



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
A R A G O N

## TRASCENDENCIA DE LOS CAMINOS RURALES EN LA REPUBLICA MEXICANA

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

*Ricardo Espinosa Solís*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

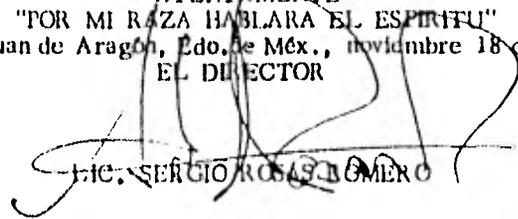
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

Sr. RICARDO ESPINOSA SOLIS  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 27 de octubre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FERNANDO OLIVERA BUS - TAMANTE pueda dirigirse el trabajo de Tesis denominado "TRASCENDENCIA DE LOS CAMINOS RURALES EN LA REPUBLICA MEXICANA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., noviembre 18 de 1980.  
EL DIRECTOR

  
Sr. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería,  
Unidad Académica,  
Departamento de Servicios Escolares

SRR 'JRTD'Ha.

TRASCENDENCIA DE LOS CAMINOS RURALES  
EN LA REPUBLICA MEXICANA

---

INDICE

	Pág.
CAPITULO I	
LOS CAMINOS RURALES EN LA REPUBLICA MEXICANA .....	3
1.1 Antecedente Histórico .....	3
1.2 Evolución de la Red Caminera .....	6
1.3 Panorama General de la Red Caminera del País .....	8
1.4 Qué es un Camino Rural y cuál es su Finalidad .....	10
1.5 Estado General de las Condiciones Socio-Económicas del País .....	11
1.6 Justificación y Planeación de la Construcción de Caminos Rurales .	13
1.7 Metodología de la Evaluación Socio-Económica de los Caminos Rurales .....	16
1.8 Estimación General de la Trascendencia de los Caminos Rurales ....	17
CAPITULO II	
COMO SE CREA UN CAMINO RURAL .....	21
2.1 Promoción de los Caminos Rurales .....	21
2.2 Generalidades del Financiamiento de los Caminos Rurales .....	24
2.3 Factibilidad Económica, Costos y Condiciones Fislográficas .....	26
2.4 Tecnología Actual Empleada en los Caminos Rurales .....	35
CAPITULO III	
GENERALIDADES SOBRE LAS ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LOS CAMINOS RURALES Y LIMITACIONES DE LAS MISMAS .....	48
3.1 Generalidades .....	48
3.2 Sobre el Proyecto Geométrico .....	49
3.3 Sobre las Terracerías .....	55
3.4 Sobre revestimientos .....	58
3.5 Sobre las Obras de Drenaje .....	59

	Pág.
3.6 Sobre los Puentes .....	62
CAPITULO IV	
CONSERVACION DE LOS CAMINOS RURALES .....	66
4.1 Aspectos generales de la conservación en Caminos Rurales .....	66
4.2 Clasificación de las Actividades de Conservación .....	68
4.3 Financiamiento y Costos de Mantenimiento en Caminos Rurales .....	69
CAPITULO V	
NECESIDAD DE UN CONTROL DE CALIDAD EN CAMINOS RURALES .....	73
5.1 Generalidades del Control de Calidad en Obras Ingenieriles .....	73
5.2 Necesidad de Establecer un Sistema de Calidad y Secuencia Lógica del Control de Calidad en Caminos Rurales .....	76
5.3 Los laboratorios como auxiliares en la comprobación de la calidad	100
CAPITULO VI	
OPTIMIZACION EN EL USO DE LOS ESTABILIZANTES PARA LAS TERRACERIAS Y LOS REVESTIMIENTOS EN ZONAS DE SUELOS INESTABLES .....	103
6.1 Generalidades .....	103
6.2 Selección del Método de Estabilización .....	104
6.3 Estudios concernientes a la Estabilización con cal y con cemento.	107
6.4 Estudio de Caso (tramo de prueba estabilizado en el Estado de Puebla) .....	113
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES .....	122
ANEXO I .....	125
BIBLIOGRAFIA .....	131

CAPITULO I  
LOS CAMINOS RURALES EN LA REPUBLICA MEXICANA

1.1 Antecedente Histórico

En el apogeo de las civilizaciones maya y azteca, México era un país de caminantes. Antes de 1500 no se conocían ni bestias, ni vehículos. Sin embargo, el comercio se extendía por toda Mesoamérica a través de miles de kilómetros de senderos recios, angostos, empinados, largos, sin más especificación que la posibilidad de que un hombre pudiera transcurrir por ellos, buscando siempre la distancia más corta.

Ahí donde para el paso fluido de los hombres eran necesarias especificaciones mayores, existían amplios y bien hechos caminos, como las calzadas que cruzaban el Lago de Texcoco para unir con tierra firme la Isla de Tenochtitlán, capital del Imperio azteca. O las calzadas de hasta cien kilómetros de largo y nueve metros de ancho, en línea recta, todas empedradas y con obras de arte, que facilitaban el paso por los bosques y pantanos del área Maya. Pero cierto, predominaban los senderos, miles de kilómetros de senderos.

A la llegada de los españoles, con la introducción de los caballos, de los carros tirados por mulas o caballos, hubo que modificar las características

físicas de los caminos. Se alteraron las rutas, la pendiente se hizo más suave y la huella más amplia. También se abrieron nuevos caminos, se hicieron - las rutas a las minas, a la colonización de los desiertos del norte.

Así, al final del Virreinato había en México 7,000 kilómetros de caminos reales por lo que se podía transitar en carretas, 19,000 kilómetros de caminos de herradura y miles de kilómetros de senderos.

Poco después de la llegada de los españoles, el tameme, el hombre que transportaba, fue sustituido por el arriero. Así surgió la arriería que a fines del siglo XVIII comprendía el diez por ciento del valor total de la "industria" nacional. Entre Veracruz y México se empleaban 70 mil mulas y en 1807 a la Ciudad de México llegaron 200 mil.

En aquel entonces, la cantidad de los caminos se medía no por la comodidad para transitar en carreta, sino por el tamaño de las recuas que podían recorrerlo. Un buen camino era el que soportaba recuas de hasta cien mulas.

A partir de 1821, en que México hace su independencia, hasta 1867, en que el Presidente Juárez destina por primera vez una parte del presupuesto a la apertura y conservación de caminos, no se hacen obras importantes.

En 1850 se inaugura el primer ferrocarril con un tramo de trece kilómetros entre Veracruz y El Molino. Pero de hecho es en 1873 cuando se inicia la vida ferrocarrilera de México, al inaugurarse el ferrocarril México-Veracruz, con 470 kilómetros.

Para 1911 había en México 19,000 kilómetros de ferrocarriles en explotación, - cifra cercana a los que hay en la actualidad. Los ferrocarriles fueron invariablemente concesionados a extranjeros. Eran principalmente vehículos para la - succión de nuestros productos mineros y agrícolas hacia el norte. Estaban principalmente concebidos para acarrear las materias primas a los centros fabriles de capital extraño.

Durante los años finales de la pasada centuria y principios de este siglo, el énfasis estuvo puesto en la construcción de la red ferroviaria. Poco se hizo en materia de caminos. Sólo se construyeron del orden de mil kilómetros, principalmente para alimentar las estaciones de los ferrocarriles y en menor grado para comunicar zonas que carecían de él.

En 1910 se inicia la Revolución Mexicana. Las batallas se libran principalmente en torno a los centros ferroviarios de mayor importancia, puesto que el dominio del único sistema de comunicación, decide por sí mismo el destino de las contiendas. Eran estaciones, más que ciudades, lo que había que controlar.

En el lapso que duró la lucha revolucionaria, en Europa y Norteamérica crecía vertiginosamente la industria automotriz y la red caminera.

En 1925 los automovilistas de México estaban limitados, por entonces, a transltar únicamente en calles y calzadas urbanas. El transporte de personas y mercancías de una ciudad a otra tenía que hacerse a través de los ferrocarriles, cuyo deterioro en aquellas fechas los aproximaba al colapso.

En otros países, los antiguos caminos se fueron modificando paulatinamente y - las especificaciones para el tránsito de carretas se fueron convirtiendo en es

pecificaciones para el tránsito de automóviles.

En México, en 1925, los caminos carreteros estaban destruidos difícilmente admitían adaptación. Había entonces que comenzar prácticamente de cero.

### 1.2 Evolución de la Red Caminera

El primer esfuerzo caminero del país, realizado entre 1925 y 1930, produjo -- 1,420 kilómetros de carretera, y que el 1% de nuestro territorio quedara vinculado a través del automóvil y el camión. Fueron tres las áreas que se comunicaron: la Ciudad de México con las ciudades de Pachuca, Puebla y Acapulco; la Ciudad de Mérida con el Puerto de Progreso y Valladolid, y por último Monterrey con Nuevo Laredo.

En la década de 1931 a 1940 se agregaron a la Red 8,500 kilómetros; en ese último año se disponía de una red de 9,920 kilómetros, con la cual quedaba comunicado por el automóvil y el camión el nueve por ciento del área de la república.

En la ciudad capital, México, el punto de partida de la mayoría de los caminos construidos en esa década. Así parte el camino de México a Nuevo Laredo en la frontera con Estados Unidos, pasando por las ciudades de Valles, y de Victoria; el de México Veracruz pasando por Perote y Jalapa, en tanto que se unía a Córdoba con Veracruz; el de México a Guadalajara, de una enorme importancia y que pasaba por Morelia y Toluca, con un ramal importante a Irapuato, León, Aguascalientes y Zacatecas; por último, el que partía de México al Puerto de Tuxpan, pasando por Pachuca, que ya había sido comunicada en la década anterior.

Hubo en esta década de 1930 a 1940 seis obras camineras que no se vinculaban, necesariamente con la capital de la república. Cuatro daban servicio a poblaciones fronterizas con los Estados Unidos: el de Chihuahua con Ciudad Juárez; el de Saltillo con Piedras Negras; el de Monterrey con Reynosa, y finalmente - el de Ciudad Victoria con Matamoros. Mediante estas obras quedaban vinculadas al Territorio Nacional cinco de las principales poblaciones fronterizas. Los tramos importantes construídos en este época son: el de Torreón a Monterrey y el de Aguascalientes a Tampico pasando por San Luis Potosí. Además se había unido a la Ciudad de Oaxaca con Puebla y consecuentemente con la Ciudad de México.

En la década que va de 1940 a 1950 se agregaron 12,530 kilómetros, se llegó a una red total de 22,450 kilómetros, con que quedaba comunicado por el automóvil y camión el diecisiete por ciento del territorio del país.

Dos obras singulares sobresalen en esta época: la terminación de la Carretera Panamericana que unía a Ciudad Juárez, Chihuahua, en la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica y Ciudad Cuauhtémoc, Chiapas, en la frontera con -- Guatemala, pasando por la Ciudad de México; y la terminación de la carretera - México-Nogales en la frontera con Estados Unidos, al terminarse el tramo Tepic a Nogales, que fue pavimentado en la siguiente década.

Entre 1950 y 1960 se construyeron 22,440 kilómetros más de carretera, con lo - que se duplica la red existente en 1950, alcanzando una longitud total de - - 44,890 kilómetros, con lo que quedaba vinculado por automóvil y camión el veintisiete por ciento del territorio del país. Entre las obras más relevantes de este período está la unión de San Luis Potosí con Piedras Negras pasando por Saltillo, la de Coatzacoalcos con Salina Cruz y la de Coatzacoalcos con Villia-

hermosa, el Carmen y Champotón, así como el inicio de una muy extensa red de caminos menores.

En la década siguiente, que va de 1960 a 1970, se suman a la red carretera nacional 26,630 kilómetros más para culminar, en 1970 con una longitud total de 71,520 kilómetros, con lo que queda vinculado o comunicado a través del automóvil y camión el treinta y uno por ciento del país.

Para esta época, la mayor parte de los caminos troncales del país habían quedado terminados por lo que la obra caminera de 1960 a 1970 se significa, por el inicio de la gran cantidad de caminos alimentadores y de interconexión con los troncales.

En esta última década 1970 a 1980, se han agregado a la red caminera 138,480 kilómetros. Es decir, casi el doble de lo que había en 1970, para culminar en estas fechas con una red total de 210,000 kilómetros con lo que queda comunicado por camión y automóvil aproximadamente el sesenta y cinco por ciento del territorio del país.

En esta década de 1970 a 1980 destaca la construcción de aproximadamente 70,000 kilómetros de caminos rurales.

### 1.3 Panorama General de la Red Caminera del País

Los primeros aforos realizados en 1940 ponen en evidencia el uso poco intenso que se hace de los caminos construídos. Se desprende que sólo del orden de - 300 kilómetros, es decir, un tres por ciento de la red construída en esa fecha

tiene una circulación superior a 1,500 vehículos diarios. Para 1950, se mantiene esta misma proporción. Sólo por el tres por ciento de la red transitan más de 1,500 vehículos al día. Es decir, sólo por 700 kilómetros de una red que para ese año había alcanzado 22,000 kilómetros. Es más, únicamente en -- 250 kilómetros de dicha red se advertía un tráfico superior a los 3,000 vehículos diarios.

En 1970 había 6,500 kilómetros de la red cuya intensidad de uso era superior - a los 1,500 vehículos al día y que significaba el nueve por ciento del total de la red. Sin embargo, sólo 1,400 kilómetros tenían una circulación cuya intensidad superaba a los 3,000 vehículos diarios. Se estima que en 1980 ya había un treinta por ciento de la red cuyo uso diario superaba a los 1,500 vehículos excluyendo de esto a los caminos rurales; asimismo se estima que aproximadamente el trece por ciento de la red tiene un uso superior a los 3,000 vehículos diarios.

Por otro lado, puede decirse que los países con una red carretera eficiente son aquellos en que la relación de kilometraje de la fracción alimentadora a la troncal es del orden de 7 a 1. En México existe actualmente una relación cercana a 4 a 1, lo que señala un desbalance en la red carretera nacional.

La red de carreteras y caminos que México tenía en 1980 unos 210,000 kilómetros, de los que 40,000 corresponden a la red troncal y 170,000 kilómetros a la alimentadora. Se estima que una primera etapa de expansión de la red troncal requiere de la construcción de otros 5,000 kilómetros y que para dar el balance adecuado a toda la red será preciso construir 130,000 kilómetros más de caminos alimentadores, y consecuentemente la modernización de carreteras que van presentando - problemas por altos volúmenes de tránsito.

Se puede apreciar que por un lado un alto porcentaje de la red caminera es subutilizada, o sea que funciona con un tránsito de vehículos menor a los 1,500 - diarios; y por otro lado se advierte la necesidad de construir miles de kilómetros alimentadores, esto justifica los esfuerzos que se realizan en los programas para la construcción de caminos alimentadores en los cuales se encuentran la construcción de caminos rurales.

#### 1.4 Qué es un Camino Rural y Cuál es su Finalidad

Dentro del ámbito caminero existe una clasificación de caminos que va desde autopistas, con altos volúmenes de tránsito, hasta los muy modestos caminos rurales que su propósito fundamental es sólo el de comunicar ininterrumpidamente, un poblado, en cualquier época del año.

El Camino Rural es un camino de un solo carril, con ampliaciones para resolver cruzamientos, cuyo proyecto contempla bajas velocidades de operación y construído hasta la etapa de revestimiento. Normado por especificaciones modestas de construcción que invitan al uso extensivo de mano de obra y materiales de la región.

Este tipo de caminos merecen atención especial, ya que, por un lado deben ser caminos que abran la comunicación a pequeñas comunidades e implementen el desarrollo en cualquiera de sus aspectos; y por otro lado deben ser caminos susceptibles a modificarse de acuerdo a las necesidades de la población comunicada.

Dentro de los objetivos o finalidades de un camino rural se encuentran los siguientes:

- Apoyar con la comunicación permanente los programas y acciones que permitan incrementar la producción y la productividad de las materias primas.
- Apoyo a las prioridades sectoriales comunicando a las localidades rurales regionales que lo requieran de acuerdo a lo señalado en el Plan Nacional de Desarrollo Urbano.
- Consolidar y fomentar el uso de tecnología apropiada a la estructura de mano de obra y capital.

El desarrollo de esta tesis se asentará en dos partes: en la primera, se tratará de dar una metodología de evaluación de los efectos de los caminos y la realización de los mismos (temas I y II), y en la segunda se describirán los métodos de conservación, la secuencia lógica del control general de la calidad, y métodos de mejoramiento de los suelos descrito en los temas III, IV, V y VI respectivamente.

La finalidad de dividir así este trabajo de tesis, es con el propósito de cumplir con la definición de camino rural, ya expuesta, y cumplir además con los objetivos generales ya expuestos también, especialmente en lo referente a buscar o motivar que se fomente el uso de tecnología apropiada a nuestras necesidades.

### 1.5 Estado General de las Condiciones Socio-Económicas del País

Ubicado en el conjunto de países en vías de desarrollo, México realiza esfuerzos por alcanzar mayores niveles de bienestar para sus habitantes, mediante el máximo aprovechamiento de los recursos naturales ubicados en sus dos millones de kilómetros cuadrados de superficie. De este territorio; el 34 por ciento es árido o semi-árido, con lluvia promedio inferior a 500 milímetros al año, el -

20 por ciento es tropical con lluvias de 1,500 a 6,000 milímetros al año, y dos grandes cadenas montañosas lo recorren a lo largo de las costas que en conjunto suman 12,000 kilómetros con varios picos de 4,000 a 5,800 metros de altitud.

Hasta 1980 México contaba con una población de setenta millones de habitantes, y tiene una tasa de crecimiento demográfico del tres por ciento anual, el ingreso por persona es del orden de 1,420 dólares por año.

Su configuración orográfica y las condiciones climáticas prevaletientes, así - como los sucesos históricos que desde las notables culturas autóctonas han ocurrido en el país condicionan la distribución de los asentamientos humanos y, - en consecuencia la ubicación de la actividad económica, así como la estructura y desarrollo de su red vial.

Como mencionara, especialmente los caminos alimentadores entre ellos los rurales, deben de cumplir un doble papel, ya que, por una parte constituye uno de los elementos básicos para el ordenamiento territorial y, por otro lado, es un componente fundamental de la infraestructura del transporte, fenómeno que a su vez representa uno de los factores clave de cualquier esquema de desarrollo y transformación.

Por otro lado la población se asienta en 97,000 localidades, de las cuales más de 80,000 tienen menos de 500 habitantes, mientras que en la Ciudad de México y su zona metropolitana se ubica el 20 por ciento de la población del país, es decir aproximadamente 14 millones de personas.

Desde el punto de vista urbano existen pues dos grandes problemas a los cuales se enfrenta México: una fuerte concentración de población en unas cuantas --

áreas urbanas y una alta dispersión en localidades pequeñas, carentes de servicios y en muchos casos de comunicación.

El segundo problema es al cual se debe de enfrentar el Gobierno para integrar al gran número de localidades, sin conexión permanente y adecuada con el resto de los mexicanos y por ende sin posibilidades reales de desarrollo.

Finalmente los aspectos de alimentación, en donde un tercio de la población ingiere una dieta inferior al requerimiento mínimo, los de vivienda, donde la mitad de la población se aloja en una casa con piso de tierra y sin ventanas, y los de salud donde más de la mitad de la población sufre de alguna enfermedad infectiva son factores que crean problemas de mucha importancia en el ámbito nacional que no se verán modificados salvo la construcción de una vía de comunicación que permita la introducción de beneficios colectivos que modifiquen las relaciones de producción y en general todas las relaciones sociales.

#### 1.6 Justificación y Planeación de la Construcción de Caminos Rurales

El Estado Mexicano dentro del esquema gubernamental que rige en nuestro país se ha propuesto un conjunto de objetivos asociados al desarrollo rural, entre los que se pueden citar: aumento de la producción primaria; mejorar el aprovechamiento de recursos en las zonas rurales; arraigar a la población local, e integrar el territorio nacional en regiones geoeconómicas.

Para alcanzar estos objetivos, se hace necesaria la presencia de diversos factores, entre los que destacan: dotación de servicios públicos, como transportes, electricidad, agua, capacitación y créditos; acceso a insumos productivos, como

fertilizantes, insecticidas y tecnología; comercialización eficiente de los productos locales, y comunicación social efectiva.

Es evidente que un elemento común necesario, sin el cual no son viables los factores precedentes, es la comunicación rural, constituida por los caminos rurales y, por lo tanto, la justificación de la construcción de caminos rurales en México, es función de los objetivos del Estado.

En este orden de ideas, si la construcción de caminos rurales se justifica y se tiene, por otro lado, una cierta región caracterizada por factores geográficos, físicos, sociales y económicos, el problema de definir qué caminos rurales deben construirse es un problema de planeación, el cual se resuelve con el diseño y aplicación de una metodología apropiada.

Es recomendable que la metodología para abordar el problema de la planeación del desarrollo rural tenga un enfoque integral que considere a la realidad que se estudia como un sistema, entendido éste como un conjunto de elementos, llamados componentes del mismo. Por otra parte para que la planeación sea eficaz, o sea que lleve a los objetivos que se propone, es necesario que tenga presente cuatro principios:

. Participación.- La planeación debe ser participativa, es decir, deben ser incluidos en los esfuerzos de planeación tanto los que van a ejecutar e implantar el plan como la comunidad que va a recibir los efectos de dicho plan.

El valor principal de la planeación para la comunidad no es tener el plan, sino participar en su producción.

- . Coordinación.- La planeación de un sistema debe ser coordinada, lo que significa que la planeación de cada función específica del sistema debe estar de acuerdo con la planeación de las demás funciones para que todo funcione armónicamente. Esto es cierto ya que a veces es posible aumentar el nivel de producción de una comunidad, mejorando la eficiencia de los medios de transporte.
  
- . Integración.- Este aspecto se refiere al hecho de que la planeación de las actividades de un nivel jerárquico dado debe estar acorde con la planeación de las actividades de los niveles superiores e inferiores; así por ejemplo la planeación de los caminos alimentadores debe estar acorde con los caminos troncales.
  
- . Continuidad.- La continuidad en la planeación se refiere a dos aspectos: - primero debe buscarse que los planes de hoy sean congruentes con los planes de mañana para evitar un derroche inútil de recursos. En segundo lugar como los aspectos ambientales no son continuos, sino por el contrario, cambian rápidamente, no es posible que el plan elaborado en un momento dado siga teniendo vigencia años después, por ello los planes deben revisarse y actualizarse continua y permanentemente, adaptándose a las circunstancias cambiantes.

Así por ejemplo, es necesario que al construir los caminos rurales se prevean las modificaciones pertinentes para adaptar el camino al tránsito y dimensiones demandado con el tiempo. Por tanto el proceso de planeación de la construcción de caminos rurales deberá involucrar en él mismo, directa o indirectamente, a la población local para que ésta proporcione información directa sobre la región; defina sus recursos; identifique sus obstáculos y limitaciones; descubra sus posibilidades de desarrollo; sugiera las acciones que le fa

cilitarían ese desarrollo; y se motive para tomar acciones que le conduzcan - al desarrollo.

### 1.7 Metodología de la Evaluación Socio-Económica de los Caminos Rurales

Debido a que dentro de la construcción de caminos rurales existen dos o más elementos viables para la construcción del mismo; por ejemplo se puede construir un camino rural porque la incorporación de una zona potencialmente productiva es un factor que aminoraría la importación de materias primas, o porque en el campo social la zona que se pretende comunicar, a pesar de ser escasa potencialmente económica, ha estado marginada y es necesario propiciar un cambio decisivo en la forma de vivir de sus habitantes, los procesos de selección para la evaluación socioeconómica se basará primordialmente en: el cálculo de la productividad de la inversión en función del producto que sería agregado a la economía regional o nacional mediante la realización del proyecto, o en la relación que existe entre el monto de la inversión y el número de habitantes por servir; complementándose con indicadores auxiliares que tomen en cuenta el número de hectáreas que, como consecuencia de la obra, se pueden agregar al cultivo, la generación de empleos que se provoca al realizar este tipo de proyectos con alta participación de mano de obra y consecuentemente, la elevación del ingreso en la propia zona.

Para evaluar el efecto, que acarrea la construcción de un camino rural, en una población que carezca de comunicación se debe en primer nivel determinar los siguientes tres grupos de factores de medición: efectos directos del camino, efectos de integración del camino, efectos sociales asociados a inversiones complementarias. Dentro de estos tres grupos, se definen factores de evaluación más desagregados, pero posibles de cuantificar, esto dió lugar a los siguientes ele

mentos de juicio para orientar una decisión:

- a) Rentabilidad marginal del capital, es decir, tasa interna de retorno.
- b) Índice de rentabilidad inmediata.
- c) Relación del salario local al mínimo regional.
- d) Comunicación de poblados con cabeceras municipales.
- e) Comunicación a poblaciones marginadas de las carreteras y caminos.
- f) Efectos en la población.
- g) Efectos en la producción.

A cada uno de los elementos o parámetros mencionados se les asigna una unidad de medida y se procede a definir funciones de utilidad para cada uno de ellos, con lo cual se trata de cuantificar, en términos comparativos, la importancia relativa de cada uno de los factores, siendo estas funciones definidas por medio de entrevistas a expertos que conduzcan a un consenso.

### 1.8 Estimación General de la Trascendencia de los Caminos Rurales

Básandose en la metodología de evaluación, mencionaré lo siguiente:

#### a) Efectos directos del camino

Desde el punto de vista ecológico la apertura de una vfa terrestre en general altera las características naturales de la zona que cruza, tanto por lo que se refiere al suelo, como a la vegetación e hidrología. Asimismo, puede ocasionar un cambio radical hacia el uso del suelo y un descuido que puede ocasionar su degradación y contaminación. La degradación se provoca al modificar la estructura natural del terreno y provocar la erosión del suelo con la pérdida de la capa vegetal. El cambio hacia el uso del suelo generalmente es benéfico ya que el camino rural permite la introducción de insumos productivos, como fertili-

zantes, insecticidas y tecnología para mejorar la productividad de la tierra. Y la contaminación puede producirse generalmente por un mal sistema de drenaje del camino, especialmente en zonas tropicales propiciando un medio ambiente apto para los agentes patógenos en charcos y canales.

Por otro lado el camino es el primer eslabón de comunicación real que permitirá la introducción de los servicios públicos y habrá un cambio directo en la forma y el modo de vivir y de pensar de los lugareños, un camino rural puede ser un factor directo para arraigar a las gentes en su lugar de origen.

#### b) Efectos de integración del camino

La construcción de caminos rurales, hasta la fecha, ha logrado un avance de -- aproximadamente 70,000 kilómetros y son una vía de acceso permanente y transitable en toda época del año. Con esta longitud de caminos rurales se estima - que se han comunicado aproximadamente 6,000 poblados, con lo cual se ha integrado un total de aproximadamente 9,000 comunidades rurales. También se estima - que se ha comunicado ya aproximadamente el 70% de las cabeceras municipales con alguna vía de comunicación más eficiente. En términos de la población servida por caminos rurales se ha estimado que cuatro millones y medio de habitantes ya gozan de una vía de comunicación permanente.

Con estos datos puede decirse que es evidente el fenómeno de integración de las comunidades servidas tras la construcción de los caminos rurales.

#### c) Efectos sociales

Los efectos sociales alcanzados al construir un camino rural se pueden dividir en dos etapas:

- Efectos producidos a la par con la construcción del camino
- Efectos que repercuten después de la construcción del camino

Al mismo tiempo que se construye el camino se advierten efectos en la población servida; teniendo en cuenta que en general la mayoría de los pequeños poblados o comunidades rurales de la República Mexicana trabajan en la agricultura y que esta última, a su vez, es de temporal; existe un grave problema de desempleo. - También, a sabida cuenta que el campesino o trabaja en forma comunitaria (esto es, labora en tierras del vecino, para que posteriormente el vecino labore en las tierras de él; sin percibir ningún sueldo o salario), o percibe un sueldo mísero por su jornal. Se puede aseverar que dentro de la bondad, en la construcción de un camino rural, para emplear un alto grado de mano de obra, se ven beneficiadas un buen número de familias de la comunidad; ya que el salario nominal que percibe un peón al trabajar en la construcción del camino rural, o nunca lo hubiera obtenido, por no existir una fuente de trabajo, o aumenta su ingreso familiar, por lo menos en el tiempo que dure la construcción del camino.

Por otro lado la formación de los comités pro-obras integrados antes de construir el camino dejan una evidencia, dentro del poblado, que les permite visualizar que en forma organizada pueden describir sus carencias o necesidades y solicitarlas por medio de un comité que administre los bienes sociales que vendrán tras la construcción del camino. También a la par con la construcción del camino rural se estima que un peón habilidoso puede iniciarse en el oficio de la albañilería, permitiéndole posteriormente mejorar la casa habitación donde vive. Dentro de los efectos que repercuten después de construído el camino rural, se pueden citar los siguientes:

Al observar que el camino rural permite en primera instancia un medio de comuni-

cación permanente y en segunda el intercambio de bienes y productos de una región a otra, el lugareño es motivado a incrementar su producción ya que existirá alguien a quien venderla.

Asimismo, los lugareños podrán solicitar los servicios públicos de que carecen, ya que existe una vía de comunicación terrestre que permitirá la introducción de éstos.

En este orden de ideas se puede concluir que el nivel de desarrollo, entendiendo como tal, al grado de bienestar alcanzado por una población determinada y que éste a su vez está en relación directa con las oportunidades que tienen los individuos de una comunidad, para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales en un momento dado, puede no estar en función directa del camino rural; pero si se puede asegurar que mediante este último se pueden iniciar las oportunidades del desarrollo.

## CAPITULO II

### COMO SE CREA UN CAMINO RURAL

#### 2.1 Promoción de los Caminos Rurales

La actitud promocional de obras en el medio rural tiene características peculiares de acuerdo a cada programa de gobierno, aún hablando de una misma concepción: la construcción de caminos rurales, por ello es necesario generalizar dicha actividad.

La promoción es el paso inicial previo a la ejecución de una obra, ya que mediante de ella se pretende, concientizar, motivar y sensibilizar a los miembros de una comunidad a efecto de que identifiquen sus carencias y mediante esfuerzos compartidos integrarse en un grupo solidario que intervenga en la consecución de aquéllas obras que les permitan acelerar los beneficios que acarrear los servicios de que carecen.

En virtud de que el país no cuenta con la suficiente información estadística, que haga posible recabar en forma indirecta los datos relativos a las condiciones socio-económicas que privan en las comunidades rurales, así como las características físicas, que nos permitan contemplar la factibilidad técnica y económica de una obra. La investigación es uno de los aspectos relevantes, en la promoción, ya que permitirá decidir si la comunidad visitada, se incluye en el

programa del año o se difiere a posteriores y/o, en su caso, a diferentes. Al efectuar la investigación es necesario obtener la información anotándola en la cédula de investigación (Anexo 1).

En la promoción se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- A) Lograr la mayor identificación posible entre la comunidad y los programas de gobierno, de tal manera, que canalice sus inquietudes hacia el redescubrimiento de sus posibilidades en la construcción de obras de beneficio colectivo que, a través de conductos legales, represente la conjunción de esfuerzos entre gobernantes y gobernados.
- B) Difundir los aspectos básicos de los programas, en asamblea pública en la comunidad y provocar el comentario, estimulando al máximo la participación de los habitantes del lugar.
- C) Informar debidamente a las comunidades sobre el uso amplio y correcto que deben hacer las obras y en su caso, implantar cursos de capacitación técnica, para la adecuada operación de los servicios construídos.

Así, las funciones de un promotor serán:

- a. Integrar en forma permanente el binomio promotor-residente, ya que en esta mancuerna, recaerá toda la responsabilidad para el adecuado logro de las obras de beneficio colectivo.
- b. Recabar información a nivel estatal, municipal o local, de diferentes fuentes, que pueda serle útil para la correcta promoción de las obras.

- c. Coordinarse con los diversos centros de trabajo regionales, así como con las Dependencias y organismos que, en una u otra medida, tengan ingerencia en los Programas de Desarrollo Rural.
- d. Canalizar en forma adecuada los requerimientos de obra por parte de la comunidad, orientando su participación.
- e. Efectuar asambleas promocionales en las localidades programadas.
- f. Investigar y promover según el caso aquéllas que sean de su competencia.
- g. Asesorar y crear a los Comités Pro-Obras mediante una acta constitutiva de la asociación (Anexo 1) relacionando al Residente de Construcción, en la resolución de los problemas que, relacionados con su actitud se presenten durante la construcción y conservación de la obra.
- h. Realizar actos de entrega de obra a la comunidad, tan pronto se encuentre concluída, para tal efecto se levantará una acta de entrega y recepción (Anexo 1).
- i. Mantener constante vigilancia de las obras terminadas a fin de que, en su oportunidad, resensibilice a la comunidad para que participe en las actividades de conservación menor.
- j. Motivar a los habitantes, a efecto de que la organización lograda para el trabajo colectivo, se fortalezca en forma permanente.

## 2.2 Generalidades del Financiamiento de los Caminos Rurales

El financiamiento es sin duda uno de los aspectos más importantes para la construcción de los caminos rurales ya que mediante estos se pueden elaborar programas y establecer metas que llegarán a satisfacer las necesidades de la empresa propuesta, en este caso, por la Dirección General de Caminos Rurales - (D.G.C.R.) (Se presenta adjunto un esquema de congruencia con los objetivos y metas de la D.G.C.R.).

Se pueden considerar 3 etapas en la formación de la hoy D.G.C.R.-SAHOP la primera del año 1967-1968 de lo que se llamó Caminos Rurales de Acceso posteriormente, de 1971-1972 se denominó Programa de Caminos de Mano de Obra, hasta el año de 1977 que adquirió el nombre de Dirección General de Caminos Rurales.

Desde el inicio del Programa de Caminos Rurales los recursos presupuestales, han provenído principalmente de fondos fiscales o propios del Gobierno Federal, como en el caso de los programas normales que operaron durante los años de 1972 a 1976 y que actualmente vienen funcionando en su modalidad de Convenios Unicos de Coordinación con los Estados de la Federación, CUC.

También han tenido una fuente importante en cuanto a créditos internacionales se refiere, como es el caso del Banco Mundial que otorga financiamiento a través del Programa de Inversiones Públicas para el Desarrollo Rural (PIDER), el cual es operado por la Secretaría de Programación y Presupuesto.

Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo otorgó un crédito específico para Caminos Rurales operado por la entonces Secretaría de Obras Públicas, el cual se terminó de ejercer en 1973.

SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS RURALES

ESQUEMA DE COHERENCIA

POLÍTICA NACIONAL	GENERALES	OBJETIVOS		METAS	
		ESPECÍFICOS	Mediano Plazo (1987)	Largo Plazo (2001)	
ALIANZA PARA LA PRODUCCIÓN	APOYAR CON LA COMUNICACIÓN LOS PROGRAMAS Y ACCIONES QUE PERMITAN INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD QUE SE SEÑALAN EN EL PLAN NACIONAL AGROPECUARIO Y FORESTAL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA.</li> <li>- INCORPORAR PERMANENTEMENTE SUPERFICIES AGRI-COLAS INOCULTIVADAS, ACTUALMENTE EN PRODUCCIÓN O POTENCIALMENTE PRODUCTIVAS, PRINCIPALMENTE EN LOS DISTRITOS TEMPORALES.</li> <li>- PROMOVER LA EXPLOTACIÓN DE ÁREAS BOSCOsas QUE SE ENCUENTRAN ACTUALMENTE IMPRODUCTIVAS.</li> <li>- PROMOVER LA INCORPORACIÓN AL MERCADO INTERNO DE LA PRODUCCIÓN PESQUERA LOCAL EN PESQUERA Y MEDIANA ESCALA.</li> <li>- COMUNICAR BUENOS EJEMPLOS DE INTERÉS TURÍSTICO DE ACUERDO CON EL PNUO INTEGRANDOLOS AL SISTEMA URBANO NACIONAL.</li> <li>- FACILITAR EL ACCESO PEANA-MENTE DE LA PUEBLACIÓN DEL PERIPELO A LOS SERVICIOS DE SERVICIOS PÚBLICOS BÁSICOS QUE SE LOCALIZAN EN LOS CENTROS DE SERVICIOS URBANOS CONCERTADOS, Y LA AMPLIACIÓN DE SU ÁREA DE INFLUENCIA.</li> <li>- PROPICIAR NECESIDADES ADECUADAS DE USO DE INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS PÚBLICOS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- COMUNICAR AL 12% DEL TERRITORIO DE LA SIERRA GUINEE FORNA.</li> <li>- 6 MILLONES DE HECTÁREAS DEDICADAS A LA PRODUCCIÓN DE COPRODUCTOS.</li> <li>- 3 MILLONES DE HECTÁREAS DE TIERRAS INCLITAS PRODUCTIVAS.</li> <li>- 4 MILLONES DE HECTÁREAS DE BOSQUES.</li> <li>- 11 MILLONES DE HECTÁREAS DE PASTOS EN CERROS Y LLANURAS.</li> <li>- COMUNICAR 200 COMUNIDADES PESQUERAS.</li> <li>- COMUNICAR LUGARES DE ATRACCIÓN TURÍSTICA QUE SE ENCUENTRAN EN EL PAÍS.</li> <li>- COMUNICAR A 9 MILLONES DE GENTES DE 12 000 LOCALIDADES.</li> <li>- COMUNICAR 350 CASILLERAS MUNICIPALES.</li> <li>- ALCANZAR UNA RELACION DE 2 KM DE CAMINOS ALIMENTADOS POR KM DE TRINCHERA.</li> <li>- CONSTRUIR 60 000 KM DE CAMINOS RURALES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- COMUNICAR 72 MILLONES DE HECTÁREAS - 1472 DEL TERRITORIO.</li> <li>- ALCANZAR UNA DENSIDAD DE 500 M<sup>2</sup> DE COMPLEJO EN 2005 A ÁREAS DE ALTO POTENCIAL AGRÍCOLA.</li> <li>- COMUNICAR A 30 M<sup>2</sup> DE PUEBLACIONES AGRI-COLAS DESPERDASAS.</li> <li>- COMUNICAR LA TOTALIDAD DE LAS CASILLERAS MUNICIPALES.</li> <li>- QUE EL 75% DE LAS CASILLERAS SE ENCUENTRE POR LO MENOS EN BUEN ESTADO.</li> <li>- CONSTRUIR 200 000 KM DE CAMINOS RURALES.</li> </ul>	
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- COORDINARSE CON LAS AUTORIDADES COMPETENTES A FIN DE QUE, AL INICIO DE UN CAMINO SE PROMUEVA O CONDUCE LA ORGANIZACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENEFICIARIAS.</li> </ul>
EMPLEO Y TECNOLOGÍA	CONSOLIDAR Y FOMENTAR EL USO DE TECNOLOGÍA APLICADA A LA ESTRUCTURA DE LA ECONOMÍA RURAL, EN ESPECIAL EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y FORESTAL, EN COORDINACIÓN CON EL PROGRAMA NACIONAL DE EMPLEO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GENERAR FUENTES DE EMPLEO A CORTO PLAZO Y CONTRIBUIR A LA ZARPELACIÓN DE LAS FUENTES DE EMPLEO A LARGO PLAZO, Y CON SUS CONSECUENCIAS POSITIVAS EN CUANTO A LA CALIDAD DE VIDA DEL INTERNO Y FLUJO DE DIVISAS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MANTENER UN PROMEDIO DE 12 EMPLEOS EN UN HECTÁREAS.</li> <li>- CREAR 10 000 EMPLEOS PEANOS EN LOS CENTROS DE SERVICIOS URBANOS.</li> <li>- PRODUCIR 200 000 TONELADAS DE PESCO POR 200 MILLONES DE PESOS.</li> <li>- EVITAR LA SALIDA DEL PAÍS DE 4 000 MILLONES DE PESOS EN DIVISAS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MANTENER EN EL PAÍS UN NÚMERO DE EMPLEOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y FORESTAL QUE PERMITA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ECONOMÍA RURAL.</li> <li>- ALCANZAR 200 000 TONELADAS DE PESCO POR 200 MILLONES DE PESOS.</li> </ul>	

En el año de 1980, el régimen actual, por medio del Presidente de la República se estableció un convenio denominado "Programa SAHOP-COPLAMAR de Agua Potable y Caminos para Zonas Marginadas" este apoyo es significativo, ya que la Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados - (COPLAMAR) acelerará los objetivos de comunicación que se había establecido - la Dirección General de Caminos Rurales, de la SAHOP.

También existe financiamiento de apoyo por parte de otras secretarías y organismos particulares que brindan, aunque en menor escala, mejorar las condiciones presupuestarias de este tipo de caminos.

En el transcurso de la hoy D.G.C.R. el financiamiento en general ha cambiado en cuanto a la forma de administrar los recursos, pero la esencia del financiamiento sigue siendo como se describió anteriormente.

### 2.3 Factibilidad Económica, Costos y Condiciones Fisiográficas

#### 2.3.1 Costos y Condiciones Fisiográficas

El costo de un camino rural va influenciado directamente por las condiciones fisiográficas de la zona por donde se alojará; por esta razón hablaremos muy someramente de las condiciones fisiográficas de la República Mexicana.

##### a) Geología:

La era Cenozoica es caracterizada por una gran actividad tectónica y volcánica, responsable de la configuración actual del país. Durante el Paleoceno se inició un gran accidente transversal, que corrió aproximadamente a lo largo del paralelo 19, y que interrumpió a esta latitud la continuidad de las líneas tectónicas del Altiplano; sin embargo, no fué obstáculo suficiente para que -

las mismas líneas de plegamiento de la Sierra Madre Oriental se prolongasen - al sur del paralelo 19, dando origen a la Sierra Madre de Oaxaca y de Chiapas.

También de principios de este período fueron las erupciones que, aprovechando las zonas de fractura de la Sierra Madre Occidental, recubrieron toda esta región de materiales volcánicos (andesita, dioritas, porfitas), originando los actuales relieves de esta cordillera.

Posteriormente en el cenozoico surgió la cordillera neovolcánica desde el Golfo hasta el Pacífico y la formación de volcanes muy recientes como el Parícutín en 1943 y el Búrcena en 1952.

Durante el neógeno, el hecho más significativo al norte del paralelo lo constituye la formación de la cordillera surcaliforniana y la invasión definitiva - del mar en el golfo de California. Al sur de la cordillera neovolcánica, diversos movimientos de fractura y epirogénicos modelaron la región del Portillo Istmico, diferenciando la Sierra Madre de Oaxaca de la de Chiapas. A fines del terciario emergió la plataforma calcárea de Yucatán (ver plano 1 anexo).

#### b) Geografía:

b.1) Relieve. - La orografía mexicana está formada por dos conductos separados por un relieve transversal, orientado de Este a Oeste, llamado cordillera neovolcánica; la parte situada al Norte de esta divisoria se halla integrada, por una sucesión de unidades alineadas generalmente de Norte a Sur y en la parte Sur, mucho más compleja, domina la orientación Norte-Sureste.



Sector norte; la mitad Norte recibe el nombre de Planicie Tamaulípeca, y la parte Sur, el de Huasteca. Es una llanura de acumulación, en la que son muy frecuentes las zonas pantanosas, las tierras bajas y las lagunas litorales. En este sector se formaron la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y el Altiplano Mexicano (Altiplanicie meridional y la Altiplanicie Septentrional) con relieves bastante discontinuos que llegan a elevaciones de 2,250 m de altura.

Coordillera neovolcánica; constituye una separación entre la orografía norteña y la meridional, está integrada por un núcleo o basamento sedimentario afectado por una serie de fracturas y ligamentos de gran inestabilidad, que dió origen a una fuerte actividad volcánica, que todavía persiste en la actualidad dando lugar a elevadas cumbres, cuencas interiores, etc. Los volcanes más importantes son: el "Pico de Orizaba", el más alto del país (5,747 m), el "Popocatepetl" (5,452 m) y el "Iztaccíhuatl" (5,286 m) y algunas de las cuencas interiores (Cuenca de México y Cuenca de Toluca), están cubiertas por aguas someras, que forman lagos como el Pátzcuaro, el Cuitzeo y el Lago de Texcoco y lagunas como las de Chapala y Sayula.

Sector Sur; inmediatamente al Sur de la coordillera neovolcánicas se hallan tres unidades, orientadas de Norte a Sureste, en cuyos bordos se desarrollaron sendas planicies costeras, denominadas de Sota-vento, al este y suroccidental, al Oeste, y cuyo límite suroriental está formado por el Portillo Istmico.

En este sector se formaron las Sierras Madre del Sur y Madre de Oaxaca y

Madre de Chiapas y las Planicies costera de Tehuantepec, costera del suroeste, en Chiapas y la Plataforma Yucateca.

Clima.- El hecho de verse atravesado el país, hacia su parte media, por el Trópico de Cáncer establece la diferenciación de dos zonas climatológicas: una templada, al Norte y otra tropical al Sur, pero debido a la gran altura que se halla la mayor parte del territorio (solo el 32% se encuentra a menos de 500 m de altura, y el 68% restante va de 501 a más de 2,500 m de altura), se producen modificaciones en el régimen térmico, como predominio de la altura sobre la latitud. Por otra parte, éste se ve influido por la acción de masas de aire del Pacífico y del Atlántico, de características diferentes. Las variaciones térmicas atendiendo a su ritmo, permiten distinguir los siguientes tipos de regímenes térmicos:

1. Caluroso uniforme, con temperatura media anual superior a 20°C y amplitud térmica débil: comprende las llanuras costeras del Golfo de México y Océano Pacífico, en la zona intertropical, la península de Yucatán y la depresión del Balsas
2. Caluroso irregular, con temperatura media anual superior a 20°C y amplitud térmica superior a los 10°C, comprende la planicie Tamaulipeca, Desierto de Sonora y la Península de Baja California.
3. Templado uniforme, caracteriza a una gran parte de las cuencas de la cordillera neovolcánica y Mesa Central de Chiapas; la temperatura media anual es relativamente baja, siempre inferior a 20°C y la amplitud térmica bastante débil.
4. Templado irregular, localizado principalmente al Este de la Sierra Madre Occidental.

5. Extremado, caracterizado por una amplitud térmica frecuente superior a 20°C, y que domina en la Altiplanicie Meridional y noreste de Baja California.
6. Frío regular, característico de las cumbres de las sierras Madre y de la cordillera neovolcánica.

Los regímenes térmicos, aunado a los vientos, traen como consecuencia - ocho tipos de clima, que son:

- Tropical lluvioso
- Intertropical lluvioso
- Desértico
- Estepario
- Templado lluvioso (lluvias en invierno)
- Templado lluvioso (lluvias todo el año)
- Templado lluvioso (lluvias en verano)
- Polar de altura

La Hidrografía y demás ciencias que contempla la geografía física serán omitidas por su extensa y variada forma.

Como se pudo apreciar la República Mexicana cuenta con topografía muy accidentada, climas muy variados y condiciones geológicas muy especiales - por ello es que los costos de construcción de un camino rural son casi - imposibles de unificarlos, aún cuando se dividieran por cada uno de los estados que componen la República. Así, el constructor de caminos a hecho una división de ellos tomando como base principal la topografía, pero cabe mencionar que las condiciones climáticas y geológicas alteran dicho -- patrón pudiendo elevar los costos o disminuirlos según sean las condiciones propias de cada camino.

En la D.G.C.R. de la SAHOP se establecieron tres tipos de topografía - plano, lomerío y montañoso y con ellos se han elaborado especificaciones de proyecto y construcción que tratan de encuadrar el universo de casos posibles en la construcción de caminos; los costos en cada caso, como es natural, varía dependiendo de las situaciones antes descritas.

Otros aspectos de gran significado que intervienen en el costo de un camino rural son las estructuras especiales, como los puentes, que elevan el costo a tal grado que muchas veces no son factibles de construir y quedan postergados a otros programas. A continuación describiremos los costos globales de construcción para los años 1978, 1979 y 1980 por los conceptos de terracerías, revestimiento y obras de drenaje.

	1978	1979	1980
Montañoso (camino nuevo)	\$777,998.00	\$987,068.00	\$1'233,835.00
Montañoso (mejoramiento de brecha)	374,371.00	629,976.00	1'039,460.00
Lomerío (camino nuevo)	355,537.00	570,583.00	912,932.00
Lomerío (mejoramiento de brecha)	201,334.00	375,075.00	697,639.00
Plano (camino nuevo)	170,106.00	290,170.00	493,289.00
Plano (mejoramiento de brecha)	118,969.00	227,434.00	434,398.00

Estos costos están dados en \$/Km de camino construido, no incluyen los costos de proyecto y obras especiales, como los puentes.

El costo promedio del proyecto de un camino rural incluye los siguientes conceptos:

- 1.- Reconocimiento y localización
- 2.- Trazo definitivo
- 3.- Nivelación

- 4.- Secciones de construcción
- 5.- Obras de drenaje
- 6.- Referencias en el campo
- 7.- Cálculo y dibujo

Y para el año de 1980 fue de \$ 46,237.00/Km en promedio, variando de acuerdo a la topografía de la zona.

### 2.3.2 Factibilidad Económica

Un estudio formal de factibilidad incluye generalmente siete aspectos, como son:

1. Estudios de campo
2. Aspectos físicos
3. Características Ingenieriles
4. Aspectos económicos
5. Planeación general
6. Evaluación económica y financiera
7. Integración del estudio

Aplicando éstos, al ambiente de la construcción de caminos rurales se puede mencionar que:

Los estudios de campo son equiparables con la promoción, ya que por carecer de información estadística, éstos permiten en primera instancia recopilar información y enseguida analizar el modus vivendi de los lugareños.

Los aspectos físicos incluyen los aspectos fisiográficos que también pueden ser recopilados en las cédulas de información llenadas en la promoción del camino rural. Más aún, si ya se va a llevar a cabo la construcción del camino rural estos datos informativos se pueden llevar al detalle técnico.

Las características ingenieriles están determinadas por las especificaciones de proyecto y construcción.

Los aspectos económicos que van desde el análisis de las características de propiedad de la tierra hasta el análisis de costos de construcción del camino y sus afectaciones, son los que pueden condicionar la factibilidad económica.

Dentro del marco general de la planeación, se analizará si la construcción de un camino rural se incluye en los programas formados en ese año o se posterga a otros; en realidad aquí se jerarquizará en orden de importancia cuáles caminos son susceptibles de incluirse en los programas del año.

La evaluación económica y financiera se elabora a partir de la jerarquización hecha anteriormente; sin embargo, no debe olvidarse que muchos de los caminos rurales incluidos en los programas actuales son de carácter social y por ende solo importará el análisis financiero ya que mediante este último se sabrá -- cuántos caminos son susceptibles de construir.

Todos y cada uno de estos aspectos se presentan en un estudio de factibilidad, y a este se le incluirán las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Puede observarse que un análisis de factibilidad económica en caminos rurales está limitado en cuanto, a que existen relativamente pocas zonas con un alto potencial agrícola o zonas en las que exista una gran concentración de habitantes, para evaluarlo desde el punto de vista beneficio-costos.

Luego entonces la factibilidad económica en caminos rurales, está predeterminada por las decisiones gubernamentales; ya que si en general los objetivos -

del gobierno en materia de desarrollo social, son los de construir caminos - rurales, prácticamente no importarán las erogaciones que se hagan en estos - rubros y solo interesará que se realicen bajo una buena administración, técnica y económica.

#### 2.4 Tecnología Actual Empleada en los Caminos Rurales

Conviene recordar algunos objetivos de la D.G.C.R. en materia de tecnología y empleo, planteados en el cuadro de congruencia, como los siguientes:

- a) Consolidar y fomentar el uso de tecnología apropiada a la estructura de - nuestra disponibilidad de mano de obra y capital, en consecuencia con el programa nacional del empleo.
- b) Generar fuentes de empleo a corto plazo y contribuir a la apertura de -- otras fuentes de mediano y largo plazo, con sus consecuentes efectos en - cuanto a la distribución del ingreso y ahorro de divisas.

Asimismo, conviene mencionar algunos aspectos que intervienen directa, o indirectamente en el uso de las técnicas de construcción de los caminos rurales y que revisten singularidad en nuestro país, como son:

- La vecindad de un país altamente industrializado como lo es Estados Unidos implica una serie de transferencias tecnológica y cultural que no son acordes con las condiciones locales de nuestro país, ya que la adquisición de tecnología importada presenta una fuerte fuga de divisas.
- Al adquirir, copiar o adaptar nuevas técnicas se deberá cuidar principal - mente que la adaptación sea semejante a las técnicas actuales ya que generalmente las especificaciones de proyecto y construcción favorecen la uti-

lización de materiales y máquinas especiales y por ende personal altamente capacitado que no se encuentra en México.

- Los programas gubernamentales, las dificultades monetarias y la demanda de obras ingenieriles deberán ser acordes con la problemática del país ya que, muchas ocasiones los tiempos de construcción y entrega de las obras son limitantes y solo se podrán alcanzar los objetivos mediante el uso de máquinas de grandes dimensiones y con especificaciones altas.

Así, en caminos rurales el empleo de especificaciones modestas ofrecen la posibilidad de buscar procedimientos y técnicas constructivas autóctonas que aminoren la fuga de divisas y se emplee racionalmente la mano de obra disponible en el país.

Para establecer criterios en el uso de mano de obra o maquinaria debe existir una planeación adecuada seguida de la capacitación de técnicos en la construcción, que permita competir con las técnicas modernas empleadas.

La técnica actual empleada en la construcción de caminos rurales es muy variada ya que intervienen factores de muy diferente índole, como son:

- a) Maquinaria disponible en la zona de trabajo
- b) Factibilidad técnica y económica de cada camino en particular
- c). Disponibilidad del constructor para adaptarse a las condiciones ambientales, sociales y de innovación técnica
- d) Aspectos fisiográficos particulares de cada camino

Mencionaré las técnicas constructivas más usuales en la construcción de caminos rurales y trataré como "casos especiales" algunas de las técnicas empleadas que revisten singularidad por la forma en que se resolvieron los problemas constructivos.

Describiré tres aspectos básicos en la construcción de un camino rural, y el procedimiento tradicional de construcción:

A. Terracerfías                    a) Desmote  
    b) Cortes  
    c) Terraplenes

B. Revestimiento                a) Extracción  
    b) Carga  
    c) Acarreos  
    d) Tendido

C. Obras de drenaje

Las definiciones de los eventos mencionados y el alcance que tiene cada uno de ellos se verán apoyadas en el capítulo siguiente, ahora me limitaré a describir la forma en que es usual la construcción de cada uno de los eventos.

A. Terracerfías

a) Desmote.- Este evento de la construcción se ve afectado directamente por el tipo de vegetación existente en la zona, que puede ser desde manglar, selvático o bosques hasta regiones áridas o semiáridas; generalmente es realizado con mano de obra como es el caso de los estados de Zacatecas, Coahuila y Oaxaca independientemente de la topografía del terreno, otros estados como San Luis Potosí y Tabasco usan tractores para realizar esta etapa constructiva.

b) Cortes.- Cuando existen cortes, en la construcción de un camino rural, influirá directamente el volumen, el tipo de material y la dureza del mismo, básicamente. Así cuando los cortes son pequeños y el material es

de una dureza intermedia o blanda es eficaz el empleo de mano de obra; - auxiliado algunas veces con el uso de explosivos cuando la dureza se considera un obstáculo que restará eficiencia. Otras ocasiones cuando los volúmenes de corte son excesivos y/o la dureza de los materiales restarían eficiencia empleando mano de obra, es de uso frecuente el empleo de explosivos y un tractor para retirar los escombros y solo al perfilar los taludes se emplea la mano de obra.

- c) Terraplenes.- Cuando se contempla terraplenar en la construcción de un camino rural, influirá directamente el volumen de terraplén y este será un factor decisivo en el empleo de mano de obra o maquinaria de construcción. Si el proyecto contempla volúmenes fuertes y altura de terraplén grande es de uso frecuente formarlos con préstamos laterales en capas de 30 a 40 cm. con un tractor que posteriormente pasará encima del material depositado - para darle un acomodo y algo de compactación; a esta acción se le llama - bandeado con tractor. Otras veces cuando la maquinaria es más moderna se - emplean motoescrepas que tiran el material producto del préstamo en capas más uniformes que posteriormente serán bandeadas con la misma máquina; conviene decir que con este método se logra un mejor acomodo y un grado de - compactación superior. Sin embargo cuando los volúmenes son mínimos y la altura de terraplén es pequeña o cuando el terraplenado se realiza en tramos cortos del camino es eficiente el empleo de la mano de obra; aquí también se emplean materiales de los préstamos laterales que serán tendidos y compactados con un pisón de mano.

#### B. Revestimiento

- a) Extracción.- Este evento de la construcción va relacionado íntimamente con el tipo de material ya que este aspecto requiere de materiales selecciona-

dos que pueden ser de tres tipos:

- Materiales que no requieren de tratamientos
- Materiales que requieren ser disgregados
- Materiales que requieren ser cribados

Nota: Posteriormente se describirá quiénes son y qué características posee cada tipo de material.

La extracción, como en el caso de los cortes, va relacionada con la dureza y/o cementación de los materiales en su estado natural y del volumen y calidad de los bancos. Cuando los materiales son de cementación media a bajas es eficiente el empleo de la mano de obra en su extracción sea cual fuere el tipo de los tres antes mencionados.

Contrariamente si la dureza o la cementación existente en el banco es alta, es ineficiente el empleo de la mano de obra y es de uso frecuente utilizar equipo de construcción para la extracción de los mismos. Otro caso que es de uso frecuente es el de utilizar explosivos para poder trabajar el volumen de material y queda abierto el empleo de mano de obra o equipo de construcción para la extracción del mismo, dependiendo también del tipo de tratamiento que requiera.

- b) Carga.- La carga de material de revestimiento se hace generalmente sobre camiones y se realiza con mano de obra o equipo de construcción según se halla realizado la extracción, o de acuerdo a la disponibilidad de equipo.
- c) Acarreo.- El acarreo como ya mencione se hace en camiones, y se tira o acamellona el material a distancias de 20 m de separación entre sí y al centro del ancho del camino.

d) Tendido.- El tendido del material se realiza generalmente a mano y se extiende en capas de 15 cm de espesor en promedio, en un ancho de corona de 3 a 4 m. Otras ocasiones se utiliza una motoconformadora para realizar este evento. Dependiendo del tipo de material, del tratamiento que requiere o de la dureza del mismo, habrá ocasiones en que es necesario ser disgregado o cribado ya sea con el empleo de mano de obra o por medio mecánico; preferentemente la mano de obra será el método a seguir.

#### Casos especiales de construcción en Caminos Rurales

##### 1. Camino Puntarenas-El Remate

Camino de penetración económica que se está construyendo en el Estado de Campeche, Municipio de Calkini, este camino está localizado en plena zona pantanosa. Las precipitaciones anuales son del orden de 1,500 mm de agua, que se acumula en época de lluvia, formando así una capa de agua de más o menos 50 cm que persiste todo el año. El camino está proyectado con una longitud de 16.5 Km y un ancho de corona de 4 m y se han construído plataformas laterales cada 300 m para permitir el cruce y vuelta de los camiones de construcción. El poblado de Punta Arenas cuenta con 600 habitantes que están rodeados de pantanos y situado al borde del Golfo de México. Sus habitantes viven de la pesca; su producción especialmente 10 ton de pulpo por semana, es actualmente llevada a los centros de distracción y consumo por vfa marítima. Se trata de un viaje largo y costoso hasta el puerto del vecino Estado de Yucatán. Se han realizado sondeos que han mostrado una primera capa de arcilla rica en materias orgánicas de alta plasticidad (OHI) muy blanda con un espesor medio de 1.30 m y a continuación una capa de roca caliza cretosa (SASCAB). Las condiciones del terreno y los requerimientos del camino dejaron dos alternativas:

- La construcción de un terraplén que se apoyaría sobre la capa resistente de roca, desplazando la capa de arcilla orgánica.
- La construcción de un terraplén o capa de cimentación que se apoyaría sobre la capa de arcilla orgánica.

Fue rechazada la primer alternativa por ser demasiado costosa y se adoptó la segunda, aplicando la siguiente técnica de construcción:

Desmunte.- El desmunte se realizó con mano de obra, ésta consiste en cortar la vegetación existente y colocarla, como "cama" sobre la arcilla orgánica de lo que será el camino, entrelazando los troncos y ramas de aproximadamente -- 8 cm de diámetro, unidos entre sí por lianas. Este entramado formará una plataforma que será una base de sostén flotante y servirá de apoyo a la estructura del camino. Cabe mencionar que esta técnica no es nueva en México. Los antiguos habitantes del Valle de México utilizaban una técnica parecida, en el lago de Xochimilco para formar las parcelas de tierra flotante llamadas "Chinampas", sobre las cuales podían cultivar.

Terraplén y revestimiento.- Enseguida del entramado se construye un terraplén de 60 a 70 cm de espesor, estos materiales son extraídos de una cantera situada a 18 Km del inicio del camino. Es necesario emplear explosivos para extraer los materiales y equipo pesado para recogerlos y almacenarlos. La carga se hace por medio de un cargador frontal y el transporte por camiones con una capacidad de 6 ó 7 m<sup>3</sup>. Posteriormente el material es esparcido por capas con un tractor D4 y la mano de obra local, le da la forma y hace el acabado. Se han hecho pruebas triaxiales rápidas sobre el material natural del terreno obteniendo una capacidad de carga de 1 ton/m<sup>2</sup> y se espera un hundimiento des-

pués del entramado de 4 cm. También con el paso de los camiones cargados de material (130 pases diarios) se espera un asentamiento del orden de 85% de los pesos volumétricos totales. En ese asentamiento el material extendido forma un camellón central el cuál es retirado y extendido hacia los hombros por un equipo de cinco obreros quienes le dan forma a la superficie de rodamiento.

Los volúmenes de los diversos materiales son:

- 800 a 1,000 m<sup>3</sup> de entramado por Km
- 2,500 m<sup>3</sup> de piedras por Km
- 3,500 m<sup>3</sup> de (SASCAB) por Km (piedra caliza alterada propia del sureste de México).

Han sido construídos 8.5 Km del camino. La velocidad media de construcción es de 2.5 Km por mes. El precio de construcción es del orden de \$38,000.00 dólares, o sea, alrededor de \$874,000.00 pesos por cada kilómetro (en pesos de 1980).

## 2. Caminos del Estado de Coahuila

En el estado de Coahuila la etapa de terracerfas se realiza en tres formas diferentes, variando este procedimiento con la disponibilidad del equipo agrícola existente en cada caso particular, que puede ser:

- a) Terracerfas con mano de obra, en el caso de que los agricultores no cuentan con equipo o aditamentos y sólo empleen herramientas de uso personal; esto representa aproximadamente el 60% de los casos de construcción.
- b) En las zonas desérticas es de uso frecuente la utilización de escrapas t

radas por mulas para la construcción de terracerías; esto representa el 20% de los casos posibles de construcción.

- c) En las zonas donde la agricultura tiene mayor desarrollo, como es el caso de la Laguna, el empleo de escrepas tiradas con tractor agrícola para la formación de terracerías representa el procedimiento constructivo con más auge que también alcanza un 20% del total de los casos de construcción.

Cabe mencionar que los trabajos de construcción, sea cual fuere, el método constructivo, son programados para que no interfieran con las actividades agrícolas propias de cada región y con ello se logra el empleo de cualquier método en una forma más racional que no perjudica a las personas que laborarán en el camino, ni la producción que está programada por los propios agricultores.

En la etapa de los revestimientos la mano de obra sólo se utiliza para el desmonte de los bancos de material; y la extracción carga y acarreo se realiza con maquinaria de construcción, en el tendido de los materiales de revestimiento se utiliza una motoconformadora, alcanzando una eficiencia en la colocación de 1 Km/día.

Como se puede observar, éste es un ejemplo de la tecnología apropiada aplicada a las necesidades y disponibilidades propias de la región por donde pasará el camino. Hablaré un poco más sobre la ingeniosa adaptación del empleo de escrepas tiradas por mulas, que sin duda es un ejemplo de adecuación y uso de la mano de obra racional en la construcción de los caminos rurales.

El estado de Coahuila tiene un clima que va de templado a cálido y una vege-

tación que va de semiárida a árido; sus moradores se dedican principalmente a la agricultura (maíz, trigo, lechuguilla y otras especies propias de la zona). Los caminos están localizados principalmente en zonas planas y de lomerío suave, salvo algunas excepciones donde los caminos son alojados en zonas montañosas. Como ya había mencionado en las zonas desérticas es de uso frecuente el empleo de escrepas tiradas por mulas. Los elementos que constituyen el equipo de escrepas de mula son los siguientes:

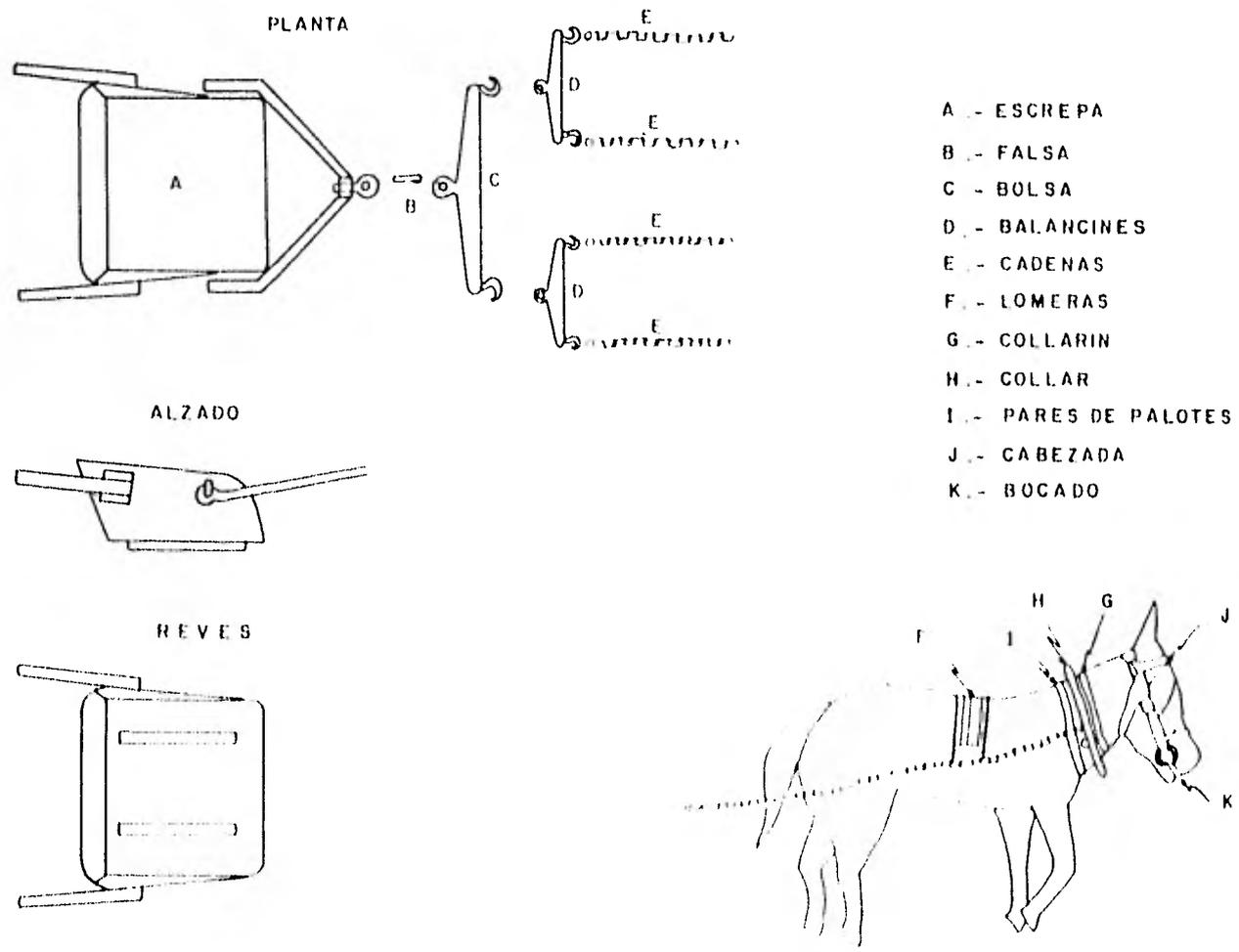
- a) Escrepas
- b) Falsa
- c) Bolsa
- d) Balancines
- e) Capenas
- f) Lomeras
- g) Collarín
- h) Collar
- i) Pares de Palotes
- j) Cabezada
- k) Bocado
- l) Dos mulas

En el esquema 2.4.1 se muestran los elementos antes citados.

Procedimiento constructivo:

Debido a la escasez de vegetación, en el estado de Coahuila, la etapa de desmonte se realiza con mano de obra y consiste en retirar los arbustos existentes. Después de ello se despalma con un arado tirado por las mulas, como se aprecia en la foto 2.4.1; este despalme consiste en aflojar la costra vegetal existente y retirarla mediante la escrepa, foto 2.4.2 de mulas.

FIG.2.4.16 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL EQUIPO DE LA ESCREPA DE MULA



Una vez despalmado se procede a formar la sección del camino y la sección - hidráulica de las cunetas, primero con el arado para aflojar el material y después con la escrepa para acarrear.

Finalmente el afine se realiza con mano de obra.

Es conveniente hacer notar que la organización de las comunidades es un factor principal para el desarrollo de estas faenas.



FOTO 2.4.1 Afloje de la capa vegetal mediante el arado tirado por mulas.



## CAPITULO III

### GENERALIDADES SOBRE LAS ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LOS CAMINOS RURALES Y LIMITACIONES DE LAS MISMAS

#### 3.1 Generalidades

Las especificaciones de proyecto geométrico y las de construcción para caminos rurales tienen como objetivo proporcionar las normas mínimas que permiten el uso del camino en condiciones prefijadas de seguridad y durabilidad de acuerdo con la topografía, el uso de la tierra, la capacidad de inversión del país y los objetivos de comunicación planteados por la D.G.C.R.

Las políticas de Gobierno y la tecnología disponible, en materia de caminos rurales, son los factores que dan forma a las especificaciones.

En efecto, las especificaciones serán aplicadas a los caminos rurales de acuerdo a la estructura que se les dé; es decir, se desea construir una red con niveles de servicio menores que permita, a igual inversión comparado con otro tipo de camino, extender más rápidamente el sistema carretero. Lo anterior, básicamente implica una decisión de política de Gobierno y toca a la técnica la formulación de las especificaciones que cumplan con ese requisito político, adoptando las normas y los elementos de proyecto y construcción adecuados.

Como no hay caminos iguales, con un criterio técnico severo, para cada camino

deberían estudiarse sus especificaciones propias. La experiencia ha demostrado que un sistema tal, sería muy oneroso y poco práctico, por lo que se ha establecido la necesidad de especificaciones generales de proyecto geométrico y construcción que, para diferentes condiciones normen por medio de algunos conceptos las generalidades para todos.

Hasta 1980 se organizó en la D.G.C.R. a un grupo de técnicos experimentados - para que en conjunto formularan las especificaciones para este tipo de caminos, ya que se venían aplicando las especificaciones generales para otro tipo de caminos.

A continuación describiré los conceptos más relevantes de las especificaciones de proyecto geométrico y los de construcción.

### 3.2 Sobre el Proyecto Geométrico

Las especificaciones de proyecto geométrico para caminos rurales son aquellas que enmarcan las especificaciones geométricas aprobadas para caminos tipo E del manual para proyecto geométrico de carreteras sin editar de la SAHOP, y con la experiencia obtenida en la construcción de caminos rurales se consideran como normas básicas las siguientes:

Las carreteras se clasifican, de acuerdo con su tránsito diario promedio anual (TDPA) y la que a nosotros respecta es: Tipo "E", para un TDPA de hasta cien (100) vehículos.

En la siguiente tabla se aprecian las características geométricas para un camino tipo E.

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO  
GEOMETRICO

PARA CAMINOS RURALES

CONCEPTO			UNIDAD	TIPO E				
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO			Veh / día	HASTA 100				
TIPO DE TERRENO	MONTAÑOSO		—					
	LOMERIO							
	PLANO							
VELOCIDAD DE PROYECTO			km / hr	30	40	50	60	70
DIST. DE VISIBILIDAD DE PARADA			m	30	40	55	75	95
GRADO MAX. DE CURVATURA			o	60	30	17	11	7.5
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA	m / %	4	7	12	23	36
		COLUPIO	m / %	4	7	10	15	20
		LONG. MINIMA	m	20	30	30	40	40
PENDIENTE GOBERNADORA			%	9		7		—
PENDIENTE MAXIMA			%	13		10		7
LONG. CRITICA			m	VER FIG. No. IV - 4				
ANCHO DE CALZADA			m	4.0				
ANCHO DE CORONA			m	4.0				
BOMBEO			%	3				
SOBRE ELEV. MAXIMA			%	10				
SOBRE ELEV. PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO			%	VER TABLA No. IV - 5.1				
AMPLIACIONES Y LONG. MIN. Y DE TRANSICIONES			m	VER TABLA No. IV - 5.1				

TABLA 3.1 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

De acuerdo con la tabla 3.1 definiré los conceptos que ahí se encuentran:

a) Velocidad de proyecto

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. La selección de la velocidad de proyecto está influida principalmente por la configuración topográfica y el uso de la tierra.

b) Distancia de visibilidad de parada

Distancia de seguridad mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de marcha, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.

c) Grado máximo de curvatura

El grado máximo de curvatura que puede tener una curva es aquel que permite al vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto.

d) Curvas verticales

d.1) Curva vertical en cresta.- Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical y cuya concavidad queda hacia abajo.

d.2) Curva vertical en columpio.- Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical y cuya concavidad queda hacia arriba.

e) Pendiente gobernadora

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para

dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

f) Pendiente máxima

Es el valor mayor de la relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos (2) puntos de una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda a la longitud crítica.

g) Longitud crítica

Es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor que la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.

h) Ancho de calzada

Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.

i) Ancho de corona

Parte terminada de una carretera comprendida entre sus hombros.

j) Bombeo

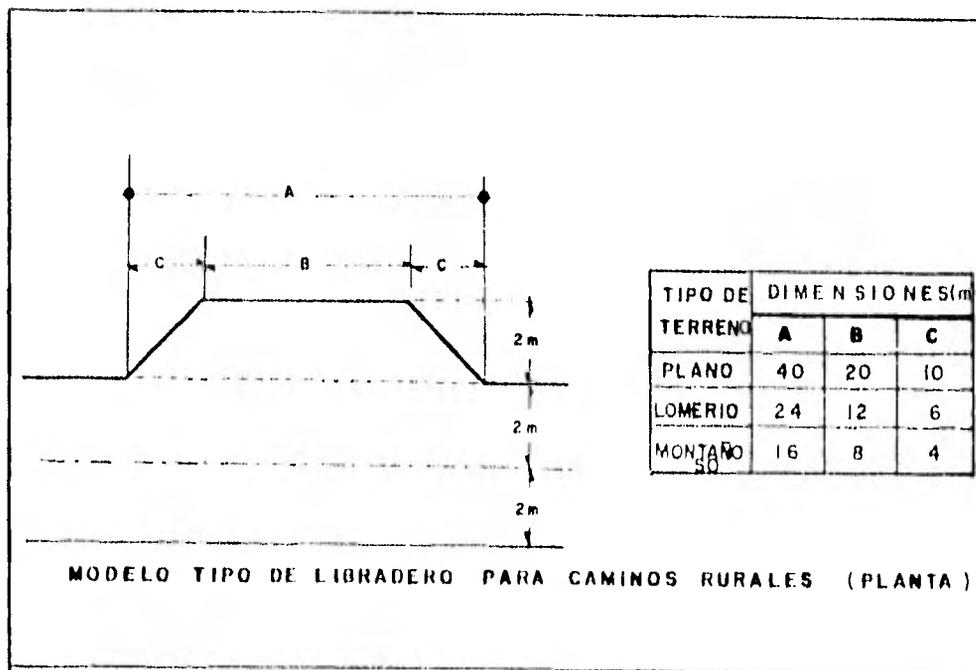
Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.

k) Sobreelevación máxima

Es la pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal, para contrarrestar, parcialmente,

el efecto de la fuerza centrífuga, y no deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad dada; y la máxima admite cuatro valores de acuerdo al clima y al tránsito. Se especificó 10% para caminos rurales.

De acuerdo a las características de un camino tipo "E" con ancho de corona de 4 mts. de un solo carril que no permite el cruzamiento o rebase de vehículos, fue necesario proyectar ampliaciones a la corona denominados libraderos que están sujetos a las dimensiones y separaciones que fije el proyectista en función de la visibilidad y el volumen de tránsito a que estará sujeto el camino. En la figura siguiente se ilustra un ejemplo de ampliación de la corona para diferentes tipos de terreno.



Cuando existen cruces con otras vías de comunicación terrestre se originan - intersecciones que en caminos rurales son siempre a nivel y se denominan entronques. El entronque a nivel debe evitarle al conductor maniobras excesivas para incorporarse a las corrientes de tránsito.

Para el proyecto de un entronque se consideran los volúmenes horario de tránsito de los caminos que se intersectan, su composición, la velocidad de operación y la topografía local; la Dirección General de Caminos Rurales (D.G.C.R.) ha elaborado dos (2) proyectos tipo y se selecciona el que mejor se adapte a las condiciones particulares del camino.

Los estudios que se realizan en la D.G.C.R., para el proyecto geométrico de cualquier camino rural, deben de contemplar siete aspectos; que son los siguientes:

- 1) Proyecto horizontal
- 2) Proyecto vertical
- 3) Proyecto de secciones de construcción
- 4) La localización y tipo de obras de drenaje
- 5) Las referencias en el campo
- 6) Los cálculos
- 7) Dibujos

Estos trabajos se llevan a cabo con la simplicidad o el detalle que en cada caso se requiera de acuerdo a la topografía del terreno. En terrenos montañosos generalmente se proyectan dos alternativas para la construcción del camino.

### 3.3 Sobre las Terracerías

Se entiende como terracerías al conjunto de cortes y terraplenes de un camino que se ejecutan hasta la subrasante. Incluye desmonte, cortes, préstamos, terraplenes, canales y acarreos para terracerías.

A continuación definiremos cada concepto.

**Desmonte.-** Despeje de la vegetación existente en las áreas necesarias para la construcción del camino y en las destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de material vegetal en la obra, impedir daños en la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo a lo fijado en el proyecto. Comprende la ejecución de cualesquiera de las operaciones siguientes: tala, roza, desenraíce, limpia y quema. Salvo indicación en contrario de la Secretaría, las operaciones de desmonte se ejecutarán a mano, en caso que se requiera ejecutarlas con máquina, el equipo será previamente autorizado.

**Cortes.-** Excavaciones ejecutadas a cielo abierto en terreno natural en ampliación y/o abatimiento de taludes en derrumbes, en desplames 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 clasificarán toman

do como base los tres (3) tipos siguientes de dureza:

Material A.- Blando o suelto

Material B.- Semiduro y medianamente consolidados

Material C.- Duros, rocas y areniscas muy cementadas

Préstamos.- Excavaciones ejecutadas en los lugares fijados en el proyecto y/o por la Secretaría, a fin de obtener los materiales adecuados para formar los terraplenes no compensados.

Pueden ser:

A) Laterales. Son los ejecutados dentro de fajas ubicadas fuera de los cerros en uno o ambos lados del eje de las terracerías.

B) De Banco. Son los ejecutados fuera de una faja de treinta (30) metros de ancho contados a partir del centro de línea del camino.

Terraplenes.- Estructuras ejecutadas con materiales adecuados productos de cortes o préstamos de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría. Se consideran también como tales las cuñas contiguas a los estribos de puentes. Los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes serán aquellos, que esten exentos de materia orgánica.

Para fines de la formación de los terraplenes, los materiales que se empleen en la construcción se clasifican en:

- a) Material compactable. Es aquel que como máximo tengan una clasificación 60-40-00 de acuerdo a su dureza.
- b) Material no compactable. Son aquellos que tengan una clasificación mayor a 60-40-00 de acuerdo a la dureza.
- c) Agua

Quando el espesor del terraplén sea mayor a cuarenta (40) centímetros y se construya con material compactable, se compactará con equipo hasta alcanzar noventa (90) por ciento de compactación; cuando sea menor sólo se bandeará con el equipo de acarreo que forma los terraplenes.

En zonas en las que se tenga un alto régimen pluviométrico y las terracerías sean de alta plasticidad, se deberá colocar en cortes y terraplenes una capa de quince (15) centímetros de espesor con veinticinco (25) por ciento del valor relativo soporte, obtenido de la prueba Porter Estandar, estabilizando los materiales si es necesario, con grava-arena, cal hidratada o cemento portland.

#### Observaciones.-

Con la adición en las especificaciones de las estabilizaciones de suelos inestables se conservará el objetivo de construir caminos de bajo costo ya que la estabilización disminuirá costos de conservación y aún, algunos casos de costos de construcción, faltando únicamente determinar las características de suelos que reaccionan adecuadamente con

respecto al tipo de estabilizante.

**Canales.-** Excavaciones ejecutadas a cielo abierto, con objeto de formar la sección de las cunetas, de contracunetas, de cauces artificiales y de rectificación de cauces naturales, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría.

**Acarreos para Terracerías.-** Transporte del material producto de: cortes, ampliación y/o abatimiento de taludes, despalmes, préstamos, derrumbes y canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio; así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerías.

### 3.4 Sobre Revestimientos

**Revestimiento.** Capas de materiales seleccionados que se tienden sobre las terracerías de carreteras, a fin de servir como superficies de rodamiento.

Los materiales seleccionados que se empleen en revestimientos deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

- a) Materiales que no requieren tratamiento
- b) Materiales que requieren ser disgregados
- c) Materiales que requieren ser cribados

Los que no requieren tratamiento son los poco o nada cohesivos, como limos, arenas y gravas, que al extraerlos quedan sueltos y que no contienen más del

cinco por ciento (5%) de partículas mayores de setenta y seis (76) milímetros (3").

Los que requieren ser disgregados son los cohesivos, como los tepetates, caliches, conglomerados y rocas muy alteradas, que al extraerlos resultan con terrones que pueden disgregarse por algún equipo mecánico y que una vez disgregados no contienen más del cinco por ciento (5%) de partículas mayores de setenta y seis (76) milímetros (3").

Los que requieren ser cribados son los poco o nada cohesivos, como mezclas de gravas, arenas y limos que al extraerlos quedan sueltos y que contienen entre el cinco por ciento (5%) y el cincuenta por ciento (50%) de material mayor de setenta y seis (76) milímetros (3") y que requieren ser cribados por una malla para eliminar este material.

### 3.5 Sobre las Obras de Drenaje

A las obras de drenaje se les puede definir como el conjunto de trabajos y obras necesarias para la protección de un camino en contra de los efectos del agua. Y se les puede dividir en dos grandes grupos:

- a) Drenaje Longitudinal: Se refiere a las obras de drenaje construídas paralelamente al trazo del camino y tiene como principal función desalojar el agua de lluvia y evitar que llegue a la corona del camino.
- b) Drenaje Transversal: Se refiere a las obras de drenaje construídas transversalmente al trazo del camino y tienen como finalidad recibir los escurri

mientos del drenaje longitudinal y desalojarlo, además el de conducir adecuadamente los escurrimientos naturales que atraviezan al camino, evitando con ello el deterioro, de este último.

Asimismo, se puede hacer otra división, de las obras de drenaje, como:

- a) Drenaje Menor: El drenaje menor está definido como las obras de drenaje - cuyas longitudes son menores o iguales a 6 mts. de longitud, y no requieren estudios geohidrológicos y topohidráulicos especiales; generalmente se usan métodos empíricos, como los de Talbot, para determinar las dimensiones de - la sección hidráulica.

Dentro del drenaje menor se encuentran las siguientes obras:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| Cunetas                  | Son zanjas construídas en uno o ambos lados de la corona - (sección en balcón o cajón, respectivamente) en los cortes de una obra vial, para desalojar las aguas de lluvia.  |
| Contracunetas            | Son canales que se construyen aguas arriba de los cerros de los cortes y tienen como finalidad interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada - inmediata o parte baja del terreno, evitando que al escu - rrir por los taludes los erosione y que además se aumente el caudal de las cunetas. |
| Canales de Encauzamiento | En terrenos sensiblemente planos, en donde el escurrimiento es de tipo torrencial y no existen cauces definidos, es ne - cesario construir canales antes de que llegue al camino y lo conduzcan a sitios previamente elegidos para su descarga y efectuar el cruzamiento.  |

- Bombeo** Consiste en proporcionar a la corona del camino, en las -  
tangentes del trazo horizontal, una pendiente transversal  
del centro del camino hacia los hombros y su función es la  
de dar salida al agua que cae sobre la corona y evitar en  
lo posible que penetre en las terracerías. En las curvas  
horizontales se proporciona al camino una sobre-elevación  
del hombro exterior con respecto al interior con el fin de  
contrarrestar la fuerza centrífuga. Dicha sobre-elevación  
sirve también para dar salida al agua que cae en estas par\_  
tes del camino, hacia el hombro interior.
- Vados** Son estructuras superficiales del camino en el cruce con un  
escurrimiento de agua efímera o permanente de tirante pequ\_  
ño.
- Alcantarillas** Son estructuras de forma diversa que tienen la función de -  
conducir y desalojar lo más rápidamente el agua de las hon-  
donadas y partes bajas del terreno que atraviezan el camino.  
Por la forma de su sección y el material de que son construf\_  
das estas estructuras, pueden clasificarse en tubos, bóvedas,  
losas sobre estribos y cajones; cabe mencionar, que están -  
siempre alojadas en el cuerpo de la terracería.
- b) **Drenaje Mayor:** Se dice que son obras mayores cuando la longitud excede a -  
los 6 mts. y necesitan de estudios geohidrológicos y topohidráulicos detalla\_  
dos, aquí se emplean métodos de cálculo más refinados que determinen los ni-  
veles de aguas máximas extraordinarias (NAME), el efecto producido por el es\_  
trechamiento del cauce, la socavación local y un perfil geológico que defina

los niveles de desplante de las obras. En este tipo de obras se incluyen básicamente los puentes y los puentes vado como solución al drenaje.

Para el estudio de las obras de drenaje la D.G.C.R. ha editado un "Manual de Drenaje" que ofrece métodos detallados para el aprendizaje y aplicación de este tipo de obras. También se ha editado un "Manual de proyectos tipo de alcantarilla para caminos rurales" que tipifica un número considerable de casos posibles para la construcción de éstas, evitando los cálculos estructurales de las mismas. Por otro lado las especificaciones de construcción norman las características de los materiales (naturales y artificiales) que se emplean al construir cualquier tipo de obra de drenaje; así como los conceptos que intervienen al construirlas.

En el capítulo 5 se muestra un día grama de flechas que trata de recopilar los conceptos que intervienen en la construcción de alcantarillas y obras auxiliares.

### 3.6 Sobre los Puentes

Para el proyecto y diseño de los puentes y puentes vado, en la D.G.C.R., se aplican las especificaciones norteamericanas de la ASSHO ( American Association of State Highway Officials ) y se proyectan para cargas tipo H-15 que consisten en un camión de dos ejes o la carga uniforme correspondiente, sobre un carril. Las cargas H se designan por medio de una letra "H" seguida de un número que indica el peso bruto (en toneladas inglesas de 2000 lb) del camión tipo.

La Dirección General de Caminos Rurales - SAHOP ha elaborado un compendio de proyectos tipo de puentes para caminos rurales que contempla, entre ellos, los siguientes:

- a) Puentes vado de losas continuas de concreto sobre estribos y pilas de mampostería de 3.00 m de ancho de calzada.
- b) Losas, para puentes con 2 nervaduras de concreto reforzado para una línea de camiones H-15 con claros de 7.0 a 30.0 mts.
- c) Apoyos de neopreno para losas nervuradas de 20, 25, 28 y 30 m de claro.
- d) Estribos de mampostería para losas nervuradas de 3.0 m de ancho de calzada de 5.0 a 15.0 m de altura, para 10.50 a 30.00 m de claro y esfuerzos en el desplante de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- e) Pilas de mampostería para losas nervuradas de 3.00 m de ancho de calzada - de 6.00 a 14.00 m de altura, para 10.50 a 30.00 m de claro y esfuerzo en el desplante de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.

La sección de estos proyectos tipo será en base a un estudio previo del Ingeniero proyectista, el cual adecuará o desechará los proyectos tipo según se estime dentro de los rangos de la seguridad y factibilidad de los mismos.

#### El Puente Modular

El excesivo costo que representa la construcción de los puentes tradicionales, ha sido el obstáculo principal para la apertura de vías terrestres de comunicación. Hasta el presente, el cruce de obstáculos naturales se ha practicado a base de chalanes, que a más de lentos, son costosos e intermitentes; puentes vado, riesgosos y también intermitentes; cruces peatonales sobre ríos en - -

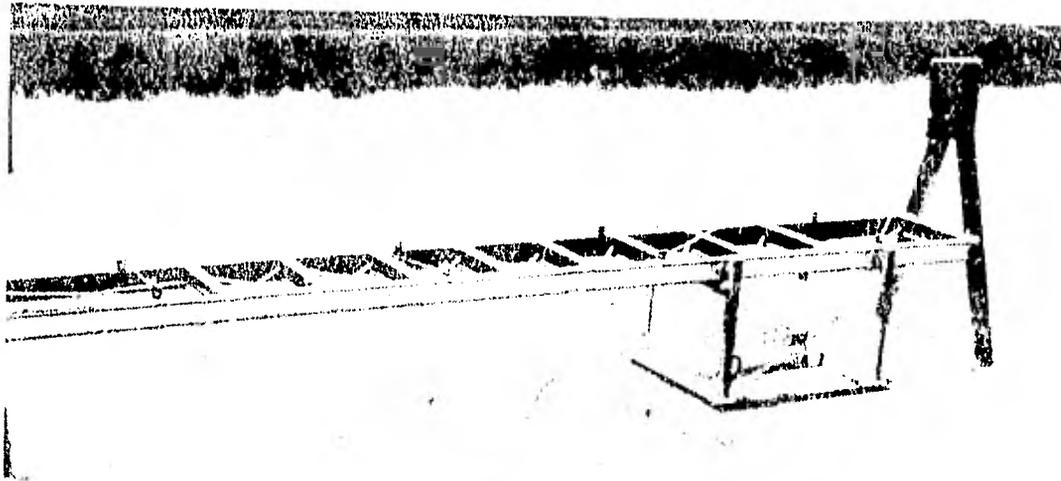


FOTO N. 1



"hamacas" sumamente peligrosas; y por último, la construcción de puentes tradicionales copiados o modificados según especificaciones extranjeras.

Ante esta problemática y a solicitud de una investigación; en forma mancomunada entre la asesoría técnica de la Dirección General de Caminos Rurales y las áreas de Ingeniería Civil, Estructuras, Cálculos y Mecánica del Instituto de Ingeniería Civil de la UNAM, se estudió el problema donde los resultados fueron la creación de un "Puente Modular Funicular suspendido de plataforma móvil" que consiste en una estructura armable modularmente, simple y de bajo costo, proyectada - según criterio de cálculo, con el que los esfuerzos permanentes y accidentales se produjeron a su mínima expresión.

En este puente modular funicular se aplicó un planteamiento tendiente a salvar - obstáculos naturales o climáticos en caminos rurales de bajo volumen de tránsito, hasta 50 vehículos al día.

Para comprender en toda su extensión y en forma anticipada los resultados de - los procesos constructivos; fue elaborada una maqueta del prototipo a escala - 1:25 con la cual se efectuarían las pruebas, foto No. 1.

Posteriormente se construyó un modelo a escala natural, foto 2, en los terrenos de la UNAM en el año de 1980. Este puente ofrece, junto con la construcción - de caminos rurales, una esperanza real para integrar a los poblados dispersos de la República Mexicana.

CAPITULO IV  
CONSERVACION DE LOS CAMINOS RURALES

4.1 Aspectos generales de la conservación en caminos rurales

4.1.1 Generalidades de la conservación

La conservación de cualquier obra ingenieril, por muy bien construída que esté, es necesaria para mantener las características de seguridad y servicio para las cuales fueron diseñadas, por esta razón desde la etapa de proyecto se deben tomar medidas de protección, bien planeadas y programadas, que asegurarán la vida útil de la obra en cuestión. Entendemos por conservación a las actividades que se enfocan principalmente a la protección y cuidado de cualquier obra, en atención a las deficiencias y daños que ésta pudiera sufrir ya sea por el uso racional y/o irracional que se le brinde; también los agentes externos como es el caso de agentes atmosféricos, contaminantes o los accidentes como incendios, que provocan el deterioro de las instalaciones. La conservación es una acción tan importante como la construcción, ya que mediante ésta se brindará seguridad y servicio como cuando recién fue inaugurada la obra en cuestión; además brinda la oportunidad de mantener su valor intrínseco cumpliendo así con los beneficios que genera la construcción de cualquier obra civil.

4.1.2 Planeación y Programación en la conservación

Particularmente hablando en caminos rurales, las modestas especificaciones y el financiamiento débil, comparado con el de carreteras troncales, requiere que la planeación y programación de recursos materiales y financieros sean optimizados, buscando con ello, que las inversiones en estos rubros se hagan en forma debida tanto en su finalidad como en su oportunidad. Para esto es necesario conocer todos los caminos que forman la red y cada uno de ellos en detalle, de tal manera que se pueda evaluar el estado físico de cada uno de los elementos que lo integran. Por ello es necesario que el residente y sobrestante de conservación efectuen recorridos sobre los tramos observando y anotando las fallas de sus elementos (terracerías, drenaje, revestimiento). Elaborando un diagnóstico que marcará el inicio del proceso de planeación y programación. Se considera más completo el diagnóstico si se toman en cuenta los factores que pueden afectar tanto los elementos del camino, como la organización de los trabajos de conservación como son el clima, la geología, la topografía y la hidrología.

Con el inventario, se puede elaborar un análisis de costos y planear cuales caminos serán atendidos primordialmente. Luego evaluando la disposición de maquinaria y equipo se pueden programar los trabajos.

Estos programas se deben turnar a las Residencias Generales de Conservación que en coordinación con la Jefatura del centro SAHOP, los revisan y proponen asignaciones de recursos, integrándose ésta documentación a las propuestas anuales de inversión, las que se envían para su aprobación final entre las autoridades superiores, mismas que a su vez turnan a la Secretaría de Programación y Presupuesto.

La Programación y Planeación mantendrá los siguientes objetivos:

- a) Ofrecer seguridad y "confort" al usuario del camino rural
- b) Garantizar los beneficios que acarrea la construcción del camino
- c) Preservar el camino, ya que es parte del patrimonio nacional
- d) Reparar los daños que surgen después de la temporada de lluvias (deterioro de obras de drenaje y superficie de rodamiento) y/o por el uso del camino.
- e) Realizar las labores de conservación que aseguren el tránsito por el camino en toda época del año de tal suerte que se maximicen las labores y se minimicen los costos resultantes de la conservación.

#### 4.2 Clasificación de las Actividades de Conservación

Conservación normal, ésta comprende:

- a) Vigilancia y protección del derecho de vía. Entendiéndose como tal la superficie de terreno cuyas dimensiones fija la Secretaría y que se requiere para la construcción, ampliación y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación, e impedir la instalación de ductos de gas o petróleo y/o drenaje.
- b) Desmonte y deshierbes
- c) Terracería. Consiste en la extracción de derrumbes, reparación de deslaves, refuerzo de taludes, encauzamiento de corrientes y algunas veces la construcción de ampliaciones para evitar que los vehículos se estacionen en los taludes.
- d) Drenaje. Consiste en trabajos de limpieza y desazolve de cunetas, contra-cunetas, alcantarillas, canales de entrada, reparación de zampeados, vados, lavaderos, etc.

e) Superficie de rodamiento. Consiste principalmente en el rastreo y nivelación de la superficie para posteriormente hacer un recarga de revestimiento, tomando como principio fundamental el siguiente: Usar en las reparaciones los mismos materiales que sirvieron para la construcción, siempre y cuando sean de superior o igual calidad.

#### Conservación preventiva:

Se considera que este tipo de conservación se realiza por el constructor antes de entregar el camino a conservación, haciendo notar las posibles fallas y darles atención oportuna.

#### Conservación correctiva:

Incluye los trabajos menores de la conservación normal que se realizan durante y después de la temporada de lluvias.

#### Reconstrucciones:

Se entiende como reconstrucción la ampliación o el mejoramiento de la superficie de rodamiento (como es el caso de la pavimentación). Estas se encuentran justificadas en el incremento en el TDPA (tránsito diario promedio anual) que hace que el gasto en la conservación sea muy generoso, o cuando el camino se encuentra al borde del colapso, y resulta muy oneroso remozarlo.

### 4.3 Financiamiento y Costos de Mantenimiento en Caminos Rurales

a) **Financiamiento.**- En México los recursos económicos para las actividades de conservación, son proporcionados por el Gobierno Federal de acuerdo a los programas que están en vigencia y su monto generalmente va en función

de las dificultades que implican las condiciones topográficas, geológicas, climatológicas y socioeconómicas de las zonas en que se ubican las obras. Son cinco rangos de asignación de recursos los que brinda el Gobierno Federal para las actividades de conservación en caminos rurales siendo la más alta por tener un régimen pluviométrico muy intenso y quedando por supuesto los estados con climas secos como Coahuila, Sonora, etc. con menor asignación.

- b) Costos.- El costo de conservación de un camino rural está en función del estado físico del mismo. A continuación se presentan tres casos, con diagnóstico diferente del estado físico del camino, que representan el costo promedio de las actividades de conservación:

Primer caso, cuando el camino requiere:

- Recargue de revestimiento, limpia, perfilado de cunetas y superficie de rodamientos con maquinaria.
- Deshierbe en las franjas laterales.
- Limpieza de la contracuneta y desazolve de 3 obras de drenaje por km con mano de obra.
- Herramientas al 3% de los gastos directos.

TOTAL \$ 7,800.00 km/año

Segundo caso, cuando el camino requiere:

- Deshierbe a mano de las franjas laterales
- Limpieza y perfilado a mano de cunetas y superficie de rodamiento.
- Limpieza y perfilado de contracuneta.
- Desazolve a mano de 3 obras de drenaje promedio.
- Bacheo a mano de 60 m<sup>3</sup>/km.

- Acarreo de revestimiento (alquiler camión 3 días)
  - Herramientas al 3% de los gastos directos.
- TOTAL \$ 13,900.00 km/año.

Tercer caso, cuando el camino requiere:

- Deshierbe a mano de franjas laterales.
  - Limpieza y perfilado de cunetas y superficie de rodamiento.
  - Limpieza y perfilado de contracunetas.
  - Desazolve a mano de 3 obras de drenaje promedio.
  - Recargue parcial de revestimiento, con 240 m<sup>3</sup>/km tendido a mano.
  - Acarreo de revestimiento (Alquiler camión 7 días).
  - Herramientas al 3% de los gastos directos.
- TOTAL \$ 21,400.00 km/año.

Conforme estas tres consideraciones, resulta con un costo promedio de - -  
\$ 14,366.66 km/año.

Estos costos fueron elaborados en 1978 e incrementados un 50% para 1981.

Cabe señalar que existe una fuerte problemática en la conservación de caminos rurales, especialmente en las zonas montañosas y en aquellas donde el régimen pluviométrico es muy alto y más aún cuando se combinan estas dos, ya que el camino sufre un deterioro muy acelerado de la superficie de rodamiento y de sus obras de drenaje por causa del intemperismo, o por la ausencia de materiales adecuados en la construcción del mismo.

Desde otro punto, la conservación de los caminos se va encareciendo porque -

no existen medidas preventivas, al tiempo de construir, para que preserven la vida útil del camino; tales como: el cumplimiento estricto de las especificaciones de construcción, o el mejoramiento de técnicas, como por ejemplo la estabilización de suelos inestables con cal o cemento.

## CAPITULO V

### NECESIDAD DE UN CONTROL DE CALIDAD EN CAMINOS RURALES

#### 5.1 Generalidades del Control de Calidad en Obras Ingenieriles

Con objeto de precisar ideas y sin que ello constituya una definición, se puede decir en un sentido amplio, que una obra ingenieril es la disposición material de un conjunto de estructuras e instalaciones que realiza la administración pública o la iniciativa privada para proporcionar o facilitar servicios.

En este orden de ideas podemos definir al control de calidad como sigue:

Es un conjunto sistemático de esfuerzos y prácticas basados en principios y tecnología de los diferentes grupos de una organización para asegurar, mantener o superar la calidad de una obra a satisfacción completa del usuario al menor costo posible.

Así definido el control de calidad se entenderá la palabra control como un instrumento para uso de ejecutivos que encierra cuatro aspectos:

- a) Establecimiento de normas de calidad mediante especificaciones.
- b) Estimación de la concordancia de las especificaciones.
- c) Acciones cuando se violen las especificaciones.
- d) Proyectos para el mejoramiento de las normas.

Y la palabra calidad no se entenderá como un sinónimo de lo "mejor" en sentido absoluto; querrá decir, mejor para el usuario dentro de ciertas condiciones. Estas condiciones estarán influenciadas por el uso, servicio y costo de construcción de la obra.

El control de calidad, está dedicado a las personas responsables del éxito de la construcción, e incluirá un control desde la etapa de proyecto hasta la terminación de la misma. Con ello las actividades del control de calidad serán:

- a) Medidas preventivas. Dentro de éstas están las investigaciones relativas al mejoramiento de la tecnología, las especificaciones y los nuevos proyectos.
- b) Control de los eventos. Se revisará que se cumplan, en cada evento del proyecto, construcción y servicio, las especificaciones correspondientes.
- c) Verificación de la calidad en cada evento. Se comprobará la calidad mediante métodos de prueba de laboratorios, si es posible en el sitio mismo.
- d) Motivación y Aptitudes. El éxito en el establecimiento de un programa de control de calidad, depende de la buena voluntad de las personas para seguir cierta ruta de acción, por ello la motivación dentro de la organización es indispensable, sin embargo las personas que intervengan en el control no solamente serán de buena voluntad sino también aptas.
- e) Retroalimentación.- Auxiliados con los métodos estadísticos se pueden correlacionar las actividades del control e identificar las desviaciones en cada uno de los eventos de acuerdo a las metas planteadas; y con ello modificar total o parcialmente las especificaciones o el proceso de construcción o proyecto.

La médula de la aplicación del control de calidad es el control en el sitio mismo, durante las etapas de proyecto y construcción, de modo que se impida calidad mediocre y tener que corregir calidad mala después de haberla construído.

Así, el control de calidad debe estar integrado dentro de un programa general de actividades, a menudo sin coordinación, y deberá ser un auxiliar, no un sustituto de los trabajos de proyecto, ni de los buenos métodos de construcción, ni tampoco de la acuciosa actividad en la inspección; siempre requerida en la construcción.

El control de calidad debe disfrutar del apoyo decidido de los más altos directivos. Si el apoyo es débil o incierto, es muy problemático que el resto de la organización lo acepte y cumpla con él; por tanto los directivos deben reconocer desde un principio que no se trata de un proyecto pasajero de reducción de costos.

Una vez elaborado un programa de control de calidad se pondrá énfasis en el control de tres aspectos básicos:

- a) El tiempo. De acuerdo con los programas establecidos
- b) La calidad. De acuerdo con las normas o especificaciones, y
- c) Los costos. De acuerdo a lo presupuestado

Esto determinará grandes beneficios generales como son:

A. Primarios:

- Mejor calidad de proyectos
- Mejor calidad de la obra

- Reducción en los costos de construcción
- Reducción de pérdidas
- Mejoras en la moral del trabajador
- Reducción de tropiezos en el proyecto y la construcción

B. Secundarios:

- Mejoría en los métodos de inspección
- Establecimiento de normas más racionales
- Establecimiento de programas preventivos
- Ahorros en costo debido a la disminución de pérdidas en correcciones de calidad.

5.2 Necesidad de establecer un sistema de calidad y secuencia lógica del control de calidad en caminos rurales.

Para especificar cual es un sistema de calidad para las obras ingenieriles definamos lo siguiente:

Un sistema de calidad está formado por una red de actividades técnicas y de procedimientos indispensables para ejecutar una obra que satisfaga determinados estándares de calidad apegado a las especificaciones correspondientes.

Los procedimientos establecen los elementos de trabajo por ejecutar, la secuencia y el tiempo necesarios para lograr los resultados que se desean y los puestos de responsabilidad para poner en práctica los planes de trabajo.

¿ Por qué es necesario un sistema de calidad ?

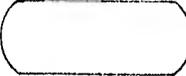
El caso único en el que un sistema de calidad no es necesario es el de un artesano fabricante de ollas, quien desempeña personalmente todo su trabajo, -

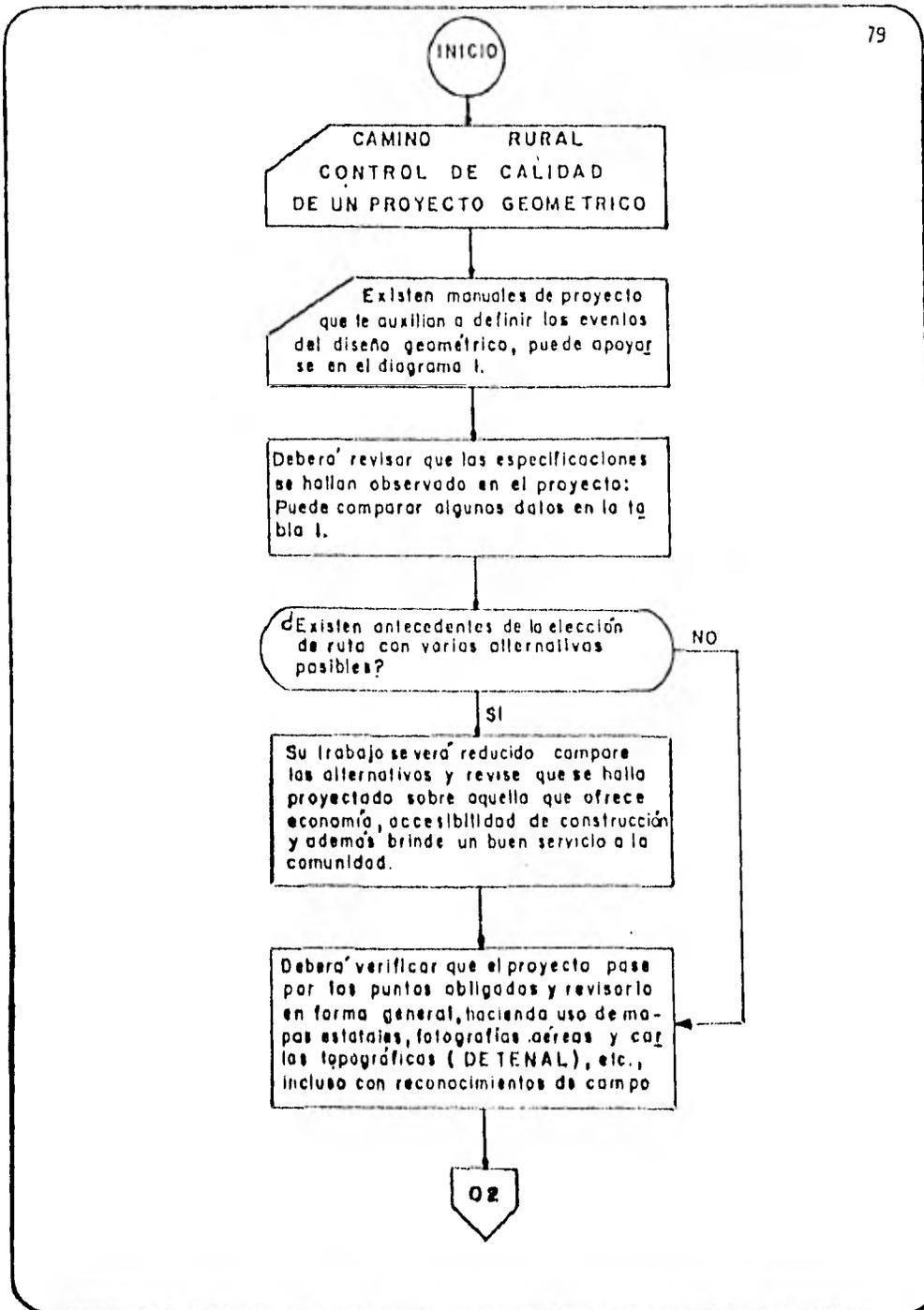
desde la localización de su mercado, el diseño de su producto, adquisición de materia prima, fabricación de las ollas y después hacerla de comerciante vendiéndolas por las calles. Las quejas, las recibía directamente del consumidor de su producto y le servían para rediseñar éste último. Tan pronto como el negocio creció lo suficiente, fue necesario emplear gentes para la fabricación y para la distribución del producto y desde ese momento fue preciso establecer un sistema de calidad. Las actividades de cada quien fueron dirigidas al objetivo de la calidad y se relacionaron unas con otras con respecto a responsabilidades.

Sirva este ejemplo para comprender la necesidad apremiante de establecer un sistema de calidad real dentro de una obra, como lo es la construcción de caminos rurales, ya que no se trata de una sola persona sino de toda una organización. Particularizando los ingenieros encargados de llevar a cabo la realización física de los caminos y aquéllos que intervienen directa o indirectamente en estas funciones, generalmente tienen el concepto de que el control de calidad está en manos de los laboratorios de materiales, sin embargo, éstos últimos no son más que auxiliares que miden la calidad en uno de sus aspectos. El control de calidad en el camino rural abarca desde la revisión del proyecto geométrico, las obras de protección del camino, la construcción misma y hasta la comprobación de la funcionalidad.

Basándome en estas conjeturas presento a continuación una secuencia lógica del control de calidad que debe llevarse a cabo en la realización de los caminos rurales, presentada en sencillos diagramas de flujo que pretenden crear conciencia y auxiliar a los ingenieros encargados del control a su cargo.

**SIMBOLOGIA PARA LOS DIAGRAMAS DE FLUJO**

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	<p><b>OPERACION</b> Orden para realizar una operaci3n concreta.</p>
	<p><b>LECTURA</b> Proposici3n para detallar una etapa constructiva o elaborar una consulta.</p>
	<p><b>IMPRESION</b> Orden para elaborar o terminar una etapa constructiva.</p>
	<p><b>DESICION</b> Proposici3n para seguir la ruta de acci3n adecuada.</p>
	<p><b>ETIQUETA</b> Lugar donde comienza o contin3a el diagrama.</p>
	<p><b>CONTINUACION</b> Direcci3n a seguir en la continuaci3n del diagrama.</p>



02

Una vez aceptada la selección de ruta deberá comprobar la calidad de:

- Proyecto horizontal
- Proyecto vertical
- Proyecto de secciones de construcción
- La localización y tipo de obras de drenaje.
- Las referencias en el campo.
- Cálculos y dibujos de todo el proyecto.

EL trazo definitivo del proyecto horizontal deberá contener:

- Estaciones cerradas a cada 20m. con escala.
  - El trazo de curvas horizontales marcando todos sus puntos básicos con estacas.
- Además, revisarán todos los datos y cálculos de registro correspondientes en los que se tendrán incluidos orientaciones cada 5km. y se checará el cierre angular.

Se considera que el proyecto horizontal es de calidad adecuada:

- Si el grado de las curvas circulares se ajusta a las especificaciones y lo más posible a la configuración del terreno, evitando fuertes movimientos de tierra.
- Si se evita, en lo posible, el empleo de curvas circulares compuestas y las curvas consecutivas en el mismo sentido.
- Si la longitud de las tangentes horizontales es como máximo cada 3km; y la mínima aquella que permita la localización de curvas y transiciones.

03

03

En el proyecto vertical deberá comprarse:

- Que tenga todas las elevaciones del terreno a lo largo del eje trazado.
  - Que existan bancos de nivel a cada 500 m. aproximadamente, chequeando sus elevaciones.
  - Que las curvas verticales estén bien diseñadas.
  - Que las elevaciones de los bancos y puntos del trazo estén niveladas dentro de las tolerancias especificadas.
- Además revisará todos los registros correspondientes.

Se considera que el proyecto vertical es de calidad adecuada:

- Si el movimiento de tierras fue el menor posible, haciendo uso, si es necesario, en terrenos montañosos, de las pendientes máximas permisibles tomando en cuenta la longitud crítica.
- Si para salvar desniveles apreciables se dispuso de pendientes escalonadas, de tal suerte que al comenzar el ascenso se pongan las pendientes más fuertes.
- Si se procura que la longitud de las curvas verticales fuera mayor que la mínima, aún para bajas velocidades de proyecto.

04

04

Con relación a la combinación del alineamiento horizontal con el vertical usted revisará que en lo posible se tenga lo siguiente:

- Que no coincidan las partes más altas o bajas de las curvas verticales con una curva horizontal.
- Que las combinaciones de los alineamientos se realicen de tal manera que se logren un mayor número de tramos con distancia de visibilidad de parada adecuada.

Es muy conveniente que escriba por separado todas las indicaciones pertinentes de los erratos o las modificaciones que usted crea son importantes.

Ahora solo nos resta hablar de las secciones de construcción y del proyecto de drenaje (localización, tipo y dimensionamiento de las obras).

Usted pondrá especial cuidado en estos dos aspectos ya que el primero representará físicamente el camino y el segundo las medidas de protección del mismo.

05

05

En las secciones transversales de construcción usted revisará:

- Que las dimensiones proyectadas sean acordes con el tipo de camino.
- Que los libraderos estén proyectados en puntos estratégicos y que sus dimensiones sean adecuadas.
- Que los taludes de corte y terraplén sean los necesarios para la zona y tipo de materiales.
- Que las secciones transversales medidas a partir del centro de línea sean suficientes para alojar las secciones de construcción.
- Que al proyectar bordillos solo se haga en terraplenes con taludes erosionables.

Además revisará las tablas de cálculo de las secciones de construcción en curva, los datos de curva masa y los datos para construcción.

En el proyecto general de un camino rural se incluye el proyecto de drenaje para obras menores a igual a - 6mts. de longitud que son estimadas con métodos empíricos como el de Talbot.

Y para el caso de obras mayores a - 6mts. generalmente se hacen estudios topohidráulicos y geológicos por separado.

06

OG

En los estudios de drenaje usted revisará principalmente:

- Primero, que se hallan localizado correctamente los obras de drenaje.
- Segundo, Que se justifique el tipo de obra de acuerdo a la topografía altura de rosante, capacidad de carga del terreno, etc.
- Y tercera, que se hallan aplicada correctamente los métodos empleados al dimensionar longitudinal y transversalmente los obras de drenaje.

NOTA: Consulte el manual de drenaje para caminos rurales

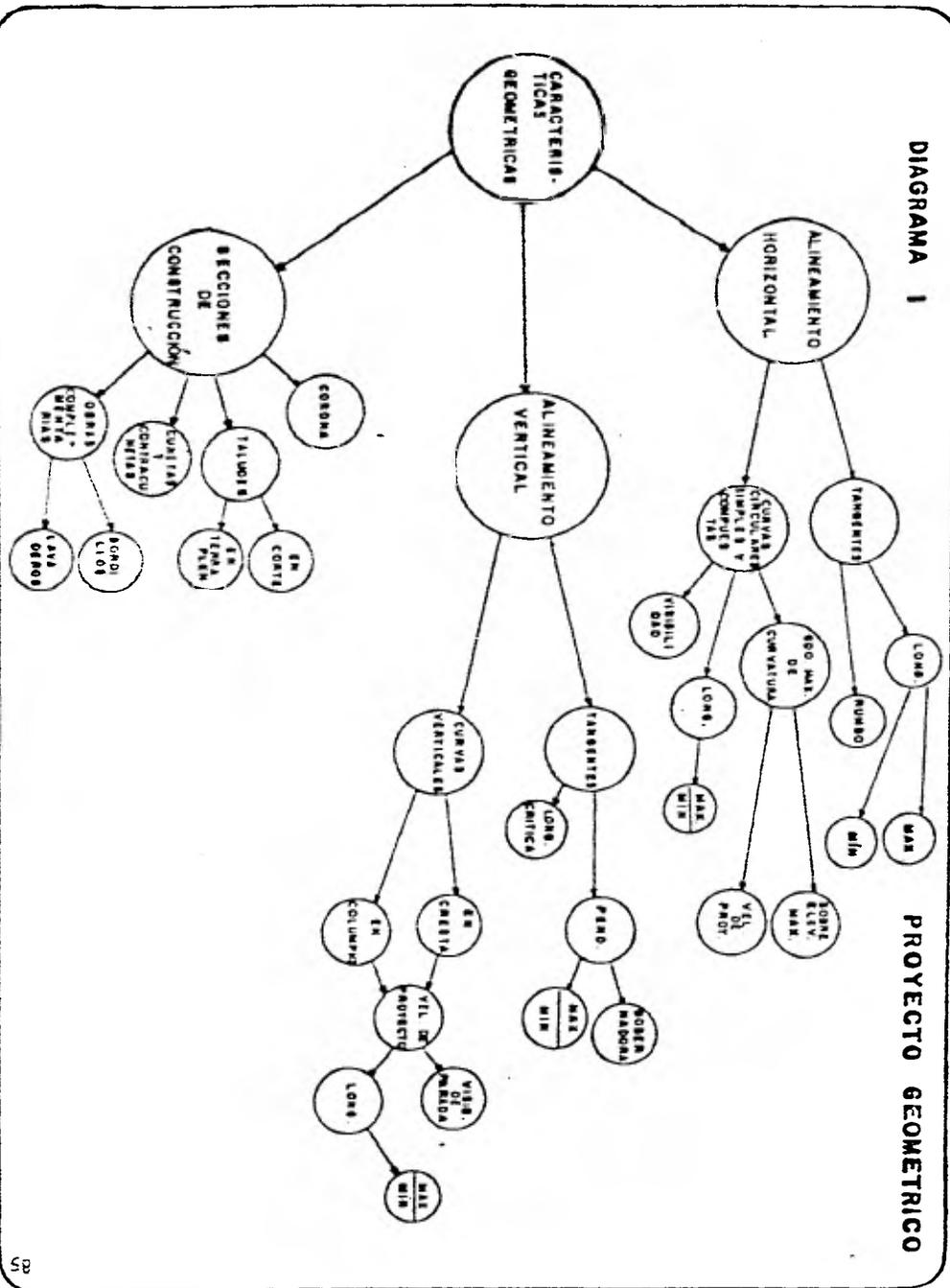
Finalmente solo restará revisar que las, escalas, dimensiones y dibujo de los planos de todo el proyecto sean las convenientes, y se presenten planos y carpetas de acuerdo a las normas.

Si usted exige que se cumpla la calidad del diseño seguramente tendrá pocos problemas constructivos, además se sentirá satisfecho de comprobar que el trabajo que realiza ahora le ahorrará problemas futuros.

FIM

DIAGRAMA 1

PROYECTO GEOMETRICO



ESPECIFICACIONES DE PROYECTO  
GEOMETRICO

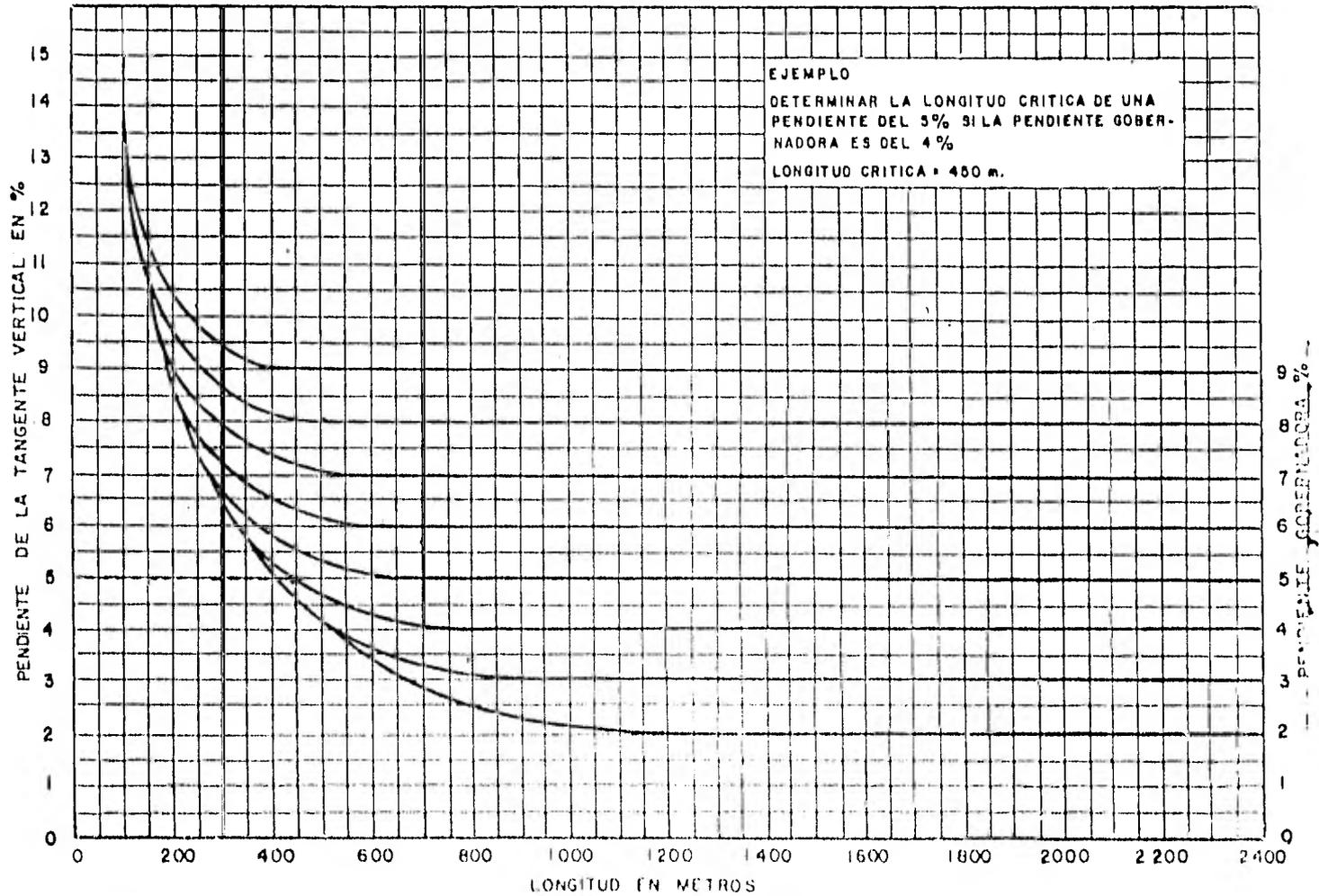
PARA CAMINOS RURALES

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO E					
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO		Veh / dfo	HASTA 100					
TIPO DE TERRENO	MONTAÑOSO	—						
	LOMERIO							
	PLANO							
VELOCIDAD DE PROYECTO		km / hr	30	40	50	60	70	
DIST. DE VISIBILIDAD DE PARADA		m	30	40	55	75	95	
GRADO MAX DE CURVATURA		o	60	30	17	11	7.5	
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA	m / %	4	7	12	23	36
		VALLE	m / %	4	7	10	15	20
	LONG. MINIMA	m	20	30	30	40	40	
PENDIENTE GOBERNADORA		%	9		7	—		
PENDIENTE MAXIMA		%	13		10	7		
LONG. CRITICA		m	VER FIG No IV - 4					
ANCHO DE CALZADA		m	4.0					
ANCHO DE CORONA		m	4.0					
BOMBEO		%	3					
SOBRE ELEV. MAXIMA		%	10					
SOBRE ELEV. PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO		%	VER TABLA No IV - 5.1					
AMPLIACIONES Y LONG. MIN. Y DE TRANSICIONES		m	VER TABLA No IV - 5.1					

TABLA I. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

Fig.IV- 4

LONGITUD CRITICA DE TANGENTES VERTICALES CON  
PENDIENTE MAYOR QUE LA  
GOBERNADORA

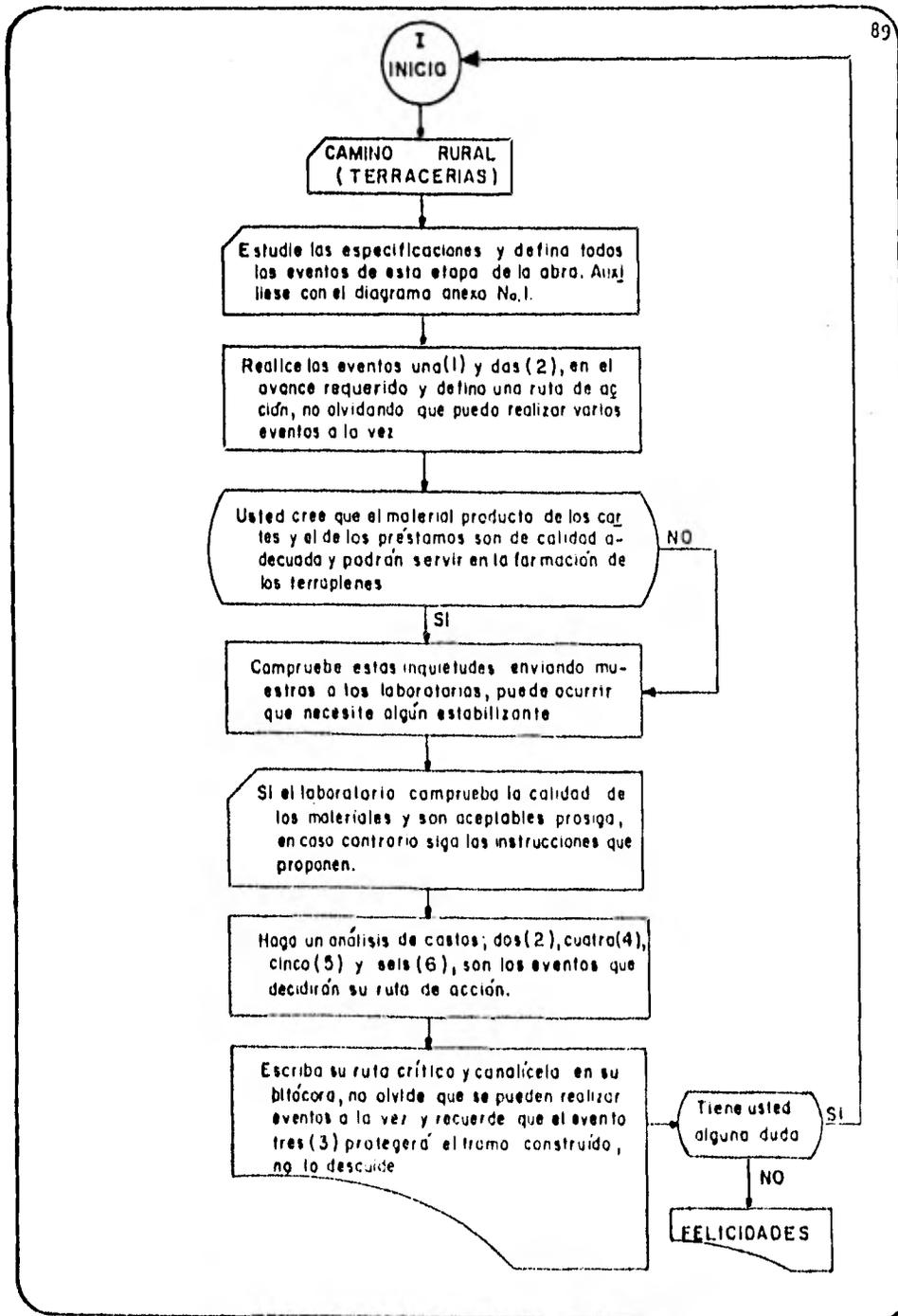


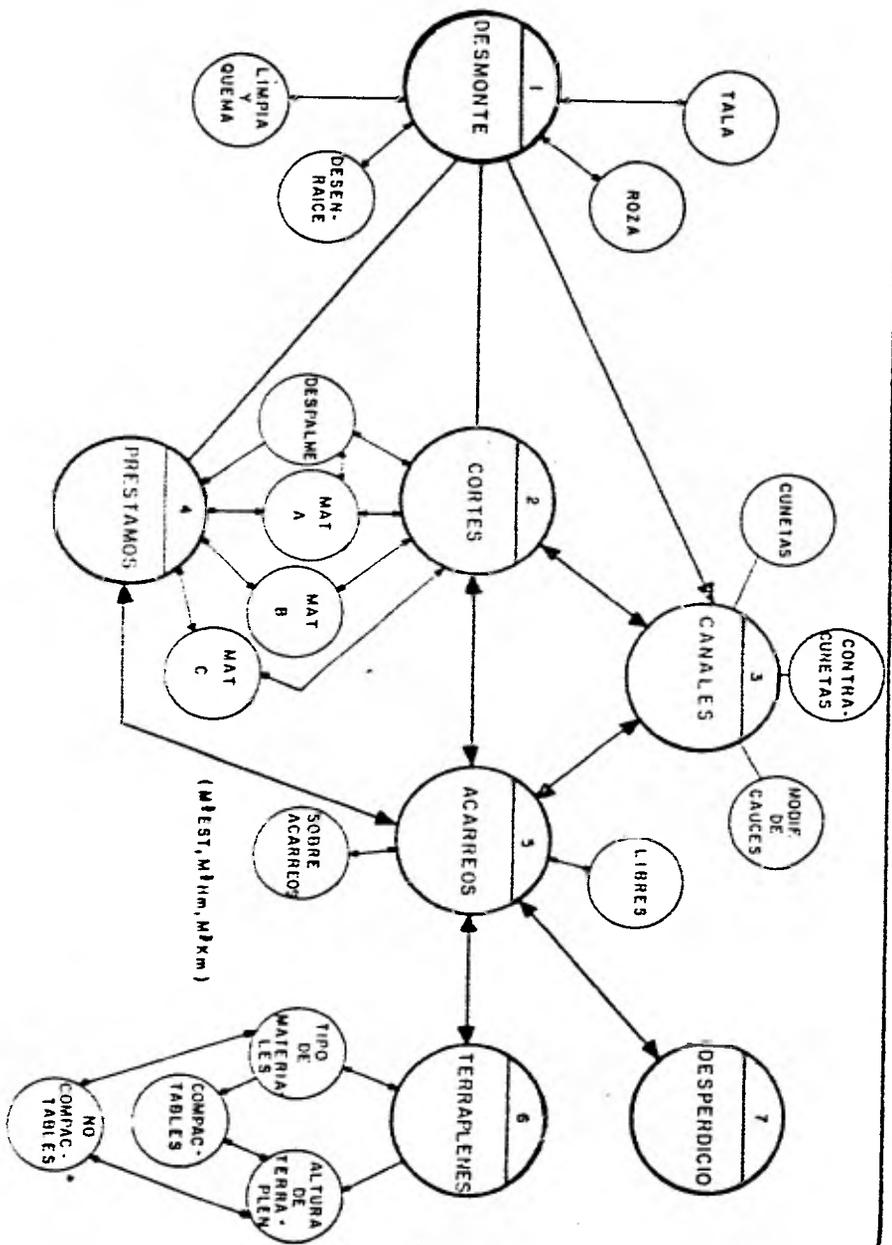
VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0 30	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 00	1145.42	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 30	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2 00	572.95	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2 30	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3 00	391.37	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	3.0	22
3 30	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	28
4 00	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.8	19	60	5.3	30
4 30	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.3	22	60	6.0	34
5 00	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	5.0	22	70	6.7	37
5 30	208.33	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.8	26	70	7.3	41
6 00	190.93	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.8	28	70	8.0	45
6 30	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	18	70	5.9	28	80	8.7	49
7 00	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7 30	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	58
8 00	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8 30	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9 00	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9 30	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10 00	116.59	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.8	24	90	9.1	46			
11 00	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.6	26	90	10.0	48			
12 00	95.48	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13 00	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14 00	81.89	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15 00	76.38	70	3.0	10	80	5.0	16	100	8.8	35						
16 00	71.82	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17 00	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18 00	63.66	80	3.0	10	100	6.0	18									
19 00	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20 00	57.30	80	3.3	10	100	6.0	21									
22 00	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24 00	47.75	100	4.0	10	120	8.0	24									
26 00	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28 00	40.99	110	4.7	11	130	9.3	30									
30 00	38.70	120	5.0	12	140	10.0	32									
32 00	35.81	130	5.3	13												
34 00	33.70	130	5.7	14												
36 00	31.83	140	6.0	14												
38 00	30.18	130	6.3	15												
40 00	28.65	130	6.7	16												
42 00	27.28	160	7.0	17												
44 00	26.04	160	7.3	18												
46 00	24.81	170	7.7	18												
48 00	23.67	180	8.0	19												
50 00	22.62	180	8.3	20												
52 00	22.04	190	8.7	21												
54 00	21.22	190	9.0	22												
56 00	20.46	200	9.3	22												
58 00	19.76	200	9.7	23												
60 00	19.10	210	10.0	24												

- Ac AMPLIACION DE LA CALZADA Y LA CORONA, EN CM. EN CARRETERAS TIPO E NO SE DARA LA AMPLIACION POR CURVATURA A MENOS QUE SE PROYECTEN LIBRADEROS EN CURVA HORIZONTAL.
- Sc SOBRE ELEVACION EN PORCENTAJE
- Le LONGITUD DE LA TRANSICION MIXTA, EN M.

NOTA: Para grados intermedios no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal

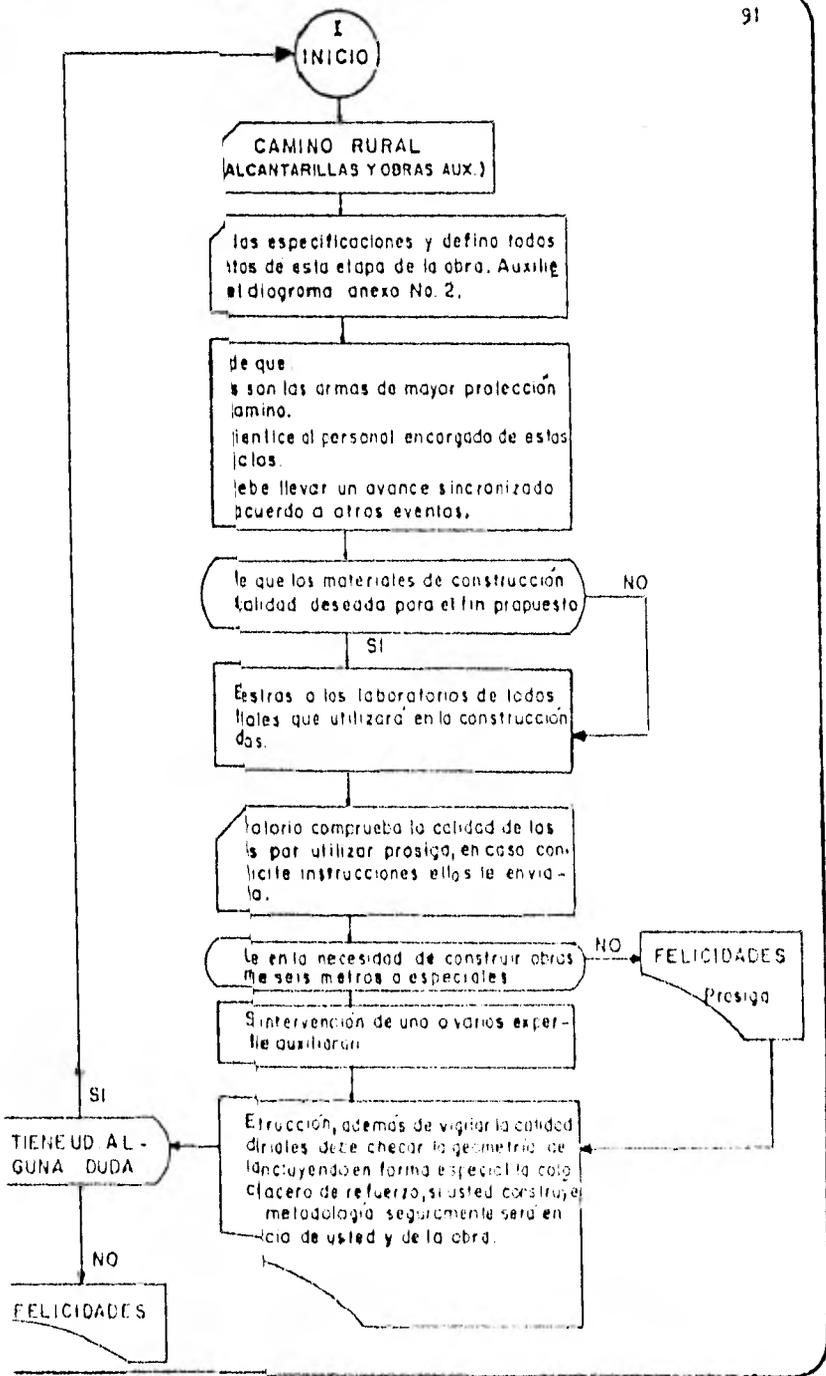
TABLA IV-5.1 AMPLIACIONES, SOBRE ELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPOS E y D





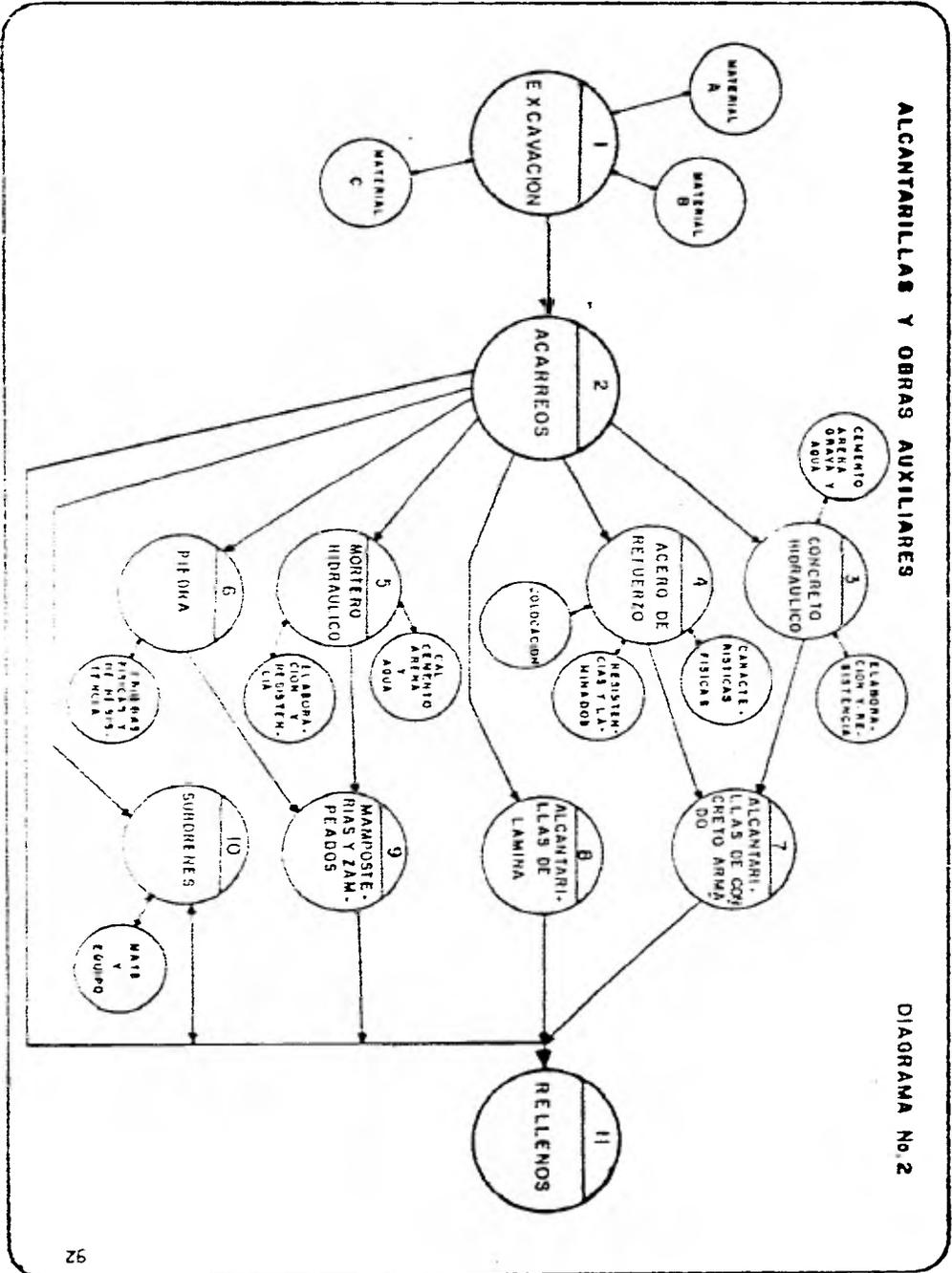
TERRAGERIAS

DIAGRAMA N.º 1



ALCANTARILLAS Y OBRAS AUXILIARES

DIAGRAMA No. 2



INICIO

**CAMINO RURAL  
CONTROL DE CALIDAD DE LA GEOMETRIA DE LA CONSTRUCCION.**

Existen manuales de proyecto geométrico que le ayudaran a definir todos los eventos involucrados, y con el conocimiento de ellos podrá comprobar la calidad geométrica de su camino.  
Apoyese en el diagrama anexo I

Revisará que:  
● Las especificaciones se apeguen al tipo de camino que se va a construir.  
● Las especificaciones se hallan tomadas en cuenta en todo el proyecto geométrico.

El manual para proyecto geométrico de la SAHOP puede serle útil.  
Auxilllese con la tabla anexo I

¿En su revisión encuentra deficiencias en el proyecto geométrico?

NO

SI

Usted puede optar por:  
a).- Consultar con la superioridad.  
b).- Aceptar las deficiencias, ya que una modificación adicional resultaría muy cara.  
c).- Si el costo de la modificación es aceptable, llévela a cabo.

Tome una de las decisiones y prosiga.

Usted como residente de construcción cuenta para verificar los elementos geométricos, con un proyecto definitivo que incluye:  
-Reconocimiento y elección de ruta.  
-Proyecto horizontal.  
-Proyecto vertical.  
-Secciones transversales de construcción.  
-Drenaje.  
-Referencias.  
-Cálculos y dibujo

02

02

Así, una vez construido su camino usted está en la disposición de corroborar que lo expuesto en el proyecto esté bien construido físicamente

En el alineamiento Horizontal usted verificará:

- Que las tangentes tengan la longitud especificada y que la orientación del camino cheque con los rumbos del proyecto.
- Que las curvas horizontales, simples o compuestas, estén trazadas con los datos de proyecto y que cumplan con los requisitos de visibilidad y sobre elevación.

¿Tanto las tangentes y/o las curvas están deficientes respecto al proyecto?

SI

Usted tiene autoridad para hacer que se corrijan las fallas encontradas.

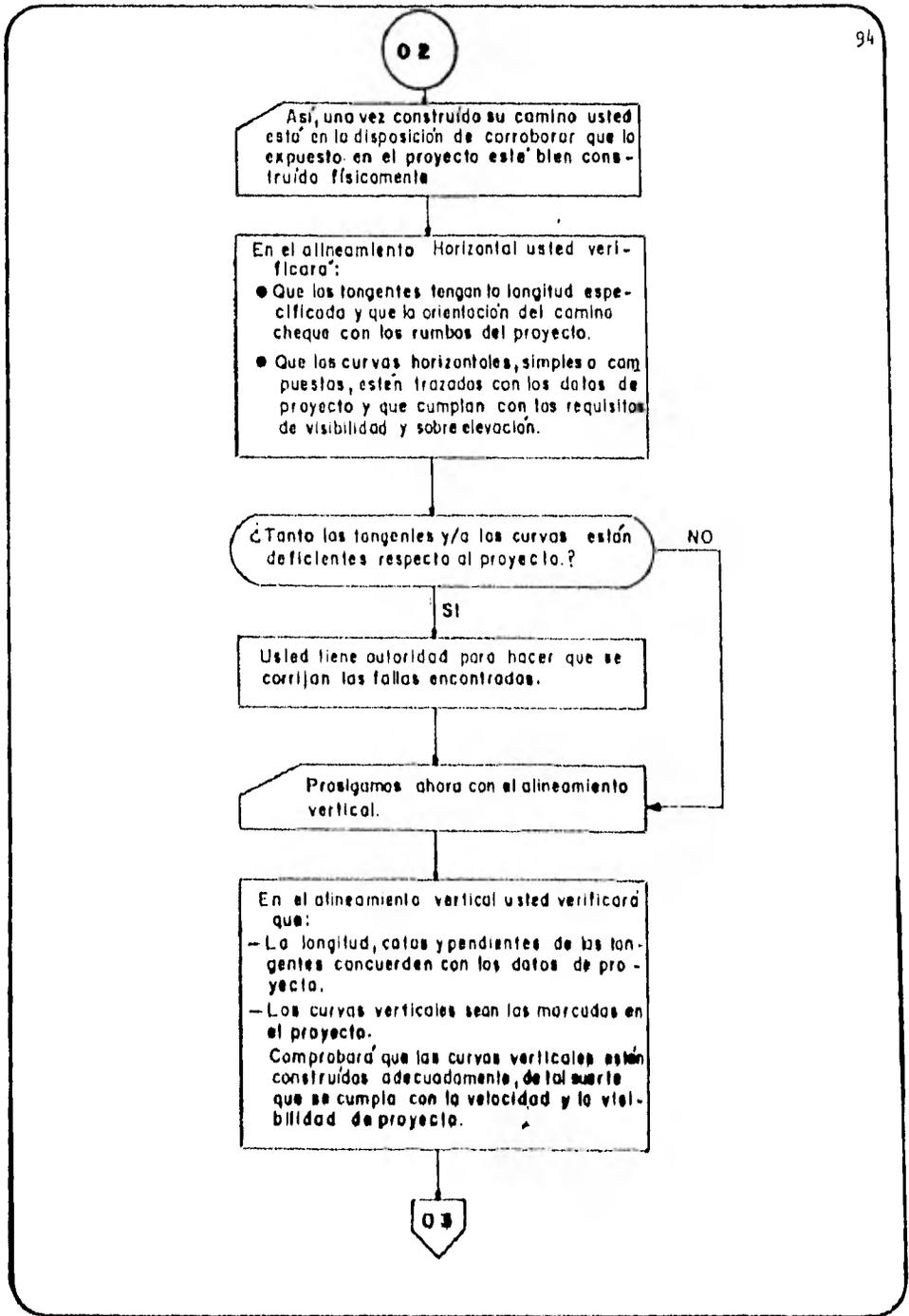
Prosigamos ahora con el alineamiento vertical.

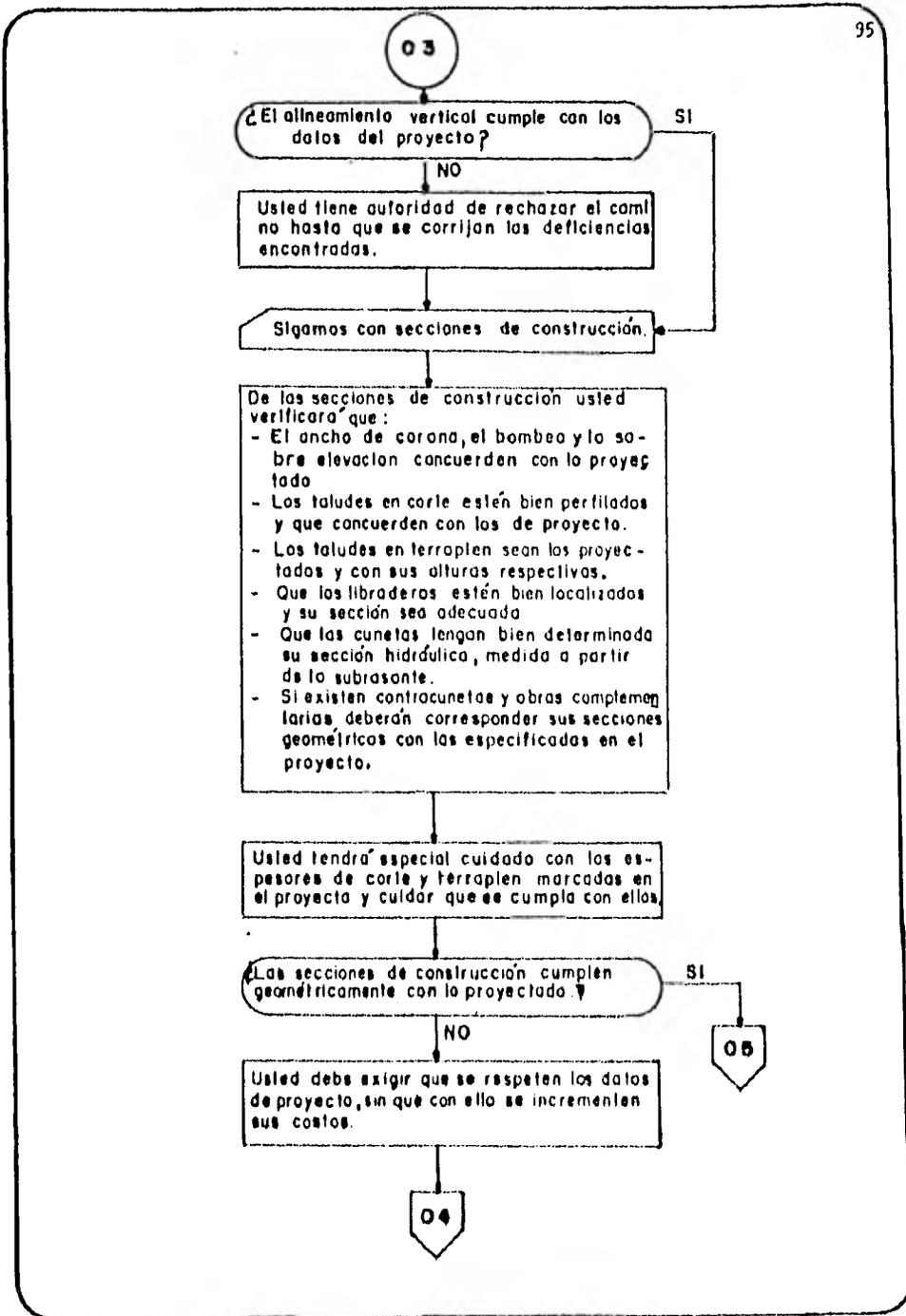
En el alineamiento vertical usted verificará que:

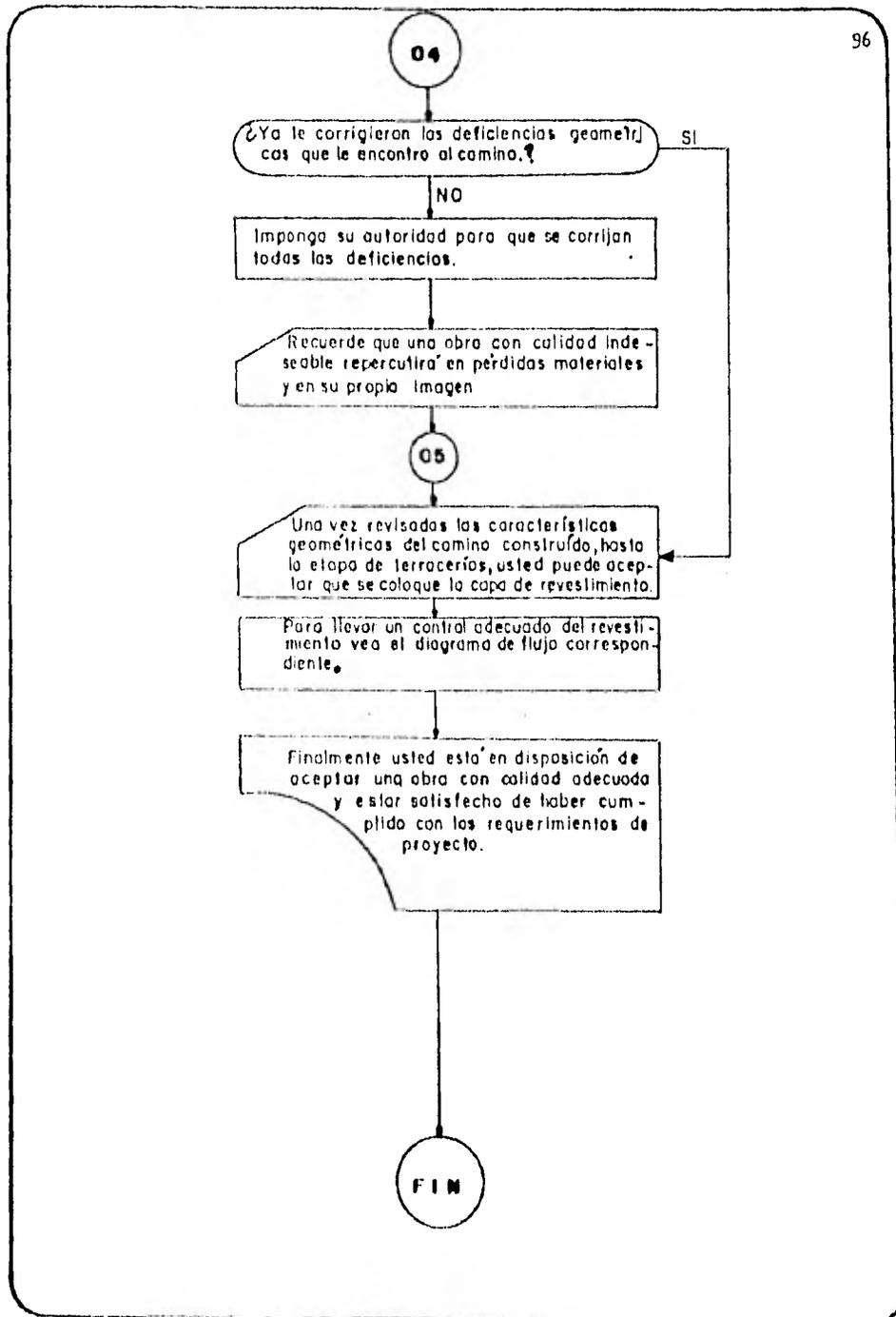
- La longitud, cotas y pendientes de las tangentes concuerden con los datos de proyecto.
- Las curvas verticales sean las marcadas en el proyecto.

Comprobará que las curvas verticales estén construidas adecuadamente, de tal suerte que se cumpla con la velocidad y la visibilidad de proyecto.

03







INICIO

CAMINO RURAL  
( REVESTIMIENTOS )

Estude las especificaciones y defina los eventos que integran esta etapa de la construcción de su camino.  
Auxilliese con el diagrama anexo No 3

Debe conocer: Topografía, clima, formación Geológica y materiales existentes. Recuerde que deben ser materiales resistentes y con cementación adecuada.  
Auxilliese del procedimiento de clasificación rápida de materiales que está incluido en las Especificaciones para Caminos Rurales

Existen bancos de materiales con calidad adecuada para revestir el camino.

SI  
Envie muestras a un laboratorio de materiales para comprobación.  
Realice zondeos suficientes para conocer el volumen apto vehiciable.

NO

Solicite el auxilio de un laboratorio de materiales para que localicen nuevos bancos de material para la formación de la capa de revestimiento.

Localizaron los bancos de materiales adecuado para la formación del Revestimiento

NO

SI

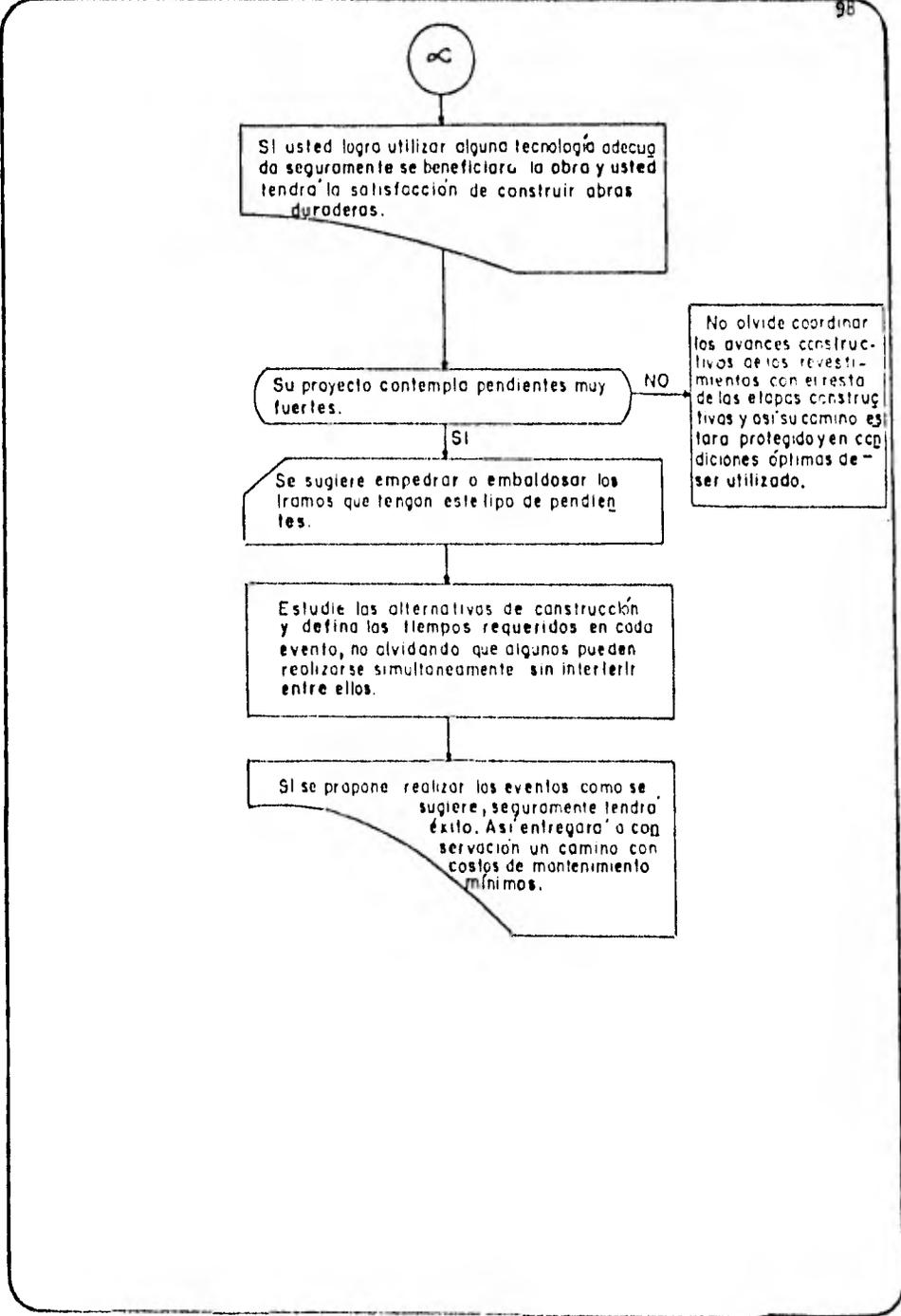
El acarreo de material producto de los bancos es muy costoso

NO

SI

Solicite a un laboratorio de materiales le efectúe un estudio de estabilización con los materiales que abundan en la región. Generalmente es más económico utilizar 5% del volumen correspondiente a cal o cemento que el 100% de material natural, pero con mucho acarreo. Recuerde que si en la zona existen materiales muy arcillosos y las lluvias son frecuentes es conveniente estabilizar la parte superior de las terracerías en un espesor de 15 cm.

FIN



Si usted logra utilizar alguna tecnología adecuada seguramente se beneficiara la obra y usted tendra la satisfaccion de construir obras duraderas.

Su proyecto contempla pendientes muy fuertes.

NO

No olvide coordinar los avances constructivos de los revestimientos con el resto de las etapas constructivas y así su camino estará protegido en condiciones óptimas de ser utilizado.

SI

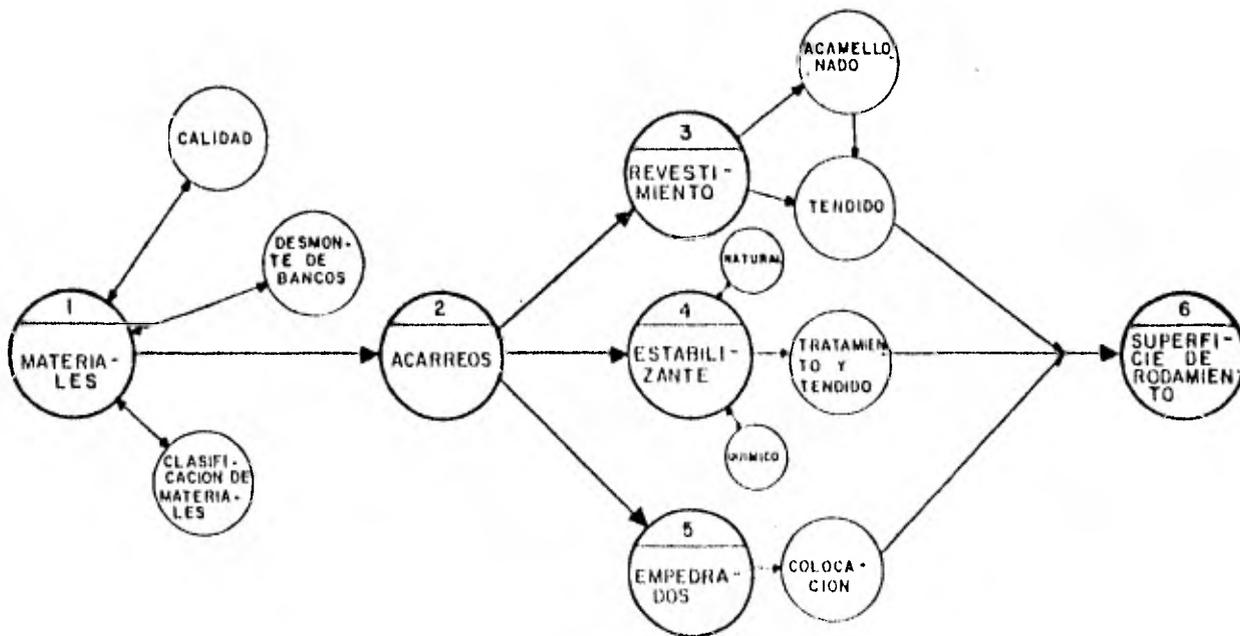
Se sugiere empedrar o embaldosar los tramos que tengan este tipo de pendientes.

Estudie las alternativas de construcción y defina los tiempos requeridos en cada evento, no olvidando que algunos pueden realizarse simultaneamente sin interferir entre ellos.

Si se propone realizar los eventos como se sugiere, seguramente tendrá éxito. Así entregará a conservación un camino con costos de mantenimiento mínimos.

REVESTIMIENTOS

DIAGRAMA No. 3



### 5.3 Los laboratorios como auxiliares en la comprobación de la calidad

Como ya había mencionado los laboratorios de materiales no son más que auxiliares en uno de los aspectos del control de calidad, ya que mediante de ellos se pueden medir las cualidades físicas o químicas de los materiales que se emplean en la construcción, o bien miden las mejoras producidas en un cierto material, natural o artificial, después de haberles aplicado algún método que modificaba sus condiciones. Este tipo de mediciones serán comparadas con los valores admisibles marcados en las especificaciones correspondientes; es decir, se realizan pruebas de laboratorio que nos indican generalmente una medida, llámesele de resistencia, de plasticidad, de uniformidad, de sanidad, etc. y nos permitirá comparar esta medida con los valores normativos de las especificaciones. Por ejemplo una muestra de material que se pretende emplear como revestimiento acusa los siguientes valores después de ser sometida a tres pruebas:

	Medida de laboratorio	Especificación
V.R.S. (ESTANDAR) % =	32.7	30 mín
VALOR CEMENTANTE Kg/cm <sup>2</sup> =	8.9	6.5 mín
CONTRACCION LINEAL =	8.0	5 máx

Al comparar estos valores con la especificación observamos que el V.R.S. es ligeramente superior al límite establecido; que el valor cementante es adecuado y que su contracción lineal es excesiva. Estos datos nos permiten recomendar, en cierta manera, las correcciones o modificaciones pertinentes que necesitan los materiales que empleamos en la construcción.

Luego entonces, el ingeniero encargado del control de calidad debe auxiliarse de los servicios que prestan los laboratorios en cuanto a la medición de la -

calidad. Una vez medida la calidad de los materiales de construcción, el ingeniero de control, debe elaborar estadísticas que le permitan medir las desviaciones estandarizadas y justificar la aceptación, el rechazo o la modificación de los materiales de acuerdo a lo medido. Enseguida se presenta un listado de las pruebas más frecuentes y de más interés aplicadas a los materiales de construcción, y una breve observación de lo que debe cumplir cada material.

PRUEBAS EFECTUADAS	OBS.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densidad</li> <li>- Absorción</li> <li>- Clasificación</li> <li>- Petrográfica</li> <li>- Resistencia a la compresión</li> <li>- Resistencia al Intemperismo acelerado por ciento de pérdida en peso</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de absorción y de resistencia a la compresión.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesos específicos</li> <li>- Absorción</li> <li>- Densidad aparente</li> <li>- Equivalencia de arena</li> <li>- Contenido de materia orgánica</li> <li>- Substancias perjudiciales</li> <li>- Análisis granulométrico</li> <li>- Pérdida por Intemperismo acelerado</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de absorción y de equivalencia de arena.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesos específicos</li> <li>- Absorción</li> <li>- Densidad aparente</li> <li>- Desgaste</li> <li>- Análisis granulométrico</li> <li>- Substancias perjudiciales</li> <li>- Intemperismo acelerado</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de absorción y de densidad aparente.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación de acuerdo a la cantidad de plasticidad.</li> <li>- Pesos volumétricos</li> <li>- Límites de consistencia</li> <li>- Valor relativo soporte</li> <li>- % de compactación para alcanzar P.V.M. a la humedad óptima</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de clasificación de acuerdo a la cantidad de plasticidad.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor Relativo Soporte</li> <li>- Contracción lineal</li> <li>- Valor cementante</li> <li>- Expansión</li> <li>- Análisis granulométrico</li> <li>- Límites de consistencia</li> <li>- Durabilidad</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de valor relativo soporte y de contracción lineal.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionalamientos</li> <li>- Compresión simple</li> <li>- Revenimientos</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de compresión simple.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrugación</li> <li>- Tensión</li> <li>- Alargamiento</li> <li>- Resistencia a la tensión y torsión</li> </ul>	<p>Se real se en la prueba de resistencia a la tensión y torsión.</p>

Las generalmente no se determinan para los caminos rurales.  
 Se no se determinan las pruebas para los materiales de los caminos.

## CAPITULO VI

### OPTIMIZACION EN EL USO DE LOS ESTABILIZANTES PARA LAS TERRACERIAS Y LOS REVESTIMIENTOS EN ZONAS DE SUELOS INESTABLES.

#### 6.1 Generalidades

El uso del término estabilización data desde 1932 y se empleó primordialmente para el caso de caminos estabilizados con arena-arcilla, en Norteamérica. Así se definió a la estabilización como: "Es todo método artificial empleado con el objeto de mejorar las propiedades del suelo que influyen en la conservación y/o el mejoramiento de sus propiedades físicas modificando su granulometría o agregándole compuestos especiales".

La estabilización se logra mediante diferentes métodos, tales como:

- a) Mecánicos (compactación, granulométricos, vibración, etc.)
- b) Químicos (adición de cemento, cal, etc.)
- c) Físico-Químicos (adición de resinas, asfaltos, etc.)
- d) Mixtos (combinación de dos o más de los anteriores)

Aquí solo me referiré a los métodos químicos conjuntamente con los mecánicos, especialmente en lo que toca a los estabilizantes como la cal y el cemento. La estabilización con cal resulta, como veremos, un agente estabilizador muy económico que modifica sustancialmente las propiedades de los suelos, espe -

cialmente las arcillas, y que su uso se ha relegado por ser reversible su - reacción química. Lo anterior se basa en elucubraciones teóricas producto de investigaciones con materiales raros, ignorando que en todo el mundo se utiliza esta tecnología desde hace más de 50 años con resultados positivos e innegables. Ejemplos de ello son el moderno aeropuerto Dallas-Fort North o el proyecto Friant Kern recientemente terminado por el U.S. Bureau of Reclamation, amén de infinidad de tramos de la impresionante red interestatal de caminos a todo lo largo y lo ancho del territorio de los Estados Unidos, en los cuales se estabilizó con cal. También en México se ha estudiado la estabilización de las arcillas con cal en un camino del Estado de Sinaloa y actualmente se estudia esta tecnología en la D.G.C.R.

Como mencioné, actualmente se tienen bastantes problemas en la conservación - de los caminos rurales y aún en las etapas de construcción. En el primer caso las condiciones climáticas aunado a la falta de una capa que impermeabilice la superficie de rodamiento y proteja las terracerías, principalmente del agua de lluvia, ocasionan un deterioro acelerado del camino rural, en consecuencia una excesiva necesidad de conservación. Y en el segundo caso la escasez y/o los grandes acarreos de materiales adecuados para formar las capas del camino rural encarecen grandemente los costos de construcción y los de conservación posteriormente. Por estas dos razones, principales, se estudia el empleo de la estabilización con cal y cemento en la construcción de los caminos rurales. Cabe mencionar que hasta ahora se ha estudiado y practicado este tipo de estabilizaciones en las capas inferiores de los pavimentos y nunca se ha estimado su potencialidad como capa que sirva de superficie de rodamiento.

## 6.2 Selección del Método de Estabilización

La selección del método de estabilización depende de:

- a) Tipo de suelo por estabilizar
- b) Clima de la región
- c) Costos y Procedimiento de construcción
- d) Equipo necesario en la estabilización
- e) Grado de estabilización requerido
- f) Material estabilizante
- g) Tradición y prejuicios

a) Tipo de suelo por estabilizar:

En general a cualquier tipo de suelo se le pueden modificar sus condiciones físicas mediante un estabilizante (cal o cemento) más aún, en el caso de las arcillas, se ha estudiado que reaccionan mejor al aplicarles la cal; y en el caso de limos y las arenas es propicio que se estabilice con cemento.

b) Clima de la región:

Regularmente el clima no es un impedimento para lograr la estabilización de los suelos con cemento o cal, sin embargo se recomienda para zonas lluviosas.

c) Costos y Procedimiento de construcción:

Es deseable que tanto los costos como el procedimiento de construcción sean equiparables a los costos con los procedimientos tradicionales o que por el contrario ofrezcan otro tipo de ventajas sobre los tradicionales aunque se sacrifiquen aparentemente los costos, ya que puede parecer oneroso al construir pero económico al conservar.

d) Equipo necesario en la estabilización:

El equipo necesario para estabilizar será el mismo que se utilice en la construcción normal o aquél que esté disponible y tenga acceso el constructor de tal forma que se evite un incremento en los costos por equipos especiales. - Estos métodos de estabilización son muy versátiles y se podrán adaptar a las condiciones propias de cada caso particular.

e) Grado de estabilización requerido:

Es necesario estimar el grado en que se desean mejorar las propiedades del suelo haciendo comparaciones, en los laboratorios, del suelo en forma natural contra suelos estabilizados para garantizar la mejora de las propiedades de los suelos, en niveles óptimos o necesarios.

f) Material estabilizante:

En este caso se comparará el costo del estabilizante (cal o cemento) de buena calidad contra el costo de materiales importados. Aquí influirá grandemente la facilidad de adquisición del estabilizante, comparado con los excesivos acreos de los materiales adecuados para construir.

g) Tradición y Prejuicios:

Es muy importante que el método de estabilización esté respaldado por estudios o experiencias anteriores y con ello evitar que sea rechazado por rumores o por prácticas que no fueron aplicadas correctamente y llevadas al fracaso.

A continuación se presenta un procedimiento constructivo para llevar a cabo la estabilización con cal o cemento:

- Se deberá utilizar cal hidratada de buena calidad o cemento Portland que cumpla las especificaciones respectivas.

- En general la estabilización deberá realizarse por capas, teniendo éstas un espesor igual o menor de 15 cm.
- Escarificación y disgregado. Al mejorar las terracerías, se escarificará - hasta el nivel deseado y se disgregarán los grumos a lo máximo posible para ello se recomienda el empleo de un arado de disco o maquinaria similar.
- Adición de cal o cemento. Ya escarificado el suelo se extenderá el estabilizante en forma uniforme ya sea en seco o en forma de lechada. Si se opta - agregar el cemento o la cal en seco se debe rociar un poco de agua para evitar que el aire remueva el cementante.
- Mezclado, humedecimiento y compactación. En el mezclado se utiliza el arado de disco, un carro tanque para humedecer y un rodillo neumático ligero para compactar, previa conformación; recomendando compactar inmediatamente después de conformar el espesor tratado.
- Curado. Si se estabiliza con cemento el curado consistirá en mantener húmeda la superficie de rodamiento final de 3 a 7 días y permitir el endurecimiento.
- Para la última capa que servirá como superficie de rodamiento se sugiere que la estabilización del material se realice en plataforma o a los lados del camino, y que se extienda, humedezca y compacte posteriormente sobre el camino.
- Por último se deberá impermeabilizar la superficie final con un riego de impregnación. Este último evento se adicionó por la carencia de estudios relacionados con el comportamiento de los suelos estabilizados expuestos al intemperismo.

### 6.3 Estudios concernientes a la estabilización con cal y con cemento.

Si empleamos la cal como agente estabilizador de las arcillas es necesario to-

mar en cuenta la siguiente aseveración:

... Toda arcilla que se pretenda estabilizar a base de cal debe ser tratada como un caso particular, en el cual, es necesario efectuar un estudio previo de laboratorio para determinar los minerales que contenga e identifique a la arcilla para poder prever el beneficio que se logrará mediante la estabilización...

Por otro lado podemos afirmar que un suelo, al que se pretende estabilizar con cal, es necesario que contenga arcilla ya que la cal hidratada sólo puede reaccionar en forma eficaz sobre los minerales arcillosos.

Dentro de los estudios mexicanos relacionados con la estabilización de las arcillas mediante la cal se ha determinado que:

- a) La acción de la cal sobre las arcillas se efectúa en dos etapas. En una primera etapa se presenta una reacción iónica, y en una segunda etapa, las arcillas sufren una transformación química más o menos vigorosa, de acuerdo con la naturaleza de los minerales que contenga, que mejoran notablemente sus propiedades físicas.
- b) La coalinita es una arcilla poco sensible a la cal, necesitando de tiempos largos para producir cambios permanentes. Las montmorilonitas resultaron ser minerales arcillosos sumamente sensibles a la cal y las illitas demostraron ser el mineral arcilloso más difícil de ser atacado por la cal.
- c) Es necesaria la presencia del agua para tener éxito en el tratamiento.
- d) La presencia de carbonatos y de materias orgánicas en cantidades importantes inhibe la acción de la cal.
- e) Es indispensable la utilización de una cal de buena calidad, es decir, que contenga un alto porcentaje de hidróxido de calcio. Por otro lado es esencial utilizar a la cal como polvo muy fino, para lograr una mezcla de li-

más perfecto posible entre la cal y la arcilla, ya que si la cal se encuentra carbonatada o mal pulverizada dará un bajo rendimiento amén de que los resultados obtenidos serán mediocres.

- f) El agua y la cal colaboran para acelerar la disgregación de los grumos de arcilla durante la operación de pulverización, lo cual facilita la trabajabilidad.
- g) En áreas pantanosas o en donde los suelos tienen humedades superiores a la óptima la aplicación de la cal facilita el disgregado del suelo lo que a su vez propicia el secado rápido, ya que la cal tiene propiedades higroscópicas (absorben la humedad).

En la D.G.C.R. también se ha comenzado a estudiar este tipo de estabilización, realizando para ello pruebas de laboratorio que comprueben las propiedades antes citadas.

A continuación se presentan los resultados de dos ensayos de laboratorio efectuados a materiales que requieren de estabilización; realizados en la unidad de laboratorios de la SAHOP en San Luis Potosí, S.L.P.

Pruebas	MATERIAL A			MATERIAL B	
	SN	SE	SE*	SN	SE
Clasificación SAHOP	CH			CL	
Límite Líquido %	54	40	40	43	40
Índice Plástico	33	17	17	29	11
Límite Plástico	21	23	23	14	29
Contracción Lineal	13.1	6.1	6.1	11.9	4.3
V.R.S. Estandar %	5.8	20.6	24.1	5.9	21.3
Expansión	6.7	1.9	0.43	0.50	0.15

SN = Suelo Natural

SE = Suelo estabilizado con 5% de cal en peso

SE\* = Suelo estabilizado con 5% de cal en peso y dejado 3 días en reposo -  
antes de saturar para medir el VRS.

Como se puede apreciar es cierto que la adición de la cal al suelo mejora notablemente las características físicas de este último.

Dentro de los estudios realizados con relación al cemento como agente estabilizador de los suelos encontramos que:

- a) Si se emplea el cemento como agente estabilizador en las arcillas se augura un buen comportamiento, sin embargo, las cantidades que se empleen serán directamente proporcionales a la plasticidad del suelo en cuestión; esto invita a realizar pruebas de laboratorio que determinen dichas cantidades ya que puede suceder, que al agregar pequeñas cantidades de cemento, no se tengan los efectos deseados, o que sólo con grandes cantidades se mejoren sus propiedades.
- b) Se ha observado en la práctica de otros países, principalmente en E.E.U.U., - que para que se modifiquen substancialmente las características del suelo - es necesario mezclar del orden de 2% a 15% de cemento en peso para corregir el exceso de plasticidad y aumentar el V.R.S., entre otras cualidades; siendo deseable, que se use un 10% de cemento en peso, como máximo, en la mezcla del suelo-cemento para las estabilizaciones.
- c) En la estabilización con cemento se sugieren los siguientes porcentajes en peso de cemento.

MATERIAL	INTERVALOS COMUNES DE CEMENTO REQUERIDO EN % PESO
GW, GP, GM	3 - 5
GC, SW	5 - 8
SC	5 - 9
SP - SM	7 - 11
ML	7 - 12
CL, OL, MH	8 - 13
CH	9 - 15
OH y PE	10 - 16

A. Para Pruebas de Laboratorio (según especificaciones de la ASSHO).

B. Para algunos suelos típicos según la ASSHO.

SUELO	% EN PESO DE CEMENTO EMPLEADO
Suelos de Concha	7
Desperdicio de caliza	5
Arcilla expandida o desintegrada	5 - 10
Carbones	8
Margas	11

Este tipo de estabilización se ha comenzado a estudiar en la Dirección General de Caminos Rurales (D.G.C.R.) elaborando pruebas de laboratorio para verificar las propiedades de la estabilización con cemento, como las siguientes:

Pruebas	MATERIAL A		MATERIAL B	
	SN	SE	SN	SE
Clasificación SAHOP	CH		GP	
Límite Líquido %	54	39	36	28
Índice Plástico %	33	15	18	6
Límite Plástico %	21	24	18	22
Contracción Lineal %	13.1	5.0	8.0	2.2
V.R.S. Estandar %	5.8	87.5 *	32.7	241
Expansión	6.7	0.86	2.69	0.0

S.N = Suelo natural

S.E = Suelo estabilizado con 5% de cemento en peso

\* El V.R.S. fue obtenido saturando inmediatamente después del mezclado

Estas pruebas fueron realizadas en la unidad de laboratorios de San Luis Potosí.

Como se puede observar la estabilización con cemento mejora substancialmente - las características de los suelos, sin embargo para que su empleo sea eficiente se deberán elaborar correctamente las pruebas de laboratorio que determinen los porcentajes de cemento y el contenido de humedad óptima para alcanzar los resultados deseados de la combinación suelo-cemento; en general se auguran buenos resultados y las consecuencias de su empleo se reducen a determinar, por medio de las pruebas de laboratorio cuales suelos tienen una reacción tardía o pobre al agregarle cemento y a cuidar que la mezcla y en general todo el procedimiento - constructivo se realice adecuadamente.

Concluyendo, de acuerdo con los estudios realizados sobre la estabilización - con cal y cemento se pueden citar los siguientes beneficios en su empleo:

- a. Evita los grandes acarrees de materiales graduados.
- b. Aumenta potencialmente el volumen de bancos de materiales adecuados para la construcción de caminos, haciendo que los suelos deficientes para este uso mejoren y cumplan con los requisitos para buen material de terracerfas y revestimiento.
- c. Reducen los espesores de revestimientos.
- d. Aumenta la vida útil del camino rural.
- e. Mejoras en los materiales estabilizados, como son:
  - e.i Se reduce el índice plástico en forma considerable; esto se debe - generalmente a un pequeño incremento en el límite plástico y una -

considerable reducción en el límite líquido.

e.ii Las contracciones y expansiones debidas a cambios de humedad se reducen considerablemente.

e.iii El valor relativo también aumenta en forma considerable.

#### 6.4 Estudio de caso (tramo de prueba estabilizado en el Estado de Puebla)

##### 6.4.1 Antecedentes

Con objeto de que los caminos rurales cuenten con una superficie de rodamiento más estable en zonas de alta precipitación pluvial, formada por materiales deleznales, o en los casos donde no existe material adecuado para la formación de las capas que componen un camino, la D.G.C.R. a través de su departamento técnico, las unidades de laboratorios y las residencias generales de construcción, convino realizar una serie de estudios entre los cuales se encuentran el de mejorar las características físicas de los materiales naturales mediante la estabilización con cal y cemento. Para tal fin, se programó una serie de trabajos que se pueden resumir como sigue:

- a). Determinar y programar qué caminos son susceptibles de aplicar esta técnica debido a las condiciones adversas a las que están sujetos.
- b). Investigar los aspectos relacionados con las estabilizaciones y proponer grados de estabilización.
- c). Realizar pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas de los materiales naturales de los caminos escogidos.
- d). Elaborar pruebas de laboratorio para determinar las mejoras obtenidas al mezclarlos con cal o cemento y con ello determinar los grados de estabilización requeridos al agregarles ciertas cantidades de cal o cemento en por

ciento de su peso.

- e). Llevar a cabo la construcción de un tramo de prueba con diferentes niveles de estabilización.
- f). Observar el comportamiento de los tramos estabilizados.
- g). Elaborar un compendio de la experiencia adquirida.

De los resultados obtenidos de esta serie de trabajos se pudo concluir que:

- La aplicación de las técnicas de estabilización puede llevarse a cabo en las zonas que tienen regímenes pluviométricos altos y donde además existe abundancia de materiales arcillosos o lutitas intemperizadas; esto abarca parte de los estados de Puebla, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Tabasco, Oaxaca, Chiapas y otros menos específicos; se escogió en un principio al estado de Hidalgo en la zona de la Huasteca principalmente por su vecindad con el Distrito Federal.
- El grado de estabilización de las capas del camino estaría acorde con los requerimientos normativos expuestos en las especificaciones para caminos rurales; así las terracerías deberían cumplir principalmente con las pruebas de límites y con el V.R.S. y los materiales de revestimiento con el V.R.S., plasticidad y valor cementante.
- En la etapa de pruebas de laboratorio contribuyeron las unidades de laboratorio de San Luis Potosí e Hidalgo, principalmente, al realizar las pruebas de laboratorio mostradas en los cuadros 6.1 y 6.2, obteniendo los resultados siguientes:

MATERIAL ANALIZADO	CARACTERISTICAS INICIALES								CARACTERISTICAS FINALES							
	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H
ESTABILIZANTE EMPLEADO*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	6	4	5	7	3
CLASIFICACION SAHOP	GP	GP	GP	GP	CL	CL	CL	CL	-	-	-	-	-	-	-	-
LIMITE LIQUIDO (%)	36	36	36	36	43	43	43	43	28	32	42	35	40	39	40	40
INDICE PLASTICO (%)	18	18	18	18	29	29	29	29	6	6	11	6	11	27	12	11
LIMITE PLASTICO (%)	18	18	18	18	14	14	14	14	22	26	31	29	29	12	28	29
CONTRACCION LINEAL (%)	8	8	8	8	11.9	11.9	11.9	11.9	2.2	2.4	4.5	2.3	4.3	11	4.8	4.1
VALOR RELATIVO SOPORTE V.R.S. (ESTANDAR) (%)	32.7	32.7	32.7	32.7	5.9	5.9	5.9	5.9	241	178.5	155	252	213	5.9	115	151
EXPANSION	2.65	2.65	2.65	2.65	0.5	0.5	0.5	0.5	0	1.13	0.55	0.45	0.15	0.44	0.25	0.16
VALOR CEMENTANTE	8.9	8.9	8.9	8.9	-	-	-	-	26	39.5	13.7	12.3	-	-	-	-

\* ESTABILIZANTE EMPLEADO:

1. Cemento (5% en peso)
2. Cemento - puzolana (5%-5% en peso)
3. Cal - puzolana (5%-5% en peso)
4. Cal (5% en peso)
5. Puzolana (5% en peso)
6. Cal - puzolana - cemento (3%-3%-3% en peso)
7. Cal - puzolana (3%-3% en peso)

NOTA: No se mencionó la puzolana porque no es el objetivo del estudio.

CUADRO 6.1 PRUEBAS REALIZADAS EN SAN LUIS POTOSI

CARACTERISTICAS INICIALES

CAR/ FINAL

MATERIAL ANALIZADO	A	B	C	D	E	A	B	E
ESTABILIZANTE EMPLEADO*	-	-	-	-	-	1	2	3
CLASIFICACION SAHOP	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>	CH <sub>1</sub>			-	-	-
LIMITE LIQUIDO (%)	54	54	54	37	37	40	40	133
INDICE PLASTICO (%)	33	33	33	19	19	17	17	14
LIMITE PLASTICO (%)	21	21	21	18	18	23	23	129
CONTRACCION LINEAL (%)	13.1	13.1	13.1	6.5	6.5	6.1	6.1	51.6
VALOR RELATIVO SOPORTE V.R.S. (ESTANDAR) (%)	5.8	5.8	5.8	75.3	75.3	0.6	94.1	813.5
EXPANSION	6.7	6.7	6.7	0.33	0.33	1.9	0.43	0.22
VALOR CEMENTANTE	-	-	-	7.4	7.4	-	-	7.5

\* ESTABILIZANTE EMPLEADO

1. Cal (5% en peso); se saturó inmediatamente para medir el
2. Cal (5% en peso); se saturó a los tres días para medir el
3. Cemento (5% en peso); se saturó inmediatamente para medir

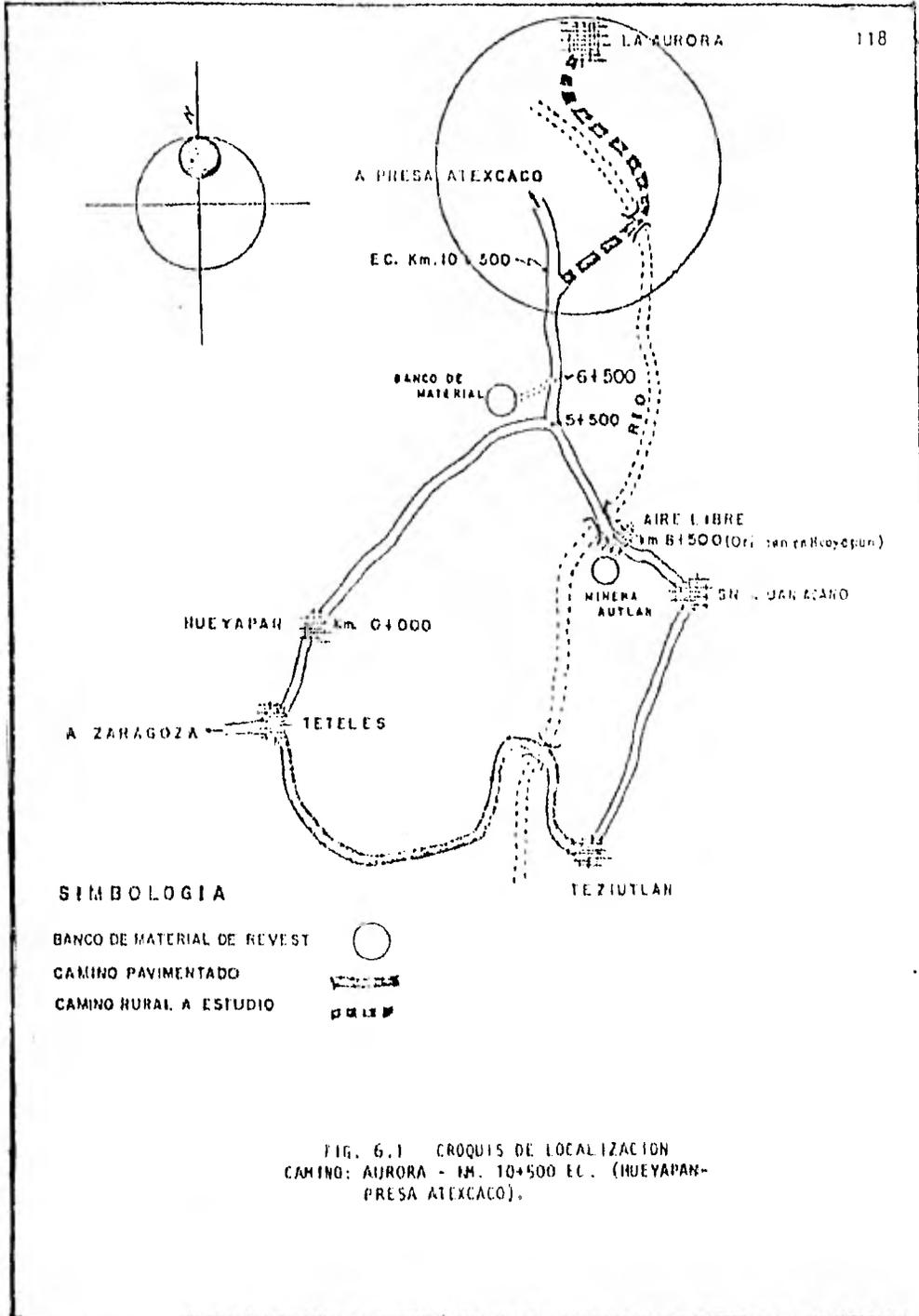
CUADRO 6.2 PRUEBAS REALIZADAS DE HIDALGO

En los materiales para terracerías como las CL y las CH, se disminuye en un 60% el valor de la contracción lineal y aumenta hasta un 90% en promedio el V.R.S., al aplicarles 5% en peso de cal o cemento. Mientras que en los materiales para revestimientos, como las GP (Lutitas) y los GP - GC se advierte una reducción en la contracción lineal del 50%, un aumento del V.R.S. en un 50% y un aumento del 25% en el valor cementante al agregarle 5% de cal en peso y cuando se agregó cemento en un 5% de su peso disminuyó un 70% la contracción lineal en promedio, aumentó el V.R.S. en un 90% en promedio y aumentó el valor cementante un 70% en promedio.

Como se puede apreciar hasta aquí se verifican las propiedades de los estabilizantes como la cal y el cemento, sólo restaba hacer las consideraciones pertinentes para programar un tramo de prueba que relacionara los resultados de laboratorio con las condiciones reales de la construcción, teniendo especial cuidado en los grados de mezclado del suelo con los estabilizantes. Se programó un tramo de prueba que sería construido en la Huasteca Hidalguense, sin embargo por la falta de financiamiento y causas ajenas al estudio no se llevó a cabo.

#### 6.4.2 Tramo de Prueba construido en el Estado de Puebla

Para concluir con los trabajos programados sobre los tramos de prueba que se estabilizarían con cal y cemento se escogió un camino en construcción alojado en la sierra de Puebla que une al poblado denominado La Aurora con el camino Hueyapan-Presa Atexcaco en el Km 10+500, como se aprecia en la figura 6.1, - el camino está alojado en una zona montañosa con clima y vegetación de las zonas subtropicales ya que se extiende frente a ella la planicie costera del golfo de México, la precipitación media anual es de 250 mm, siendo los meses



más lluviosos de junio a noviembre. Se tomaron muestras de material para conocer las características de los mismos; las pruebas se realizaron en la unidad de laboratorios de la SAHOP instalada en Puebla arrojando los siguientes resultados:

Contracción lineal = 6%  
 Límite líquido = 61%  
 Índice plástico = 18%  
 Límite plástico = 43%  
 % que pasa la malla 4 = 100%  
 Clasificación SAHOP = MH  
 (limos de alta compresibilidad)  
 V.R.S. — (no se midió)

En un principio se propuso estabilizar un tramo de 1 Km de longitud con 10 secciones diferentes, cada una de 100 m de longitud y con diferentes grados de estabilización.

Este tramo de prueba se pensaba construir en los meses de junio de 1980 con maquinaria de construcción (1 motoconformadora, un compactador de neumáticos lastreado con arena, y una rastra de discos) pero por retrasos de tiempo y la proximidad de la época de lluvias fue imposible utilizar la maquinaria. Posteriormente debido a la imposibilidad del empleo de la maquinaria se procedió a construir el tramo de prueba con mano de obra, para tal efecto se contrataron peones y un cabo al frente de ellos supervisados por personal de la oficina de especificaciones y estudios especiales adscrita al departamento técnico, asimismo se redujo la longitud de las secciones de estabilización a 50 m, quedando un total de 500 m del tramo de estabilización.

Así, el procedimiento constructivo consistía en lo siguiente:

- a) Cuando se estabilizaba abajo de la subrasante ya sea con cal o cemento, se nivelaba la sección del camino con palas y picos, nivel de mano y mecahilo.
- b) Una vez nivelada la sección de construcción (la sección de construcción la constituyen, en este caso particular, la corona del camino y una cuneta - tipo badén) se procede a escarificar el material con picos hasta una profundidad variable de 15 a 20 cm y se esparcía la mitad del volumen del estabilizante.
- c) Ya con el estabilizante se traspalea la mezcla para lograr uniformidad en la misma y se le agrega la porción faltante del estabilizante traspaleando de nuevo.
- d) Una vez hecha la mezcla se procedió a compactar (se construyeron pizones de mano hechos con madera para realizar este evento) hasta que alcanzaba consistencia la mezcla.
- e) Ya compactado se corrigió la nivelación de la sección de construcción.
- f) Cuando se estabilizó el material arriba de la subrasante se uso material - producto de los cortes y se siguió el mismo procedimiento.

En este trabajo de tesis no se pueden dar las conclusiones generales de la experiencia adquirida en este tipo de técnicas ya que el tramo de prueba esta recientemente construído y no se puede hablar a priori de los resultados finales, sin embargo se observó en la construcción del tramo que:

- Este tipo de estabilizaciones se puede adaptar fácilmente a las técnicas de construcción empleadas actualmente en la construcción de los caminos rurales.

- La trabajabilidad al estabilizar se mejora al laborar en zonas lluviosas más aún con lluvia, sin embargo un exceso crea problemas para confinar la mezcla.
- Cuando se trabajó con cemento se observó que un exceso de lluvia aparentemente reduce la resistencia de la mezcla, y seguramente se debe a la relación agua cemento y a la concentración del cemento en las partes inferiores de la mezcla (segregación).
- Desde los primeros días después de construída cada sección estabilizada se notaba un aumento en la resistencia de los suelos.
- A pesar de la precipitación tan fuerte y de las pendientes longitudinales del camino también fuertes, no se observó una erosión que pusiera en peligro las secciones recién construídas.

No resta más que esperar los resultados finales de este animoso esfuerzo por encontrar una técnica que mejore las características de los caminos rurales, y elaborar análisis de costos con el procedimiento y grado de estabilización optimizado mediante este estudio. A priori se puede dar un precio general de la estabilización de aproximadamente \$700,000.00/Km (en pesos de abril de 1980) para estabilizaciones con cal o cemento que no pasen del 5 al 10% en peso.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

A título de conclusiones de este trabajo de tesis y como producto de la experiencia obtenida en el desarrollo del mismo, destacan las siguientes deducciones generales:

- A pesar de que no existen datos estadísticos relativos a la medición de los parámetros que indiquen el grado de desarrollo por los efectos que produce un camino se intuye que una red vial contribuye enormemente para que se eleve o se dé el desarrollo.
- Puede decirse que los países con una red carretera eficiente son aquéllos en que la relación de kilometraje de la fracción alimentadora a la troncal es del orden de siete a uno. En México existe una relación cercana de cuatro a uno, lo que señala un desbalance en la red carretera nacional. Luego entonces, se justifican los programas de caminos alimentadores y dentro de éstas la construcción de caminos rurales.
- Dos son los principales problemas de la infraestructura vial en México: el primero de ellos, una fuerte concentración de población en unas cuantas áreas urbanas y el segundo; una alta dispersión de población en loca

lidades pequeñas, carentes de servicios y en muchos casos de comunicación, esto ha provocado que se haya comunicado ya la población urbana del país, pero sólo el 55% de la población rural.

- La construcción de los caminos rurales cumplirá un doble papel, ya que, por una parte, constituye uno de los elementos básicos para el ordenamiento territorial y, por otro lado, es un componente fundamental de la infraestructura del transporte.
  
- Los objetivos del Estado Mexicano asociados al desarrollo rural, entre los que se pueden citar: aumentar la producción primaria, mejorar el aprovechamiento de recursos en las zonas rurales, arraigar a la población local e integrar el territorio nacional en regiones geoeconómicas; tienen un común denominador, que es la comunicación rural, por lo tanto, la justificación de la construcción de caminos rurales en México, es función de los objetivos del Estado.
  
- Si la construcción de caminos rurales se justifica y se tiene, por otro lado, una cierta región caracterizada por factores geográficos, físicos, sociales y económicos, el problema de definir qué caminos rurales deben construirse es un problema de planeación, el cual se resuelve con el diseño y aplicación de una metodología apropiada.
  
- La promoción de los caminos rurales como antecedente a la construcción de un camino rural puede además de identificar las necesidades del medio rural servir de antecedente en la formación e identificación de la propia comunidad, es decir, puede ser un principio rector de organización

de la comunidad; además, puede ser útil como antecedente estadístico para estudios del medio rural.

- El financiamiento, la factibilidad económica y los costos pueden no ser una condicionante si en realidad los objetivos del Estado Mexicano en el medio rural son los de construir caminos rurales.
- La tecnología actual empleada en los caminos rurales es susceptible de adecuarse a las condiciones fisiográficas y económicas del medio rural; asimismo puede colaborar en la creación de empleos temporales ayudando con ello a este grave problema del desempleo.
- A pesar de la modestia que merece la construcción de caminos rurales es un acierto el haber creado especificaciones particulares adaptadas a las condiciones reales de los caminos rurales; asimismo son de gran significado los estudios realizados en estos rubros.
- La conservación de los caminos rurales es actualmente uno de los mayores problemas que tienen este tipo de caminos pero se espera modificar este asunto tras el empleo de nuevas técnicas igualmente modestas.
- Para complementar y asegurar el éxito y la trascendencia de los caminos rurales deberán incluirse programas completos de control de calidad y evitar el fracaso en cualquier etapa de la formación de los mismos.
- Finalmente la práctica experimental de técnicas de estabilización trasciende de no sólo en la construcción de los caminos rurales, sino que es una contribución general a la tecnología de carreteras.

ANEXO I

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS  
Y OBRAS PUBLICAS

CENTRO SAHOP (05) COAHUILA

CEDULA DE INVESTIGACION

DATOS GENERALES

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Region \_\_\_\_\_  
 No. de habitantes \_\_\_\_\_ (19 ) No. de roles de familia \_\_\_\_\_  
 Poblacion \_\_\_\_\_ Concentrada ( ) \_\_\_\_\_ Dispersa ( )  
 Ingreso por persona \$ \_\_\_\_\_ con \_\_\_\_\_ horas de trabajo fuerza  
 de trabajo disponible \_\_\_\_\_ Meses de sub-empleo \_\_\_\_\_  
 ocupacion principal \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES ECONOMICAS

REGIMEN DE PROPIEDAD DE LA TIERRA:

Clasificacion	Ejidal	Comunal	Pequeña	Total
Prop. (Ha.)	_____	_____	_____	_____
Temporal (Ha.)	_____	_____	_____	_____
Agostadero (Pie)	_____	_____	_____	_____

PRODUCCION AGRICOLA:

PRODUCTOS	Hectareas en Siembra	
	Riego	Temporal
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

	Produccion Anual (Ton)	Valor de la produccion
Maz	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

GANADERIA:

Especies	No. de cabezas	Precio por cabeza
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Venta Anual  
(No. cabezas)

Vacuno \_\_\_\_\_

INDUSTRIAS:

No. y tipo de establecimientos

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Valor de la produccion  
(\$)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OTRAS ACTIVIDADES:

No. y tipo de establecimientos	Valor de la produccion
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

No. de tiendas conasupo \_\_\_\_\_ Particulares \_\_\_\_\_

**ENERGIA ELECTRICA:**

Por línea ( ) por planta ( ) Población Servida \_\_\_\_\_ Habitantes \_\_\_\_\_

**AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO:**

Hidralantes publicos ( ) No. Red de distribución ( )  
 No. de tomas domiciliarias \_\_\_\_\_  
 Pozo ( ) No. Población Servida \_\_\_\_\_  
 Fuente de aprovisionamiento actual o potencial \_\_\_\_\_  
 Distancia aproximada al pueblo \_\_\_\_\_  
 Alcantarillado ( ) Drenaje ( ) Fosa septica ( ) Aire Libre ( )

**CENTROS HOSPITALARIOS Y ASISTENCIALES:**

Casa de salud ( ) Centro de salud ( ) Consultorio ( )  
 Dispensario ( ) Otros ( )

**EDUCACION:**

Población en edad escolar \_\_\_\_\_ No. de Escuelas \_\_\_\_\_  
 No. de aulas \_\_\_\_\_ Existentes \_\_\_\_\_ En construcción \_\_\_\_\_  
 Conservación \_\_\_\_\_ Grado de conservación \_\_\_\_\_  
 Jardín de niños ( ) Primaria ( ) Secundaria ( )  
 I.T.A. ( ) CLTA ( ) Otros ( )

**OTROS SERVICIOS PUBLICOS:**

Mercado ( ) Bazar ( ) Iglesias ( ) Panteón ( )  
 Plaza cívica ( ) Deportivas ( ) Otros \_\_\_\_\_  
 Principal centro de intercambio comercial \_\_\_\_\_  
 Ensayación \_\_\_\_\_

**OBRAS Y SERVICIOS DE ORDEN SOCIAL Y ECONOMICO**

**COMUNICACION:**

Terrestre-Vereda \_\_\_\_\_ Kms. \_\_\_\_\_ Línea \_\_\_\_\_ Kms. \_\_\_\_\_ Camino \_\_\_\_\_ Kms.  
 Telegrafo ( ) Telefono ( ) Radio ( ) Correo ( )  
 Ferrocarril ( ) Aeropista ( )  
 Tipo de transporte \_\_\_\_\_  
 Costo del Transporte \$ \_\_\_\_\_ por persona \$ \_\_\_\_\_ por carga  
 \$ \_\_\_\_\_ por tonelada \$ \_\_\_\_\_ por tonelada  
 con una distancia de \_\_\_\_\_ Kms. \_\_\_\_\_  
 Numero de vehículos en la localidad \_\_\_\_\_

**OBRAS HIDRAULICAS:**

Fuente de abastecimiento \_\_\_\_\_ ( )  
 Planta de bombeo \_\_\_\_\_ ( )  
 Balsa \_\_\_\_\_ ( ) Pozo \_\_\_\_\_ ( )

**ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION:**

No. de bodegas y silos \_\_\_\_\_ capacidad \_\_\_\_\_ Toneladas \_\_\_\_\_

**MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA Y ESPACIOS PUBLICOS:**

No. de viviendas \_\_\_\_\_ Materiales en Techos \_\_\_\_\_  
 pisos \_\_\_\_\_ muros \_\_\_\_\_ techos \_\_\_\_\_  
 Estado de mantenimiento \_\_\_\_\_ Costo de Banta \_\_\_\_\_  
 Costo promedio de vivienda y características \_\_\_\_\_  
 Obras en la vía pública requeridas \_\_\_\_\_

**REQUERIMIENTO DE OBRAS:**

En proyecto	En Ejecución	Inversión \$
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

**AGRUPACIONES Y ASOCIACIONES EXISTENTES:**

Actividad	No. de miembros
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**DATOS TECNICOS**

Nombre del camino \_\_\_\_\_  
 Longitud \_\_\_\_\_ Km. Ancho de base de rodadura \_\_\_\_\_ M.

**TOPOGRAFIA:**

Plano \_\_\_\_\_ % Pendiente \_\_\_\_\_ % Montañoso \_\_\_\_\_ %

**TIPO DE SUELO:**

A \_\_\_\_\_ B \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_  
 Ubicación de la zona de mayor fertilidad al centro de gravedad de la parcela \_\_\_\_\_ km. Grava \_\_\_\_\_ km. Piedra \_\_\_\_\_ km.

**CRUCES CON RIOS Y ARROYOS:**

Nombre Arroyo \_\_\_\_\_ Tipo de puente \_\_\_\_\_ Tipo de obra Costo \$ \_\_\_\_\_

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS  
Y OBRAS PUBLICAS  
CENTRO SAHOP (05) COAHUILA  
ACTA CONSTITUTIVA DE LA ASOCIACION

ENTRÓNCA CON CARRETERA:

Pav. ( ) Rev. ( ) Nombre de la carretera \_\_\_\_\_

Volumen y composición del tránsito A \_\_\_\_\_  
Vehículo/semana  
B \_\_\_\_\_ Vehículos/semana  
C \_\_\_\_\_ Vehículos/semana

Otras localidades beneficiadas \_\_\_\_\_

DIRECTAS  
Localidades Habs. \_\_\_\_\_

INDIRECTAS  
Localidades Habs. \_\_\_\_\_

Acta No \_\_\_\_\_  
Localidad \_\_\_\_\_  
Municipio \_\_\_\_\_  
Estado \_\_\_\_\_

En el poblado de \_\_\_\_\_ Municipio de \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_ horas del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19\_\_\_\_ se reunió \_\_\_\_\_ en el local que ocupa la \_\_\_\_\_ los C. C. \_\_\_\_\_

y la mayoría de los jefes de familia de la población con el C. \_\_\_\_\_ Promotor de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en asamblea general con el propósito de estudiar la posibilidad de iniciar en el próximo programa la realización de obras que sirvan para su desarrollo en especial la construcción de \_\_\_\_\_

El C. Promotor procedió a informar a los presentes que el C. Gobernador del Estado a través de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas y cada una de ellas a cabo un programa de desarrollo que tiene el fin de obtener la mejora en las condiciones de vida de esta comunidad.

Para lograr lo anterior es requisito indispensable que autoridades y jefes de familia de esta comunidad acuerden que todos los que aspiran a recibir los beneficios de esta obra se comprometan a prestar su propia fuerza de trabajo y otorgar las aportaciones que se establecen a continuación:

Suscribiendo el presente Convenio bajo las siguientes:

CLAUSSULAS

PRIMERA.- El Promotor explora con el consentimiento de un Comité Pro-Ciudadano tendiente a estudiar y definir y reformar a las necesidades de la comunidad beneficiada y cada uno de los apellidos de la obra.

- 2.- Servir de enlace entre el Promotor y la Comunidad a efecto de dirigir la participación convenida.
- 3.- Organizar el acuerdo con el Residente y según las necesidades que la obra requiera, la participación de los beneficiarios.
- 4.- Convocar a asambleas periódicas, por iniciativa propia o por solicitud de diez o más jefes de familia, para discutir problemas relacionados con las obras.

SEGUNDA.- El Comité, a la entrega de la obra será ratificado, o se elegirá un nuevo Comité que se denominará Comité de Administración y Conservación de la obra cuyas funciones serán las siguientes:

- 1.- Mantener comunicación con la Residencia General de Conservación, a efecto de lograr su intervención en los trabajos de conservación, que requieran mano de obra especializada y empleo de equipo, informando por oportunidad del desarrollo de su obra.
- 2.- Organizar la participación de los vecinos, en los trabajos de conservación que no requieren empleo de equipo.
- 3.- Convocar a asambleas periódicas, por iniciativa propia o por solicitud de diez o más jefes de familia, para discutir problemas relacionados a la conservación.
- 4.- Hacer del conocimiento de todos los miembros de la comunidad, los acuerdos a que se lleguen en las asambleas.
- 5.- Este Comité no tendrá derecho al usufructo económico de las obras, es decir, no deberá cobrar cuota alguna por su beneficio.

Para dar cumplimiento y legalidad a la presente, los asambleístas pidieron con el C. Promotor como moderador, a la elección del Comité Pro-Obras, quedando integrado como sigue:

_____	_____
PRESIDENTE	SECRETARIO
_____	
TESORERO	

Quienes formalizan el Acuerdo anterior, firmando la presente los que en ella intervienen:

_____	_____
PRESIDENTE	SECRETARIO
_____	
TESORERO	PROMOTOR

EL REPRESENTANTE DEL GOBIERNO DEL ESTADO

JEFE DEL CENTRO SAGRADO

CONVENIO QUE CON LA INTERVENCIÓN DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE \_\_\_\_\_ REPRESENTADO POR \_\_\_\_\_ CELEBRAN POR UNA PARTE EL GOBIERNO FEDERAL POR CONDUCTO DE LA SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS RURALES Y OBRAS PÚBLICAS REPRESENTADA POR EL JEFE DEL CENTRO SAGRADO EN EL ESTADO DE \_\_\_\_\_ Y POR LA OTRA LA ASOCIACIÓN \_\_\_\_\_ REPRESENTADA POR SU PRESIDENTE

Para los efectos de este convenio, las partes se denominarán La Secretaría y La Asociación respectivamente.

**DECLARACIONES**

1a.- La Asociación manifiesta que se encuentra en total y legítimo derecho para llevar a cabo la construcción de obras de desarrollo rural en beneficio de su comunidad y que ha solicitado la cooperación del Gobierno Federal y del Estado para la realización de los trabajos que se refiere el anexo No. 1 de este Convenio.

2a.- El Gobierno del Estado por su parte manifiesta que a petición del H. Ayuntamiento del Municipio interviene para apoyar la solicitud de La Asociación a fin de que esta obtenga posibilidad de llevar a cabo los trabajos que se propone.

3a.- La Secretaría declara que dentro de las finalidades de su programa de desarrollo rural está el de proporcionar el apoyo técnico y económico a las comunidades rurales que se encuentran en la posibilidad de llevar a cabo las obras de interés común en beneficio de las mismas, por lo que considera factible proporcionar una cooperación a La Asociación para el desarrollo de sus trabajos.

De acuerdo con lo anterior, las partes celebran el presente convenio para establecer las bases de cooperación, las cuales La Secretaría otorgará su cooperación al tener de las siguientes:

**CLAUSULAS**

PRIMERA.- La Asociación con mano de obra de sus asociados realizará los trabajos de terracería, drenaje y revestimiento en el interior de los caminos que alude la Declaración Primera. Dichos trabajos serán ejecutados de acuerdo con el proyecto, programa y especificaciones que anexa La Secretaría.

SEGUNDA.- Conforme a lo solicitado por La Asociación, la construcción de los caminos de que trata se llevará a cabo con el siguiente programa de La Secretaría, la que elaborará el mismo en la forma de que se detalla en el anexo No. 2 del presente convenio que debidamente firmado se anexa a este.

TERCERA.- Las partes convienen en que la celebración en efectivo que resulta en los términos de la Declaración anterior se otorgará conjuntamente a La Asociación y el promotor de los trabajos en el término de 15 días hábiles en el mes de \_\_\_\_\_.

TA: "La Aja que los campesinos de la región, estos trabajos, son los de atender las reclamaciones que el chonilegal a presentar cualquier cosa".  
 LA: "La Aja que por cualquier decisión que se tome, no se excluya del convenio, no regira respecto a colaboración". En el supuesto de que llegara definitivamente los canones no dejará de ser el C. Jefe del Centro P. en el Estación de que los as han quedo comunice a "La Aja" y la tomada

ente conv. \_\_\_\_\_ a los  
 las del menovecientos sesenta

POR ESTADO

LA SECRETA LA ASOCIACION  
 DE DEL CE

**SECRETARIA DE AGENTAMINUMANOS  
 Y OBRAS PUBLICAS  
 CENTRO SAHOP (Oajila)**

**PROGRAMA  
 ACTA DE ENTREGA Y DION**

**ANTECEDENTES**

Fecha de iniciación de la obra  
 Fecha de terminación de la obra  
 Número de personas que trabajaron durante de la obra  
 Erogación total de la obra que se  
 En el Estado de \_\_\_\_\_ Municipio de \_\_\_\_\_ Estado de \_\_\_\_\_  
 siendo las \_\_\_\_\_ horas del día \_\_\_\_\_ en el local que ocupa la \_\_\_\_\_ se reunió el Comité Pro Obras Públicas del Centro con los Representantes del Gobierno del Estado y el Secretario de Asesoramiento Humano para hacer entrega a la comunidad de las instalaciones para su operación, las mismas que fueron ejecutadas de acuerdo al programa de \_\_\_\_\_ y la participación de \_\_\_\_\_

mismos que fueron ejecutadas de acuerdo al programa de \_\_\_\_\_ y la participación de \_\_\_\_\_

La entrega se hizo a la comunidad por el Comité que en la sesión efectuada en \_\_\_\_\_ por mayoría de votos acordando integrar el siguiente personal que acepta el cargo de \_\_\_\_\_

PRESIDENTE

SECRETARIO

TESORERO

El Comité asistido, recibe la obra con fecha \_\_\_\_\_

- 1.- Organizar a la comunidad para que colabore en los trabajos de construcción.
- 2.- Invitar a los campesinos que deseen trabajar para que participen en la realización de los trabajos que permitan la explotación agrícola.
- 3.- Mantener contacto con la Jefe de Asesoramiento Humano y Obras Públicas para que capacite al personal para el manejo y administración de las obras y sus instalaciones.
- 4.- Este Comité se tendrá a cargo de la ejecución de la obra.
- 5.- La utilidad de la obra será para el desarrollo productivo de la comunidad y el bienestar de los campesinos de la zona.

<b>ENTREGUE</b> El Representante de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.	<b>RECIBI</b> El Presidente del Comité
---	---

---

<b>ENTERADO</b> Jefe del Centro SAHOP	<b>ENTERADO</b> Representante Gobierno del Estado.
--	--

---

## BIBLIOGRAFIA

1. Caminos y Desarrollo México 1925-1975  
Secretaría de Obras Públicas, 1975
2. Análisis Empresarial de Proyectos Industriales  
en Países en Desarrollo  
Manual de Evaluación con Metodología y Estudio de Casos  
OECD-CEMLA, 1972.
3. Estudio Social del Costo-Beneficio en la Industria de  
Países en Desarrollo CEMLA, 1979.
4. Memorias de la Reunión Internacional sobre la Planeación,  
Construcción y Conservación de Caminos Rurales  
sede: Oaxaca, Mex. octubre de 1978.
5. Memorias de la Reunión Latinoamericana sobre Tecnología  
de Carreteras para Países en Desarrollo  
sede: México, D.F. febrero de 1981.
6. Control total de la Calidad, A.V. Fergenbaum  
(Mc Graw-hill book company, inc. - New York)  
Ed. Continental, 1977.
7. Apuntes del curso "Suelo-Cemento" impartido en el IMCYC  
México, D. F., 1980.
8. Instructivo de Campo para Brigadas de Localización de Caminos  
Rurales SAHOP, D.G.C.R. Depto. de Proyectos, 1980.
9. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SAHOP, D.G.C.R.  
Cuarta reimpresión, 1980.
10. Manual de Drenaje para Caminos Rurales  
Ing. Fernando Ollvera Bustamante, SAHOP, - D.G.C.R., 1980.
11. Proyectos tipo de Alcantarillas para Caminos Rurales  
SAHOP - D.G.C.R., 1980.
12. Proyectos tipo de Puentes para Caminos Rurales  
SAHOP - D.G.C.R., 1980.
13. Especificaciones Generales de Construcción, Partes I, II, III,  
VIII, IX, SAHOP,

14. Instructivo para la Construcción de Caminos Rurales  
SAHOP - D.G.C.R., 1980.
15. Especificaciones de Construcción de Caminos Rurales  
SAHOP - D.G.C.R., 1980
16. Manual de Promoción de Caminos Rurales  
SAHOP - D.G.C.R., 1980
17. Revistas "Construcción Mexicana" (Febrero, abril y mayo de 1978)  
Ed. Novaro Internacional, S. A.
18. Estudio de Estabilización con cal Hidratada de la arcilla de la  
Carretera Calle 20, en el estado de Sinaloa, Méx.  
M. en I. M. en C. Carlos Fernández Loaiza.