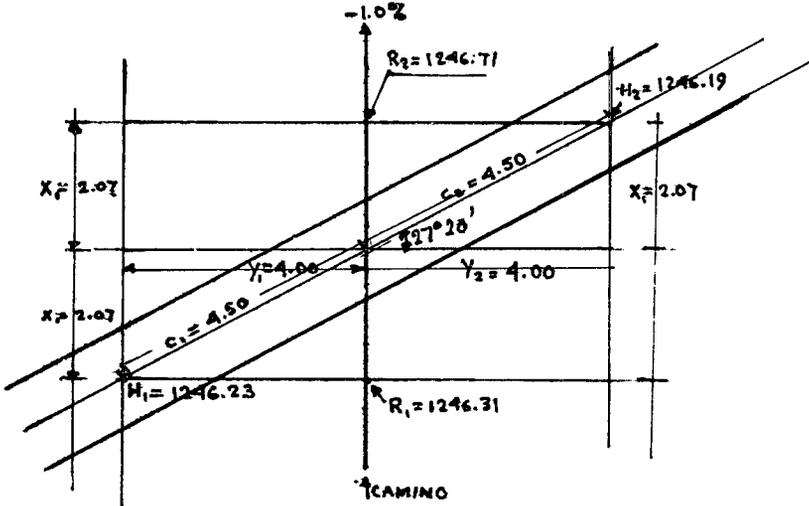


suficientemente resistentes al aplastamiento, ya que un tubo roto puede dañar todo el sistema. La manera de hacer llegar el agua a ellos puede ser no poniendo juntas, o en los de barro y concreto hacerlos porosos o

finalmente haciéndoles perforaciones, siendo este último sistema el más usado.

El diámetro del tubo depende del tipo de terreno por drenar, de la clase de tubo, de la pendiente del tubo etc. Sin embargo es aconsejable no usar diámetros menores de 15 cms.

B).- En el proyecto de este camino se localiza una Obra de Drenaje ( Alcantarilla de Bóveda, Plano No. 4 ) su cálculo es el siguiente:



$$X_1 = 4.00 \times \tan 27^{\circ}20'$$

$$X_1 = 4.00 \times 0.5168$$

$$X_1 = 2.07$$

$$C_1 = \frac{Y_1}{\cos 27^{\circ}20'} = \frac{4.00}{0.8883}$$

$$C_1 = 4.50$$

$$H_1 = \frac{1246.31}{-0.08} \\ 1246.23$$

R. = Resante de Calculo  
(±) la pendiente de/  
Camino por la dist  $X_1, Y_2$

$$R_1 = \frac{1246.29}{\pm 0.02} = \frac{1246.29}{1246.27}$$

$$R_2 = \frac{1246.29}{-0.02} = \frac{1246.29}{1246.27}$$

$$H_2 = \frac{1246.27}{-0.08} \\ 1246.19$$

CAMINO: <u>Querétaro-La Griega-Esperanza.</u>	HOJA No. _____
TRAMO: <u>Querétaro-La Griega.</u>	ESTACION: <u>5+653</u>
SUB-TRAMO: _____	ALCANTARILLA DE Boveda DE <u>4.00</u> x <u>4.00</u> m.
	CALCULO: _____; _____ 196
	REVISO: _____; _____ 196

CALCULO DE LONGITUD DE OBRA

LOCALIZACION

CRUCE Esv. 2720' Iz. en Tang. SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO \_\_\_\_\_

DATOS DE TERRACERIAS EN EL CRUCE

SECCION NORMAL

SUB-RASANTE ELEV. 1246.02 m. ESPESOR DEL REVESTIMIENTO 0.27 m. ESPESOR DE CARPETA 0.05 m.  
 RASANTE DE CALCULO 1246.29 m. RASANTE DEL CAMINO 1246.34 m. PEND. LONG. DEL CAMINO - 1.0 %  
 SEMI-CORONAS:  $\begin{cases} Y_1 \text{ (IZQ.) } & \underline{4.00} \text{ m.} \\ Y_2 \text{ (DER.) } & \underline{4.00} \text{ m.} \end{cases}$  SOBRE-ELEVACIONES:  $\begin{cases} W_1 \text{ (IZQ.) } & \underline{-2.0} \text{ m.} \\ W_2 \text{ (DER.) } & \underline{-2.0} \text{ m.} \end{cases}$

SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

$X_1 = - 2.07$	Tang. $\theta = 0.5169$	$X_2 = - 2.07$
$C_1 = 4.50$	Cos. $\theta = 0.6883$	$C_2 = 4.50$
$R_1 = 1246.31$	Sen. $\theta = 0.4592$	$R_2 = 1246.27$
$H_1 = 1246.23$		$H_2 = 1246.19$
Coef. $e-K = 0.8815$	$T_n = 1.5X1$	Coef. $e+K = 0.8951$
$T_1 = 1.7016$	$K = 0.0068$	$T_2 = 1.6757$

LONGITUD DE OBRA

PLANTILLA DEL CAUCE:  $\begin{cases} \text{PENDIENTE } S = \underline{3.0} \text{ \%} \\ \text{ELEVACION } Q_D = \underline{1236.92} \text{ m.} \end{cases}$  ESPOSOR DE SUPER ESTRUCTURA 0.31 m.  
 ALTURA DE LA DIRECTRIZ:  $b = \underline{1243.38}$  m.

$\frac{1}{T_1} = 0.58768$		$\frac{1}{T_2} = 0.59676$
$\frac{1}{T_1} \cdot s = 0.61768$	$M = 6.46$	$\frac{1}{T_2} \cdot s = 0.56676$
$F_1 = 1243.52$	$M_1 =$	$F_2 = 1243.24$
$h_1 = 2.71$	$F'_1 =$	$h_2 = 2.95$
$d_1 = 4.39$	$Q' = 0.34$	$d_2 = 5.20$
$L_1 = 9.23$	$L = 19.27$	$L_2 = 10.04$
$\alpha = 1^{\circ}44' \text{ Sec. } 1^{\circ}44' = 1.000458$	$L' = 19.28$	$\beta =$
_____ TRAMOS DE 1.25 m. $L_T =$ _____ m. DIF. _____ m. CORRECCION = _____		

AJUSTE A No. CERRADO DE TRAMOS DE TUBO

$h_1 =$	$X_R =$	$h_2 =$
$d_1 =$	$T_1 + T_2 =$	$d_2 =$
$L_1 =$	$L'' =$	$L_2 =$
$L_{T_1} =$	$L_T =$	$L_{T_2} =$
_____ ELEV. = _____ m. CENTRO ELEV. = <u>1236.92</u> m. _____ ELEV. = _____ m.		

DATOS COMPLEMENTARIOS

COLCHON EN EL  $\xi$  \_\_\_\_\_ m. CLASIFICACION TERRENO ( \_\_\_\_\_ ) ALTURA PROM. \_\_\_\_\_ m.

NOTAS.. Elevación Terreno = 1237.00

$$K = \text{Pend. del camino} \div 100 \times \text{talud nat.} \times \text{sen } 27^{\circ}20'$$

$$K = 0.01 \times 1.5 \times 0.459 = 0.0068$$

$$T_1 = \frac{T_{\text{NAT.}}}{\cos \pm k} = \frac{1.5}{0.8883 \pm 0.0068} = 1.706$$

$$T_2 = 1.6757$$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{1}{1.706} = 0.58768$$

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{1.6757} = 0.59676$$

$$\frac{1}{T_1} + S = 0.58768 + 0.03 = 0.61768$$

$$\frac{1}{T_2} - S = 0.56676$$

$$d_1 = \frac{h_1}{\frac{1}{T_1} + S} = \frac{2.71}{0.61768} = 4.39$$

$$d_2 = 5.20$$

$$L_1 = 0.34 + d_1 + c_1 = 0.34 + 4.39 + 4.50 = 9.23$$

$$L_2 = 10.04$$

$$h'_1 = 1243.50 - 1237.20 = 6.30$$

$$h'_2 = 1242.93 - 1236.62 = 6.31$$

$$L'_1 = \frac{h'_1}{\frac{1}{T_1} + S} = \frac{6.30}{0.61768} = 10.20$$

$$L'_2 = \frac{6.31}{0.56676} = 11.13$$

### CALCULO DE LOS ALEROS

$$n_1 = L_1 \cos \alpha = L_1 \cos 27^{\circ}20' = 10.20 \times 0.8883 = 9.06$$

$$n_2 = L_2 \cos \alpha = L_2 \cos 27^{\circ}20' = 11.13 \times 0.8883 = 9.89$$

#### ALERO LARGO 1

$$J_1 = \frac{n}{\cos(27^{\circ}+20^{\circ})} = \frac{9.06}{0.6777} = 13.37$$

$$J'_1 = 13.37 \times \cos 20^{\circ} = 12.56$$

$$J''_1 = 13.37 \times \text{sen } 20^{\circ} = 4.57$$

#### ALERO CORTO 2

$$g_1 = \frac{n}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{9.06}{\cos(30^{\circ}-27^{\circ}20')} = 9.07$$

$$g'_1 = 9.07 \times \cos 30^{\circ} = 7.85$$

$$g''_1 = 9.07 \times 0.500 = 4.53$$

#### ALERO LARGO 3

$$J_2 = \frac{9.89}{\cos(47^{\circ}20')} = 14.59$$

$$J'_2 = 14.59 \times \cos 20^{\circ} = 13.71$$

$$J''_2 = 14.59 \times \text{sen } 20^{\circ} = 4.99$$

#### ALERO LARGO 4

$$g_2 = \frac{n}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{9.89}{\cos 2^{\circ}40'} = 9.90$$

$$g'_2 = 9.90 \times 0.8660 = 8.57$$

$$g''_2 = 9.90 \times 0.500 = 4.95$$

CAPITULO VI  
PROCEDIMIENTOS DE  
CONSTRUCCION

## VI.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.

En este capítulo, daré algunas normas generales a seguir en la construcción de los caminos, tomadas, la mayor parte de trabajos efectuados por diferentes compañías.

Este capítulo lo dividiré en las siguientes puntos-principales:

- 1o. Formación de una Cía. Constructora
- 2o. Estudios Preliminares
- 3o. Ejecución de Obra
- 4o. Inspección.

Formación de una compañía constructora.- La organización de una Compañía Constructora se representa en la Táb. (19) Siendo las funciones de cada departamento la siguientes:

Las Funciones del Gerente General.- Consisten en administrar totalmente la constructora, auxiliandose con un contador general y un ingeniero en jefe; para que a su vez y mediante las asambleas a las que asistirán los socios, el gerente pueda informar como marcha la sociedad.

Funciones del Contador General.- Son las de administrar todo lo relacionado con los Ingresos y Egresos de la Constructora, auxiliandose con los siguientes departamentos:

Departamento Jurídico.- Es el encargado de todos los conflictos que pudieran surgir dentro de esta compañía.

Departamento Fiscal Contable.- Su función es de correr los asientos en los libros de contabilidad y pagar los impuestos correspondientes, así como el Seguro Social, y pagar los sueldos y salarios.

Departamento de Personal.- Es todo aquél que como empleado presta sus servicios en esta empresa, o sea; secretarías, taquígrafas, mecanógrafas, mensajeros, ect.

Departamento de Compras.- Aquél que se encarga de toda clase de compras como papelería para oficina y campo, material, materia prima, maquinaria, combustibles, ect.

La misión del Ingeniero en Jefe, que debe ser una persona con experiencia en toda clase de trabajos de construcción-

ORGANIZACION DE UNA COMPAÑIA CONSTRUCTORA.

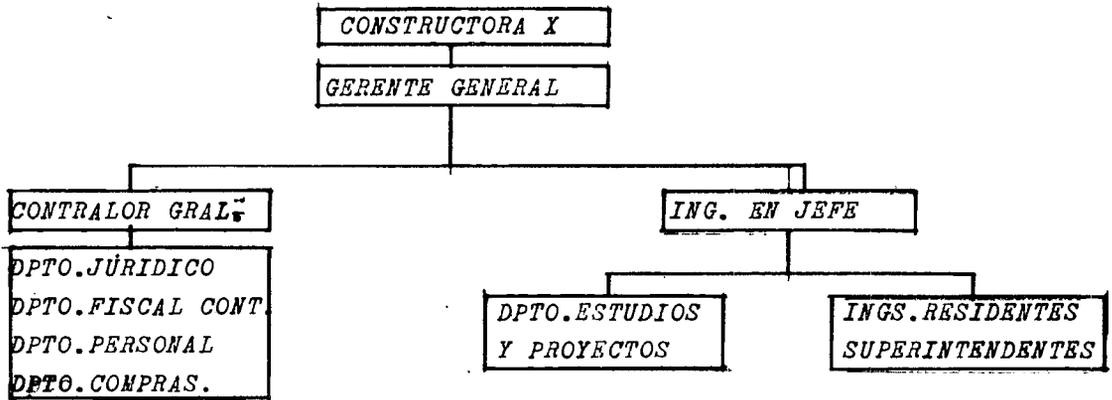


TABLA No. 13.

es la de revisar, ordenar y organizar que todas las diferentes fuentes de trabajo, caminen bien, tanto en lo técnico como en lo administrativo; y está auxiliado por un departamento de estudios y proyectos, quién se encargará de hacer los estudios económicos antes de iniciar una obra; y de proyectarla en algunas casas; por otra parte, está auxiliado, por Ingenieros Residentes de Obras o superintendentes; o por ambos a la vez.

A). Estudios Preliminares.- una vez que la Secretaría de Obras Públicas, en sí o en combinación con los Estados o particulares, según la forma que se haya acordado efectuar la construcción, ésta lo primero que hace es ir al lugar de la obra y efectuar un reconocimiento de la línea, con lo que se inician los Estudios Preliminares.

Para efectuar estos estudios, se designa al ingeniero que vaya a fungir como Residente o Superintendente de la obra, - el cual, al hacer el recorrido, observará lo siguiente:

- a) Punto de iniciación de los trabajos por efectuar.
- b) Lugar o lugares donde desembarcará la maquinaria.
- c) Sitio o sitios posibles para instalar el campamento
- d) Localización conveniente de almacenamiento para explosivos.
- e) Tipos de materiales y sus kilometrajes aproximados por atacar en terracería.
- f) Localización de posibles bancos de materiales, tanto para drenaje, como para revestimiento o pavimentación (según el caso).
- g) Kilometraje efectivo según el trazo proporcionado por la Secretaría.
- h) Salarios mínimos del lugar.

Amén de estas observaciones principales, todas las que se crean pertinentes; y una vez con todos estos datos, regresar al gabinete, donde se harán otros estudios que, desde luego, ya serán de orden económico, así como elección de maquinaria.

Con los datos de construcción proporcionados por la Secretaría elegirá el equipo o se acondicionará el que se tenga, - es decir, la Secretaría, por medio de su Residencia, hace entrega de dichos datos donde se marcan los movimientos de tierra y -

sus volúmenes, y auxiliándonos con las observaciones de dureza y el desmonte por efectuar (indicados en el recorrido), - podremos elegir el tipo de equipo, pero para poder entender mejor la forma de elegirlo, cabe aclarar que toda compañía constructora, ya tiene un estudio realizado de sus costos horarios del equipo con que se cuenta para sus diferentes usos así como sus distancias económicas.

B).-Ejecución de obra.- Por ejecución de obra, se entiende la realización en sí de todos los Datos de construcción y proyectos ordenados por la Secretaría de Obras Públicas.

" La ejecución de obra " en un camino, la dividiremos en las fases siguientes:

- a).- Terracerías.
- b).- Obras de drenaje
- c).- Revestimiento provisional
- d).- Pavimentación.

Las dos primeras se pueden iniciar al mismo tiempo, teniendo los datos de construcción y " Proyectos "; y la tercera es secuencia de las dos primeras; pues como se vayan terminando las terracerías, se revestirán y estas se terminarán al ir rellenando las obras de arte terminadas.

#### Terracerías:

Comprende los siguientes puntos:

1.- Desmonte.- Antes de efectuar este, debemos poner unas estacas (señales), limitando el derecho de vía fijado por la Residencia, y que por lo general, es a 20 metros a cada lado del eje del camino (trazo definitivo); puestas las estacas, se procede a limpiar con el bulldozer esa franja, quitando toda clase de vegetación, desde pastizales hasta arboles de cualquier dimensión.

Las excavaciones en corte .- Se inician inmediatamente después de terminado un tramo de desmonte, y estas se hacen de acuerdo con los movimientos que nos marquen en los datos de construcción y la dureza de material.

Una vez fijadas las referencias y los puntos claves del camino, se procede al ataque y este puede ser directamente con los tractores auxiliándose con el equipo de ripper, -

si el material así lo permite; de lo contrario si la dureza -- del material nos indica que lo más conveniente es aflojarlo -- primero mediante explosivos debemos proceder en esa forma.

El ataque con tractor se puede hacer de varias formas y entre las principales están: ataque central y ataque la teral.

El ataque central se ejecuta cuando el camino se va a construir, en el parteaguas del terreno o cuando la pendiente transversal del terreno es casi a nivel y el ataque lateral se ejecuta cuando la ladera es muy inclinada.

20.-Acarreos.- Para efectuar los movimientos, primeramente veremos si éstos pueden ejecutarse con tractor o tractores, y una vez que se decida terraplenar, ya sea una cuenca o levantar un terraplén, en terreno más o menos plano, se ordenará que los tractores empujen el material de corte hacia dichos puntos e ir formando el camino, en caso de que el acarreo sobre pase la distancia límite para sobre acarreos o tractor, se pensará si es posible trabajar con ellos en batería, o sea, que un tractor empuje el material hasta unos 50 metros y, de este punto, empujarlo con otro tractor a 40 metros más; esto en caso de que el acarreo sea a 90 metros; si es posible -- más larga la distancia, y puede acondicionarse otro tractor, -- así se hará, o, de lo contrario, debe pensarse en desperdiciar el material de corte y efectuar un préstamo en los terrenos -- adyacentes al lugar de donde debe terraplenarse.

Acarreos de Desperdicios, Si se hace lateral, se emplean bulldozers, o, en ocasiones cuando el corte es en cajón -- y el material se presta, se utilizan dragas, pero si el desperdicio debe acarrear a una distancia considerable, se procede por medio de escrepas, motoescrepas, palas o cargadores con camiones,

Los préstamos pueden ser de dos tipos; laterales y -- de banco, los laterales se atacan: tractor, escrepas o motoescrepas, y los llamados de banco, con escrepas, palas o cargadores con camiones.

*Obras de Drenaje.*— Las obras de drenaje, como ya se indicó anteriormente, son: cunetas, alcatarillado, puentes, -- contracunetas, drenes y obras auxiliares.

Las cunetas se irán haciendo conforme se vaya terminando el camino, y para ello es necesario contar con un cabo y suficientes peones, para no retrasar el trabajo e ir perfilando el camino; y, sobre todo, que un camino cuando no tiene cunetas, se deteriora en la temporada de lluvias, la pendiente -- del fondo de cuneta es la misma marcada para la cama camino, -- puesto que el trabajo de cuneta es sencillo, podrá hacerse con pico y pala, auxiliándose con neveletas u otro aparato para -- poder darle la pendiente debida; existen casos en que la cuneta debe protegerse con un zampeado, ya sea que la pendiente es muy fuerte o porque el terreno es muy permeable y debe evitarse futuras erosiones motivadas por las lluvias, además, cuando la Secretaría ordena que se construya un dren a la distancia -- donde va la cuneta, y por ende zampearla evitando alteraciones en la construcción de dicho dren.

El alcatarillado comprende: tubos, bóveda y losas; -- estas son obras que se pueden ejecutar antes, al mismo tiempo -- después de iniciadas las terracerías.

*Revestimientos Provisionales.*— Consiste en construir sobre las terracerías de un camino, una capa de material, que presente una mayor consistencia que con el que se formó, el objeto es protegerlo a las inclemencias del tiempo, así como el deterioro producido por el tránsito, es decir, el material de revestimiento debe ser seleccionado con o sin algún tratamiento previo, dentro de estos materiales, se pueden contar: arenas, limos, tepetates, tezontles, conglomerados, etc.

Para los revestimientos provisionales, el equipo adecuado es fijado de acuerdo al material que se pretende emplear pero por norma general debe disponerse del siguiente equipo:

- 10.— Equipo de barrenación ( a mano o con máquina).
- 20.— Equipo de carga y acarreo (Pala o cargador y -- camiones)

30.-Equipo de conformación (motoconformadora).

40.-Y, en casos especiales, equipo de cribado o de trituración (cribas o quebradoras).

Los bancos para revestimiento, son fijados por la Secretaría, y su ataque por norma general es mediante explosivos y por medio de cargadores, acarreandolos con camiones directamente al camino, al almacén o a la planta de tratamiento, según el tipo de material; una vez depositado en el camino, deberá acamellonarse, si así se ordena, y se cuenta con motoconformadora, o extenderlo con gente una capa uniforme, dejando unos 20 o 30 cms. a los hombros de la terracería; para evitar desperdicio de material al orillararlo mucho, ya que parte caerá a la cuneta obstruyéndola, pudiendo ser arrastrado por las lluvias antes de levantarlo; si el material requiere un disgregado que puede hacerse en el camino, este debe efectuarse antes de acamellonarlo o extenderlo, para poder uniformizar la capa.

El ataque de bancos, tanto de materiales para revestimientos provisionales, como para pavimentación, se hace en la siguiente forma; una vez fijada la zona de ataque, primeramente deben desmontarse, quitando toda vegetación y capa de material no aprobado para su uso, operación esta última llamada despalme; una vez desmontado y despalmado se observará si su frente de ataque es apropiado, de forma tal que nos presente un corte casi vertical, para que nuestra barrenación sea más eficiente; si el frente es muy alto, deberá atacarse escalonando la barrenación, en todo banco debe procurarse atacarlo a todo el ancho fijado, para poder efectuar con mayor comodidad las maniobras del equipo, evitando en lo que sea posible, demostras que puedan redundar en la eficiencia de trabajo.

Todo el material que al estar atacando el banco, no reuna las características fijadas, deberá de depositarse fuera, o en el lugar más conveniente, es decir, se desperdiciará. El equipo para ataques de bancos, dependerá del tratamiento que se le dé al material.

## PAVIMENTACION.-

Un pavimento puede definirse como una estructura formada por una o varias capas de material seleccionado, - cuya función principal es la de transmitir las cargas de - los vehículos a la sub-rasante de modo que no se exceda la capacidad de carga de ésta.

Aparte de la función principal que ha servido -- para definirlo, el pavimento debe cumplir los siguientes- requisitos:

- a).- Debe tener adherencia con las ruedas de los vehículos.
- b).- Debe tener resistencia al desgaste producido por la acción abrasiva de las llantas.
- c).- Debe formar una especie de amortiguador - elástico que aumente el confort de los que usan el camino.
- d).- Debe tener resistencia al intemperismo.
- e).- Como consecuencia de b) y d) debe suprimir- las cantidades excesivas de polvo que resul- tan del material suelto.

Existen varias clasificaciones de los pavimen- tos, pero la que más se usa es aquella que los clasifica - en Rígidos y Flexibles.

Los pavimentos Rígidos son aquellos, que como- su nombre lo indica, están constituidos por un material -- Rígido. A éste tipo pertenecen los pavimentos constituidos por losas de concreto.

Los pavimentos Flexibles son aquellos que están constituidos por materiales que pueden admitir grandes de- formaciones sin romperse.

La selección de un Pavimento Rígido o Flexible- es consecuencia casi exclusiva de la resolución económica- del camino, pero en ambos casos, su proyecto depende de las condiciones de las terracerías sobre las cuáles se constru- ye.

**PARTES DE QUE CONSTA UN PAVIMENTO.**— "En su forma más completa, el pavimento flexible está formado por tres capas de material de mejor calidad que la terracería y son:

- a).— Sub-base.
- b).— Base.
- c).— Carpeta Asfáltica.

Los materiales van mejorando su calidad conforme se asciende hacia el nivel de la rasante, así: la base está formada por un material de mejor calidad que la sub-base, y la carpeta a su vez está formada por un material de mejor calidad que la Base. Conforme aumenta la calidad, — aumenta el costo. Muchas veces, los materiales de calidad suficiente para servir como componentes de algunas de las partes del pavimento se encuentran en la naturaleza con to dos los requisitos físicos necesarios, es pues necesario — efectuar exploraciones para tratar de encontrarlos, pues — en caso negativo, deben formarse artificialmente ya sea — por medio de trituración o por medio de mezclas de dife — rentes suelos."

**SUB-BASE.**— "La Sub-Base se construye directamente sobre — la terracería. Sus principales funciones son:

- a).— Reducir el Costo del pavimento. Esto tiene una gran importancia cuando es de un espesor grande, — pues disminuye el espesor de la Base.
- b).— Proteger la Base aislándola de la terra — cería cuando esta última está constituida de material fino plástico, esto es particularmente cierto cuando la base — tiene una textura abierta, pues de no existir el aisla — miento producido por la Sub-base el material fino y plás — tico de la terracería se introduce en la Base, disminuyen — do su resistencia estructural. El material exigido para — la Sub-Base debe producir una capa que confiene al suelo — plástico y que pueda trabajar, hasta cierto grado, a la — flexión, lo cual se consigue con materiales más o menos — finos o cohesivos, o de alta cementación.

- c).— Frecuentemente actúa como una superficie — de rodamiento que facilita el paso del equi. o de construc — ción y de los vehículos en cualquier época del año. Mate —

riales que serían aceptables para la formación de una sub-base, puede que no lo sean para actuar como una superficie de Rodamiento, por lo que es necesario tener en cuenta -- esta contingencia al escoger el material que vaya a formar-la.

**BASE.**- " La Base se construye sobre la Sub-base o sobre la terracería. Los requisitos que debe satisfacer son:

a).- Tener en todo tiempo la suficiente resistencia estructural para soportar los esfuerzos que son transmitidos por los vehículos estacionados e en movimiento.

b).- Tener el espesor necesario para que dichos esfuerzos, al ser transmitidos a la Sub-base o a las terracerías no excedan la resistencia estructural de éstas.

c).- No presentar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad.

**CARPETA ASFALTICA.**- La carpeta asfáltica está constituida por un material pétreo al que ha sido adicionado un producto asfáltico, que tiene por objeto servir como aglutinante. Las funciones que debe satisfacer son:

a).- Proporcionar una superficie de Rodamiento que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.

b).- Impedir la filtración del agua de lluvia hacia la capa inferior, lo que ocasionaría una disminución en su capacidad de soportar cargas.

c).- Resistir la acción destructora de los vehículos y de los agentes climatéricos.

En general el material pétreo que constituye la Carpeta es siempre producto de la tributación de Roca Sana.

**METODOS DIVERSOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.**- Existen varios métodos para el diseño de pavimentos flexibles, sin embargo, al diseñarlo por cualquiera de los métodos en uso deberán tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a).- Condiciones de la Sub-rasante
- b).- Condiciones de carga
- c).- Tiempo que se desea dure la superficie
- d).- Materiales y equipo que puedan conseguirse para su construcción.
- e).- Tráfico actual y futuro
- f).- Temperatura ambiente y Precipitación Pluvial
- g).- Posibilidades económicas.

Los procedimientos para el diseño de pavimentos han evolucionado conforme se ha aumentado la capacidad de carga de los vehículos y el uso de llantas muy grandes. En cualquiera de los procedimientos, se supone que el pavimento no es capaz de soportar carga alguna, y que su única función es transmitir las cargas a la subrasante.

Entre los métodos prácticos que se han encontrado que dan los mejores resultados se encuentran: el de Glossop y Golder y el del Valor Relativo de Soporte California.

El método de diseño de Glossop y Golder supone que el grueso mínimo de seguridad de un pavimento es una función de la carga debida al tránsito, el área de contacto sobre la cual la carga es aplicada y el esfuerzo cortante del suelo descansando bajo el pavimento.

El método de diseño California emplea el valor conocido como Valor Relativo Soporte y una estimación del tránsito probable que usará el camino para determinar el espesor mínimo del pavimento.

El espesor del pavimento se determina en función del VRS al grado de compactación alcanzado o que se supone alcanzará el material que se encuentra en la parte superior de la terracería. Para determinar este espesor se hace uso de graficas, que nos muestran espesores de pavimento contra VRS para intensidades de tránsito diferente.

**PRODUCTOS ASFALTICOS.**- Los productos asfálticos que se usan en México son todos derivados del Petróleo. Cuando se efectua la --

destilación del Petróleo crudo queda un residuo, cuando este residuo es asfalto se dice que el petróleo es de base asfáltica, si queda como residuo parafina se dice que el petróleo es de base parafínica. Los petróleos de base asfáltica son los que más convienen para obtener asfalto.

Cuando el asfalto se mezcla con algunos aceites no volátiles del petróleo se obtiene el cemento asfáltico, que es el material básico en la formación de los distintos productos asfálticos.

Los productos asfálticos líquidos que se forman con cemento asfáltico son los siguientes:

Asfaltos Residuales de Fraguado Lento, Asfaltos Rebajados de Fraguado Medio, Asfaltos Rebajados de Fraguado Rápido. También se usa para la producción de mezclas asfálticas en Planta y para la Producción de concreto Asfáltico.

En términos generales los asfaltos rebajados son productos manufacturados compuestos de Residuales que han sido mezclados con destilados de origen similar.

TIPOS DIVERSOS DE PAVIMENTO.- En general puede decirse que todos las bases son susceptibles de pavimentarse eficientemente, consistiendo el problema en proyectar racionalmente el tipo de pavimento que en su forma más adecuada satisfaga económicamente y técnicamente las condiciones requeridas por los siguientes factores:

Objeto de la pavimentación.

Características físicas del material constituyente de la base.

Condiciones climatéricas de la región.

Calidad e intensidad del tránsito.

La pavimentación puede tener por objeto:

Formar una lámina asfáltica de protección que evite la desintegración y desgaste del pavimento.

Formar una carpeta asfáltica que resista el desgaste de un tránsito más intenso y pesado.

Para el primer caso se usan los tipos de: Siempre tratamiento superficial y doble tratamiento superficial. El sistema de tratamiento superficial de tres riesgos puede considerarse como un tipo intermedio.

Para el segundo caso se emplean el Macadam Asfáltico y las Carpetas de Mezcla en planta o en el lugar.

**SIMPLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.**- Para un riesgo se usa casi siempre un FMI.

Cuando se trata de obtener una lámina asfáltica, hay necesidad de cubrir el riego bituminoso con material pétreo, - que puede ser arena de banco, de río o piedra quebrada en una proporción que varía de 6 a 8 Lt por m<sup>2</sup>. No debiendo tener más de un 5% de materiales extraños. Se distribuye el material bituminoso en una proporción que varía de 1.5 a 3 lt. por m<sup>2</sup>. Cuando se trata únicamente de fijar el polvo. Cuando se tiene la arena se procede al planchado. Es necesario barrer la base.

**DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.**- Consiste en aplicar sobre la base del revestimiento existente dos riesgos de material asfáltico. Estos dos riesgos pueden cubrirse con material pétreo o solamente el segundo de ellas dando así origen a dos variantes dentro de éste tipo de pavimento, las cuales, aún cuando no modifican esencialmente su estructura, si exigen el empleo de productos asfálticos distintos y tamaños de material pétreo diferente.

Cuando éste tipo de pavimento se construye sobre una base areno-arcillosa se usa un FMI.

Cuando el revestimiento está constituido por grava o piedra triturada se recomienda un producto de más alta viscosidad y porcentaje más elevado de asfalto como los del tipo F.L.2, pudiéndose usar también los productos del tipo F.R.I.

**TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE 3 RIESGOS.**- En este tratamiento los productos usados son los de fraguado rápido (F.R.3) o las emulsiones asfálticas; el primer riego se substituye por un F.M.1 si se construye sobre bases arcillo arenosas.

El material pétreo debe tener las cualidades de dureza, bajo desgaste y limpieza. Cuando se trata de materiales de poca dureza que se rompen mucho al plancharse, es conveniente que el material No. 1 sea más grande, de 1 1/2" a 1/2".

**MACADAM BITUMINOSO DE PENETRACION.**- El macadam Bituminoso de penetración es un tipo de pavimento asfáltico que consiste en una carpeta variable, formada por material pétreo quebrado de tamaño virtualmente uniforme sobre la cual se aplican riesgos asfálticos de penetración cubiertos de material pétreo clasificado, de tamaño ca-

da vez menor, tendido a llenar los vacíos entre las piedras de la capa anterior para producir un acañamiento entre ellos lo más completo posible.

Este procedimiento presenta en su construcción diversas variantes, que dependen del tamaño de la primera capa, tamaño que varía de acuerdo con el espesor proyectado del pavimento (generalmente entre 5 y 10 cm.).

Este pavimento es generalmente recomendable en zonas -- montañosas, de abundantes lluevías, debido a que la primera capa de material pétreo forma prácticamente un dren ciego que permite el rápido escurrimiento de las aguas inferiores.

Los productos asfálticos convenientes para este tipo de pavimentos son los de fraguado rápido ya sean asfáltos fluxados o emulsiones asfálticas.

El material pétreo será producto de la trituración de -- grava o piedra, la graduación del material pétreo varía de acuerdo con el espesor del pavimento.

**MEZCLAS ASFÁLTICAS.** -- El pavimento de mezclas asfálticas es una -- carpeta de espesor variable formada de una mezcla de piedra tritu rada de determinada composición granalométrica y un producto asfál tico adecuado, combinado en la proporción correcta.

El tipo de pavimento que se ha proyectado para este cami no es de: Simple Tratamiento Superficial.

CAPITULO VII  
CONSERVACION

## VII .- CONSERVACION.

La conservación de los caminos es en la actualidad una labor muy apremiante y delicada. El Ingeniero Residente-encargado de la conservación del camino, lo primero que debe hacer es recorrer la zona, para darse cuenta de la magnitud del trabajo por desarrollar; posteriormente, verá de que equipo dispone, y poder estar en condiciones de elegir el personal indispensable que laborará con El.

Conservación de caminos pavimentados.- Al hacer el recorrido, el Ingeniero debe observar lo siguiente:

- 1.- Estado físico de la carpeta.
- 2.- Funcionamiento de cunetas y contracunetas.
- 3.- Limpieza Acotamientos.
- 4.- Derecho de vía.
- 5.- Estado físico y funcionamiento obras de drenaje.

Los cuatro primeros puntos se observan desde el vehículo, no así el quinto, pues será necesario efectuar una revisión minuciosa.

1).- El Ingeniero al hacer el recorrido, debe ir anotando los puntos en los cuales existen deterioros de carpeta ( baches ) y su magnitud ; en caso de que se encuentre un asentamiento ( hundimiento) de un tramo de carpeta, deberá bajarse y hacer una revisión ocular de la zona adyacente - pues puede ser que exista una filtración debida a un canal cercano, en este caso, deberá corregirse, ya sea sampeando el canal o retirándolo; para esto deberá mandarse abrir, par ob servarlo y comprobar si fué efecto de alguna filtración o únicamente se trata de una falla en la construcción; en ocasio nes, tratándose de terraplenes que no recibieron ningún tra tamiento especial de compactación, es muy común que se encuen tren asentamientos, pues con el tiempo el material va sufrien do contra cción por aumento o pérdida de humedad, así como por el aumento continuo de tránsito.

2 y 3).- Es de vital importancia que en un camino se tengan las cunetas y contracunetas en buen estado, pues con una pequeña obstrucción en ellas, ocasionará un deterioro en la corona del camino o del talud, además es importante que el aspecto del camino sea agradable; en caso de contracunetas, deberán reconstruirse y corregir su funcionamiento, evitando así futuros derrumbes.

4).- La conservación del derecho de vía, consiste en no dejar construir casas habitación, cercas de piedra, alambradas, etc., así como plantar árboles dentro de la zona fijada por la Secretaría, que en la actualidad es de 20 metros a cada lado del eje del camino.

5).- Respecto al estado físico y funcionamiento de obras de drenaje, el Ingeniero debe hacerlo personalmente o encomendarlo a personas de confianza y que tengan conocimientos en la materia las observaciones que se harán son en términos generales las siguientes:

a).- Si es tubo, observar que no tenga obstrucciones en taponamientos, las condiciones de entrada y salida, así como los muros de cabeza.

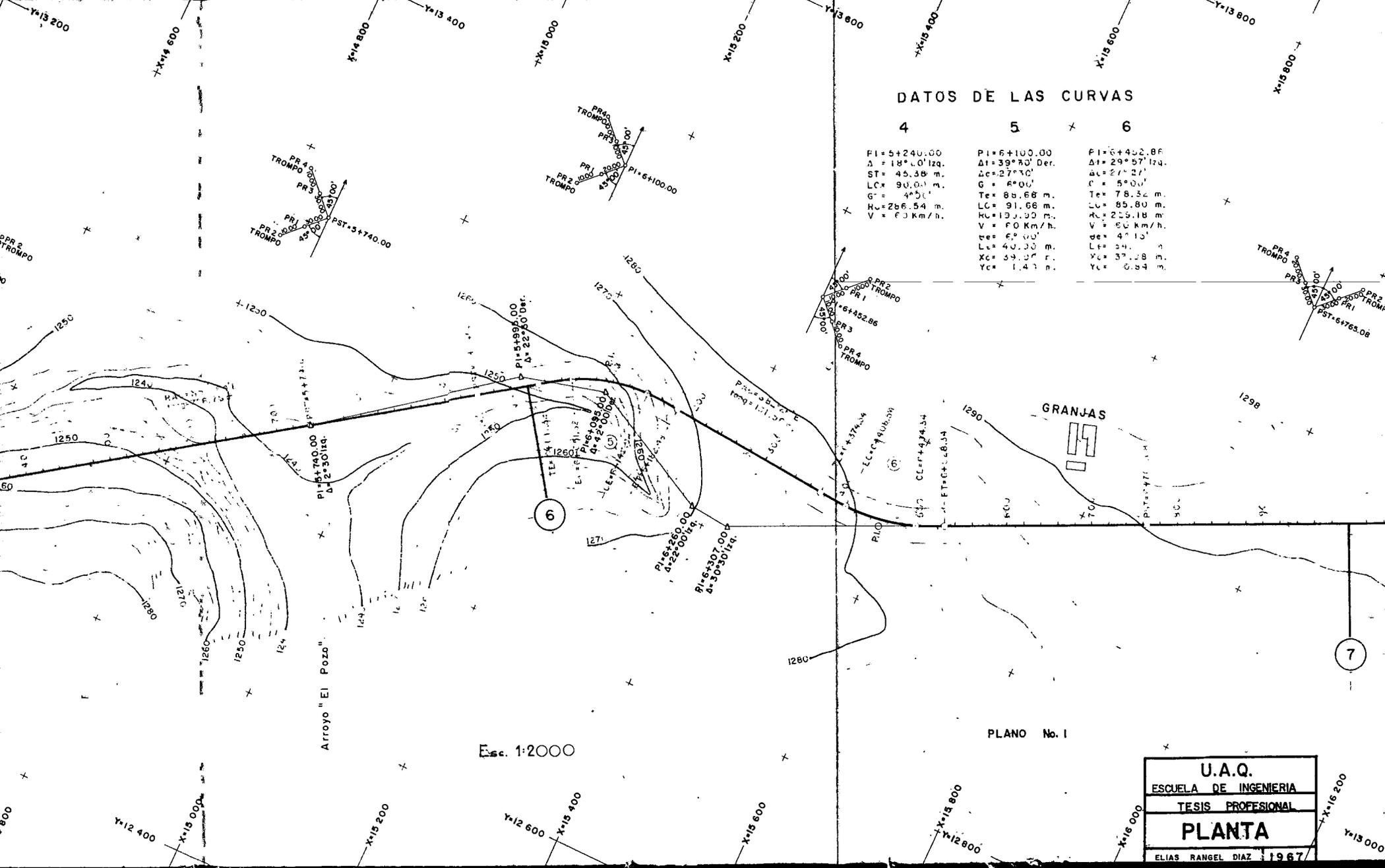
b).- Si es bóveda, loga o puente, se deberá observar si cerca de la cimentación no existen erosiones que deban corregirse por pequeñas que estas sean; se puede hacer reconstruyendo el xampeado o haciéndolo en caso de que no exista; también debe observarse y ordenar su corrección de las fallas.

En épocas de lluvia, debe hacerse el recorrido con más frecuencia, principalmente en caminos que atraviesan zonas de lomerío fuerte o montaña, pues pueden existir derrumbes y deslaves fuertes, obstruyendo el camino, por lo que debe ordenarse su inmediata corrección; tratándose de derrumbes, se sacará este fuera del camino, pero tratándose de un deslave, primeramente debe observarse el motivo, para después ordenar lo conveniente en cada caso.



DATOS DE LAS CURVAS

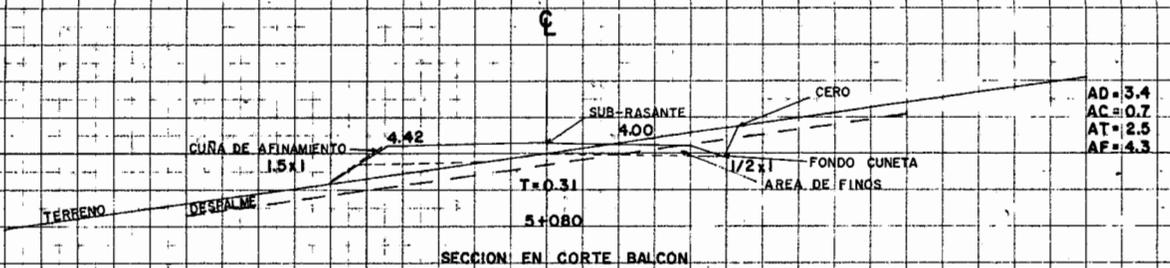
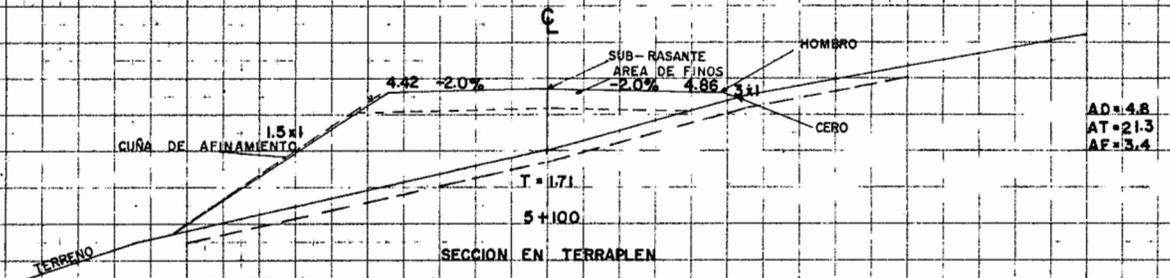
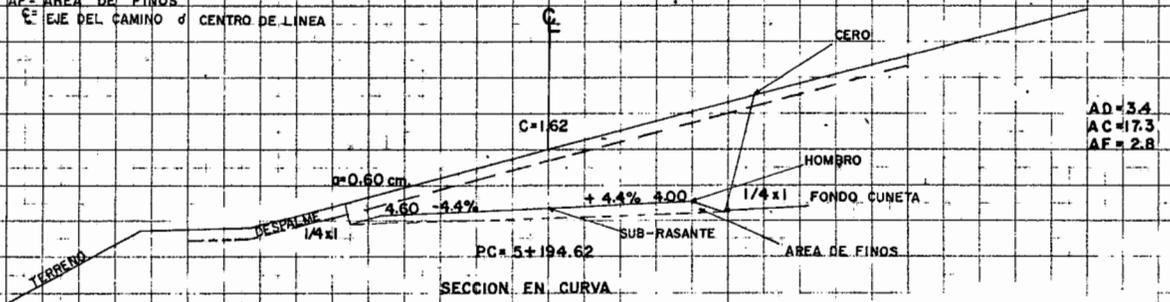
4	5	6
PI=5+240.00	PI=6+100.00	PI=6+452.86
$\Delta = 18^{\circ} 0' 12''$	$\Delta = 39^{\circ} 50' 00''$ Der.	$\Delta = 29^{\circ} 57' 17''$
ST= 45.38 m.	$\Delta c = 27^{\circ} 30'$	$\Delta c = 27^{\circ} 21'$
LC= 90.00 m.	$\alpha = 5^{\circ} 00'$	$\alpha = 5^{\circ} 00'$
G= 4^{\circ} 00'	Te= 88.68 m.	Te= 78.32 m.
H= 266.54 m.	LC= 91.66 m.	LC= 85.80 m.
V= 60 Km/h.	KU= 132.30 m.	KU= 225.18 m.
	V= 60 Km/h.	V= 60 Km/h.
	$\alpha = 6^{\circ} 00'$	$\alpha = 4^{\circ} 15'$
	L= 40.00 m.	L= 34.00 m.
	Xc= 34.00 m.	Yc= 37.28 m.
	Yc= 1.47 m.	Yc= 0.54 m.



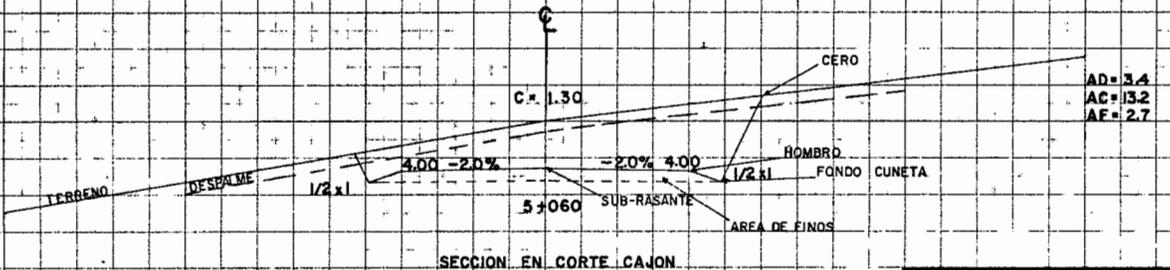
U.A.Q.  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
**PLANTA**  
 ELIAS RANGEL DIAZ 1967



AC = AREA DE CORTE  
 AT = AREA DE TERRAPLEN  
 AD = AREA DE DESPALME  
 AF = AREA DE FINOS  
 C = EJE DEL CAMINO o CENTRO DE LINEA



Esc. 1:100



PLANO No. 3

U. A. Q.  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 SECCIONES DE  
 CONSTRUCCION

ELIAS RANGEL DIAZ

1967

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

*CAMINOS*

*Ing. José Escario.*

*Ing. Ventura Escario*

*MANUAL DE CAMINOS VECINALES*

*Ing. René E.*

*PROYECTOS TIPO DE OBRAS DE DRENAJE*

*DPTO. DE VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS S.O.P.*

*ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS PARA VIAS TERRESTRES*

*S.O.P.*

*CAMINOS*

*Ing. Carlos Crespo V.*

*ASPECTOS PRACTICOS DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE  
CARRETERAS.*

*TESIS PROFESIONAL*

*Miguel Maldonado L.*