

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



**OBRAS DE DRENAJE
EN
CAMINOS RURALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

MIGUEL ANGEL ACEVEDO ARTEAGA

JESUS HECTOR ARAGON MORALES

MEXICO, D.F. 1993

**TRISIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

CAPITULO 1 INTRODUCCION	4
CAPITULO 2 GENERALIDADES	7
2.1. Antecedentes	7
2.2. Evolución de los programas de caminos rurales	13
2.2.1. Convenio unico de coordinación (cuc)	15
2.2.2. Prog. de inversión pub. por el desarrollo rural (PIDER) ..	17
2.2.3. Convenio sahop-coplamar	18
2.2.4. Programa de desarrollo regional	19
2.2.5. Programa regional de empleo	20
2.2.6. Programa SCT directo	20
2.2.7. Programa conacal	20
2.2.8. Programa nacional de solidaridad	24
CAPITULO 3 ESTUDIOS Y PROYECTO, CAMINOS RURALES	26
3.1. Características	26
3.1.1. Transito diario promedio anual (TDPA)	30
3.1.2. Velocidad de proyecto	30
3.1.3. Pendiente maxima	30
3.1.4. Grado maximo de curvatura	31
3.1.5. Ancho de la sección	31
3.1.6. Bombeo	33
3.2. Estudio y proyecto	33
3.2.1. Selección de ruta	35
3.2.2. Acopio de datos	36
3.2.3. Reconocimientos	37
3.2.4. Estudios preliminares	38
3.2.5. Estudio definitivo	39
3.2.6. Alineamiento horizontal y vertical	39
3.2.7. Sección transversal	43
3.2.8. Sección de corte	47
3.2.9. Sección de terraplen	49
3.3. Trabajos de gabinete	51
3.3.1. Planos de proyecto ejecutivo	51
3.3.2. Anexo 1	55

CAPITULO 4 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CAMINOS RURALES	62
4.1. Ejecución de desmonte para construcción	62
4.2. Despalse	63
4.3. Cortes	66
4.4. Prestamos	68
4.5. Formación de terraplenes y compactación	69
4.6. Acarreos	74
4.7. Rellenos	74
4.8. Canales	75
4.9. Mamposterías	75
4.10. Zampeados	76
4.11. Revestimientos	77
4.12. Empedrados	78
4.13. Casos especiales de construcción de caminos rurales ...	78
CAPITULO 5 DRENAJE SUPERFICIAL	83
5.1. Drenaje longitudinal u obras de captación y defensa	85
5.1.1. Mejoramiento del suelo	85
5.1.2. Bases Permeables	86
5.1.3. Sobreelevación	86
5.1.4. Bombeo	86
5.1.5. Cunetas	86
5.1.6. Contracunetas	90
5.1.7. Canales	92
5.1.8. Obras auxiliares	92
5.1.8.1. Bordos	92
5.1.8.2. Lavaderos	93
5.2. Drenaje transversal u obras de cruce	93
5.2.1. Alcantarillas	93
5.2.1.1. Alcantarilla tubulares	98
5.2.1.2. Losas de concreto reforzadas sobre estribos	98
5.2.1.3. Bovedas de mampostería	98
5.2.1.4. Cajones de concreto reforzado	98

5.2.2. Sifones	102
5.2.3. Vados	102
5.2.4. Puentes vado	104
5.2.5. Puentes	104
5.2.5.1. Infraestructura	106
5.2.5.2. Subestructura o elementos de apoyo	107
5.2.5.3. Superestructura o sistema de piso	108
CAPITULO 6 DRENAJE SUBTERRANEO	112
6.1. Diferentes metodos de drenaje subterraneo	113
6.1.1. Zanjas con drenajes de tubo	113
6.1.2. Drenes ciegos	114
6.1.3. Trincheras estabilizadoras	119
6.1.4. Drenes transversales de penetración	119
CAPITULO 7 CONCLUSIONES	126
7.1. Impacto social de un camino rural	128
7.2. Comentarios y recomendaciones	132
BIBLIOGRAFIA	134

CAPITULO 1. INTRODUCCION.

El motivo para la realización del presente trabajo, es la gran importancia que tienen los caminos rurales en la integración de las poblaciones aisladas.

Más sin embargo existe poca información recabada y enfocada directamente a este tipo de caminos, ya que la mayoría de las personas piensan que un camino rural es igual que una carretera alimentadora pero de pequeñas dimensiones, pero es algo más, ya que nos involucramos en una problemática totalmente diferente.

Concientes de que un camino rural no es una obra sencilla, antiguamente se asignaba a las personas con mayor capacidad y experiencia la realización de un camino rural, el cual no contaba con proyectos definidos (no es raro), y en los que el Ingeniero Residente se aplicaba al máximo para solucionar los problemas que se le presentaban en áreas muy remotas.

En la época actual el país se encuentra evolucionando, y el Sector de Comunicaciones juega un gran papel para el desarrollo.

Dentro del Sector de Comunicaciones, la red caminera es importantísima ya que nos permite llegar a lugares apartados, integrando geográfica y socialmente a poblaciones rurales, a las cuales se les permite por medio de un camino rural explotar sus zonas agrícolas, ganaderas, pesqueras, etc. además de recibir los mínimos beneficios como son: educación, servicios médicos, luz, teléfono, servicio postal, etc., evitando así las altas tasas de migración a los grandes centros de consumo.

Los caminos rurales se construyen en la actualidad con modestas especificaciones buscando que las obras se realicen con el menor costo posible, con ayuda de los diferentes programas que el Gobierno Federal, los Estados y particulares han proyectado.

Actualmente se ha observado que la participación de la comunidad en el Programa de Solidaridad, es primordial ya que se concientiza a la gente, con su participación, de los beneficios que obtienen en éste tipo de obras; para éste año se designó una partida presupuestal bastante alta para la construcción de 2500 km. y la modernización de 2000 km. atendiendo así a las demandas y necesidades más apremiantes en materia de comunicación y transporte de la población de más bajos ingresos.

Al realizar el proyecto de un camino rural, uno de los puntos que definen el trazo del camino es el diseño del tipo de estructuras de drenaje que se tendrán que realizar para no elevar los costos de construcción tomando en cuenta si el drenaje debe de ser superficial o subterráneo.

La gran mayoría de los caminos rurales que se realizan en nuestro país son en terrenos montañosos, por lo que el diseño del drenaje debe hacerse con mucho cuidado.

El objetivo de este trabajo es recalcar la importancia de el drenaje en un camino, ya que de él depende la destrucción de la obra en un corto plazo. El presente trabajo se estructura en seis capítulos. En el Capítulo 1 se presentan las generalidades del tema, donde expone idea de que todos los caminos en México empezaron por ser de tipo rural hasta la mitad del Siglo XX, se diferencian las etapas por las que ha pasado la política nacional en cuanto a comunicación rural se refiere, analizando uno a uno los convenios que se han realizado entre el Gobierno Federal y los Gobiernos de los Estados de integrar un sistema funcional entre caminos vecinales y la red de carreteras federales y estatales.

En el Capítulo 2 se definen las características de los caminos rurales y comentando paso a paso el procedimiento para la elaboración de los estudios preliminares, proyecto preliminar y definitivo de un camino.

El Capítulo siguiente hace mención de los procedimientos de construcción en un camino rural, ya que varía con respecto a otro tipo de camino; dado que la finalidad de este tipo de obra es diferente a la que se persigue en caminos más grandes, donde la finalidad principal es la economía y la seguridad.

Dentro del Capítulo 4 se establece que el factor más relevante en el costo y la vida útil de un camino, es lo relacionado a los diferentes sistemas de drenaje instalados a lo largo del mismo. Con un buen sistema de drenaje se puede eliminar por completo el agua, sin embargo a un costo muy elevado, lo cual no se justificaría en un camino rural; por el contrario, si se subestima la capacidad destructiva del agua y se trata de ahorrar en las obras de drenaje, tal vez se cometa el error de hacer el camino disfuncional.

El Capítulo 5, se enfoca al drenaje superficial que es el más utilizado en caminos rurales; ya que son obras sencillas y pequeñas que bien utilizadas protegerán al camino y aumentarán su vida útil.

Muy pocas veces se utilizará el drenaje subterráneo en caminos rurales, sin embargo en el Capítulo 6 se hacen recomendaciones para optimizar a bajo costo este tipo de alternativas.

Finalmente se presenta una serie de comentarios y conclusiones del tema.

CAPITULO 2. GENERALIDADES.

2.1. ANTECEDENTES.

Desde la época prehispánica los pueblos indígenas contaban con una red de caminos adecuados a sus necesidades; aunque no poseían bestias de carga y desconocían la rueda, transitaban con sus mercancías por senderos y veredas bien trazadas.

En las labores de conservación de estos caminos trabajaban, principalmente, los prisioneros de guerra y los presos comunes; pero todos los hombres excepto los guerreros y dignatarios estaban obligados a destinar algunos días del año a estas tareas.

En esa época los caminos permitían el paso de las caravanas y la movilización de los ejércitos.

A la llegada de los españoles las cuatro calzadas de tierra firme que de Norte a Sur y de Oriente a Poniente cruzaban la gran Tenochtitlan fueron de gran admiración, las cuales llegaban de Tlatelolco a Iztapalapa y del Reino de Tacuba al de Texcoco.

En 1522 una vez terminada la conquista de los españoles, Hernán Cortés ordenó la construcción del camino Tenochtitlan a Veracruz, mejorándose posteriormente ya que en 1531 se utilizó por primera vez en la Nueva España las carretas tiradas por bueyes.

Durante el mandato del Virrey Antonio de Mendoza, se abrieron los caminos de México a Acapulco, a Oaxaca, a Tehuantepec y a Huatulco, a Michoacán, Colima, Jalisco y Pánuco, a los minerales de Taxco y Tultepec y en 1542 a Zacatecas.

Las rutas mas importantes dentro del Valle del Anáhuac fueron las mismas de los tiempos anteriores a la conquista pero de acuerdo con los intereses comerciales de los españoles se multiplicaron los caminos que en la época actual vendrían siendo rurales de acuerdo a las especificaciones para estos mismos.

Los sucesores del Virrey Mendoza abrieron más rutas que permitieron que llegaran a la Ciudad de México, minerales, ganado, pieles, granos y productos agrícolas del norte.

Veracruz y Acapulco fueron los dos puntos claves para la comunicación interoceánica, así como para la comunicación al exterior.

El estado de los caminos empeoró al estallar la guerra de Independencia, situación que se prolongó debido a las rebeliones que se sucedieron hasta la toma de poder por el General Porfirio Díaz.

La lucha independista afecto a las actividades comerciales y paralizó las labores agrícolas; dañó las comunicaciones haciendo que se redujera el tránsito en los caminos, algunos de los cuales fueron cortados, quedando Ciudades aisladas de la Ciudad de México.

El gobierno tenía necesidad de disponer del tesoro público para los gastos de guerra por lo que le impidió toda labor de mantenimiento de los caminos existentes, los cuales quedaron en ruinas.

En los primeros años de vida independiente se expidieron leyes y decretos para mejorarlos, pero nunca se cumplieron debido a la inestabilidad política, pobreza del sector público y otros factores.

La situación de los caminos en este período queda asentada en el siguiente documento oficial leído ante el Congreso Constituyente de 1824.

"ALGUNOS PUENTES SE ROMPIERON PARA IMPEDIR EL PASO DE LAS TROPAS, EL EMPEDRADO SE DESMEJORO Y LAS CORRIENTES DE LAS AGUAS LLOVEDIZAS DESCARNARON POR TODAS PARTES LOS TERRAPLENES."

La inseguridad de los caminos fue otra de las calamidades de esa época que sufrían los viajeros. De 1824 a 1852 los caminos quedaron a cargo del Ministerio Público de Relaciones Exteriores, el cual pudo hacer poco por conservar los caminos existentes y menos aún por construir nuevos, atribuyendo ese descuido a la continua pobreza que padecía el país.

En el año de 1853, se instituyó el Ministerio de Fomento Colonización, Industria y Comercio, al cual se le encomendaron las obras públicas y en forma especial la conservación y construcción de caminos, con lo que la red caminera empezó a recibir mayor atención, aunque en realidad no se lograron resultados concretos.

En el año de 1865, una vez terminada la aventura imperialista de Maximiliano de Hamburgo, el Gobierno por medio del Lic. Benito Juárez, hizo un llamado para que los habitantes de los pueblos de todo el país contribuyeran a la reparación de los caminos existentes, pero como no encontró respuesta alguna por parte de los ciudadanos, seguramente debido a la escasez de recursos, la Federación y los gobiernos locales asumieron la responsabilidad de los trabajos, asignándoles parte del presupuesto de la nación.

Continuó el aislamiento de algunas zonas por estar la población desigualmente distribuida en el territorio Nacional y por la existencia de zonas desérticas y altas cordilleras.

La región mejor dotada en comunicaciones era la del Centro, el Distrito Federal las tenía con las Ciudades mas importantes de la República y con la costa de ambos océanos. En cambio había Ciudades cercanas que no podían comunicarse entre sí de modo directo, ya que para llevar a cabo la comunicación tenían que pasar forzosamente por la Ciudad de México.

Durante esta época el transporte de carga por carretera se seguía haciendo con mulas, carros y carretas, era lento y muy caro, además de que muy poco volumen de mercancía podía transitar por los caminos porque no soportaban mucho peso. Para los viajeros, los transportes fueron las diligencias.

En el año de 1891 se instituyó el Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, ya que con esta creación se consideró que era indispensable construir nuevos caminos para comunicar regiones importantes, a la vez que conservar los pocos que existían.

Como una respuesta a los ideales de los mexicanos que intervinieron en la revolución de 1910 y en atención inmediata de comunicar a todo el país en 1925 se inició la construcción caminera nacional durante el gobierno del Presidente Plutarco Elías Calles, ya que se crea la Comisión Nacional de Caminos, encargada de administrar y aplicar a la construcción y mantenimiento de los caminos mexicanos, los fondos recaudados a través de un impuesto federal sobre la venta de la gasolina, que fue establecido en una ley expedida ese mismo año.

Apartir de este año se incrementaron las rutas carreteras, contándose en 1930 con 1426 km de longitud, cifra que se elevó a 10,929 km en 1940.

En 1932 la Comisión Nacional de Caminos que hasta entonces había sido un organismo autónomo, pasó a depender de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas con el nombre de Dirección Nacional de Caminos.

Con el objeto de construir carreteras transversales que impulsaran el desarrollo de la red nacional de caminos en 1933 se promulgó una ley que establecía el sistema de construcción de caminos en cooperación entre el Gobierno Federal y los Gobiernos de los Estados con lo que se organizaron las juntas locales de caminos.

A partir de este momento las juntas locales de caminos tuvieron a su cargo la construcción de los caminos en sus respectivos Estados, para formar un sistema de ramales articulados con las carreteras federales o troncales.

Estas vías se efectuaron desde entonces en forma bipartita, es decir por partes iguales entre la Federación y los Estados.

El gobierno del Presidente Miguel Alemán vió la necesidad de establecer un sistema de caminos vecinales que comunicaran a los caminos Federales y Estatales, con lo cual quedaría completa la red nacional de carreteras, ya que los caminos vecinales llegan a los Municipios, a los ejidos y rancherías, lugares de actividad agrícola, ganadera y forestal.

Para el año de 1960 la longitud de la red de caminos ascendió a cerca de 45,000 km y en 1967 desaparece la Comisión Nacional de Caminos Vecinales.

En el año de 1970 además de los 71,820 km que existían de la red carretera hablan de agregarse aproximadamente 320,000 km de brechas que empezaron a construirse en la época de la colonia y estas brechas comunicaban por su parte a unas 33,000 localidades de una manera lenta y costosa con problemas en épocas de lluvia, encontrándose incomunicadas 80,000 localidades de escasa población surgiendo de este modo la necesidad de construir una red alimentadora de especificaciones modestas, por lo que se crea, a fines de 1969 el programa de caminos rurales de acceso.

La característica principal de este programa era el enfoque que habría de dársele, ya que su principal objetivo era el de emplear mano de obra campesina principalmente, estableciéndose de esta manera una derrama económica en el medio rural, a la vez que se abatían costos en algunos casos, mas que nada cuando en lugar de construir un camino nuevo, se mejoraba una brecha existente.

Para este fin y para no intervenir en la producción de alimentos por parte del campesino se programó la construcción en tiempo de secas, lo cual no resultó del todo favorable, pues este tiempo es relativamente corto para la ejecución de la obra, lo cual se tradujo en retraso del programa a nivel nacional.

En si el programa funcionó con respecto al objetivo de la utilización de la mano de obra campesina, pero existían otros sectores que deberían haber participado para mejorar el nivel de vida de los habitantes de las localidades. (salud, comunicación, etc.)

Posteriormente en 1972 se cambió el nombre del programa por el de Caminos Rurales de Mano de Obra, conservando sus características anteriores.

Es así como en 1977 el Gobierno Federal incorporó cambios sustantivos al programa, se trataba de que no nada más se utilizarla mano de obra sino que en algunos casos se ejecutarían los trabajos con ayuda de equipo de construcción, por lo que dio origen al programa de "Caminos Rurales" al cual se le dió la tendencia que le había hecho falta al programa de Caminos Rurales de Mano de Obra, ya que este programa impulsaría el desarrollo integral del país.

Con este enfoque el programa buscaba propiciar que a través de las vías de comunicación construidas llegaran programas de aprovechamiento de los diferentes recursos del país, así como la educación, la salud, luz, agua potable, etc.

De esta forma fué como nacieron los programas de mejoramiento o construcción de la casa rural, clínicas IMSS-COPLAMAR, mercados, aulas, etc.

Por lo que este programa se completó con los demás sectores que se adhirieron y cumple con su objetivo que es el de comunicar a las poblaciones más necesitadas, además de fomentar el desarrollo rural.

2.2. EVOLUCION DE LOS PROGRAMAS DE CAMINOS RURALES.

El programa de caminos rurales desde su creación ha pasado por diferentes etapas, las cuales analizaremos para tener una idea global de la política nacional en la comunicación rural, la cual se ha tenido que sujetar a los señalamientos en materia política, económica y social del país.

Los programas financieros que han intervenido en el Programa de Caminos Rurales son los siguientes:

-
- * OBRAS POR EL DESARROLLO RURAL O NORMAL (1971).
 - * CONVENIO UNICO DE COORDINACION (CUC) (1977).
 - * PROGRAMA DE INVERSION PUBLICA POR EL DESARROLLO RURAL (PIDER) (1973).
 - * SAHOP - COPLAMAR (1980).
 - * PROGRAMA DE DESARROLLO REGIONAL (1983).
 - * PROGRAMA REGIONAL DE EMPLEO (1983).
 - * PROGRAMA SCT (ADMINISTRACION DIRECTA) (1988).
 - * PROGRAMA CONACAL (1988).
 - * PROGRAMA NACIONAL DE SOLIDARIDAD(1988).
 - * PROGRAMA POR EL DESARROLLO RURAL O NORMAL *

Este programa se llevaba a cabo por la aportación de fondos fiscales que provenían de la Federación, ya que con esto se financiaban obras que se realizaban con mano de obra, como plazas cívicas, canchas deportivas, salón de costura, casas de pueblo, y principalmente caminos de mano de obra.

Tan sólo durante el período de 1971 - 1975 se realizó una inversión de 4,956 millones de pesos que benefició a 6 millones de habitantes de 6,174 comunidades.

El 60% de esta inversión (2,758 millones) se destinaron al pago de salarios de los campesinos que intervinieron en la ejecución de las obras.

Con el motivo de que la asignación de recursos anuales estuviera de acuerdo a los objetivos y necesidades específicas de cada uno de los 31 Estados de la República Mexicana, fué implementada por parte de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas una metodología que se basaba principalmente en las características físicas y socioeconómicas de dichos Estados en la cual se consideraba el nivel de comunicación que se había logrado o alcanzado.

2.2.1. CONVENIO UNICO DE COORDINACION (CUC) .

Al iniciarse este programa, el programa de desarrollo rural quedo anulado en los renglones en que los beneficios generados quedaban englobados en el ámbito de los Estados en que se desarrollaban.

De esta manera se crearon los convenios llamados Convenios Unicos de Coordinación, los cuales se llevaban a cabo entre el Gobierno Federal y los Gobiernos Estatales, en donde se plantearon los siguientes objetivos:

- * Que todos los Municipios de cada Estado tuvieran una importantísima participación en la planeación y realización de los programas de obras.
- * Que la eficiencia de la ejecución de las obras fuera cada día incrementándose más.
- * Abatir costos y favorecer el desarrollo económico y social de cada Estado, para incrementar la prestación de servicios básicos.

Una de las características de los programas estatales de inversión del CUC era, que las Dependencias encargadas de planear, programar y ejecutar las obras,

pasaron a hacerse cargo de la normatividad de dichos programas, quedando supeditada a la transferencia de recursos de la Federación-Estado para que su aplicación se destinara de preferencia a proyectos socioeconómicos con la utilización de recursos humanos, técnicos y materiales de cada Estado.

Otra característica es que la conservación, mantenimiento y operación de las obras sería de los Gobiernos de los Estados excepto aquellos en que los fondos no fueran suficientes, como el caso de los caminos rurales, ya que se llevan a cabo de acuerdo entre los Estados y la Federación.

Algunas de las deficiencias que tuvieron los Gobiernos de los Estados en llevar a cabo el programa CUC fueron:

- No se logró una comunicación directa entre las solicitudes de los Gobiernos de los Estados, con la demanda existente en cada Estado. Lo cual complica el trabajo para la SPP ya que su asignación para caminos rurales no es real.
- El mal control del presupuesto del CUC y la libertad que tienen los Gobiernos Estatales para cambiar los precios unitarios definidos por las Dependencias del Gobierno Federal.
- La falta de experiencia en el personal de la supervisión lo que origina que el costo del programa se incremente.
- En algunos caminos construidos por los Gobiernos de los Estados no se han respetado las especificaciones técnicas de la SCT, por lo que al ser entregadas estas obras para su mantenimiento y conservación, a la dependencia correspondiente, se tienen que corregir las fallas.

2.2.2. PROGRAMA DE INVERSION PUBLICA POR EL DESARROLLO RURAL (PIDER).

Este programa pretendió llevar correctamente la utilización del capital y de técnicos adecuadamente preparados, con el aprovechamiento de los recursos humanos y naturales de las comunidades, en forma tal que acelerara la integración de las comunidades a la estructura social y productiva del país.

Se pretende principalmente con este programa incrementar la producción del campo, generar empleos permanentemente, lograr una distribución racional del ingreso y proveer a las localidades de entre 250 y 3000 habitantes de los servicios que requiere.

El PIDER funcionaba por medio de microregiones las cuales agrupan a 6 Municipios sin pasar de 7,000 km². en el año de 1981 este programa abarcó 119 microregiones distribuidas en toda la República.

A través de un diagnóstico socioeconómico, se detectan las necesidades específicas de las comunidades, en forma tal que los programas a ejecutar en cada microregión, resuelvan los problemas urgentes que en estas mismas se tengan. Así las comunidades tienen la opción de manifestar sus preferencias a través de asambleas populares o encuestas directas.

Por decreto en 1980 este programa pasó a manos de los Gobiernos Estatales, ya que a su inicio estaba a cargo de las Dependencias Federales.

2.2.3. CONVENIO SAHOP - COPLAMAR.

El primero de febrero de 1980 se celebró el convenio SAHOP- COPLAMAR con relación a la construcción de agua potable, alcantarillado y caminos rurales.

Este convenio en lo referente a caminos tuvo como objetivo fundamental la de proporcionar infraestructura caminera, con el propósito de asegurar que los grupos marginados tuvieran acceso a los mínimos bienestar.

Este programa se inició con una asignación de 16,180 millones ya que la meta era la de beneficiar a 3.5 millones de habitantes, mediante la construcción de 22,900 km de caminos rurales y de 1,200 km de caminos alimentadores.

Para llevar a cabo la inversión mencionada anteriormente, la distribución de los montos otorgados para cada Estado se realizó de la siguiente forma:

CAMINOS RURALES	60%
CAMINOS DE APOYO	20%
ESTUDIOS Y PROYECTOS	5%
RECONSTRUCCION	10%
SUPERVISION E INGENIERIA	5%

Modificándose algunos valores de acuerdo a las necesidades de cada Estado de la República Mexicana.

El orden de prioridades para este proyecto se realizó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomaron en cuenta las obras suspendidas o en proceso de construcción, además de estar dentro de la zona COPLAMAR (zonificación que realizó este organismo de cada Estado).
- Solicitudes de caminos rurales que estuvieran en la zona COPLAMAR y que fueran factibles de construirse.
- Construcción de caminos que comunicaran centros de distribución de abastos CONASUPO-COPLAMAR con un almacén o bodega que fuera de abasto.
- Construcción de caminos que conectaran las unidades médicas rurales IMSS-COPLAMAR con las poblaciones en que el mismo COPLAMAR realizara el programa para el mejoramiento de la Casa Rural.

2.2.4 PROGRAMA DE DESARROLLO REGIONAL.

El Programa de Desarrollo Regional se creó dentro del Plan Nacional de Desarrollo de 1983-1988, el cual debería lograr transformaciones estructurales en la economía, política y la organización social y cultural del país.

Tomando en cuenta la desigual concentración de la población que ha tenido el país, la descentralización de la vida nacional se convirtió en la columna vertebral de la política de desarrollo regional que se estableció en este plan.

2.2.5. PROGRAMA REGIONAL DE EMPLEO.

La implantación de este programa fué similar al Programa de Desarrollo Regional, con la diferencia que este programa debería coordinar la utilización de la mano de obra.

2.2.6. PROGRAMA SCT (DIRECTO).

En este programa los trabajos se ejecutan con inversión y recursos propios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, designando ella misma que caminos construir, quedando estos a cargo del Centro SCT de cada Estado de la República, para su conservación.

En base al programa presentado por la propia SCT el día de 20 de enero de 1992, para el periodo enero-diciembre de 1992, se tiene planeado construir con este tipo de inversión 528.7 km. (TABLA No. 1).

2.2.7. PROGRAMA CONACAL.

La SCT asigna una partida presupuestal al fideicomiso 195 CONACAL que se destina a construcción, reconstrucción, modernización y conservación de caminos rurales. Sin embargo, la política actual para la construcción de un camino es contar con el apoyo económico del Estado siendo generalmente una aportación del 60% por parte del programa y 40% del Estado, a este tipo de acuerdo se le llama bipartita, y los porcentajes de participación varían de acuerdo a la riqueza de cada Estado de la República.

Para este programa se pretende realizar en el año de 1992 un total de 136.5 km. (TABLA No. 2).

TABLA No 1

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

FIDEICOMISO CONACAL

PROGRAMA S C T DIRECTO

ESTADO	LONGITUD	AVANCE	META	TIPO DE	TIPO DE OBRA	ASIGNACION EN MILLONES DE PESOS		
	KM	dic-91	dic-92	CAMINO		FEDERAL	COOPERATIVA	TOTAL
AGUASCAL	132.00	46.20	85.80	ALIMENT.	AMPLIACION, PAVIMENTACION	10 057.10	12 985.50	23 042.60
CAMPECHE	272.60	81.00	34.20	ALIMENT.	PAV., RECONSTRUCCION, PUENTE	495.00	13 495.00	13 990.00
COAHUILA	1.70	0.00	1.70	RURAL	PAVIMENTACION	87.00	0.00	87.00
COLIMA	7.40	0.00	1.70	ALIMENT.	MOD., RECONSTRUCCION, PUENTE	51.00	0.00	51.00
CHIAPAS	74.40	0.00	74.40	ALIMENT.	AMPLIACION, PAVIMENTACION	2 000.00	4 000.00	6 000.00
DURANGO	109.00	3.50	51.50	RURAL	AMPLIACION	2 000.00	1 574.40	3 574.40
GUERRERO	225.40	107.90	39.10	ALIMENT.	PAVIMENTACION	5 419.50	5 523.50	10 943.00
HIDALGO	51.00	28.40	20.00	ALIMENT.	PAVIMENTACION	4 098.00	4 699.00	8 797.00
JALISCO	64.20	61.00	3.20	TIPO C	MODERNIZACION	1 258.00	1 667.00	2 925.00
MICHOACAN	37.50	7.50	20.80	ALIMENT.	PAVIMENTACION	1 959.30	10 494.60	12 463.90
NAYARIT	21.00	1.90	10.10	ALIMENT.	MOD., AMPLIACION, PAVIMENTACION	1 806.50	2 013.90	3 820.40
NUEVO LEON	236.00	12.00	54.20	ALIMENT.	MODERNIZACION, PAVIMENTACION	13 165.50	14 138.20	27 303.70
OAXACA	13.00	0.00	4.40	ALIMENT.	PAVIMENTACION	737.00	1 474.00	2 211.00
PUEBLA	24.00	3.10	9.60	ALIMENT.	AMPLIACION, REVESTIMIENTO	560.00	240.00	800.00
S. L. POTOSI	134.60	60.70	14.40	ALIMENT.	AMPLIACION, PAVIMENTACION	2 005.00	4 751.60	6 766.60
SINALCA	133.10	16.30	61.20	RURAL	BASE, RIEGO	3 255.50	11 651.90	14 907.40
TUXTLA	50.20	19.40	30.80	ALIMENT.	AMPLIACION, PAVIMENTACION	5 087.00	3 181.00	8 268.00
ZERACRUZ	12.20	0.00	1.60	ALIMENT.	RECONSTRUCCION, PUENTE	2 425.50	0.00	2 425.50
YUCATAN	76.00	11.00	10.00	ALIMENT.	RECONSTRUCCION, PAVIMENTACION	496.30	436.30	932.60
ZACATECAS	206.70	150.10	20.70	ALIMENT.	PAVIMENTACION, PUENTE	4 753.70	11 256.50	16 010.20
SUMAS	1675.30	459.90	528.70			56 973.20	92 335.90	149 309.10

TABLA No 2

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

FIDECOMISO CONACAL

PROGRAMA DIRECTO CONACAL								
ESTADO	LONGITUD	AVANCE	META	TIPO DE	TIPO DE OBRA	ASIGNACION EN MILLONES DE PESOS		
	KM	dic-91	dic-92	CAMINO		FEDERAL	COOPERATIVA	TOTAL
COAHUILA	360.00	108.00	19.50	TIPO C	PAV. RECONSTRUCCION	216.60	372.30	588.90
DURANGO	240.50	105.60	56.50	RURAL	PAV. REVEST. AMPLIACION	400.00	4,187.30	4,587.30
MICHOACAN	10.20	9.20	8.00	ALIMENT.	ZAMPEADOS Y CUNETAS	260.00	350.90	610.90
NUEVO LEON	14.50	10.70	3.80	RURAL	PAV. PAVIMENTACION	330.00	1,195.00	1,525.00
OAXACA	42.00	17.00	9.00	RURAL	PAVIMENTACION	167.60	2,340.70	2,508.30
PUEBLA	56.60	41.20	6.80	RURAL	PAVIMENTACION	1,543.90	1,517.90	3,061.80
SINALOA	3.20	3.00	0.20	RURAL	PAVIMENTACION	0.00	47.00	47.00
TLAXCALA	63.50	46.40	17.10	RURAL	PAVIMENTACION, AMPLIACION	2,996.40	1,358.60	4,355.00
VERACRUZ	305.00	133.50	15.60	RURAL	PAVIMENTACION, AMPLIACION	7,370.20	7,484.50	14,854.70
TOTAL	1095.50	474.60	136.50			13284.70	18854.20	32138.90
B. CAL. SUR	85.00	0.00	85.00	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	288.50	0.00	288.50
CAMPECHE	91.70	0.00	91.70	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	34.00	0.00	34.00
COAHUILA	2.20	0.00	2.20	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	45.00	45.00	90.00
VERACRUZ	182.00	52.70	22.10	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	114.30	0.00	114.30
TABASCO	35.00	0.00	35.00	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	52.40	0.00	52.40
NUEVO LEON	140.50	0.00	140.50	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	365.00	365.00	730.00
MICHOACAN	40.50	0.00	40.50	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	266.40	0.00	266.40
COLIMA	69.30	0.00	69.30	RURAL	ESTUDIO Y PROYECTO	110.60	0.00	110.60
TOTAL	646.20	52.70	486.30			1276.20	410.00	1686.20

TABLA No 3

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

FIDEICOMISO CONACAL

ESTADO	PROGRAMA PRONASOL 1992						ASIGNACION EN MILLONES DE PESOS		
	CAMINOS RURALES		CARR. ALIMENT.		CARR.	TOTAL	ASIGNACION EN MILLONES DE PESOS		
	CONST.	RECONST.	MODER.	RECONST.	URBANAS	K.M.	FEDERAL	COOPERATIVA	TOTAL
AGUASCALIENTES	24.00					24.00	681.20	1 551.60	2 232.80
BAJA CAL NORTE			44.10		1.50	45.60	7 009.40	529.90	7 939.30
BAJA CAL SUR						0.00			0.00
CAMPECHE	10.50		7.00			17.50	2 782.60	1 364.30	4 146.90
COAHUILA						0.00			0.00
COLIMA						0.00			0.00
CHIASPAS	106.50		1.50			108.00	32 543.50	11 223.30	43 766.80
CHIHUAHUA	35.40					35.40	1 432.60	1 432.60	2 865.20
DURANGO	23.60	131.90	2.90			158.40	4 304.20	1 479.80	5 784.00
GUANAJUATO						0.00			0.00
QUEZETARO	94.60		29.80			124.40	16 403.20	4 358.40	21 261.60
HIDALGO						0.00			0.00
JALISCO						0.00			0.00
MEXICO						0.00			0.00
MICHOACAN	33.60		158.70		2.00	194.30	43 085.40	44 562.50	88 047.90
MORELOS			23.50	55.30		78.80	4 755.50	3 716.60	8 472.10
NAYARIT			3.20			3.20	641.80	641.80	1 283.60
NUEVO LEON						0.00			0.00
OAXACA	191.70		44.00			235.70	60 071.00	13 493.90	73 564.90
PUEBLA	7.50		5.10			12.60	3 722.20	2 574.20	6 296.40
QUEZETARO	0.70					0.70	57.20	85.20	142.40
QUINTANA ROO						0.00			0.00
SAN LUIS POTOSI	9.40					9.40	670.00	670.00	1 340.00
SINALOA	4.00					4.00	291.90	290.90	582.80
SONORA						0.00			0.00
TABASCO	13.00					13.00	820.90	820.90	1 641.80
TAMAULIPAS						0.00			0.00
TUXTLA						0.00			0.00
VERACRUZ						0.00			0.00
YUCATAN			50.00	4.50		54.50	2 904.00	1 001.20	3 905.20
ZACATECAS						0.00			0.00
SUMAS	554.50	131.90	369.80	59.80	3.50	1 119.50	182 176.60	91 097.10	273 273.70

2.2.8. PROGRAMA NACIONAL DE SOLIDARIDAD.

La tendencia hacia donde se dirige este programa es a la amplia participación de las comunidades en el desarrollo de la obra.

Esta política, es con el fin de crear conciencia dentro de la población de todo el esfuerzo que se realiza para la construcción y conservación de un camino.

Dentro de este programa el convenio único de desarrollo a través de los coplades (coordinadores de planeación en las entidades) son los encargados de seleccionar los caminos que se construirán en base a las concertaciones populares de los estados de la República, siendo así aún mayor la participación de las comunidades.

Para la realización de la obra la inversión puede ser de tipo bipartita o tripartita. En el caso bipartita una parte de los recursos proviene de la Federación y la otra parte la aporta la comunidad, ya sea con su participación en especie (mano de obra, materiales, derecho de vía, etc) o directamente con aportación económica.

Cuando participan intereses particulares ya sean de empresas o personas físicas, además de la Federación y la comunidad para la realización de un camino, se tiene una estructura del tipo tripartita.

Para apoyar el incremento en la productividad del campo en 1992, con una inversión cercana a 950 mil millones de pesos que incluye aportaciones de los Gobiernos de los Estados y de los particulares, se realizará la construcción de 2,500 km de caminos rurales y la modernización de 2,000km. de carreteras alimentadoras, y caminos rurales, de los cuales la mayoría serán pavimentados y se encuentran ubicados en los 31 Estados del país. (TABLA No. 3).

Con la participación directa de las comunidades en la identificación y diseño de los proyectos, y la aportación de recursos, mano de obra y materiales de las comunidades beneficiadas, el Sector Comunicaciones seguirá participando en el Programa Nacional de Solidaridad, coordinado por Pronasol, para atender las demandas y necesidades más apremiantes en materia de comunicaciones y transportes de la población de más bajos ingresos, y apoyar a la producción agropecuaria. A continuación se enumeran las principales metas del Pronasol y del Sector Comunicaciones para 1993.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	
SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	
FIDUCIARIO CONACAL	
PROGRAMA NACIONAL DE SOLIDARIDAD 1993	
CONSTRUCCION Y MODERNIZACION DE CARRETERAS ALIMENTADORAS Y CAMINOS RURALES.	475 KILOMETROS
INCORPORACION AL SERVICIO TELEFONICO DE COMUNIDADES RURALES.	2500 LOCALIDADES
INCORPORACION A LA RED TELEGRAFICA AUTOMATICA	30 ADMINISTRACIONES
SERVICIO POSTAL EN EL MEDIO RURAL Y COLONIAS POPULARES.	1000 POSICIONES DE SERVICIO
INTEGRACION DEL SERVICIO DE CORREO, TELEGRAFO Y TELEFONO.	250 POBLACIONES RURALES

CAPITULO 3. ESTUDIO Y PROYECTO DE LOS CAMINOS RURALES.

En función del tránsito diario promedio anual (TDPA) la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, clasifica las carreteras en cinco tipos como se indica a continuación:

TIPOS DE CARRETERAS (TDPA) EN EL HORIZONTE DE PROYECTO

A	MAS DE 3,000 VEHICULOS
B	DE 1,500 A 3,000 VEHICULOS
C	DE 500 A 1,500 VEHICULOS
D	DE 100 A 500 VEHICULOS
E	HASTA 100 VEHICULOS

3.1. CARACTERISTICAS.

Corresponde a los caminos rurales el tipo " E ", que representa las normas y especificaciones más modestas, cuyas características fundamentales están encaminadas a construir caminos de bajo costo, que garanticen servicio permanente (Figuras 1 y 2).

Las normas de proyecto geométrico que hacen del camino rural una obra peculiar aparecen a continuación (TABLA No. 4), siendo las más importantes las que a continuación se mencionan:

- a) Tránsito diario promedio anual en el horizonte de proyecto (tdp).
- b) Velocidad de proyecto.
- c) Pendiente máxima.
- d) Grado máximo de curvatura.
- e) Ancho de sección.
- f) Bombeo.

FIGURA 1

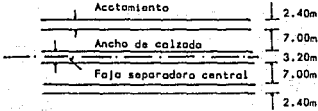
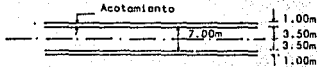
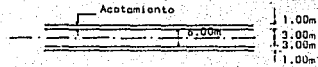
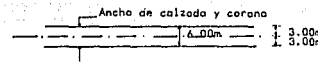
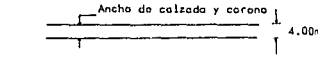
 <p>Acotamiento 2.40m Ancho de calzada 7.00m Faja separadora central 3.20m 7.00m 2.40m</p>	<p>CARRETERA TIPO "A" Mas de 3,000 vehiculos/dia de (T.D.P.A.)</p>
 <p>Acotamiento 1.00m 7.00m 3.50m 3.50m 1.00m</p>	<p>CARRETERA TIPO "B" Mas de 1500 a 3000 vehiculos/dia de (T.D.P.A.)</p>
 <p>Acotamiento 1.00m 6.00m 3.00m 3.00m 1.00m</p>	<p>CARRETERA TIPO "C" De 500 a 1500 vehiculos/dia de (T.D.P.A.)</p>
 <p>Ancho de calzada y corona 6.00m 3.00m 3.00m</p>	<p>CARRETERA TIPO "D" De 100 a 500 vehiculos/dia de (T.D.P.A.)</p>
 <p>Ancho de calzada y corona 4.00m 4.00m</p>	<p>CARRETERA TIPO "E" Hasta 100 vehiculos/dia de (T.D.P.A.)</p>
<p>CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS</p>	

FIGURA 2

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LAS CARRETERAS		
TIPO	T.D.P.A	SECCION
E	HASTA 100 VEH./DIA	
D	100 a 500 VEH./DIA	
C	500 a 1500 VEH./DIA	
B	1500 a 3000 VEH./DIA	
A	MAS DE 3000 VEH./DIA	

TABLA 4		CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS PARA CAMINOS RURALES						
CONCEPTO		UNIDAD	CARRETERA TIPO "E"					
T.D.P.A. EN EL HORIZONTE DEL PROYECTO		Veh/día	HASTA 100					
TIPO DE TERRENO								
		Montañoso						
		Intermedio						
		Plano						
VELOCIDAD DEL PROYECTO		Km/h	20	40	50	60	70	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		m	30	40	55	75	95	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE		m	--	--	--	--	--	
GRADO MAXIMO DE CURVATURA		Grado	60	30	17	11	7.5	
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA	m/%	4	7	12	23	36
		COLUMPIO	m/%	4	7	10	15	20
	LONGITUD MINIMA		m	20	30	30	40	40
PENDIENTE GOBERNADORA		%	9		7		-	
PENDIENTE MAXIMA		%	12		10		7	
ANCHO DE CALZADA		m	4.0					
ANCHO DE CORONA		m	4.0					
BOMBEO		%	3%					
SOBREELEVACION MAXIMA		%	10					
DERECHO DE VIA		m	20					

3.1.1. TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA) EN EL HORIZONTE DE PROYECTO.

Se considera hasta 100 vehículos, que es el más bajo volumen de tránsito en los caminos de la red carretera del país, esterango representa una de las justificaciones técnicas principales que dá sustento a las demandas, es obvio que un camino cuya solicitud de Tdpa superior a los 100 vehículos estará clasificado en otro tipo de camino.

3.1.2. VELOCIDAD DE PROYECTO.

De acuerdo a las condiciones de topografía el rango de velocidad varía de 20 a 70 km/hr. para este tipo de caminos, donde la resultante radica en el beneficio de la comunicación, el aspecto de la velocidad no influye en forma determinante.

Las comunidades que antes del camino rural no contaban con una comunicación o la tenían deficiente han experimentado un sensible mejoramiento en cuanto al ahorro de tiempo, si se toma en cuenta que a pie o en bestia de carga se recorren de 4 a 6 km/hr.

3.1.3. PENDIENTE MAXIMA.

En terrenos montañosos, la pendiente gobernadora es del 7% para aceptar como pendiente máxima de 12 %, con la recomendación de no usarla en longitudes mayores a los 100 metros. Sin embargo, es preferible desarrollar la línea del camino antes de caer en el uso excesivo de pendientes fuertes que propician el deterioro de la sección del camino, por la erosión producida por altas velocidades que alcanza el agua de escurrimiento

3.1.4. GRADO MAXIMO DE CURVATURA.

El rango en el grado de curvatura empleado es de 11 a 60 grados, en función del tipo de terreno en términos generales resulta satisfactorio sobre todo en terrenos planos y lomeríos, sin embargo, es conveniente mencionar que en terrenos montañosos, cuando el costo se incrementa notoriamente para adoptar una curva de 60 grados, como máximo nos podrá estar indicando la conveniencia de utilizar un grado mayor considerando este recurso como extremo en la solución del proyecto.

Se adoptó como vehículo de proyecto el DE-450 por considerarse que es representativo del tránsito que circula por este tipo de caminos.

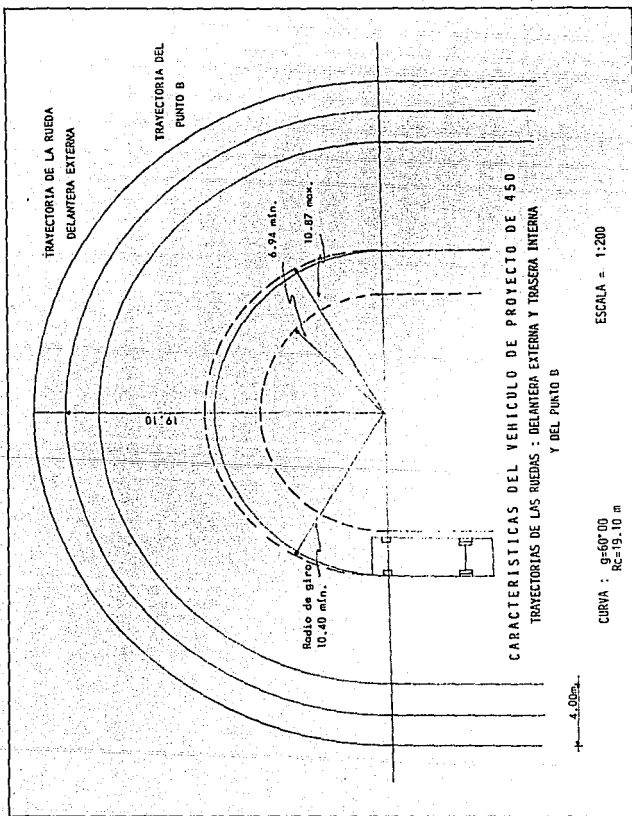
Para este vehículo el radio de giro mínimo es de 7.32 metros, en las normas de proyecto se establece que el grado máximo de curvatura es de 60 grados cuyo radio es de 19.10 metros que resulta suficiente para que no haya problemas en la circulación (figura 3).

3.1.5. ANCHO DE LA SECCION.

El ancho de la calzada de 4.00 metros se establece para un solo carril de circulación, con base en los bajos volúmenes de tránsito que circulan.

La experiencia ha demostrado que conservar uniformemente la corona, simplifica el proyecto y los procedimientos constructivos, permite que los vehículos transiten sin tener que efectuar maniobras adicionales en determinados tramos del camino.

FIGURA 3



El problema de encuentro de dos vehículos se resuelve a través de ampliaciones en la corona, que se denominan libraderos y que se ubican de acuerdo con las condiciones topográficas (figura 4).

Desde el punto de vista económico las pérdidas originadas por el encuentro no son significativas y se logra abatir el costo del camino, considerando un solo carril de circulación.

3.1.6. BOMBEO.

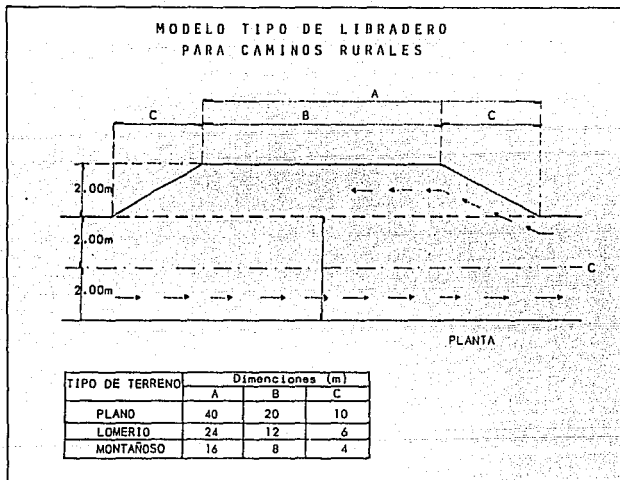
Se establece bombeo en tangentes a dos aguas con pendiente transversal de tres a cuatro grados, con la finalidad de propiciar un mejor escurrimiento del agua que cae sobre la superficie del camino y preserva la forma de la sección tomando en cuenta que estos caminos normalmente no se compactan.

3.2. ESTUDIO Y PROYECTO.

Una vez realizados los estudios socioeconómicos que justifican la construcción de caminos nuevos y las mejoras de los existentes es necesario realizar una serie de trabajos preliminares que básicamente comprenden el estudio comparativo de todas las rutas posibles y convencionales para seleccionar en cada caso, las que ofrezcan las mayores ventajas económicas y sociales

Para la realización de un camino nuevo o mejoramiento de brecha el estudio comprende las fases expuestas a continuación.

FIGURA 4



3.2.1. SELECCION DE RUTA.

Es de fundamental importancia dentro del estudio y proyecto de un camino, la fase correspondiente a la selección de ruta, ya que los resultados de todo el proceso dependerán en gran medida de una adecuada selección de ruta

Debido a que en caminos rurales, se tiene una gran diversidad de caminos en cuanto a la longitud de los mismos, se tienen condiciones particulares para definir la ruta a seguir.

Estadísticas de los últimos nueve años proporcionaron la siguiente información: de un total de 2,678 caminos estudiados el 22% fueron de longitud entre 5 y 15 km. y el 38% con longitud mayores a 15 km.

De acuerdo con estos datos existen caminos que requieren un minucioso estudio de diferentes alternativas de ruta y otros que por tener una longitud relativamente corta, por ubicarse en terrenos planos o lomeríos suaves, no es necesario el estudio de varias alternativas de solución, por encontrarse ésta bien definida.

El criterio para seleccionar la ruta en caminos rurales no es siempre buscar la más corta, sino será aquella que desarrollándola ubique en firme la sección, abata las pendientes y baje los volúmenes de terracerías con la nulificación de acarreos.

Los trabajos por efectuar en el campo, se desarrollan bajo un sistema similar a cualquier camino y consiste básicamente en el acopio de datos y análisis de los mismos para determinar costos y ventajas de las diferentes alternativas

3.2.2. ACOPIO DE DATOS.

Consiste en la definición de los puntos obligados o sea los sitios por donde será necesario que pase el camino, debido a razones técnicas, económicas, sociales o políticas.

Los puntos obligados pueden ser: poblaciones, puertos orográficos, cruces de ríos y zonas productivas.

La topografía, geología, hidrología, drenaje y el uso del suelo, tienen un efecto determinante en la localización de la ruta.

Los datos deben recopilarse por diferentes medios, los más comunes son los que se mencionan a continuación:

- a) Directamente de los habitantes de la región.
- b) A través de las obras de otras carreteras y caminos construídos en la zona.
- c) Fotografías aéreas (escala 1:25,000 o 1:50,000).
- d) Cartas topográficas (escala 1:50,000).

El estudio de las fotografías aéreas y de las cartas permite ubicar sobre éstas, las posibles rutas en las que aparecen los puntos obligados y se pueden determinar los desniveles entre los puntos obligados y definir, en esta forma, la pendiente que registrará el trazo.

3.2.3. RECONOCIMIENTO.

Una vez representadas las posibles rutas sobre las cartas topográficas, se inicia el trabajo de campo con los reconocimientos del terreno, los cuales pueden ser aéreos, terrestres o combinados.

Recomendaciones aereos.

Este tipo de reconocimiento ofrece mayores ventajas por la rapidez con que se efectúa y, por las grandes áreas que se pueden dominar, con los vuelos a diferentes alturas en avionetas o helicópteros.

Reconocimiento terrestre.

En un alto porcentaje, se podrá aplicar el reconocimiento terrestre por dos razones fundamentales: la corta longitud de los caminos y los recursos presupuestarios que se autorizan en general para este tipo de estudios

Reconocimiento combinado.

Es una combinación de las dos anteriores y se lleva a cabo en las siguientes circunstancias:

- Cuando no se dispone de fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en avión o helicóptero.
- Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y de momento no es posible continuar con el reconocimiento aéreo.

Los reconocimientos deberán hacerse en conjunto, por el residente general o residente de construcción responsable del camino, un experto en proyectos y el encargado del estudio de la localización, guiados por un conocedor de la región y con ayuda del siguiente equipo:

- Brújula
- Aneroide
- Clisímetro
- Binoculares
- Cámara fotográfica

La brújula servirá para tomar los rumbos de los ríos, así como el rumbo general de la línea que se va a estudiar.

El aneroide para verificar las cotas de los puertos orográficos, de los fondos de las cañadas y otros puntos de interés.

El clisímetro en la determinación de las pendientes que tendrá la ruta.

Binoculares en la observación de las diferentes formaciones que se cruzan a lo largo de la ruta y visualizar otros puntos en mejores condiciones.

La cámara fotográfica, permitirá tomar fotografías de los sitios que se consideren convenientes incluir en los informes que se presenten después de los reconocimientos.

Durante el reconocimiento, se deberán dejar señales sobre la ruta, a fin de que posteriormente, sirvan de guía al trazo preliminar o definido, según sea el caso.

3.2.4. ESTUDIOS PRELIMINARES.

Una vez definida la ruta por donde se alojará el camino, se procede a efectuar el estudio preliminar que normalmente consiste en:

- Trazo y nivelación de la preliminar
- Levantamiento de las secciones transversales de topografía

Por razones económicas y de tiempo, una gran cantidad de estudios para caminos rurales, no han contado con esta información y sólo se han ejecutado en tramos con problemas específicos, en los cuales es indispensable elaborar estos trabajos o en casos especiales de caminos que requieren del estudio.

En términos generales el trazo se efectúa por el procedimiento de alineación con balizas (mediante observación visual), sin empleo de teodolito, se fija el origen del camino y se señala con cinta a cada 20 metros, las estaciones que se construyen. Luego con un nivel de mano y estatal se procede a la nivelación del eje central así como a su seccionamiento transversal (figura 5).

3.2.5. ESTUDIO DEFINITIVO.

Los trabajos a efectuar en esta etapa normalmente son los siguientes

- Trazo y nivelación definitivo
- Secciones de construcción
- Estudio del campo del drenaje
- Referencias del trazo
- Orientación astronómica

3.2.6. ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL.

Es necesario apegar el trazo a las ondulaciones naturales del terreno, para obtener menores espesores de corte y terrapién, considerando que las terracerías no se compactan y para abatir costos de construcción (figura 6) cuando los volúmenes de terracerías son muy fuertes, es preferible dar mayor desarrollo a la línea en vez de trazos directos que puedan resultar muy costosos (figura 7).

Aprovechar los parteaguas, ya que esta condición ofrece un drenaje natural y sólo se construyen las obras de alivio necesarias y se disminuye el volumen de terracerías.

FIGURA 5

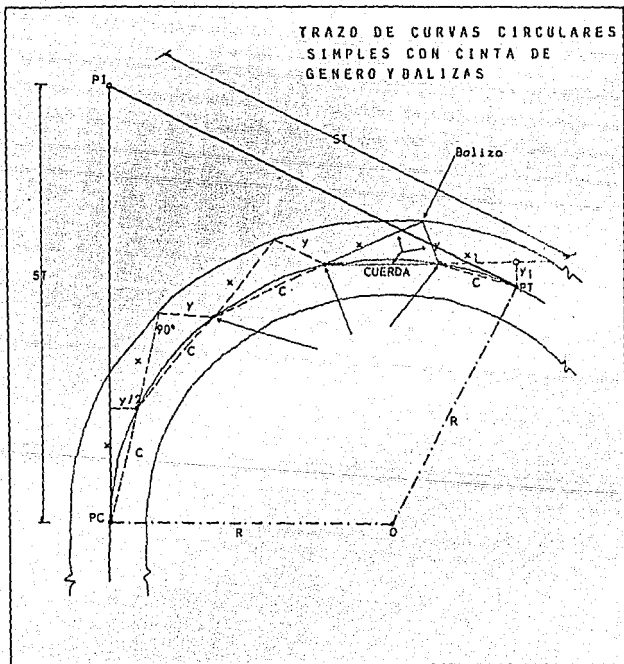
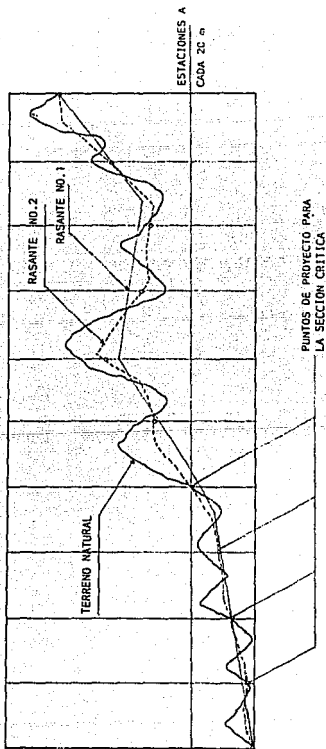
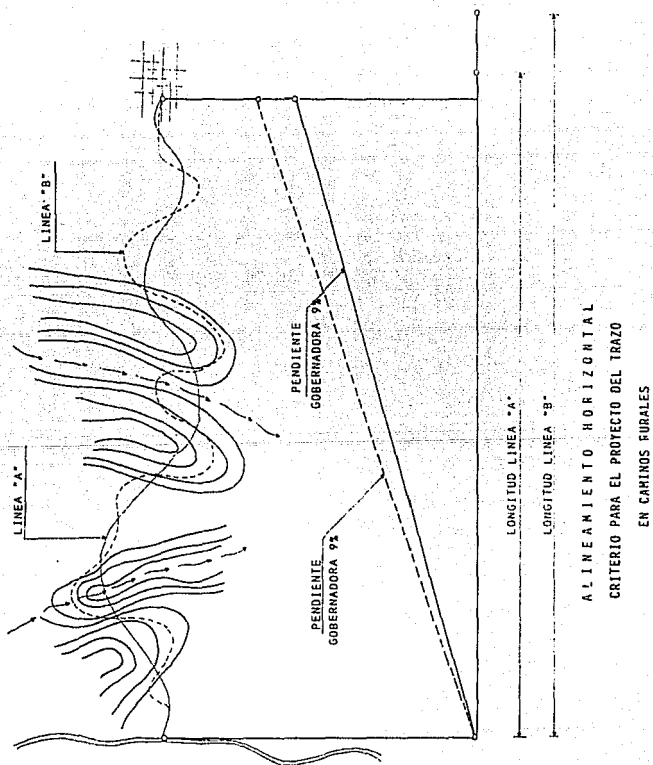


FIGURA 6



ALINEAMIENTO VERTICAL
CRITERIO PARA EL PROYECTO DE LA RASANTE
EN CAMINOS RURALES

FIGURA 7



3.2.7. SECCION TRANSVERSAL.

De acuerdo al tipo de terreno puede ser plano, lomerío o montañoso.

Terreno plano.

La rasante está restringida por el drenaje y debe permitir que éste se aloje en la sección.

Generalmente las terracerías se construyen con préstamo lateral o de banco (figura 8).

Terreno lomerío.

En este tipo de terreno, es adecuado usar las contrapendientes sin caer en excesos, con el propósito de apegar el proyecto de la rasante al terreno natural

Las compensaciones longitudinales en el estudio de la curva masa se resuelven con distancias cortas de acarreo; en caso de tener distancias largas en los sobreacarreos, es preferible desperdiciar el material (figura 9).

Terreno montañoso.

En este caso se tiene un sistema de drenaje bien definido, la sección del camino debe proyectarse en firme o con terraplenes de espesor mínimo.

La sección mixta que tiene transversalmente corte y terraplén no es recomendable porque requiere de escalones de liga que no se construyen y por lo tanto los terraplenes sufren desplazamientos o asentamientos que afectan la estabilidad del camino (figura 10).

FIGURA 8

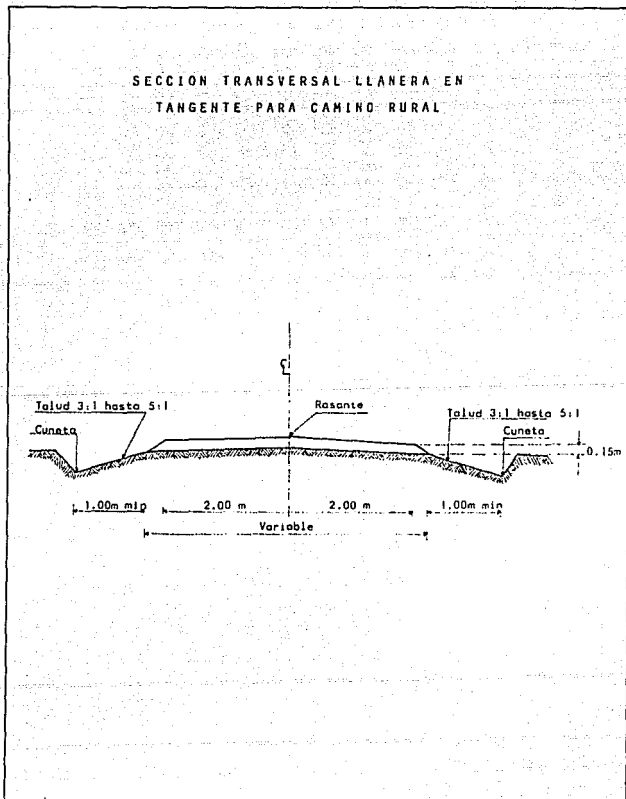


FIGURA 9

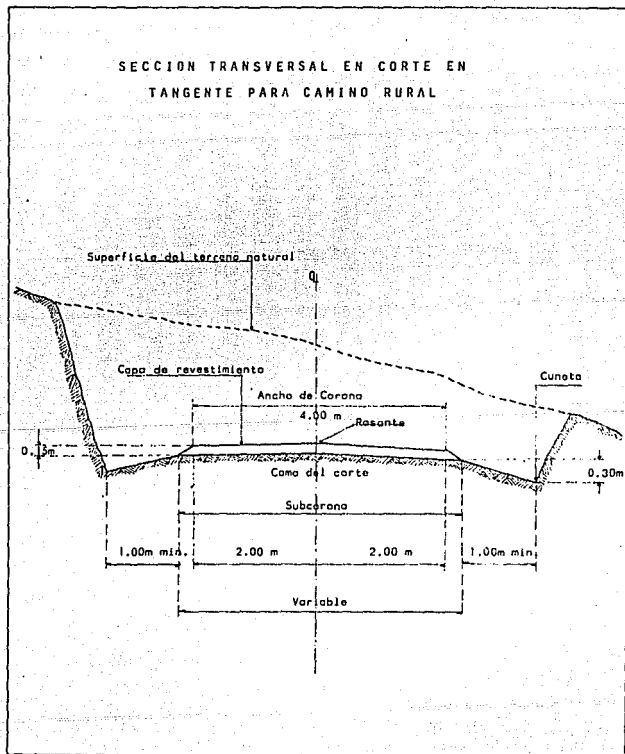
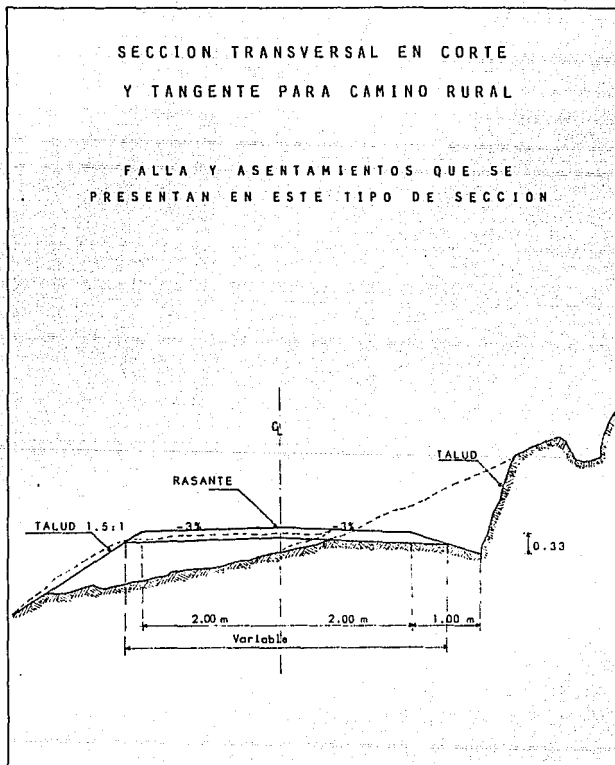


FIGURA 10



El recurso de utilizar las contrapendientes y las recomendaciones de apegarse al máximo a las ondulaciones del terreno, elimina la posibilidad de movimientos longitudinales de terracerías, por lo que es poco frecuente el estudio de diagramas de masas de este tipo de caminos.

Estas secciones se indican físicamente en los terrenos con procedimientos que se valen de estacas e hilos (reventones) que sirvan para perfilar la forma de la sección.

Las secciones típicas son dos, la de corte y terraplén la forma de indicarse en el terreno es de acuerdo con el procedimiento descrito a continuación.

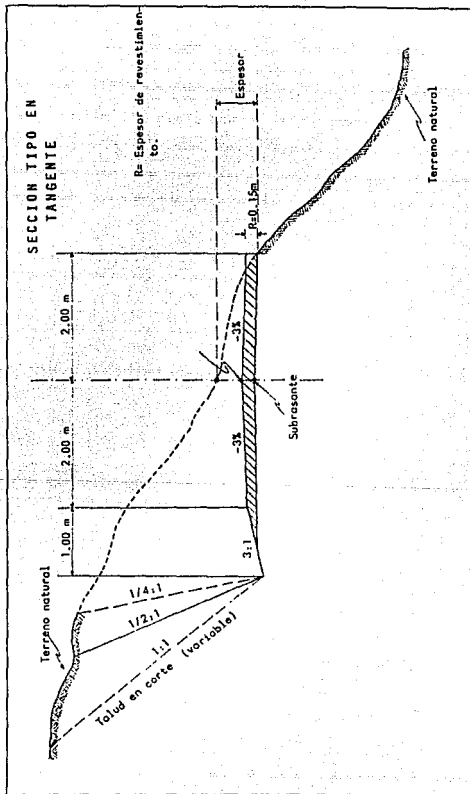
3.2.8. SECCION DE CORTE.

Si el proyecto de la sección queda dentro del terreno natural, se dice que la sección esta en corte (figura 11).

El procedimiento que se sigue para configurarla en el terreno es por medio de un estacado que señale las partes importantes de la sección en la forma siguiente

- Colocar estacas en los puntos importantes del eje del camino como son las estaciones cerradas, principalmente, principio de curva (pc) y principio de tangente (pt).
- En la misma sección colocar estacas en la línea que define el hombro y que generalmente equidistan 2 metros del eje, (cuando no hay sobreancho).
- Colocar estacas en el fondo de la cuneta a la distancia de 1 metro del hombro.
- Marcar con una estaca la traza de talud en corte con el terreno natural.

FIGURA 11



Longitudinalmente la sección se delinea con hilos atados y tensados, definiendo así el eje del camino, y las líneas de los hombros, fondos de las cunetas y el inicio del talud en corte. Los niveles se marcarán con crayones rojo sobre las estacas, pudiéndose transportar las cotas con nivel de mano.

3.2.9. SECCION DE TERRAPLEN.

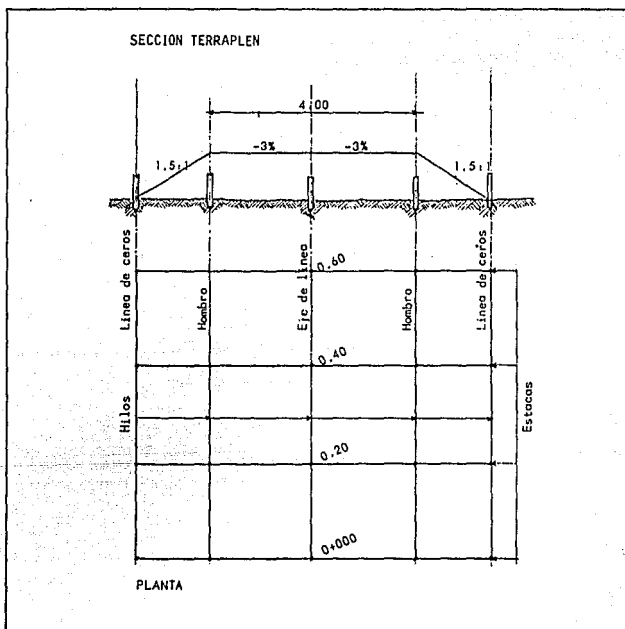
Si el proyecto de la sección, se encuentra a mayor altura del terreno natural, se tiene la sección en terraplén y se construirá con préstamo lateral y/o de banco. En lugares donde abunde la piedra el cuerpo del camino se puede construir con este material formando un pedraplén.

El procedimiento para que quede configurado físicamente en el terreno es el mismo que se indica para la sección de corte (figura 12).

DRENAJE.

El drenaje tiene la función de evitar, lo más que sea posible, que el agua llegue a las diferentes partes que forman el camino y dar salida rápida al agua cuyo acceso sea inevitable, este tema se tratará más ampliamente en los capítulos 4 y 5.

FIGURA 12



3.3. TRABAJOS DE GABINETE.

Con la información captada a través de los trabajos ejecutados en el campo, se procede a efectuar los cálculos y dibujos, que finalmente permiten la obtención de los planos necesarios para la ejecución de la obra y que serán la base también para elaborar presupuestos, estimaciones y supervisiones que se tengan que llevar a cabo.

Independientemente de la forma en que los trabajos se ejecutan, es fundamental que el responsable de la recepción, revise cuidadosamente la presentación y el contenido de los mismos.

Por lo que respecta a la presentación, deberá tomarse en cuenta el tipo de papel, el tamaño del plano, las márgenes y cuadros que se hayan establecido, con la finalidad de obtener uniformidad en la presentación de los trabajos y permitir su manejo y formación de expedientes; existen dos tamaños que se denominan como carta y doble carta, que cubren las necesidades requeridas (figura 13).

En el aspecto del contenido, debe garantizarse que los datos deben ser los mismos requeridos para construir la obra, la finalidad es que con base en la normatividad establecida, se obtenga una calidad adecuada y uniforme en los trabajos.

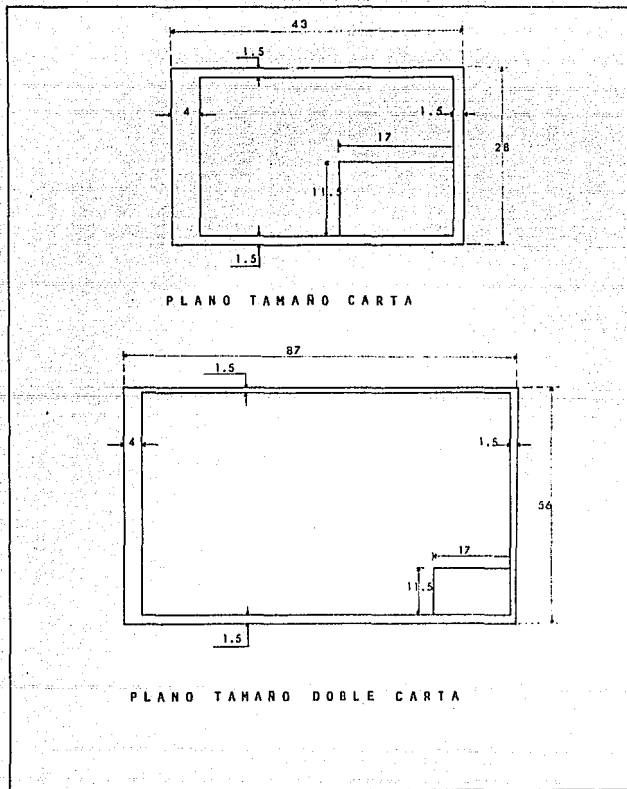
Normalmente para cualquier tipo de camino, se requiere de los planos de planta, perfil y secciones, así como el proyecto del drenaje.

3.3.1. PLANOS DE PROYECTO EJECUTIVO.

PLANO DE PLANTA

Se ha establecido que este plano se presente para tramos de 5.0 km a una escala de 1:2000 o 1:1000 dependiendo de la configuración topográfica, dibujado en papel albanene, tamaño doble carta.

FIGURA 13



En términos generales contendrá la configuración topográfica, la planimetría de la franja en estudio, así como los datos concernientes a los trazos preliminares y definitivos.

PLANO DE PERFILES.

Este plano corresponderá a los mismos 5.0 km de la planta, dibujado a las siguientes escalas: vertical 1:200, horizontal 1:2000 o bien, vertical 1:100, horizontal 1:1000, de acuerdo con la configuración topográfica, dibujado en papel milimétrico delgado, tamaño doble carta.

Los principales datos que contiene son: perfil natural del terreno, proyecto de la rasante, espesores y volúmenes de corte, terraplén y los movimientos de terracerías.

PLANO DE SECCIONES.

Dibujado para la misma longitud del tramo, a la escala horizontal y vertical de 1:100, en papel milimétrico delgado, tamaño doble carta.

Los principales datos son: el perfil natural del terreno, el proyecto de la sección y las áreas en corte y terraplén.

PROYECTOS DE DRENAJE.

Para cada obra de drenaje, que por lo general se resuelve a base de alcantarillas de tubo, bóveda, cajones o losas, deberá presentarse en las formas diseñadas por la propia Secretaría, donde están contenidos todos los datos que se necesitan para su construcción y pago.

La información captada en el campo, se presenta a través de registros, (ANEXO No.1) complementándose el expediente con las formas de cálculo, de acuerdo con la siguiente relación:

- Registros de trazo, para preliminares y definitivo.

- Registros del nivel, correspondientes a los trazos mencionados.

- Secciones transversales, de topografía y de construcción.

- Cálculo de la orientación astronómica.

- Registros para las obras de drenaje.

- Cálculos de rasante y curva masa.

3.3.2. ANEXO 1

MODELO DE CEDULA MINIMA DE INFORMACION SOCIOECONOMICA

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION
GENERAL DE ANALISIS DE INVERSIONES

FECHA

1.- DATOS GENERALES.

Localidad Mpio Edo No.de
 Habitantes.....(199) No.de Jefes de Fam. Población:
 Concentrada () Dispersa () Vivienda No. de casas
 Mats.Predominantes

2.- ACTIVIDADES ECONOMICAS.

2.1 Clasificación y Tenencia de la tierra (Ha)

Ejidal Comunal Pequeña Propiedad

Temporal -----
 Riego -----
 Jugo o humedad -----
 Agostadero -----
 Suma -----
 Superficie potencial -----(Ha)

2.2 Producción Agrícola

Producción

Productos	Anual (Ton)	Hectáreas
Maíz	-----	-----
Frijol	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----

2.3 Ganadería

Especies	No. de Cabs.	Precio por Cabeza
Vacuno	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----
-----	-----	-----

2.4 Industrias

Tipo	Num. de Establec.	Valor de la Producción Anual
-----	-----	-----
-----	-----	-----

2.5 Artesanías

Tipo	No. de piezas	Valor

3.- OBRAS Y SERVICIOS DE ORDEN SOCIAL Y ECONOMICO.

3.1 Comunicación:

Telégrafo ()
 Teléfono ()
 Radio Transmisor ()
 Correo ()
 Est.Ferrocarril ()

3.2 Hidráulicas

Presas de almacenamiento _____ Ha. _____
 Presa derivadora _____ Ha. _____
 Bordo _____ Ha. _____
 Pozo _____ Ha. _____

3.3 Almacenamiento y distribución

No. de Bodegas y Silos _____ Cap. _____ Ton. _____
 No. de Tiendas Conasupo _____ Particulares _____

3.4 Principal Centro de Intercambio Comercial _____

3.5 Electricidad: Por Línea () Planta () Pob.Servida _____

3.6 Agua Potable: Hidrante Público () Red de Dist. ()

3.7 Alcantarillado _____ Pob.Servida _____ Hab.

3.8 Centros Hospitalarios y Asistenciales
Casa de Salud () Centro de Salud () Consultorio ()

3.9 Educación: Población Escolar _____ No.Maestros _____
Aulas: Existentes _____ En Construcción _____ Mal Estado _____
Necesarias _____

3.10 Otras Instalaciones: Mercado () Rastro () Iglesia ()
Panteón () Plaza Cívica () Inst.Deportivas ()

4.- CARACTERISTICAS DE COMUNICACION.

4.1 Obra Solicitada _____

4.2 Características de la Comunicación Terrestre:
Vereda _____ Km. Brecha _____ Km. Camino _____ Km.

4.3 Longitud Total _____ Km. Ancho de la Corona _____ M.

4.4 Topografía: Plano ____% Lomerío ____% Montañoso ____%

4.5 Tipo de Suelo: A ____% B ____% C ____%

4.6 Ubicación de Bancos de Material _____ Km a la Obra

4.7 Cruces con Ríos y Arroyos:

Nombre Longitud Tipo de Cauce Tipo de Obra Costo

4.8 Entronca con Carretera: Pav. () Rev. () Tramo _____

4.9 Costo Total Aprox. _____ Terr. _____ O.D. _____ Rev. _____

4.10 Tipo de Transporte _____

4.11 Costo de Transporte _____ Por persona _____
Por Bullo, Distancia _____ Km.

4.12 Num.de Vehículos de la Localidad; Automóviles _____
Camionetas _____ Camiones _____

4.13 Volumen y Composición del Tránsito A _____ B _____
Total _____ Vehículos/Semana

4.14 Otras Localidades Beneficiadas

Directas		Indirectas	
Localidades	Habitantes	Localidades	Habitantes
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

OBRAS EN :

EJECUCION PROYECTO INICIATIVA

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Observaciones: _____

Opinión: _____

NOTA : La localidad investigada deberá presentarse a nivel regional al reverso de la hoja (croquis).

INVESTIGO

Vo. Bo.

REPRESENTANTE DE LA
DIR. GEN. DE ANAL.
DE INVERSIONES.

DEPTO. DE CONVENIOS Y
ANALISIS DE DEMANDAS.

CAPITULO 4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LOS CAMINOS RURALES.

Para llevar a cabo la ejecución de un camino se tiene que tomar en cuenta que se tendrán que ejecutar los siguientes conceptos:

- Desmante.
- Cortes.
- Préstamos.
- Terraplenes.
- Acarreos.
- Rellenos.
- Canales.
- Mamposterías.
- Zampeados.
- Revestimiento.
- Empedrados.

4.1. EJECUCION DE DESMONTE PARA CONSTRUCCION.

En los terrenos donde se van a ejecutar excavaciones, hacer rellenos o a nivelarse deben desmontarse primero. En el desmante se incluye la remoción de la vegetación que pueden ser hierbas, malezas, matorrales, árboles y bosques. Generalmente se realiza a mano el corte de arbustos y en los árboles se debe hacer como altura máxima del suelo a 75 cm, por lo que se refiere a vegetación de regiones desérticas normalmente se ejecuta con máquina.

El desmante por lo regular siempre se hace con un tractor con hoja especial angular de empuje y de accesorios de desgarramientos, esto es para árboles hasta de 30 cm.

Al proceder a la construcción de una carretera lo primero que se lleva a cabo es el desmonte, que consiste en despejar la vegetación del derecho de vía y las áreas destinadas a bancos. Los principales objetivos que tiene el desmonte son:

- Permitir la operación de la maquinaria de construcción en zonas boscosas.
- Evitar la caída posterior de árboles o ramas a las vías terrestres, al quedar aquellas muy cerca de los taludes del corte.
- Aumentar la visibilidad en las curvas horizontales, sobre todo en terreno plano con vegetación intensa.
- Evitar el efecto del desarrollo de raíces que afecten posteriormente la superficie de rodamiento.
- Evitar problemas de comportamiento posterior en los terraplenes al podrirse los troncos que quedan bajo el mismo

4.2. DESPALME.

Es práctica común preparar el terreno natural antes de la construcción, eliminando un cierto espesor de su superficie, a este trabajo se le llama despalme. El despalme suele llevarse a profundidades aproximadas de 30 cm, frecuentemente varía esta dimensión dependiendo el tipo de terreno que se vaya a despaltar, aumentando o disminuyendo esta medida. Los principales objetivos del despalme son:

- Eliminar materiales no deseables
- Permitir la liga adecuada entre los terrapienes y el terreno de cimentacion
- Evitar movimientos en los terrapienes, pues la cobertura vegetal superficial generalmente es un material esponjoso y compresible.
- Eliminar suelos inadecuados para la construcción, en préstamos por crecimiento posterior.

Los trabajos de despalme generalmente se efectúan con motoescrapas o Bulldozer.

Las operaciones que se incluyen en el desmonte son:

Tala: consiste en cortar árboles y arbustos, recientemente se procura respetar árboles que no afecten la visibilidad de la obra.

Roza: consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de la siembra.

Desenraice: consiste en sacar los troncos con raíces, o cortando éstas, se lleva a cabo hasta un metro fuera de los ceros

Limpia y quema: consiste en colocar el producto del desmonte en un lugar adecuado, donde no provoque molestias; dicho producto se puede sacar para su aprovechamiento o quemarse, pero no debe dejarse depositado en forma indefinida.

Todas estas operaciones se realizan en el límite de derecho de vía. El desmonte debe estar terminado 1 km adelante del frente de ataque de las terracerías. El contratante del trabajo fijará de acuerdo con los programas de obra, la longitud máxima del tramo por desmontar.

Cuando el desmonte se hace a mano es cuando se tiene por quitar pequeños matorrales o para desmontar terrenos de gran superficie, pantanosos, y abruptos que dificulten el uso de la maquinaria.

Usualmente se queman los matorrales, aun cuando los derechos de vía son angostos se pueden amontonar a los lados. Si las condiciones lo permiten es mejor quemarlos inmediatamente después de cortarlos para evitar movimientos posteriores si las molestias del humo o el peligro de incendio impiden este método, se amontonan y se queman una vez que se hayan secado.

Cuando el desmonte se lleva a cabo por medio de equipo pesado la maquinaria más adecuada es el bulldozer, el cual trabaja mejor cuando el terreno es suficientemente firme para soportarla y cuando no hay, zanjas, lomas pronunciadas ni rocas. Existen pocos lugares donde un bulldozer no pueda ayudar a las cuadrillas que desmontan a mano, desmontando superficies, en las que opera moviendo troncos y cortando matorrales o abriendo camino para los camiones de abastecimiento.

Los resultados varían con el tipo de vegetación y las condiciones del terreno, en las tierras resacas se quebrará un alto porcentaje de troncos, mientras que las condiciones húmedas o arenosas favorecen al desenraice, el trabajo se puede acelerar poniendo a un trabajador a cortar y recoger los arbustos separados que de no ser así, requerirán otro paso del bulldozer.

Una de las mejores herramientas para desyerbar es una cuchilla especial que tiene dientes que se proyectan hacia abajo desde una orilla, y se llama rastrillo. Estos rastrillos para matorrales permiten que los dientes trabajen bajo el nivel del terreno, sacando las raíces al mismo tiempo que el material que está sobre la superficie y dejando pasar la tierra a través del espacio entre los dientes.

4.3. CORTES.

Los cortes son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes en rebajes de la corona de cortes y/o terraplenes existentes, en derrumbes, en escalones y en despalme de cortes o para el desplante de terraplenes, con objeto de preparar y/o formar la sección de la obra, de acuerdo a lo fijado en el proyecto.

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga, se clasifican tomando en base los tres tipos siguientes:

MATERIAL A:

Es el blando o suelto que puede ser excavado eficientemente con escrepa de capacidad adecuada para ser jalada con tractor de orugas, sin auxilio de arados o tractores. Además se consideran como material A, los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.5 cm. (3"). Los materiales mas comunmente clasificados como material A, son los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

MATERIAL B:

Es el que por su dificultad de extracción y carga, solo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, o con pala mecánica de capacidad mínima de un metro cúbico, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen estos para aumentar el rendimiento, además se consideran material B, las piedras sueltas menores de 75 cm. y mayores de 7.5 cm.

Los materiales más comunmente clasificados como este tipo de material, son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetate.

MATERIAL C:

Es el que por su dificultad de extracción, solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además se consideran como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor a 75 cm. Entre los materiales clasificables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

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

Las excavaciones de los cortes se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte; cuando lo indique el proyecto, las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria de tal forma que su desague no ocasione perjuicio a los cortes ni a los terraplenes; las contracunetas, cuando las indique el proyecto, deberán hacerse simultáneamente con el corte. Los materiales obtenidos de los cortes se emplearán en la formación de terraplenes o se desperdiciará, como se indique en el proyecto, todas las piedras flojas y materiales sueltos serán removidos.

Al realizar los cortes, particularmente cuando se usan explosivos, se evitará hasta donde sea posible aflojar material en los taludes más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto. En los cortes de material la excavación se hará hasta una profundidad media de 30 cm abajo de la sub-rasante de proyecto, para formar la cama, no debiendo quedar salientes de roca a menos de 15 cm, abajo de la sub-

rasante. Todo el material proveniente de esta excavación adicional deberá acarreararse afuera del corte y depositarlo en el lugar que se indique.

Antes de iniciar los cortes en los tramos de terracerías compensadas, la construcción de alcantarillas y muros de sostenimiento siempre deberán haberse terminado dentro de los 500 m contiguos adelante del frente de ataque.

Todos los cortes aprovechables en los terraplenes de las terracerías compensadas, serán vaciados totalmente antes de efectuar préstamos de ajuste.

Para dar por terminado un corte, al nivel de la capa inferior a la sub-rasante, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección de su forma, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

4.4. PRESTAMOS.

Los préstamos son las excavaciones ejecutadas en los lugares fijados en el proyecto, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados. Los préstamos pueden ser laterales o de banco.

Los préstamos laterales son los ejecutados dentro de fajas ubicadas dentro de los cerros, en uno o ambos lados de las terracerías, con anchos determinados en el proyecto, cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos préstamos, pudiendo sobresalir los extremos de unos u otros, en cada caso hasta 20 metros. Los anchos de las fajas siempre se medirán a partir del eje de las terracerías.

Los préstamos de banco son los ejecutados fuera de la faja de 100 m. de ancho, también se consideran como préstamos de banco, las excavaciones ejecutadas dentro de las franjas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se

empleen en la construcción de terraplenes que no estén situados lateralmente a dichos préstamos, tomando la tolerancia de 20 m.

Para llevar a cabo los préstamos de banco primero se despalma el sitio, desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características no sea adecuada para la construcción de terraplenes y posteriormente se llevará a cabo la excavación hasta la profundidad fijada por el proyecto. Las excavaciones para préstamos deben quedar debidamente drenadas.

4.5. FORMACION DE TERRAPLENES Y COMPACTACION.

En caminos, para elevar el terreno hasta la rasante de proyecto se construyen los terraplenes, también para elevarlo arriba del nivel del agua, para añadir resistencia a los terrenos muy inestables, para la protección o arropamiento de los sistemas de drenaje.

El terraplen puede obtenerse de la excavación de lugares altos o bancos a lo largo del camino; los cortes cercanos a la obra son generalmente más baratos, porque se pueden cargar los costos de excavaciones y parte del acarreo como excavación.

Desde un punto de vista económico, en muchos casos es conveniente tirar el material excedente de cortes con posibilidad de ser utilizado, fuera del derecho de vía y no ser utilizado para la formación de terraplenes altos hasta el nivel de la sub-rasante del camino.

Cualquier tipo de tierra mineral o de roca se puede utilizar para la formación de terraplenes en un camino, sin embargo la arcilla y el limo son comúnmente malos.

ya que cambian de volumen frecuentemente cuando se mojan actuando como tubos de capilaridad, elevando el agua a la superficie.

Los mejores terraplenes son mezclas de dos o más materiales, encontrándose proporciones variables de arcilla, limo, arena, y grava. La arena y la grava son mejores cuando están mezclados con suficiente arcilla o limo y que sirven como cementantes estos últimos. Los suelos con un elevado porcentaje de arena y grava son buenos cuando el trabajo debe hacerse en lugares o estaciones lluviosas, ya que absorben y drenan grandes cantidades de agua.

El agua contenida en los suelos determina en gran parte el comportamiento de un terraplen, cada suelo se compacta mejor cuando su proporción de agua es la óptima.

Los suelos elásticos se compactan un poco bajo el efecto de los compactadores, en la operación se calienta el terreno y se expulsa el agua hacia arriba, con lo que se acelera su secado.

Cuando el suelo está demasiado seco, es conveniente mojarlo con carros pipa cuando se esta extendiendo y compactando.

Es conveniente que los terraplenes queden bien unidos a la superficie sobre la que descansan, para evitar la formación de zonas saturadas, canales de agua y posibles abatimientos de los taludes. Lo que se logra generalmente quitando la vegetación y arando surcos en dirección transversal al talud del terreno.

Cuando el área que se va a terraplanear esta mojada, tiene forma irregular o de alguna manera impide el paso de la maquinaria, la primera capa se construye

descargando la carga de los camiones de volteo en el terreno y emparejando el material con bulldozer hasta una altura tal que sea cuando menos suficiente para soportar las unidades de acarreo. Después que se ha formado el piso transitable, el resto de las capas se forma por medio de camiones escrepas o cualquier otro tipo de acarreo.

Si la superficie es irregular pero transitable, se pueden rellenar los lugares bajos con capas compactadas o quitar las salientes, antes de colocar la parte principal del terraplen.

Los terraplenes se construyen con capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección, con un espesor aproximadamente uniforme que se ajusta a lo siguiente:

- En el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas debe ser tal que obtenga la compactación fijada.
- En caso de material no compactable, el espesor de las capas será el mínimo que permita el tamaño mayor del material.

La construcción de los terraplenes se puede efectuar también a mano cuando los volúmenes y espesores sean bajos de tal forma que puedan utilizarse carretillas, picos, palas y algunos aditamentos para la compactación, por ejemplo, pisones de fierro o de madera, etc.

Cuando existen tramos con topografía difícil o inaccesible al equipo de construcción, como depresiones profundas y angostas, el relleno se hará a volteo hasta lograr obtener el nivel de la sub-rasante.

Cuando se da por terminada la construcción de un terraplen, incluyendo su afinamiento, se verifica el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

La compactación es el proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los suelos. Esto implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual, en el suelo ocurren cambios de volumen de importancia, principalmente ligados a pérdidas de volumen de aire, ya que por lo general no se expulsa agua de los huecos durante el proceso de compactación.

Si el terraplen de un camino se construye sin apisonar, puede asentarse desigualmente durante un período que puede variar de seis meses a dos años ya que se ondulará o se romperá.

Un terraplen bien compactado no se contrae con el tiempo ni con su exposición a la intemperie, de manera que teóricamente es posible colocarle un revestimiento permanente de inmediato. Así mismo un terraplen bien compactado no absorbe el agua de lluvia con facilidad, por lo que el terraplen permanecerá lo suficientemente duro aún en las lluvias más fuertes, el que la superficie se ponga resbalosa depende de su contenido de arcilla y de la posible presencia de una capa de polvo seco, suelto que no haya estado compactado antes de la lluvia

La investigación y la experiencia han demostrado que la compactación de suelos, presenta varios aspectos distintos, de los cuales se mencionan algunos de ellos:

- La vibración tiende a ayudar a la compactación en ciertos materiales.
- Una leve acción de amasado hace aumentar la densidad.

-
- La presión y superficie de contacto son los factores que determinan la capacidad compactadora de las apisonadoras de neumáticos.
 - La presión de contacto empleada en la compactación durante la construcción debe ser la máxima que pueda aplicarse sin desplazamiento indebido.
 - La vibración aumenta en eficacia a medida que disminuye la cohesión y aumenta el carácter granular del material, alcanzando su valor máximo en las arenas y su mínimo en las arcillas.
 - El peso estático tiende a dar compactación máxima solamente cerca de la superficie.

Algunas de las precauciones que se deben de tomar en cuenta para la compactación en terraplenes son:

- Se ejecuta en todo lo ancho de la sección, según los grados de compactación que fije el proyecto.
- Se da al material uniformemente la humedad conveniente, se aplica el agua en el lugar de excavación o en el mismo terraplen, según el caso.
- Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de la compactación se elimina el agua excedente.
- Si es especificado en el proyecto, efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se escarificará y se agrega agua si es necesaria, a fin de ligarla.

Con objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplen, lo que no es posible en las

orillas, los terraplenes se construyen con una corona más ancha que la de proyecto y un talud diferente, que se encuentra con el talud teórico de proyecto de la línea de ceros; se obtienen así las cunas de sobreancho.

El proyecto incluye las dimensiones de las cunas citadas, las que se cortarán una vez que se haya terminado la construcción del terraplen: afinando el talud del mismo. El material resultante del corte de las cunas de sobreancho, se extiende uniformemente sobre el terreno natural al pie de los taludes del terraplen, sin obstruir el drenaje.

4.6. ACARREOS.

El acarreo es el transporte del material producto de cortes, excavaciones adicionales abajo de la subrasante, ampliaciones y/o abatimiento de taludes, rebajes de la corona de cortes y terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes y canales, para la construcción de terraplenes o efectuar desperdicios; así como el transporte del agua empleada en la compactación de las terracerías.

Para la ejecución de los acarreos cuando se trate de materiales sólidos, se procede hacerlo en camiones cargueros o camiones fuera de carretera, para el transporte del agua se utilizan camiones pipas, todos los materiales objeto de transportación tendrán un acarreo libre.

4.7. RELLENOS.

Es la colocación de materiales en excavaciones para alcantarillas y obras auxiliares o para su protección, utilizando el producto de las excavaciones o el de préstamo

Los rellenos se deben ejecutar a mano por capas apisonadas perfectamente cada una, estas serán menores de 20 cm debiéndose pasar cuando menos tres pasadas con el pisón, así hasta llegar a la capa de rasante.

En las obras mayores de drenaje al ejecutar los rellenos en el respaldo de el estribo o muro, a medida que avanza la construcción del relleno se coloca siempre un dren constituido por una capa de 25 cm de espesor de piedra quebrada o boleos.

El relleno también se hace por capas horizontales con material de 10 cm de tamaño máximo y los espesores no serán mayores de 20 cm.

4.8. CANALES.

Son excavaciones ejecutadas a cielo abierto con objeto de formar la sección de las cunetas, contracunetas, cauces artificiales y de rectificación de cauces naturales. La excavación de los canales o contracunetas se debe realizar siguiendo un sistema de ataque que facilite el drenaje y poder así trabajar en seco.

En las contracunetas el material debe ser depositado aguas abajo formando un borde y retirado cuando menos un metro para evitar que resbale hacia la excavación.

4.9. MAMPOSTERIAS.

Son elementos estructurales que se construyen con piedra, junteada con mortero cemento o de cal o sin juntear

Una vez terminada la superficie de desplante se apisona y sobre ella se tiende una plantilla de mortero húmeda, además se coloca una capa de pedacería de piedra de un espesor determinado.

El coronamiento o enrase de una mampostería que queda expuesta a la intemperie deberá cubrirse con un chapeo de mortero cemento arena 1:4, con un espesor mínimo de 3 cm, dándole una pendiente transversal del 2%.

Siempre que se trate de muros de contención, estribos y bóvedas se colocarán drenes para permitir el flujo del agua del nivel freático y evitar la destrucción por el empuje de ésta.

4.10. ZAMPEADOS.

Son recubrimientos de superficie con mampostería o concreto hidráulico, para protegerlas contra la erosión.

Los zampeados de mampostería de tercera se construyen en las cunetas con fuertes pendientes, cuando el material es inestable, granitos alterados, algunos taludes de material erosionable y en los pisos de las obras de drenaje como lo son losas, bóvedas y vados.

Los zampeados de concreto se construyen en zonas donde es necesario y no se encuentran piedras o se tienen que acarrear de distancias muy largas al lugar de la obra.

Las proporciones de grava, arena, agua y cemento, serán en base a la calidad de materiales existentes en la zona.

4.11. REVESTIMIENTOS.

Son capas de materiales seleccionados que se tienden sobre las terracerías, a fin de servir como superficie de rodamiento.

En algunos caminos los materiales que componen a las terracerías reúnen características para ser utilizados como superficie de rodamiento, en estos casos se suprime el tendido de la capa de revestimiento.

Los materiales que más comunmente se utilizan son las gravas y arenas de arroyos y ríos, pero cuando esto no es posible, se procede a la explotación de bancos seleccionados.

Cuando la mano de obra de la región no es abundante y es necesario proteger a las terracerías construídas, se recurre al empleo de explosivos y de cargadores (traxcavos) para la extracción y carga de los materiales.

Para la carga de los materiales a mano se procura utilizar los camiones de la región (habilitándolos para la tarea de acarreos), aún cuando no sean de volteo, con la precaución de que tengan una capacidad uniforme, a fin de que la descarga se realice en esparcimientos equidistantes que aseguren el tendido uniforme.

El tendido a mano del material de revestimiento permite, cuando la carga del material también es a mano, que durante este lapso de carga se tienda el siguiente camión cargado transitando sobre el material recién extendido, proporcionándole cierta uniformidad en el acomodo.

Al ser tendido el material, previamente se colocarán estacas e hilos indicando el espesor.

4.12. EMPEDRADOS.

Son superficies de rodamiento que se construyen sobre las terracerías, con piedra seleccionada, acomodada y acuñada sobre una capa de material areno-arcilloso.

En algunos casos ya sea por fuertes pendientes o que exista suficiente mano de obra y materiales disponibles en la región se construirán empedrados sobre la superficie de rodamiento dándole una mejor apariencia al camino, además de que el costo de conservación resulta más económico.

La superficie por empedrar debe estar terminada y afinada, sobre la cual se coloca una capa de material de 5 cm de espesor, se acomodará por medio de pisón de mano, dándole un riego de 5 litros de agua por m², sobre esta capa se irán colocando las piedras ancladas debidamente, primero se construirán dos o más guías con piedras mayores y posteriormente se colocarán las demás tomando como nivel las guías al término de un tramo, por último se les colocará otra capa de material areno-arcilloso el cual entrará en las juntas de las piedras y así poder evitar filtraciones.

4.13. CASOS ESPECIALES DE CONSTRUCCION DE CAMINOS RURALES

Uno de los principales procedimientos de construcción, puesto en práctica por la Dirección General de Caminos Rurales, el cual a sido utilizado en varios Estados de la República Mexicana, es el que se lleva a cabo a base de escrapas de mulas en la formación de terraplenes.

Para llevar a cabo este tipo de trabajo se requiere principalmente de :

Escrepas
Falsa
Bolsa
Balancines
Cadenas
Lomeras
Collarín
Collar
Pares de palotes
Cabezada
Bocado
Mulas

Como se ilustra en la figura 14.

Para la formación de terraplenes, utilizando las escrepas de mulas se procede de la siguiente forma:

Se realiza primero el trazo de la línea del eje del camino, y se marca el derecho de vía.

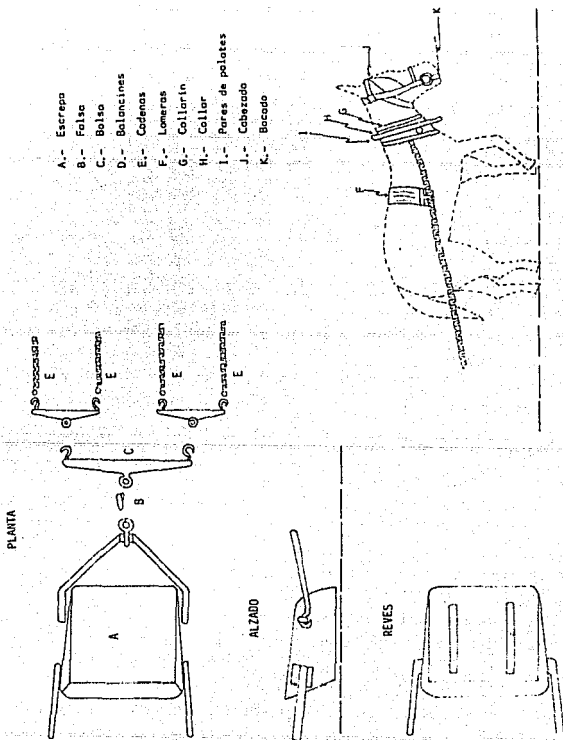
Con el uso de herramienta de mano, se desmonta y se desenraíza las áreas requeridas.

Utilizando hilos y estacas se marcan los espesores de terraplen de 40 a 50 cm y una línea más de 5 cm de ancho en ambos lados de los ceros para alojar el agua de la estructura del camino.

Con la ayuda de arados y mulas se afloja el material de préstamo en los lugares fijados, procurando que ese volumen sea ligeramente superior al requerido diariamente por las escrepas, tratando de conservar la humedad natural. El trabajo de los arados es permanente en virtud de que la profundidad de ataque es del orden de 20 a 25 cm y la altura del terraplen es 2 veces mayor.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

FIGURA 14



Con un grupo de ocho escrepas a cada dos estaciones o sea a 40 m, cada estación y disponiendo 4 a cada lado del camino, una tras otra, levantar el material y distribuirlo convenientemente, siguiendo en su recorrido la trayectoria de un círculo o una elipse, formando capas de 15 a 20 cm de espesor, con ello se obliga a los tiros de animales a pasar repetidamente sobre las distintas capas, lográndose un acomodo de las partículas del suelo y obteniendo un cierto grado de compactación (figura 15).

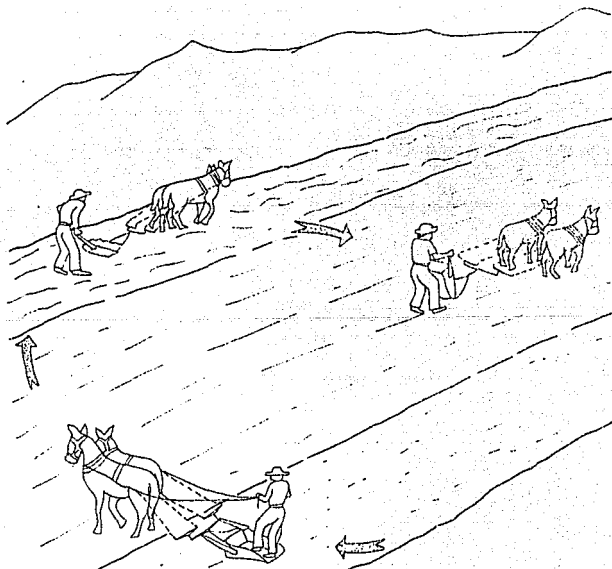
Lo primero que se tiende a realizar es un bacheo con el uso de una rastra hecha de vigueta "I" de 30" de peralte y 3 metros de largo, que es tirada por el camión de bacheo, por medio de dos cadenas de unos tres metros de longitud que van unidas al chasis del camión, a las viguetas se les atornilla en la parte del patín que está en contacto con la superficie de rodamiento, cuchillas de motoconformadora de deshecho, con el fin de que tengan capacidad de cortar los fragmentos de revestimiento que están bien acomodados y que no es conveniente desprenderlos. para darle mayor peso a la estructura se le coloca una cantidad de arcilla humedecida sobre el alma, ya que al secarse ésta queda como una pasta de lodo que no se desprende, pero que si cumple con su principal objetivo de lastre.

Para revestir se empieza cargando el camión que lleva la rastra con el material que se utilizará. Se necesitarán a dos personas, una para ir vaciando el material del camión al espacio que se encuentra entre el camión y la rastra de la forma que al ir avanzando se vayan corrigiendo las depresiones de la superficie de rodamiento del camino.

Estas rastros sustituyen la labor de una motoconformadora ya que la ventaja es que trabajando de esta forma se puede ir depositando el material de revestimiento en aquellos lugares que lo necesiten, cosa que no realiza la motoconformadora por no poder acarrear el material que se necesita para rellenar las depresiones del camino, además el costo que resulta es mucho más bajo que utilizar la motoconformadora.

Las vigas como las cadenas se adquieren en un depósito de fierros viejos, ya que no se requiere que sean nuevas por lo que el costo de adquisición también resulta ser muy bajo. Además de la facilidad con que se puede trasladar de un lado a otro.

FIGURA 15



CAPITULO 5. DRENAJE SUPERFICIAL.

El objetivo fundamental del drenaje, es la eliminación del agua que en cualquier forma que se presente perjudica a los caminos.

Las formas en que puede llegar el agua hasta el camino son:

- Precipitación directa.
- Escurrimiento del agua del terreno adyacente.
- Crecimiento de ríos y arroyos.
- Infiltración directa o por ascensión capilar a través del suelo.

El drenaje en los caminos se clasifica según sea el escurrimiento que se quiera encauzar, pudiendo ser superficial o a través de las capas de la corteza terrestre.

**DRENAJE
SUPERFICIAL**

DRENAJE LONGITUDINAL
U OBRAS DE CAPTACION
Y DEFENSA.

- MEJORAMIENTO DEL SUELO.
- BASES PERMEABLES.
- SOBREELEVACION.
- BOMBEO.
- CONTRACUNETAS.
- CANCELES.
- OBRAS AUXILIARES
(BORDE, LAVADEROS, ETC.).

DRENAJE TRANSVERSAL
U OBRAS DE CRUCE.

- ALCANTARILLAS.
(TUBOS, LOSAS, CAJONES,
BOVEDAS, ETC.).
- SIFONES.
- VADOS.
- PUENTE-VADO.
- PUENTES.

**DRENAJE
SUBTERRANEO**

ZANJAS CON DRENES DE TUBO.
DRENES CIEGOS.
TRINCHERAS ESTABILIZADORAS.
DRENES TRANSVERSALES DE
PENETRACION.

5.1. DRENAJE LONGITUDINAL U OBRAS DE CAPTACION Y DEFENSA.

El objetivo primordial de este tipo de obras es desviar los escurrimientos pluviales evitando que lleguen o permanezcan en el camino, previniendo daños en el mismo; comprenden este tipo de drenaje los siguientes procesos constructivos.

5.1.1. MEJORAMIENTO DEL SUELO.

Consiste en reemplazar el terreno natural no estable primeramente por una capa de material drenante para posteriormente formar el terraplen por una mezcla de diferentes materiales, los cuales le darían al suelo una mayor estabilidad, cohesión, etc. a fin de aumentar la permeabilidad del camino.

Es recomendable llevar a cabo el mejoramiento del suelo siempre y cuando los movimientos de materiales no sean muy altos además de que la mayoría de las secciones sean en terraplen

5.1.2. BASES PERMEABLES.

Quando se requiere bajar el nivel freático y reducir la altura de ascensión capilar es recomendable colocar una capa de material permeable a base de piedra quebrada y grava, en algunos casos esta capa se colocará con pendiente en "V" hacia el eje del camino, desalojando el agua posteriormente por una tubería hacia los costados del camino.

Este procedimiento es recomendable en donde hay terrenos compactados y el nivel de aguas freáticas no puede bajarse fácilmente, se recomienda un bombeo en la parte superior de la base de 4 a 8 %. En el caso de existir problemas de drenaje y de estabilidad combinados es más conveniente colocar el material con pendiente en "V".

5.1.3. SOBREELEVACION.

Cuando el camino se construye sobre el parteaguas de la cuenca se tendrá garantizado el drenaje por existir una sobreelevación natural del terreno; así mismo al construir un terraplen se está dando una sobreelevación al camino que, en la mayoría de los casos ayudará a simplificar las obras de drenaje.

5.1.4. BOMBEO.

Es la pendiente transversal que se da hacia ambos lados del camino en tangente o hacia un lado en curva con el objeto de eliminar el agua pluvial.

Se debe tener mucho cuidado al realizar esta pendiente al terraplen ya que en caso contrario el agua no saldría completamente de éste y lo destruiría.

5.1.5. CUNETAS.

En zonas de cortes el agua producto de las precipitaciones pluviales, que escurre por la superficie del camino, debido al bombeo, o bien en los taludes de cortes, al encharcarse tiende a infiltrarse hacia la capa subrasante disminuyendo la resistencia al esfuerzo cortante del material y provocando su falla; para evitar lo anterior existen las cunetas, que son canales paralelos al eje del camino y que se construyen al borde de la corona junto al pie del corte.

Existen varios tipos de cunetas, clasificados de acuerdo a la forma de su sección transversal como son:

- Triangulares.
- Rectangulares.
- Trapezoidales.

La sección más usual de la cuneta es la triangular debido a la facilidad que presenta tanto para su construcción como para su conservación. Es muy importante considerar las diferentes características del área por drenar para poder calcular así el área hidráulica.

Las dimensiones que se emplean para caminos rurales en cunetas de sección transversal triangular son aproximadamente de 1 m de ancho por 33 cm de profundidad con taludes de 3:1 a partir del hombro y el talud de corte aceptado por las terracerías del otro lado (figura 16).

Con el objeto de evitar que el agua que corre por las cunetas las erosione, se recomienda como regla práctica que su velocidad no sea mayor que 1.5 m/seg así como impermeabilizarlas cuando están excavadas en material erosionable o permeable, impidiéndose con ello las filtraciones y el crecimiento de vegetación.

Cuando el material es erosionable y se necesita reducir la velocidad que lleva el agua, se disminuye la pendiente de la cuneta y se agregan varios escalones de concreto o de mampostería, provocando así ligeras caídas de agua en el fondo del canal, o de otra manera aumentando la sección del canal (figura 17).

A fin de asegurar el funcionamiento eficiente de las cunetas, la longitud recomendable medida desde el parte aguas hasta su desfogue es:

En terrenos lomeríos será de 400 a 500 metros.

En terrenos montañosos será de 200 a 250 metros.

En el caso de ser mayores las longitudes deberá de disponerse de obras de alivio, su pendiente longitudinal será la del terreno con valores límites recomendables entre 0.5 y 6%.

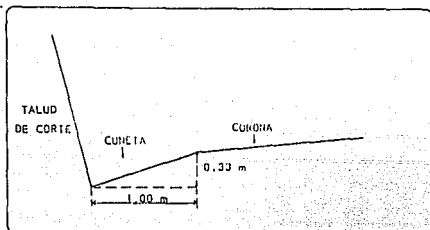


FIGURA 16

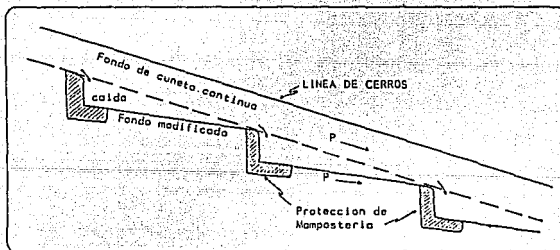


FIGURA 17

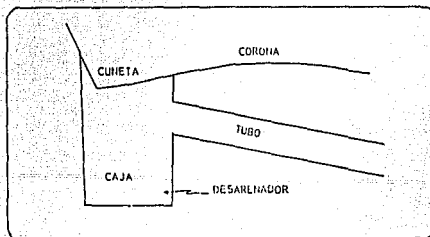


FIGURA 18

En la transición de las cunetas con las obras de alivio, es muy común que tengan que construirse obras auxiliares que podrían ser, muros interceptores dentro de la sección de las cunetas o bien cajones de entrada con desarenadores que son los más recomendables.

En los cajones de entrada con desarenador el agua que corre por las cunetas, antes de entrar a la alcantarilla, cae en la caja que más abajo de la alcantarilla tiene un depósito desarenador destinado a retener por sedimentación los arrastres que lleva la corriente del agua. Estas obras son fundamentales en los caminos rurales por lo que hay que tener mucho cuidado en su construcción ya que requieren de una conservación constante (figura 18).

Las siguientes tablas contienen las velocidades y gastos aproximados, para diferentes pendientes y con las dimensiones indicadas cuando se tiene la cuneta llena.

PENDIENTE EN %	VELICIDAD EN M/SEG	GASTOS MAXIMO M3/SEG
1	0.63	0.11
2	0.89	0.15
3	1.09	0.19
4	1.26	0.22
5	1.41	0.24
6	1.54	0.27

VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDABLES PARA DIFERENTES MATERIALES.

<u>MATERIAL DE LA CUNETETA</u>	<u>VELOCIDAD MAXIMA (M/SEG)</u>
ARENA FINA	0.50
BARRO DE SEDIMENTO	0.60
BARRO FIRMA	0.70
ARCILLA FIRME	0.90
GRAVA GRUESA	1.20
TEPETATE	1.50

En general, se estima que no deberán construirse zampeados de mampostería o protección de concreto, bajo las siguientes condiciones máximas:

VELOCIDAD	1.5 M/SEG
TIRANTE	15 CM
PENDIENTE	7 %

Las cunetas de secciones rectangulares y trapezoidales no son muy recomendables en los caminos rurales, ya que en general no son estables y en caso de caer en ellas los usuarios tendrían una inseguridad en el manejo, además de que los caminos son muy angostos.

5.1.6. CONTRACUNETAS.

En las laderas, aguas arriba de los cortes de una obra vial, con objeto de interceptar el agua de lluvia que pudiera escurrir hacia el camino y desviarla a fin de evitar que provoque por ejemplo, insuficiencia en las cunetas, deslaves en los taludes de los cortes, etc.

Las contracunetas son en general de sección trapezoidal con base de 50 a 60 cm. de altura promedio de 1 m. y taludes de 1:1, aunque estas dimensiones podrían variar de acuerdo al área hidráulica necesaria que a su vez se determina en función de la superficie por drenar, precipitación pluvial, la forma y pendiente de la ladera, cubierta vegetal y tipo de suelo.

La construcción de estas será adecuada sobre todo en terrenos montañosos y de lomeríos debiendo seguir en forma aproximada la dirección de las curvas de nivel con el propósito de que el escurrimiento que reciban sea perpendicular a su alineamiento.

Un factor básico en la localización de las contra cunetas es el conocimiento de la estratificación de las capas geológicas, ya que si en la excavación de las mismas se llegara a un manto poroso por donde se filtrara el agua, tal situación podría ocasionar deslaves y derrumbes, la distancia de la obra a la orilla del corte estará entonces en función de dicha estratificación, en el caso de no existir mantos porosos la distancia de la contracuneta al borde del corte será como mínimo de 3 metros de longitud o una distancia igual a la altura del corte, si esta es mayor.

Las contracunetas deberán tener su origen en el parteaguas empezando con una sección transversal de altura pequeña la cual irá aumentando conforme aumenta su longitud.

Su desfogue será libre y se hará en algunos casos en las cañadas hondonadas lejos del pie de los terraplenes, se debe procurar que su pendiente sea uniforme y dentro de ciertos límites para evitar erosión o azolves.

En el caso de que al final del terreno se tenga un desnivel importante se hará una rápida o caída, protegiendo al terreno natural, cuando sea necesario con zampeados o revistiéndolo con concreto.

5.1.7. CANALES.

Los canales son obras de protección que se podrán construir para encauzar la corriente y tratar de impedir que el agua pueda dañar el camino.

Estos tipos de obras son necesarios en casi todos los caminos pues comprenden desde canalizaciones simples, tales como las que encauzan las descargas de las cunetas hacia las proximidades de las alcantarillas o las que bajan a las mismas desde las contracunetas, hasta verdaderos canales de gran sección que puedan transportar grandes volúmenes de agua hasta puntos estratégicos en que puedan cruzar el camino.

Una de las inconveniencias es que se le debe de dar un mantenimiento constante para poder mantener la capacidad de descarga para la cual fue construida.

5.1.8. OBRAS AUXILIARES.

Se les llama obras auxiliares porque no forman parte del camino en sí, sin embargo su construcción beneficia enormemente la conservación del camino. Entre las obras auxiliares más comunes se pueden contar los bordos, lavaderos, muros de contención, etc.

5.1.8.1. BORDOS.

Los bordos pueden servir temporalmente o definitivamente, en zonas con pendientes en el sentido longitudinal del camino.

Son útiles para detener los escurrimientos de una ladera o de una zona relativamente plana con una lámina de agua extendida de poco tirante y sin cauce

definido y llevarlas hasta el lugar donde se localiza una obra con capacidad hidráulica suficiente para aceptarlas, evitándose con ello la construcción de algunas alcantarillas.

Los bordos suelen ser muy económicos pero tienen el inconveniente que su vida útil es muy corta.

5.1.8.2. LAVADEROS.

Son canales que se construyen sobre los taludes para dar salida a las corrientes que se forman por el hombro y el bordillo evitando que se erosionen; pueden ser zampeados, de lámina, de mampostería, de suelo-cemento, etc. debiendo estar debidamente anclados al terraplen.

Nunca hay que subestimar este tipo de obras ya que la erosión causada por el agua puede causar problemas mayores que el costo de la construcción de un lavadero.

5.2. DRENAJE TRANSVERSAL U OBRAS DE CRUCE.

5.2.1. ALCANTARILLAS.

Son estructuras diversas que se construyen en el camino con el objeto de proporcionar un paso adecuado a los escurrimientos provenientes de hondonadas, arroyos, cañadas, zanjas de riego, láminas superficiales, cunetas, etc.

Las alcantarillas en general están conformadas por una parte central denominada "cañon" rematada por dos partes extremas llamadas "muros de cabeza" si la estructura es tubular, y "alero" en el caso de que no sea de ese tipo.

Las alcantarillas se localizan por lo general en la parte mas baja del lecho original de la corriente, con sus niveles y lineas de flujo adaptadas a las del cauce original, siguiendo el ángulo de esviaje que tenga a fin de reducir al mínimo las perturbaciones y los problemas de erosión.

Tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Que la corriente tenga un cauce estable.
- Que el cruce se realice en un tramo recto del río.
- Que haya obstaculos locales como isletas.
- Que tenga un cauce uniforme y bien definido.
- Que el ancho del cauce sea el menor posible con un tirante de agua grande en relación con este ancho.
- Que el cruce sea el normal.
- Que las condiciones de cimentación sean buenas.

Para la elección del tipo de obra, en todos los casos se debe contar con los datos topográficos, hidráulicos y de cimentación que permitan seleccionar una obra que cumpla con los requerimientos de Ingeniería, en cuanto a economía y funcionalidad, así como los demas objetivos inherentes a los caminos rurales, ya mencionados.

Además de su apropiada funcionalidad hidráulica y estructural existen otros factores para la elección de tipo de obra como son:

- Altura del terraplén.
- Forma de la sección en el cruce.
- Capacidad de la sustentación del terreno.
- Materiales de construcción de la región.

En la relación con la altura del terraplén, cuando la subrasante del camino esta definida deberá tomarse en cuenta para elegir el tipo de alcantarilla; por ejemplo, los tubos y bóvedas necesitan un colchón mínimo de 0.60 m y 1.00 m respectivamente, en cambio las losas coladas en el lugar y los cajones pueden quedar a la altura de la rasante.

La forma de la sección de escurrimiento nos define la relación entre el ancho y altura libre que debe tener la alcantarilla, dando lugar a la utilización de losas, cajones o tubos, si la sección es estrecha y profunda las bóvedas pueden ser útiles.

La capacidad de carga del terreno nos puede indicar si se pueden utilizar losas sobre estribos de mampostería o cajones de concreto, ya que los esfuerzos que transmiten al terreno son mayores en el primer caso. Los materiales disponibles en la región nos definirán la alternativa mas económica al respecto.

Para la obtención del área hidráulica necesaria en una alcantarilla existen un número considerable de procedimientos, de los cuales mencionaremos los siguientes por ser los más usuales para drenaje en los caminos rurales.

Procedimientos empíricos:

Los procedimientos empíricos consisten en la determinación de la avenida de diseño usando fórmulas deducidas de la experiencia y en las cuales intervienen como variables únicas las características físicas de la cuenca.

La fórmula empírica empleada con mas frecuencia, es la publicada por el profesor A.N. Talbot, en 1887 en USA., la cual de dujo basado en los datos de escurrimiento de un gran número de observaciones efectuadas, sobre corrientes tributarias del Río Mississippi, la fórmula es:

$$A = 0.1832 c a$$

A = área hidráulica que deberá tener la alcantarilla en m²

a = área de la cuenca por drenar en hectáreas

c = coeficiente de escurrimiento que depende de la topografía de la cuenca

Para encontrar el coeficiente c se considera la siguiente tabla para diferentes características topográficas de la cuenca:

CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS DE LA CUENCA	VALOR DE C
Montañosas	1.00
Lomerío	0.60
Ondulada	0.45
Plana	0.20

METODO DE SECCION PENDIENTE.

Consiste en la determinación del gasto a partir de la huellas de las avenidas máximas presentadas o de la información que se obtenga de los habitantes del

lugar respecto a los niveles máximos alcanzados por el agua sean lo suficientemente confiables.

Este método nos sirve para calcular el gasto que pasa por una sección transversal del cauce determinado por medio de las fórmulas siguientes:

$$V = 1 / n (Rh^{2/3} \cdot S^{1/2})$$

$$Q = A (V)$$

V = velocidad de la corriente en m/seg

A = área hidráulica en la sección en estudio en m²

n = coeficiente de rugosidad

Rh = radio hidráulico en m

S = pendiente hidráulica

Q = gasto del diseño de alcantarilla en m³/seg

El área hidráulica de la alcantarilla debe revisarse para comprobar que los arrastres de mayor tamaño podrán pasar sin dañar la estructura, las alcantarillas podrán trabajar libres o con carga y la pendiente mas adecuada para ellas, será la que se apegue lo mas posible a la del terreno natural para evitar socavaciones o azolves.

Por la forma de su sección y los materiales de que estan construidas las alcantarillas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- Tubulares.
- Losas de concreto reforzadas.
- Bóveda de mampostería.
- Cajones de concreto reforzado.

5.2.1.1. ALCANTARILLAS TUBULARES.

Son de sección circular y por lo menos requieren un espesor de terraplén mínimo de 0.60 m para su mejor funcionamiento, los materiales de que están contruidos son: metálicos, de lámina ondulada, de concreto reforzado o de mampostería de tercera con mortero de cemento arena, (figura 19).

5.2.1.2. LOSAS DE CONCRETO REFORZADAS SOBRE ESTRIBOS.

Estan formadas por dos muros de mampostería de tercera con mortero de cemento-arena 1:5 sobre lo que se apoya una losa de concreto.

Cuando la resistencia del terreno sea baja se utilizarán estribos mixtos, con el muro de mampostería y el cimiento de concreto (figura 20).

5.2.1.3. BOVEDAS DE MAMPOSTERIA.

Son estructuras cuya sección transversal esta formada por tres partes principales: el piso, dos paredes verticales que son las caras interiores de los estribos y sobre estos, un arco circular, de medio punto o rebajado. Estan contruidas por mamposteria de tercera y mortero cemento-arena 1.5 y concreto $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ (figura 21).

5.2.1.4. CAJONES DE CONCRETO REFORZADO.

Son de sección rectangular de construcción excepcional en este tipo de caminos ya que son a base de paredes, techos y pisos de concreto reforzados. Su principal función es trabajar como un marco rígido que absorbe el peso y empuje del terraplén, la carga viva y la reacción del terreno. Todas las losas como los muros que los componen son delgados y de poco peso.

FIGURA 19

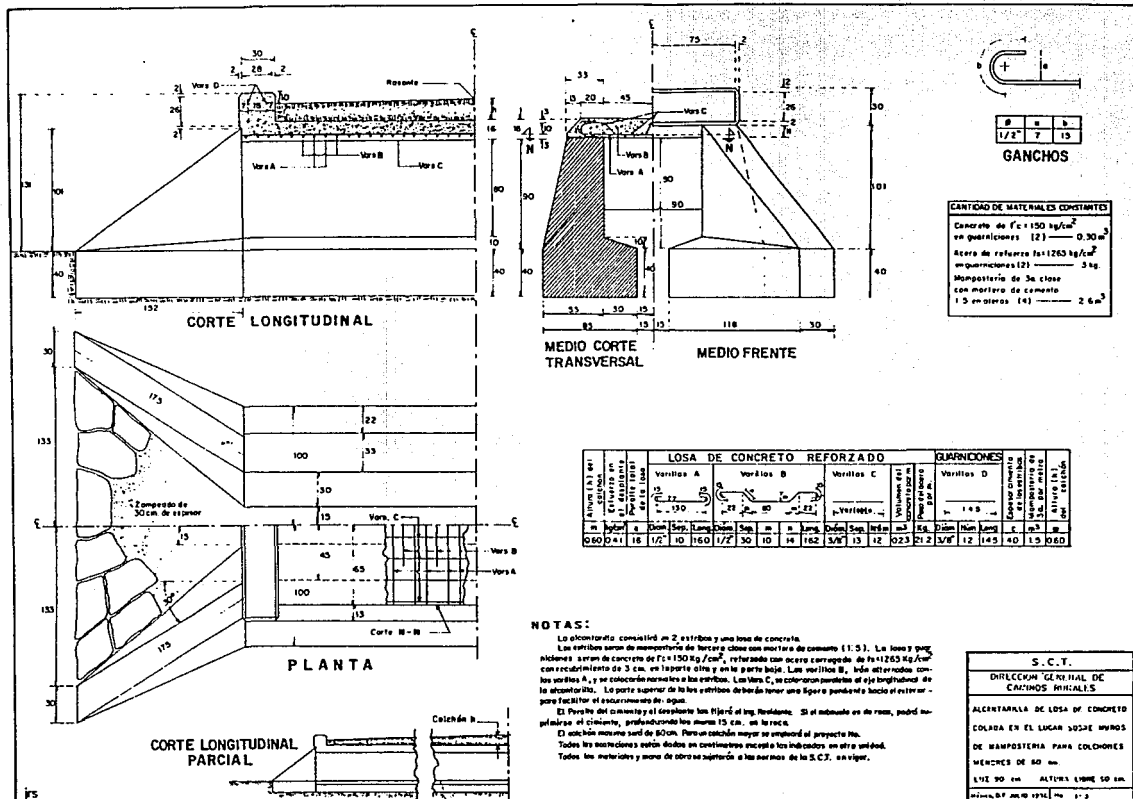


FIGURA 20

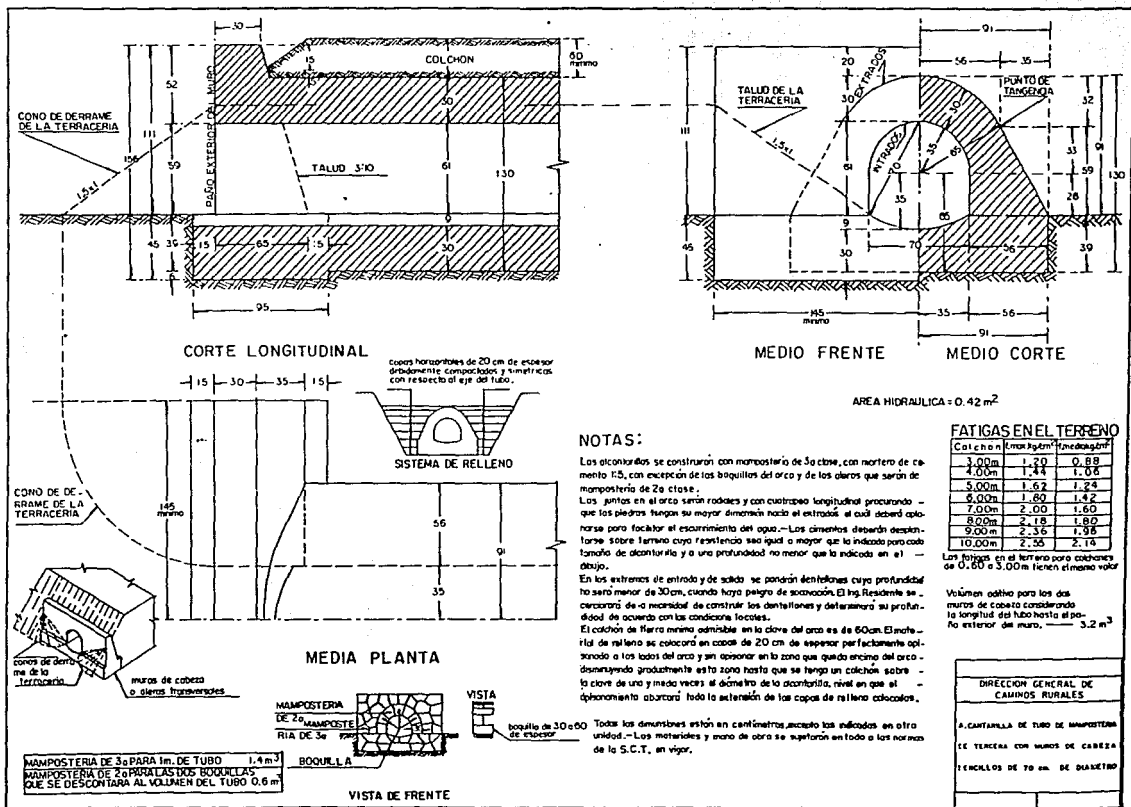
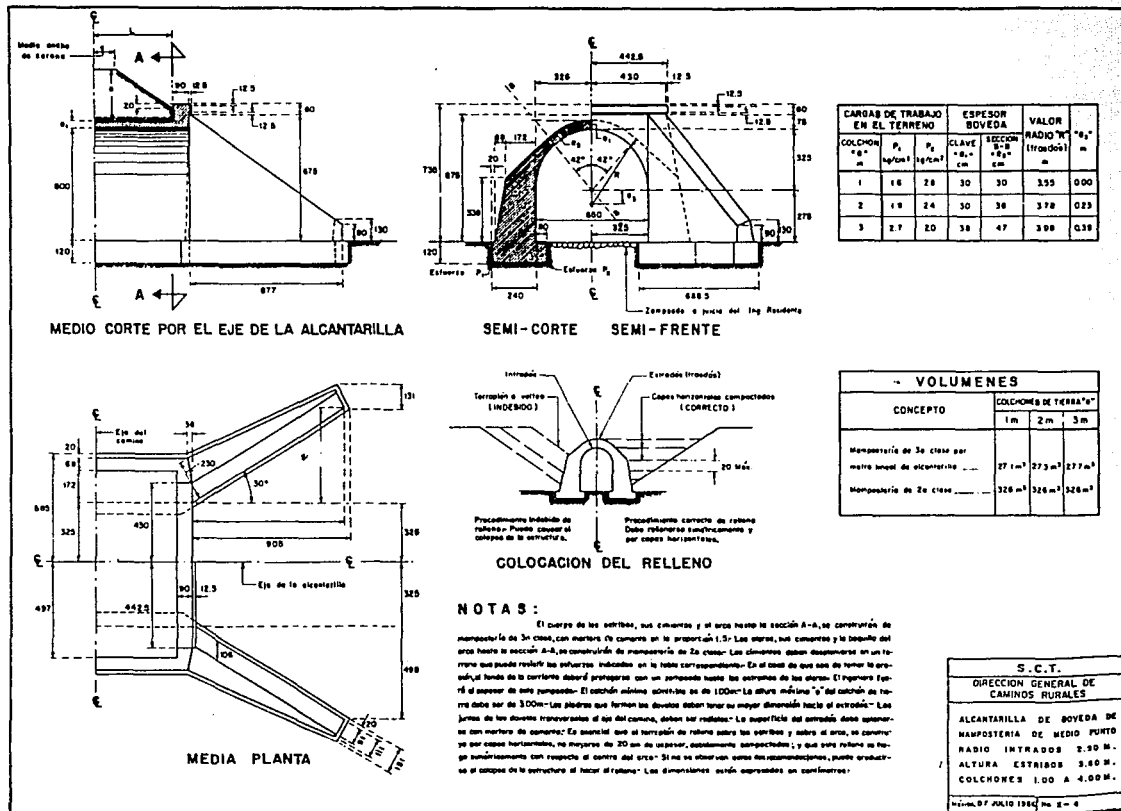


FIGURA 21



5.2.2. SIFONES.

Como su nombre lo indica, estas estructuras trabajan por efecto de sifón y por esto son recomendables en aquellos casos en los que se encuentren diferentes niveles a los lados del camino.

Son conductos de sección circular o rectangular, cerrados, que en su desarrollo tienen forma de "S", uno de sus extremos, la entrada del sifón, casi siempre se encuentra sumergido, mientras que el otro extremo, que es la salida, puede estar o no ahogado.

Una vez que comienzan a trabajar descargan gastos de prácticamente toda su capacidad para variaciones pequeñas de los niveles en la entrada, el inconveniente que tienen es que pueden taparse con cierta facilidad debido a que las dimensiones recomendadas para su funcionamiento son pequeñas en comparación con las alcantarillas.

5.2.3. VADOS.

Existen en el país una gran cantidad de ríos y arroyos secos con escurrimientos insignificantes durante el estiaje; en la temporada de lluvias poseen una lámina de agua que sólo en contados días aumenta su tirante e impide cruzar a los vehículos.

Cuando el cruce es amplio y extendido, la obra apropiada podría ser un vado que permita cruzarlo aun con una pequeña lámina de agua. Esto siempre y cuando las interrupciones del paso de vehículos por avenida extraordinaria no sea excesiva para el régimen e importancia del tránsito.

La construcción de un vado es sencilla y muy económica, en comparación con la de un puente y sus terracerías de acceso.

Los vados generalmente se construyen de mampostería, de losas de concreto o bien de dentellones de mampostería o concretos rellenos y con cubierta de concreto, también pueden ser pavimentados.

Para la elección de la construcción de un vado se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Se deben construir lo suficientemente tendidos para que no representen un obstáculo que obligue al usuario a disminuir bruscamente la velocidad.
- Se debe evitar la erosión y socavación aguas arriba y aguas abajo.
- La superficie de rodamiento no se debe erosionar al paso del agua.
- El agua no debe provocar remolinos para lo cual debe facilitarse el escurrimiento o sea deben apegarse lo posible al perfil del terreno natural en el cauce.
- En ambos lados del vado se colocarán postes indicadores del nivel del agua cuyos extremos superiores estarán a nivel de una altura de 40 cm sobre la superficie de rodamiento para lo cual ya no es posible el paso de los vehículos.
- Se colocarán letreros en ambos lados del vado que digan "Si los postes se encuentran cubiertos por agua no pase"
- Que la losa o mampostería con la que se construya la superficie de rodamiento, deberá apoyarse en una capa de material granular de 30 cm de espesor compactada con pisón de mano.

5.2.4. PUENTES-VADO.

En cauces amplios con tirantes bajos permanentes cuyas crecientes sean de baja frecuencia y el cauce principal este bien definido y algo profundo y se prevea además que las intercepciones del tránsito debido a tirantes de agua sean frecuentes y de larga duración, el vado podría no satisfacer las condiciones de tránsito permanentes (figura 22).

En este caso deberá de seleccionarse el tipo de vado elevado sobre el cauce que permita alojar tubos, o colocar losas de concreto sobre estribos y pilas de diversos materiales.

5.2.5. PUENTES.

Es la estructura que no tiene colchón y cuyo claro total es mayor de 6 metros, una serie de dos o tres losas sin colchón, de 5 metros cada una forman un puente, mejor dicho es toda estructura definitiva o proporcional proyectada para dar paso a vehículos, animales, personas, agua, etc. salvando un obstáculo natural o artificial, tal como barrancas, ríos, vías de ferrocarril, canales, caminos, etc.

En caminos rurales solamente se construyen puentes cuando las características del escurrimiento que deberán cruzarse no permita la construcción de alcantarillas, vados o puentes-vado.

En estos casos los estudios de campo y los proyectos serán tan completos y detallados como lo exige la práctica de la Ingeniería Civil, buscando siempre una solución razonable dentro de los límites economía-seguridad, y que cumpla con los diferentes parámetros a satisfacer.

En general, los puentes están constituidos por los siguientes elementos principales:

Infraestructura.
Subestructura.
Superestructura.

5.2.5.1. INFRAESTRUCTURA.

Se consideran dos tipos de cimentación: superficial y profunda.

Cimentación superficial es la que se apoya directamente sobre un manto resistente o relativamente a poca profundidad y se efectúa por medio de zapatas aisladas o corridas de mampostería, concreto simple o reforzado.

Cimentación profunda es la que se lleva a cabo en el suelo hasta profundidades que podrán ser de los 8 metros en adelante, ya sea porque la capa resistente en el subsuelo se encuentra a mayor profundidad o bien, para desarrollar la fricción lateral necesaria para estabilizar el elemento de cimentación.

Los elementos típicos de la infraestructura son:

Pilotes.
Cilindros.
Pilas de cimentación.

PILOTES:

Son elementos longitudinales generalmente esbeltos, de concreto reforzado, metálicos o de madera, que trabajan por fricción lateral o apoyados directamente en un estrato firme.

Los pilotes de concreto pueden ser: pilotes precolados o pilotes colados en el lugar. Los pilotes de acero pueden estar formados por placas soldadas o ser tubulares. Ambos se hincan en el terreno con máquinas piloteadoras y se integran a la subestructura generalmente con placas metálicas soldadas.

CILINDROS:

Son de concreto reforzado generalmente de 4 a 5 m de diámetro exterior, 0.80 m de espesor con una cuchilla metálica alrededor del borde inferior al que se le construyen los tapones superior e inferior después del hincado.

Los cilindros constituyen una solución sumamente valiosa cuando se requiere de una cimentación muy profunda, la desventaja es el enorme costo de su hincado, por lo que en caminos rurales es rara la vez o casi nunca se ha utilizado.

PILAS DE CIMENTACION:

Son elementos muy parecidos a los pilotes de concreto reforzado, sin embargo se hacen de concreto simple y casi siempre de sección circular por la facilidad de su construcción con diámetro mínimo de 0.60 m y longitud desde 8.0 hasta 30.0 m aproximadamente.

5.2.5.2. SUBESTRUCTURA O ELEMENTOS DE APOYO.

Son elementos en los cuales se apoyan directamente las superestructuras y a su vez, se apoyan sobre los elementos de la infraestructura antes descritos:

- Estribos extremos con aleros. Pueden ser en "U" o inclinados o sin aleros cuando se ubican en corte, también llamados estribos enterrados, generalmente son de mampostería, aunque pueden construirse de concreto ciclopeo o concreto reforzado.

-
- Caballetes con extremo de concreto reforzado. Están contruidos por un cabezal sobre dos o mas columnas, una contratrabe inferior que los liga y zapatas de cimentación, son recomendables cuando por su altura los estribos dejan de ser económicos.
 - Pilas. Son estructuras intermedias de soporte, en las cuales se apoyan los extremos de dos tramos de superestructura.

Pueden ser de mampostería de concreto ciclopeo o reforzado.

5.2.5.3. SUPERESTRUCTURA O SISTEMA DE PISO.

Los tipos de superestructura más empleados para puentes en caminos rurales son:

- Superficie de madera sobre vigas de madera.
- Superficie de madera sobre viguetas de acero.
- Bóvedas de mampostería.
- Superficie a base de tubería de acero.
- Losa plana maciza de concreto reforzado.
- Losa plana aligerada.
- Losa sobre una nervadura.
- Losa sobre dos o mas nervaduras.
- Losa plana sobre viguetas de acero.
- Losa sobre estructura de acero especial.
- Tridilosa.

En puentes una buena elección de tipos comienza desde el estudio de la ruta y tiene una importancia fundamental en el aspecto económico de la obra.

Una vez definido el sitio de cruce, el cual se realiza desde un punto de vista técnico y económico, se realizan los estudios siguientes:

- Topográficos.
- Hidráulicos.
- Hidrológicos.
- Mecánica de suelos.

Topográficos: se utilizan los planos de planta general, perfil de construcción, secciones hidráulicas y los informes complementarios.

Hidráulicos: existen dos métodos aplicables para efectuar los cálculos hidráulicos necesarios en el campo, el método de sección y pendiente (ya descrito) y el método de los estrechamientos.

Hidrológicos: se determinara el gasto de diseño en función de la información disponible por medio de los métodos siguientes: empíricos, semiempíricos, estadísticos y comparativos.

- **Empíricos:** descritos anteriormente en alcantarillas.
- **Semiempíricos:** son similares a los empíricos, pero hacen intervenir la intensidad de la lluvia en la relación funcional que define el gasto de diseño.
- **Estadísticos:** se basan en suponer que los gastos o intensidades de lluvias anuales registradas en una cuenca son una muestra aleatoria de una población de gastos o intensidades máximas.

-
- Comparativos: nos sirven para calcular el gasto de diseño a partir de datos establecidos y estudios definidos, tomándolos como base para el sitio en estudio. Están estrechamente relacionados con los métodos estadísticos.

Mecánica de suelos: la exploración del suelo puede realizarse mediante diferentes métodos que pueden ser preliminares, definitivos o complementarios. Estos son, observación directa, pozo a cielo abierto, usando posteadora y barrenos helicoidales, penetración estándar, penetración cónica, tubos de pared delgada, métodos rotatorios para roca, etc.

Para llevar a cabo la cimentación se debe tomar en cuenta la siguiente información recopilada de la exploración del suelo y las pruebas de laboratorio:

- Las características generales del material que forma el cauce y las riberas.
- El corte geológico que señale con claridad los materiales que forman el subsuelo, el nivel de las aguas freáticas y la cantidad de agua que se puede presentar al efectuar las excavaciones.
- La capacidad de carga que se propone para los diferentes lechos de cimentación, así como la profundidad de desplante en la cual puede influir la posible socavación.
- Indicar el talud recomendable para las excavaciones, en las que será necesario el uso de ataguías, ademes, etc. y si se previenen asentamientos en los terraplenes de acceso.
- Si existen otros puentes aguas arriba o aguas abajo, indicar el tipo de cimentación que los sustenta y las condiciones en que se encuentra.

La información que es obtenida de los estudios anteriores es complementada con otros datos necesarios como son: los materiales disponibles en la región, clima, condiciones de trabajo, datos de tránsito, cargas de proyecto, especificaciones, criterios político-económico y de estética, ya que nos servirán para elaborar los anteproyectos que se consideren necesarios, hasta encontrar la alternativa mas viable para enseguida proceder al análisis estructural y diseño de cada uno de los elementos del puente y, finalmente, elaborar el proyecto definitivo del mismo.

CAPITULO 6. DRENAJE SUBTERRANEO.

El drenaje subterráneo está constituido por los dispositivos necesarios para eliminar el agua subterránea, o bien abatir el nivel hasta donde no sea perjudicial al camino, en cuanto a la estabilidad de sub-base, base y taludes.

La estabilidad de los cortes, terraplenes, bases y subbases, de una vía terrestre se ve fuertemente influida por los flujos de agua existente en el interior de las masas del suelo, por lo que en la época actual se han desarrollado métodos para controlarlos y reducir los efectos que provocan. Ya sea eliminando el agua o bien abatiendo su nivel hasta donde no provoque daños. Es por lo que la necesidad del subdrenaje es de tal importancia, que debe considerarse independientemente del tipo de carretera.

El subdrenaje es parte del tipo de trabajo que determina el que la obra civil subsista o no, por tal motivo no debe escatimarse en su estudio y construcción, pues de lo contrario se conduciría a la destrucción de la obra en un corto plazo.

Naturalmente que el subdrenaje no se necesita en todos los casos en una carretera, solo en zonas localizadas en que se concentran las aguas subterráneas.

El buscar una zona libre de estos problemas es uno de los requisitos que se desean en una buena localización y solo cuando tal zona no exista entre las ubicaciones posibles y económicas quedará justificado construir la estructura conveniente en un lugar apropiado que haga conveniente el subdrenaje, por lo cual es obvio que se tendrá un elevado costo de la obra.

El agua que hay que eliminar de los suelos no es solo la que cae en la superficie y se infiltra, sino también de corrientes subterráneas que vienen de regiones más altas. Al llegar al suelo el agua se infiltra hasta que alcanza el manto freático o alguna capa permeable, entonces permanece ahí o bien comienza a fluir lateralmente a algún lugar más bajo buscando una salida. Esta salida puede ser una zanja o canal o bien un ducto artificial subterráneo (por ejemplo un tubo). El agua puede también aparecer como manantial en la ladera de una montaña.

Si el drenaje subterráneo está destinado a interceptar el movimiento del manto acuoso dentro del talud o dentro de las terracerías de una carretera, es necesario localizar la zona donde está el estrato menos permeable situado sobre el estrato portador del agua y el estrato de menor permeabilidad que puede por debajo de él determinar la dirección en que fluye normalmente el agua.

6.1.- DIFERENTES METODOS DE DRENAJE SUBTERRANEO.

Mencionaremos algunos de los diferentes tipos de subdrenajes

- Zanjas con drenes de tubo.
- Drenes ciegos.
- Trincheras estabilizadoras.
- Drenes transversales de penetración.

6.1.1. ZANJAS CON DRENES DE TUBO.

Es una zanja rellena de material permeable, con un tubo alojado dentro de él. Los tubos pueden ser de barro, de concreto, o de lámina corrugada, la ubicación de estos drenes, sus dimensiones, pendientes y demás características las fijará el proyecto de acuerdo con las características de cada tipo de terreno.

Previamente a la colocación de los tubos en la zanja, el fondo de la misma se acondiciona colocando una plantilla con el mismo material de filtro, apisonándola, si es necesaria la plantilla se estabilizará agregándole cemento a la porción que se fije, los tubos se colocarán sin juntar, excepto los de lámina de acero galvanizada corrugada, en todos los casos las perforaciones de los tubos deben quedar hacia abajo, salvo otra indicación estos materiales deben estar húmedos se colocan a volteo y se les da un apisonado suave, por último se cubren con un zampeado. Este método es uno de los más empleados en México. Los drenes pueden requerirse transversales o paralelos (figura 23). Son más recomendables en zonas bajas y planas, no se recomienda bajo el centro del camino pues la conservación se hace más difícil y más costosa.

6.1.2. DRENES CIEGOS.

Este tipo de drenaje consiste en abrir una zanja y rellenarla de material permeable (piedra quebrada o grava) en sustitución de los drenes de tubos. Lo ideal sería que la zanja tuviera la profundidad necesaria para captar todo el espesor del manto de agua, pero como esto no es posible, bastará darle la profundidad a que quiera abatirse el nivel subterráneo para que este no sea perjudicial al camino. Este tipo de drenaje se ha utilizado muchísimo y cuando se han construido adecuadamente, los resultados han sido satisfactorios durante largo tiempo.

Los drenes pueden requerirse transversalmente al camino o paralelos a él, según la función que tengan que desempeñar.

Cuando los drenes son transversales se colocan a intervalos necesarios para controlar el flujo del agua por ascensión capilar e infiltración cuidando que los escurrimientos sean desalojados a una distancia en que ya no perjudiquen a la carretera.

No existe ningún método para calcular las dimensiones de la zanja, por lo que la pendiente y dimensiones dependen en gran parte de la naturaleza del terreno y de las exigencias constructivas (figura 24).

FIGURA 23

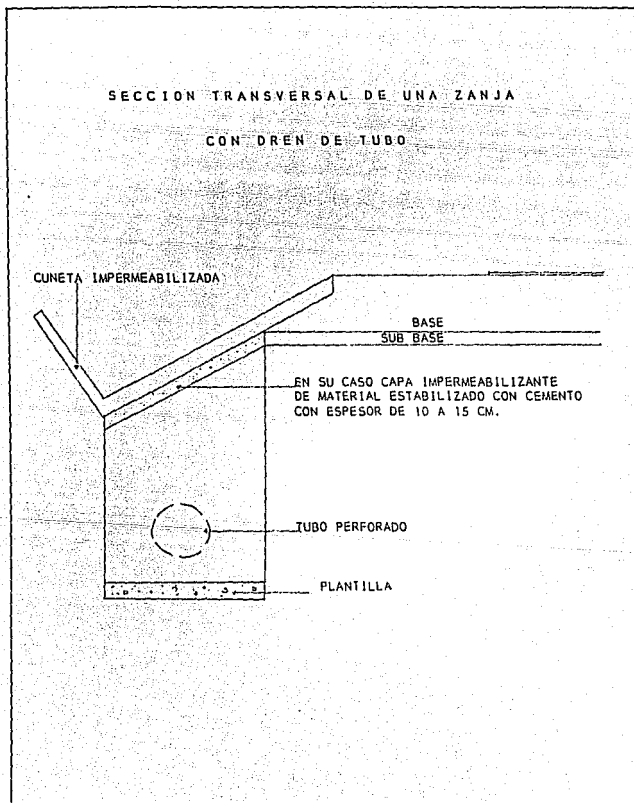
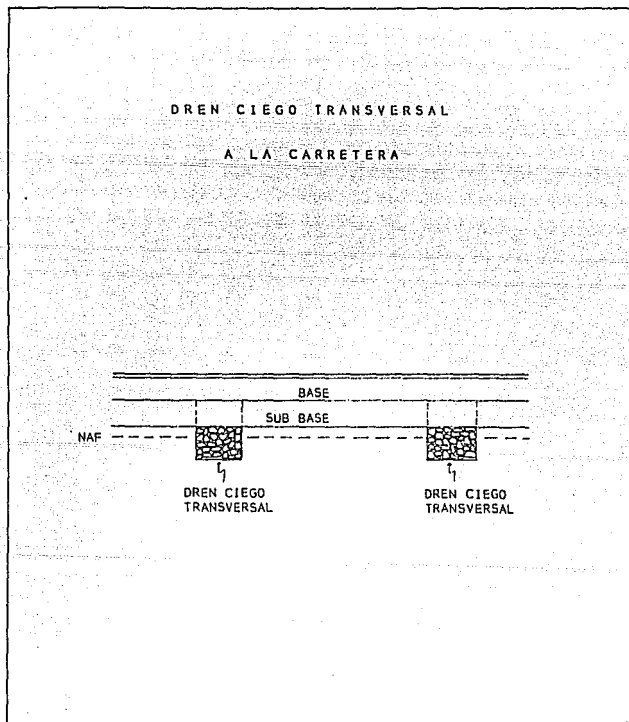


FIGURA 24



Cuando se usan drenes ciegos paralelos al camino, la práctica común es colocar uno en cada lado del camino, principalmente en terrenos planos, precisamente bajo las cunetas. Se excavan a una profundidad de 60 a 90 cm con paredes verticales y casi siempre tienen 45 cm de ancho en la parte superior, o sea, lo estrictamente necesario para que un hombre trabaje eficazmente.

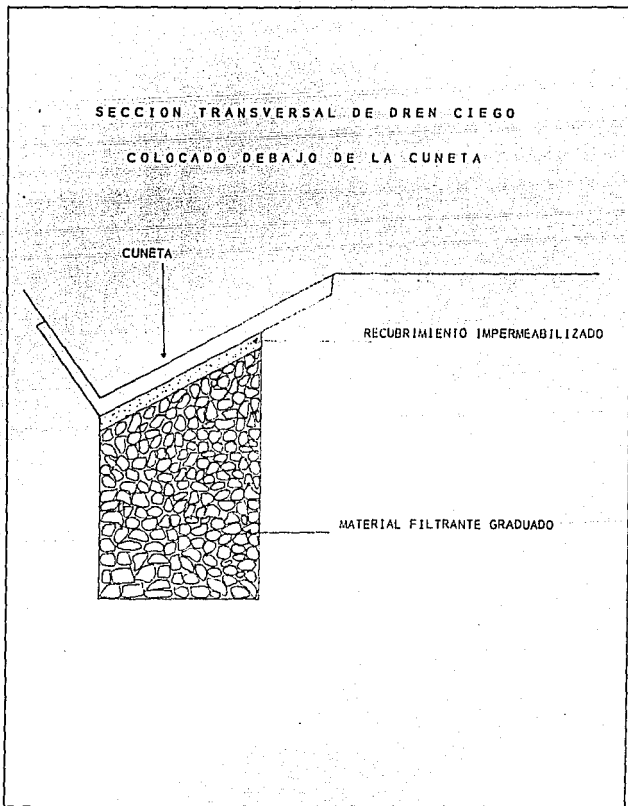
Para que estos drenes ciegos sean efectivos deben tener la profundidad suficiente para abatir la lámina de agua hasta el nivel deseado y tener una pendiente uniforme necesaria e ir a vaciar a una salida adecuada (figura 25).

Con objeto de que el agua escurra con facilidad dentro del dren, la piedra o grava que se usa para rellenar las cepas, de preferencia debe de ser de tamaño uniforme, de tal manera que el porcentaje de vacíos sea elevado. También debe preferirse un material que tenga partículas bastantes grandes porque los vacíos individuales en ese material son a su vez grandes y no se atascan fácilmente con depósitos de lodo.

Un diseño mejor que un dren a cada lado consiste en colocar uno solo en el centro del camino a profundidad suficiente para hacer que el nivel freático baje todo lo que sea necesario en ambas orillas del camino, y cubrir después la cepa con el material de revestimiento.

De esta manera es mínima la cantidad de agua de lluvia que se puede infiltrar, y además no arrastra lodo, en cambio, eso a veces significa una zona débil a lo largo del eje del camino.

FIGURA 25



6.1.3. TRINCHERAS ESTABILIZADORAS.

Cuando en una ladera existe un flujo de agua y esta formada por grandes espesores de materiales cuya estabilidad se ve amenazada por él y sobre esa ladera ha de construirse un terraplén, la remoción de los materiales malos y su sustitución por otros mejores resulta ya difícil y, desde luego, antieconómica. En estos casos puede pensarse que basta captar el flujo y eliminar el agua en una zona bajo el terraplén de una profundidad y ancho suficiente para garantizar la estabilidad local del mismo, estas trincheras son excavaciones dotadas en su talud aguas arriba de una capa de material filtrante, con un espesor de 50 cm a 1.0 m y un sistema de recolección y eliminación de agua en su fondo a base de tubería perforada para captación y otra colocada transversalmente para desfogue.

Posteriormente la trinchera deberá de rellenarse con material compactado debidamente, pudiéndose emplear para ello el mismo producto de la excavación. La inclinación de los taludes de la trinchera debe ser suficiente para garantizar su estabilidad durante su construcción. El fondo debe tener un ancho suficiente para permitir las maniobras mínimas del equipo de construcción, estimándose que 4 m satisface este requisito.

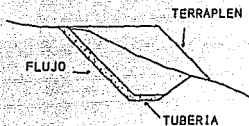
La profundidad con que se construyen las trincheras suele oscilar entre tres y quince metros, pero en ocasiones han de construirse más profundas (figura 26).

6.1.4. DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION.

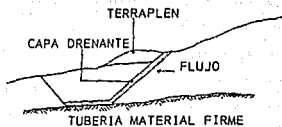
Los drenes transversales de penetración, denominados drenes horizontales, son tuberías perforadas en toda su periferia que penetran en el terreno natural en dirección transversal al camino para captar las aguas internas y abatir las presiones neutrales. Se construyen efectuando primeramente una perforación de 1.5 a 2 veces el diámetro del tubo perforado, para lo cual existe comercialmente la maquinaria apropiada, una vez hecha esta perforación, se coloca en ella el tubo perforado interceptando la superficie potencial de falla detectada, rebasándola cuando menos 5 metros.

FIGURA 26

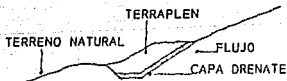
TIPOS DE TRINCHERAS ESTABILIZADORAS



A.- TRINCHERA BAJO EL TERRAPLEN



B.- TRINCHERA LLEVADA HASTA UN ESTRATO FIRME COMBINANDO DRENAJE Y APOYO.



C.- TRINCHERA INTEGRADA AL TERRAPLEN



D.- TRINCHERA CON BERMA LATERAL MOSTRANDO UN TUBO DE DESCARGA TRANSVERSAL.

Las tuberías podrán ser de PVC en pequeñas longitudes, más sin embargo se recomienda de acero debido a su resistencia; recubiertas de asfalto para protección contra la corrosión o galvanización.

Las longitudes de los drenes de penetración son muy variables, pero pueden llegar a 100 metros o más; su inclinación con lo horizontal suele variar desde 3 a 20 %, la descarga de los tubos no deberá hacerse directamente a los taludes, por lo que los drenes se conectan a un colector exterior que es otro tubo de unos 20 cm de diámetro y que se encarga de eliminar las aguas a donde sean ya inofensivas. La parte del tubo próxima a la superficie del terreno natural o del talud debe de dejarse sin perforar en 2 o 3 m para impedir la invasión de vegetación a través de las perforaciones, que obstruyan la salida del tubo.

Se requiere un número elevado de drenes para lograr un buen funcionamiento y en terrenos impermeables o en masas de rocas agrietadas sin fácil intercomunicación interna, su zona de influencia puede ser relativamente pequeña, de manera que se requieran espaciamientos cortos entre ellos; es frecuente verlos hasta 5 metros uno del otro y en dos o más hileras separadas a una distancia similar, 10 m es un espaciamiento muy común (figuras 27 y 28).

Es aconsejable descargar estos drenes hacia un colector y no directamente a los taludes ya que un flujo permanente, aunque no sea cuantioso, puede socavar los terrapienes. Otro aspecto importante a la salida del dren es que debe de dejarse una distancia de 2 o 3 metros a la salida de éste sin perforar.

Un punto de vista que ha sido mal interpretado muchas veces en el pasado y sobre el que conviene insistir, es el que la efectividad de uno de estos drenes no depende del gasto que logren extraer; un dren pudiera no sacar nada de agua y a pesar de ello estar cumpliendo sus fines de mejoramiento de la estabilidad del terreno al abatir la presión neutral interna dentro de su zona de influencia. El gasto depende de la permeabilidad de las formaciones atravesadas y hasta cierto punto, del hecho fortuito de que se capten venas acuíferas, manantiales, etc.

FIGURA 27

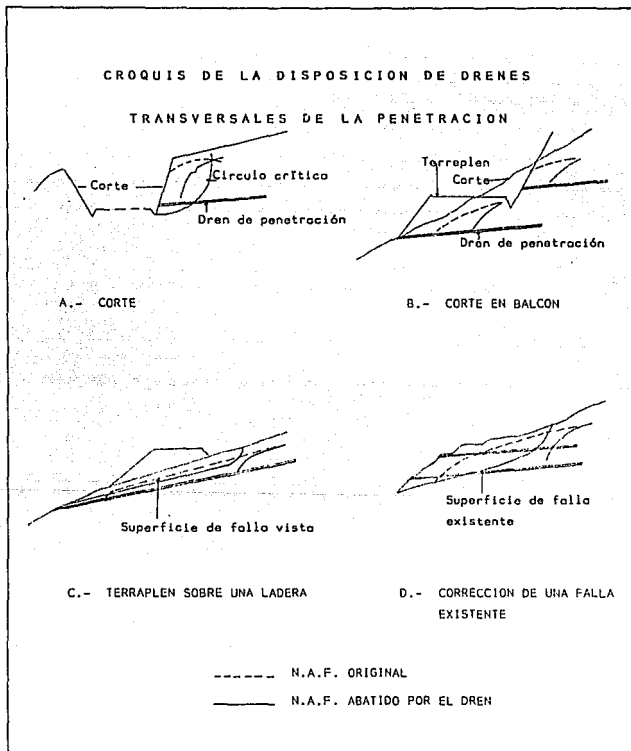
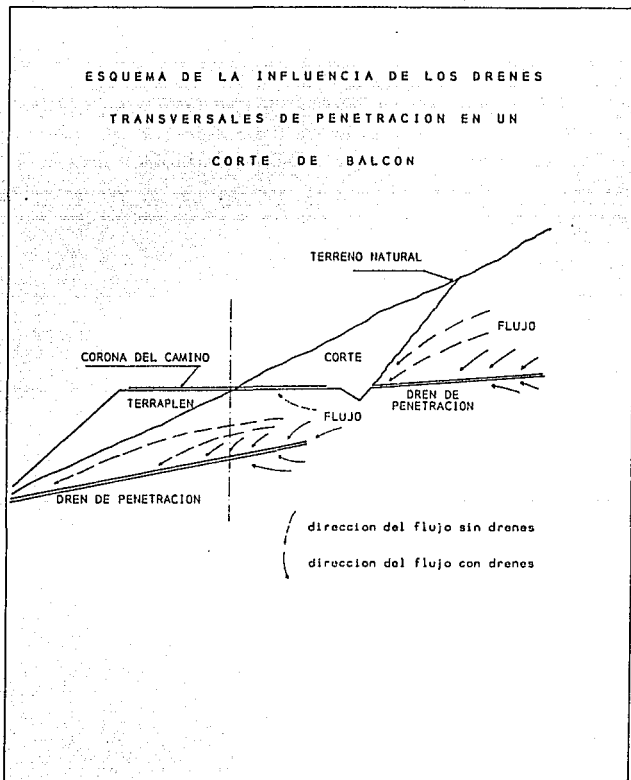


FIGURA 28



Al efectuar los estudios de drenaje, el calculista deberá tener conocimientos hidráulicos, tanto para estimar escurrimientos como para estimar gastos aproximados, deberá tener conocimientos estructurales y económicos. Es de suma importancia el estudio para cualquier tipo de obra de drenaje por pequeña que sea esta, ya que el drenaje es el que regula la vida del camino.

EL PEOR ENEMIGO DE LA VIDA DE UN CAMINO ES EL AGUA.

El drenaje es un arma valiosa que siempre se debe tener en mente y cuya justificación económica es frecuentemente indiscutible.

A continuación se agrega un resumen de todos los drenajes expuestos anteriormente (TABLA No. 5)

TABLA No 5

TIPO DE SUBDRENAJE	CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES
REMOCION Y SUSTITUCION DEL TERRENO	REEMPLAZAR EL TERRENO NATURAL POR MATERIAL ESTABLE, INCLUYENDO UNA CAPA DRENANTE BAJO EL TERRAPLEN	CONVENIENTE SI RESULTA MAS ECONOMICO QUE DRENAJE ARTIFICIAL Y METODOS DE ESTABILIZACION.
MEZCLAS CON EL SUELO	MEZCLAR EL SUELO PARA DAR COHESION, ESTABILIDAD, AUMENTAR O REDUCIR EL TAMAÑO DE LOS HUECOS, BAJAR LA TEMPERATURA DE CONGELACION	NO ES RECOMENDABLE PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE SUBDRENAJE. SE UTILIZA PRINCIPALMENTE PARA ESTABILIZACION.
ZANJAS	CEPAS DE 90 A 120 CM DE PROFUNDIDAD Y DE 60 CM DE ANCHO, PARALELAS AL CAMINO, CONSERVAN EL N. A. F. BAJO LA SUPERFICIE DEL CAMINO.	RECOMENDABLE EN DONDE HAY TERRENOS COMPACTADOS Y EN DONDE EL NAF NO PUEDE BAJARSE FACILMENTE. EL BOMBEO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA BASE SERA DE 4 A 8 %.
DRENES CEGOS	CEPAS RELLENAS DE MATERIAL PERMEABLE, PUEDEN IR PARALELAS AL CAMINO O TRANSVERSALES A EL A INTERVALOS REGULARES. EVITAN LA ASCENSION CAPILAR Y BAJAS EN EL NAF. LA PROFUNDIDAD DEPENDE DEL NIVEL A QUE SE QUIERA ABATIR EL AGUA. DEBE DE TENER PENDIENTE UNIFORME Y SALIDAS ADECUADAS.	ES RECOMENDABLE GRADUAR EL MATERIAL. HAN RESULTADO MUY SATISFACTORIAS, SI SON PARALELAS AL CAMINO SE COLOCAN BAJO LAS CUNETAS O UNA BAJO EL BORDO DEL CAMINO.
ZANJAS CON DRENES DE TUBO	CEPAS PROMISTAS DE UN TUBO PERFORADO EN SU FONDO Y RODEANDO A ESTE UN MATERIAL FILTRANTE GRADUADO. DEBEN DE CONECTARSE EN LA BASE Y EN LA SUB BASE. EL TUBO PUEDE SER DE BARRO, CONCRETO O LAMINA CORRUGADA PERFORADO.	SON MAS EFICIENTES QUE ZANJAS Y DRENES CIEGOS. NO SON RECOMENDABLES BAJO EL CENTRO DEL CAMINO PUES LA CONSERVACION SE HACE MAS DIFICIL Y MAS COSTOSA.
TRINCHERAS ESTABILIZADORAS	CONSISTEN EN CAPAS REMOVIENDAS COLOCADAS BAJO EL TERRAPLEN CUANDO LA REMOCION DE MATERIALES Y SUSTITUCION DE OTROS MEJORES RESULTA MUY DIFICIL	CUIDAR LOS TALUDES DEL TERRAPLEN PARA EVITAR DERRUMBES. ADEMAS LA COMPACTACION ES MUY IMPORTANTE.
DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION	TUBERIAS PERFORADAS EN TODA SU PERIFERIA QUE PENETRAN EN EL TERRENO NATURAL. EN DIFERENCIA TRANSVERSAL AL CAMINO. DRENAN AGUA Y ABATEN PRESIONES NEUTRALES.	LA PERFORACION PARA ALOJAR EL TUBO DEBERA SER DE UNA Y MEDIA A DOS VECES MAYOR QUE ESTE. LA DESCARGA DEBERA HACERSE A UN COLECTOR Y NO DIRECTAMENTE A LOS TALUDES. LA TUBERIA DEBERA DEJARSE SIN PERFORAR DOS O TRES METROS A LA SALIDA. UNA TUBERIA NO DEBE DE DRENAR SIEMPRE AGUA PARA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTA DISMINUYENDO LAS PRESIONES NEUTRALES.

CAPITULO 7. CONCLUSIONES.

- Las vías terrestres tienen una gran importancia económica y de desarrollo. Por lo tanto deben evaluarse y programarse de acuerdo a los beneficios sociales y económicos que pueden proporcionar.

- La construcción de los caminos rurales está cumpliendo con el objetivo trazado, de integrar geográficamente y socialmente a poblaciones rurales que se encuentran aisladas en todo el territorio nacional.

- Actualmente por la situación que está atravesando todo nuestro país, una de las alternativas para la realización de caminos de este tipo es la conveniencia de utilizar mano de obra de la localidad, pero siempre y cuando el terreno sea plano, porque cuando es lomerío o montañoso la utilización de la mano de obra incrementa los costos y tiempos de ejecución, por lo que en estos casos es conveniente utilizar la maquinaria.

- En los diferentes programas que el Gobierno del Estado, Federal y particulares han participado se observa que la intervención de la comunidad es importantísima.

- Es un gran logro haber alcanzado la integración social de 18,286 comunidades con una población de 13'549,084 habitantes beneficiados, con 10,254 caminos rurales construidos con una red total de 90,070 50 km. desde 1970 a 1990.

- La construcción de estos caminos ha fortalecido de una manera muy importante el intercambio entre las zonas productivas y los centros de consumo al reducir los precios de los productos básicos.

-
- Es sumamente importante que después de haber dotado a la comunidad de el camino, se le proporcione los servicios más importantes, porque si no se corre el riesgo de la migración de campo - ciudad.

 - La promoción para la realización de estos caminos en la actualidad es muy poca, aunque es de especificaciones modestas, el personal debe de estar muy bien capacitado y tener experiencias en este tipo de obras.

 - La conservación es muy importante ya que existen en nuestro país caminos que realmente se tienen que volver a construir porque desde que fueron realizados no se les dió un mantenimiento justo; sería mejor arreglar los existentes a construir nuevos.

 - Es necesario que las autoridades encargadas de la realización de las obras lleven un estricto control de los recursos económicos destinados, precios unitarios y especificaciones.

 - En la actualidad existen programas fuera de la S.C.T. realizando caminos rurales, pero sin considerar las especificaciones para este tipo de obras, por lo que es conveniente crear un sistema único de caminos rurales.

7.1. IMPACTO SOCIAL

La forma en que ha impactado la comunicación terrestre en el medio rural en los 20 años de evolución (1970 - 1990) através de los distintos sectores que participan en el medio rural es:

* SECTOR SALUD Y SEGURIDAD SOCIAL *

- Dar a conocer y dotar de servicios medicos, preventivos y curativos.
- Implementar programas de educación para la salud y planificación familiar.
- Proporcionar alimentos nutritivos a la población infantil y madres embarazadas con problemas.

* SECTOR PESCA *

- Dar a conocer el adecuado aprovechamiento de la flora y la fauna.
- Promover la producción de especies en estanques o pequeñas presas para el propio consumo de la localidad.

* SECTOR INDUSTRIAL *

- Promover y regular la exploración y explotación de recursos minerales.
- Planear y desarrollar actividades industriales alimentarias.

-
- Proporcionar acceso para el tendido y la conservación de líneas de transmisión de energía eléctrica, oleoducto, etc.

* SECTOR EDUCACION, CULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGIA *

- Reducción del analfabetismo.
- Proporcionar acceso ágil a la población a los centros de enseñanza.
- Construir, conservar las instalaciones para la realización de los servicios educativos, culturales, recreativos y deportivos.

* SECTOR LABORAL *

- Proporcionar capacitación técnica en actividades propias de la construcción.
- Abatir el desempleo y subempleo al proporcionar trabajo de mano de obra en las etapas de la realización del camino rural.

* SECTOR COMERCIO *

- Distribuir y comercializar los productos básicos.
- Fortalecer el mercado interno y contribuir al rompimiento del autoconsumo.

-
- Construir y conservar la infraestructura prevista para conservar y distribuir productos básicos.

*** SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES ***

- Construir, conservar o mejorar la infraestructura carretera férrea y de telecomunicaciones.
- Lograr un mejor aprovechamiento de la red carretera.
- Aumentar la eficiencia de los servicios de transportación tanto de carga como de pasajeros, abatiendo los costos de operación.
- Incrementar los servicios públicos de correo, telefónico, telégrafo y televisivo.
- Hacer rápido los desplazamientos de gentes o bienes a través del territorio nacional hacia los centros de producción y consumo.

*** SECTOR TURISMO ***

- Impulsar la integración de zonas arqueológicas y turísticas.
- Aumentar la oferta de servicios turísticos en parques naturales y zonas apropiadas a la recreación.

*** SECTOR ADMINISTRATIVO Y DEFENSA ***

- Facilitar el acceso de la población a las cabeceras municipales, para la realización de trámites legales.

- Prestar auxilio a la población en cuanto a desastres.
- Ejecutar y difundir las actividades políticas y los procesos electorales.
- Combatir el cultivo y tráfico de drogas.
- Elaborar mapas y material cartográfico que permita estudiar y aprovechar las características físicas del país.

* SECTOR AGROPECUARIO Y FORESTAL *

- Aprovechar los recursos agropecuarios y forestales.
- Abatir costos en la transportación de productos forestales.
- Incrementar la explotación forestal.
- Fomentar la construcción, conservación y operación de aprovechamiento de aguas subterráneas y superficiales para la irrigación.
- Creación de programas que han sido destinados a la preservación y desarrollo de la flora y la fauna.
- Protección a las poblaciones y a las áreas de cultivo de las inundaciones, construyendo obras de defensa y rectificación de cauces.
- Prevenir y combatir plagas que dañan los recursos agrícolas forestales y pecuarios.

7.2. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES.

La política de desarrollo en el Sector de Comunicaciones con caminos rurales debe de evaluarse y programarse de acuerdo a los beneficios sociales y económicos que pueda proporcionar que pueda proporcionar a la comunidad.

La prioridad actual en lo referente a caminos rurales es la remodelación y modernización de los ya existentes y no la construcción de nuevos caminos.

La construcción de un camino rural cumple con el objetivo que se le ha trazado de comunicar a poblaciones rurales aisladas.

Existen diferentes programas para la realización de caminos rurales, pero el más importante en la actualidad es el Programa Nacional de Solidaridad; en el cuál la comunidad tiene una participación muy importante.

Nunca hay que subestimar ningún camino ya que aún en caminos rurales existen normas que deben acatarse.

El factor más importante en la vida de un camino, son las precauciones que se tomen en cuanto a los sistemas de drenaje ya que el agua es el peor enemigo de un camino.

Es conveniente utilizar los materiales de la región para la construcción de los diferentes tipos de obras de drenaje para poder disminuir el costo.

Actualmente para la determinación de la construcción de un camino se toma en base a tres condiciones:

- 1.- Número de habitantes del poblado a comunicar.
- 2.- Tránsito diario promedio anual.
- 3.- Decisión política.

Durante toda la construcción, del camino se deberá de pensar en función del daño que le causa el agua al terraplén o a la base del camino.

Se debe de tener especial cuidado en la descarga de cunetas y alcantarillas, por la socavación que podría causar un flujo constante de agua.

Sobreestimar la capacidad de alcantarilla sobre todo en zonas de mucha vegetación donde las ramas y hojas pueden tapar las tuberías.

No es conveniente confiar en la capacidad filtrante del terreno, ya que esta varía mucho a lo largo del año.

Las obras de drenaje necesitan un mantenimiento constante ya que de no realizarse, su mal funcionamiento destruye el camino.

En nuestro país es muy raro que se les de una conservación adecuada a los caminos rurales, por lo que deberían de conservar los pocos que tenemos, ya que existen unos que desde que se construyeron no se han reparado.

BIBLIOGRAFIA

Manual de Caminos Vecinales.
Rene Etcharren Gutiérrez.

Manual de Proyecto Geométrico de Carretera.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Especificaciones de Construcción de Caminos Rurales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Dirección General de Caminos Rurales.

Manual de Drenaje de Caminos Rurales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Dirección General de Caminos Rurales.

Manual de Proyecto "Tipo de puentes para caminos rurales".
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Dirección General de Caminos Rurales.

Reunión sobre planeación, construcción y conservación de caminos rurales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Construcción de caminos.
Pedro Gustavo Pulido Robles.

Recomendaciones para la conservación de caminos de mano de obra.
Tomo III S.C.T.

Determinación del Proceso Constructivo de Caminos de Bajo Volumen de Terracería.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Manual para la Promoción de Caminos Rurales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.