

178
2 Jan.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

CONSERVACION DE CAMINOS RURALES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A:
SALVADOR ROJAS GARCIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

"CONSERVACION DE CAMINOS RURALES"

	PAG
CAPITULO I.- GENERALIDADES	1
CAPITULO II.- IMPORTANCIA DE LOS CAMINOS RURALES.	4
CAPITULO III.- NECESIDAD DE CONSERVACION DE CAMINOS RURALES.	7
A) Conceptos que intervienen en la <u>con</u> servación de un camino.	10
B) Aspectos de la conservación de los caminos rurales.	37
a) Superficie de rodamiento.	37
b) Obras de drenaje.	66
c) Señalamiento.	77
d) Obras de mejoramiento del camino.	83
e) Aspectos de la conservación que - deben preveer desde que se cons-- truye un camino.	93
f) Regulaciones para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso- de explosivos.	97
g) Materiales empleados.	105
h) Organización de una residencia de conservación.	108
i) Procedimiento para entrega - re-- cepción de caminos e integración-	

	PAG.
de cuadrillas.	113
C) Programación de la Conservación.	114
D) Procedimientos de Conservación atendiendo al recurso empleado..	117
a) Conservación con mano de obra intensiva.	119
b) Conservación con maquinaria.	124
CAPITULO IV.- ESTUDIO DE UN CASO PARTICULAR.	132
A) Introducción.	132
B) Problemática.	136
C) Métodos de Conservación propuestos.	141
CONCLUSIONES.	147
BIBLIOGRAFIA.	149

CAPITULO I

GENERALIDADES

Las pequeñas comunidades rurales de nuestro país, tradicionalmente habían estado al margen de los beneficios que ofrece la civilización moderna por falta de caminos. No fué sino hasta principios de los años setentas cuando se le dió impulso al programa de construcción de Caminos Rurales que incluía la construcción de caminos nuevos y el mejoramiento de brechas ya existentes, este programa de la entonces S.O.P. tenía como objetivos además de aumentar la red de caminos alimentadores, proporcionar empleo a la gente desocupada de las localidades que tocaba el camino pués estaba planeado para desarrollarse a base de mano de obra.

Posteriormente dejó de trabajarse a mano, como se hacía casi exclusivamente, para empezar a utilizar equipo de construcción en las obras, ejecutándose los trabajos por medio de empresas contratistas o por administración directa a cargo de la dependencia antes mencionada.

Actualmente se construyen los caminos combinando ambos recursos, es decir se emplea maquinaria y mano de obra, dependiendo del tipo de trabajo que se va a realizar.

Enseguida , surgió la necesidad de conservar los Caminos Rurales, entendiéndose por Camino Rural un camino construido -- con especificaciones muy modestas para unir entre sí poblaciones de menos de 2,500 habitantes o ligarlas a un camino de mayor importancia o a una población mayor.

Como consecuencia de la diversidad de métodos de construcción de estos caminos, se tiene una amplia gama de secciones geométricas, los anchos de corona varían desde 4.0 metros - hasta más de 8.0 metros en algunos casos.

La superficie de rodamiento puede ser desde el terreno natural en una simple brecha hasta una superficie revestida en un camino de mejores especificaciones. También se tienen tramos empedrados, como son los accesos a las torres de microondas, faros, antenas, u observatorios astronómicos. Recientemente se han empezado a pavimentar algunos.

Se tiene pues diversidad de anchos, de pendientes máximas, grados de curvatura, superficies de rodamiento y obras de drenaje; algunos fueron construidos a mano, otros con equipo y los más empleando ambos recursos como ya se dijo antes.

Algunas brechas que comunicaban a dos poblados importantes se interrumpían por corrientes fluviales intermitentes, -- por lo que se les construyeron vados para salvar estos obstáculos

los y se integraron a la red de Caminos o Brechas Mejoradas. -
Mediante esta solución quedaron unidas numerosas poblaciones, -
pero a estos caminos aún les falta mucho por hacer y la conser-
vación es ardua y costosa.

La diversidad de usos también es amplia pues los hay --
agrícolas, mineros, pesqueros, forestales, turísticos, etc..

Hay algunos relativamente muy transitados y otros con po
co tránsito, pero cuyo funcionamiento es indispensable, como lo
son por ejemplo los accesos a las torres de microondas, que ya-
se mencionaron.

Finalmente quiero indicar que esta tesis está realizada-
en base a las labores de conservación de Caminos Rurales que me
han tocado desempeñar en el estado de Sonora dentro de la S.C.T..

CAPITULO II

IMPORTANCIA DE LOS CAMINOS RURALES.

La población del país, según el censo de 1980, estaba --
distribuida de la siguiente manera:

<u>Número de habitantes:</u>	<u>Núm. de poblaciones o localidades</u>
10,000 habitantes o más	1,000 zonas urbanas
entre 1,000 y 2,500 hab.	2,000 pueblos
entre 500 y 1,000 hab.	8,000 villas
con menos de 500 hab.	89,000 comunidades dispersas.

Por lo tanto, si consideramos que una gran parte de la -
población del país habita en localidades de menos de 2,500 habi-
tantes, ejidos, rancherías, minerales, aldeas pesqueras, etc. y
observamos que infinidad de esas localidades aún no cuentan con
medios de comunicación que los integren a la vida nacional, com-
prenderemos la importancia de los Caminos Rurales.

Los Caminos de bajas especificaciones representan por su
costo la solución más adecuada a las condiciones económicas ac-
tuales de nuestro país para unir las miles de comunidades dis-
persas por la República, que se encuentran aisladas en la actua-
lidad y que por lo tanto no pueden concurrir con sus productos-
al mercado ni consumir lo que se produce en otros lugares.

Desde el punto de vista social y político, también es indeseable este aislamiento de la población.

Los medios educativos, culturales y de salud tampoco pueden tener fácil acceso a estas localidades, constituyendo un factor no propicio para el avance de nuestro país.

Por otra parte, de acuerdo con la Economía, uno de los principales instrumentos del desarrollo rural lo constituye la generación de empleo remunerativo para el potencial de mano de obra familiar subempleado durante la temporada baja; pues como se sabe la estructura de la granja tradicional de subsistencia se caracteriza por el empleo no uniforme y desequilibrado de mano de obra a lo largo de los meses del año.

Si se pretende, además, detener la emigración a las grandes ciudades para evitar un mayor grado de congestionamiento, es necesario que la población de las pequeñas localidades se arraigue en sus lugares de origen, para lo cual se necesita entre otras cosas, que los bienes y servicios que salen a buscar a las ciudades, lleguen hasta las localidades pequeñas y una manera de facilitar su acceso es el camino.

Los Caminos Rurales, son los alimentadores de las redes estatales y federales, sin los primeros estas redes quedarían truncas.

En el Estado de Sonora, se tienen a cargo de la Residencia General de Conservación, aproximadamente 1,800 Kms., de Caminos Rurales.

En la República se han construido hasta la fecha 86,000-Kms., de Caminos Rurales. Lo cual habla de la importancia de - estos caminos y de su conservación.

CAPITULO III

NECESIDAD DE CONSERVACION DE CAMINOS RURALES

Cualquier obra, por muy bien construída que esté, requiere de las actividades de conservación para evitar que se deteriore o destruya totalmente.

Podemos entender por conservación, el conjunto de labores o actividades que tienden a mantener una obra con sus características de calidad del proyecto original y aún mejorar esas características cuando se detecte la necesidad de hacerlo. La conservación alarga la vida útil de una obra y garantiza que la inversión que se hizo para construirla no se pierda.

Entre las metas que se persiguen al conservar un camino, se encuentran las siguientes:

- 1.- Proporcionar al usuario comodidad y seguridad al transitar por el camino.
- 2.- Continuidad en la comunicación durante todo el año, evitando en lo posible las interrupciones del tránsito.
- 3.- Corregir posibles defectos que haya tenido el camino durante su construcción

- 4.- Efectuar las mejoras de alineamiento, drenaje, superficie de rodamiento, entronques, libraderos, señalamiento etc., que vaya requiriendo el camino durante su operación.
- 5.- Reparar los daños que se presenten debido a las lluvias o por cualquier otra causa.
- 6.- Minimizar los costos de conservación al realizar los trabajos con oportunidad.
- 7.- Prevenir posibles daños al camino, realizando las obras de protección necesarias, (encauzamientos, bordos, canales, muros, etc.).

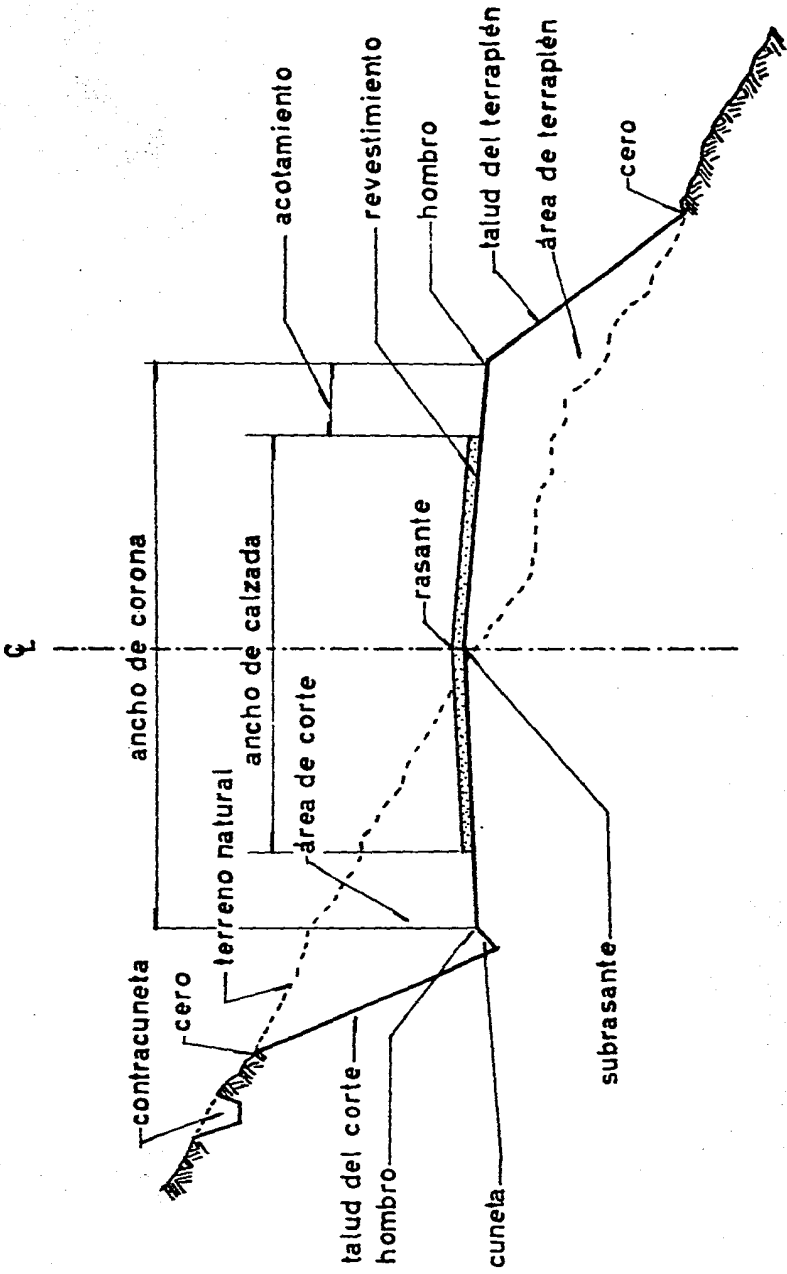
Podemos dividir la Conservación de Caminos Rurales en cuatro grandes partes:

- Conservación de la Superficie de rodamiento.
- Conservación de las Obras de drenaje.
- Conservación del Señalamiento.
- Obras de Mejoramiento del camino.

La conservación de la superficie de rodamiento es la que nota más el usuario, la que influye más en la comodidad, seguridad y buena operación del camino.

La conservación de las obras de drenaje es la que prolon

SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE UN CAMINO RURAL



gará o acortará la vida del camino, ya que el agua en cualquiera de sus manifestaciones (lluvia, escurrimientos, humedad, nieve, etc.), tiende a destruir el camino.

La conservación del señalamiento es un complemento muy importante para orientar a los usuarios y prevenirlos de peligros que haya en el camino, además de regular la operación del mismo.

Obras de mejoramiento: Son las obras complementarias que se van requiriendo durante la operación del camino, como pueden ser: ampliaciones, modificaciones de alineamiento, tronques, libraderos, etc..

Más adelante se tratarán con detalle cada una de estas partes en que hemos dividido la Conservación.

A) Conceptos que Intervienen en la Conservación de un Camino.

Se indican entre paréntesis las unidades que comúnmente se utilizan.

1.- Superficie de Rodamiento.

Es la parte de la corona del camino por donde se transita, puese ser revestida o nó.

1.1. Reafinamiento: (km)

Consiste en la excavación y movimiento con volúmen total hasta de $3,000 \text{ m}^3/\text{km}$; ejecutados para afinar, rehacer o modificar la sección de proyecto de las terracerías de una obra vial.

1.2. Renivelaciones: (m^3).

Es un conjunto de labores requeridas para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel original.

1.3. Bacheo de caja (m^3)

Son labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruída y removida por el tránsito, estas deben ser de una profundidad mayor a 15 cm.

2.- Acotamientos.

Generalmente la superficie de rodamiento revestida es de menor ancho que la corona del camino. La faja comprendida entre la orilla de la superficie de rodamiento y la arista de la corona de la sección del camino, se conoce como banqueta o acotamiento. Cuando son de ancho suficiente para permitir el estacionamiento de un vehículo los acotamientos son una seguridad para el tránsito. Los acotamientos proporcionan mayor confianza en el manejo y en relación con su mayor anchura disminuyen -

los accidentes y aumentan la estabilidad de las terracerías.

2.1. Reposición de acotamientos: (m^3).

Consiste este trabajo en reconstruir los tramos del acotamiento destruidos por erosión, deslave o alguna otra causa.- Cuando haya un deslave peligroso debe de colocarse un indicador de peligro mientras se procede a su reparación.

2.2. Recargue o refuerzo de acotamientos: (m^3).

Consisten estos trabajos en agregar material en los tramos de acotamiento donde empiezan a ser dañados por los agentes erosivos, pueden recargarse con material producto de la remoción de derrumbes si es de la calidad adecuada.

2.3. Remoción de derrumbes: (m^3).

Un derrumbe es un desprendimiento de material de las laderas naturales o del talud de un corte hacia la corona del camino. Para atacarlos se colocan en primer lugar las señales correspondientes; si el tránsito fué interrumpido se tratará de reanudar la circulación cuanto antes, abriendo cuando menos un carril o acondicionando una desviación, si el derrumbe ocurre en un corte en roca y es necesario monear para remover grandes masas de roca, se toman las precauciones del caso y se suspende la circulación con anticipación a la explosión y durante la mis

ma, cuidando que no haya personas o vehículos por lo menos en los 150 m., aledaños a la zona.

El material producto de los derrumbes se utiliza, si es de la calidad adecuada, en el recargue de taludes de terraplén, protección de accesos de puentes, rellenos de deslaves, etc..

3.- Drenaje.

Son todas las obras que tienen como finalidad la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueden perjudicar al camino; esto se logra evitando que el agua llegue a él, o bien dando salida a la que inevitablemente le llega.

En la vida de un camino es fundamental el funcionamiento del drenaje, pues por la naturaleza del material con que se forman los terraplenes o el propio de los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad ocasiona deslaves y trastorna el funcionamiento del camino.

Los deslaves, asentamientos, oquedades y desprendimiento del material, encarecen el costo de la conservación y a veces interrumpen el tránsito, ocasionando por lo tanto desequilibrios económicos.

3.1. Desazolve de contracunetas: (m)

Las contracunetas son canales de sección y ubicación determinada que se construyen en las laderas del lado aguas arriba de un camino, y que tienen por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra.

Los trabajos consisten en remover los materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que reduzcan las secciones de las contracunetas impidiendo el escurrimiento libre del agua.

El azolve se deposita formando un bordo de sección uniforme, paralelo a la contracuneta y del lado de aguas abajo de la ladera.

3.2. Desazolve de cunetas: (m)

Las cunetas son las zanjas de sección determinada construidas en uno o ambos lados de la corona en los cortes, destinadas a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre como efecto del bombeo de la corona, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Las labores de conservación consisten en remover toda la materia extraña, tal como tierra, piedras, hierbas, troncos u otra que hubiera en la sección de la cuneta. Además de esta --

limpieza se cuida que conserven su forma y dimensiones para lo cual hay necesidad de volver a formarlas, cuando han perdido la sección original.

3.3. Construcción de contracunetas: (m³).

Se construyen en las laderas del lado de aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del corte. Como son normales a la línea de máxima pendiente del terreno, prácticamente quedan paralelas al eje del camino.

Por la razón anterior cuando el eje del camino siga la línea de máxima pendiente, no deben construirse contracunetas, pues en ese caso su funcionamiento no solamente es nulo, sino perjudicial.

Un factor que interviene en la localización de las contracunetas, es el de la estratificación de las capas geológicas, pues si en la excavación de las mismas se llega a un manto poroso, por el que se filtrara el agua, se perjudicarían los cortes ocasionando deslaves y derrumbes.

Generalmente tienen forma trapezoidal con base de 30 a 50 cm., y taludes de acuerdo con el terreno; su pendiente debe ser uniforme, pues los cambios ocasionan disturbios hidráulicos y como consecuencia depósitos o deslaves y a la larga se anula-

su funcionamiento.

El origen de la contracuneta debe localizarse en la parte más alta de la cresta y a una distancia conveniente de la orilla del corte, tomando en cuenta las anteriores consideraciones.

El desfogue de las mismas debe ser siempre libre y lo suficientemente alejado del terraplén para no ocasionar perjuicios en él.

La longitud de la contracuneta deberá ser siempre la mínima, a menos que la salida esté obligada, en cuyo caso deberá hacerse una correcta localización de ella sobre los planos de configuración.

3.4. Reposición de cunetas: (m³)

Trabajos que consisten en reconstruir aquellos tramos de cunetas que han ido perdiendo con el tiempo su pendiente y forma. La pendiente de la cuneta se dará de acuerdo con la del camino o de acuerdo con el gasto por drenar y la sección de la misma, pero teniendo como límite la velocidad del agua que puede resistir el terreno sin erosionarse. La forma de las cunetas depende de la cantidad de agua que escurre y del ancho del camino y sus dimensiones dependen del escurrimiento.

La cuneta ideal para caminos rurales es una prolongación de la superficie de rodamiento, pues los conductores de vehículos las usan como parte del camino en casos de emergencia; de esta forma además de dar seguridad, aminora el costo de la conservación. Pero de cualquier modo debe ajustarse a las necesidades hidráulicas.

3.5. Recubrimiento de contracunetas: (m^2).

Las contracunetas se recubren para protegerlas contra la erosión, para evitar que se produzca una cárcava que perjudique el terreno que queda abajo de ella y que eventualmente puede cortar el talud. Las oquedades en las contracunetas se pueden rellenar con mampostería. Se recubren las contracunetas -- por medio de zampeado de mampostería.

3.6. Recubrimiento de cunetas: (m^2).

Con frecuencia se suelen zampear las cunetas para facilitar su conservación. Cuando la pendiente es menor de 7% y el tirante de agua de 10 cm., no vale la pena zampear, pero debe tenerse en cuenta que tratándose de caminos rurales, que generalmente son de corona angosta, el zampeado de la cuneta se usa como superficie de rodamiento también.

Cuando la pendiente es fuerte conviene que el zampeado, -

que consiste en una capa de piedra junteada con mortero de cemento, lleve dentellones al comenzar y terminar la cuneta.

3.7. Construcción de canales: (m^3)

Se construyen estas obras de protección en las orillas del camino con el objeto de impedir que el agua llegue al camino y lo dañe.

Su función es análoga a la de las cunetas, solamente que estas casi siempre se localizan a los lados en los cortes para recoger el agua que escurre sobre la superficie, así como en los caminos a pelo de tierra, y aquellos deben colocarse lo suficientemente lejos del camino para que no haya saturación de agua. Se utilizan tanto en el caso de líneas a pelo de tierra, como en el caso de terraplenes.

Las dimensiones, pendiente y longitud de los canales deben calcularse de acuerdo con el área por drenar o sea el gasto, según los procedimientos habituales en hidradlica.

3.8. Construcción de Bordos: (m^3)

En algunos casos, como por ejemplo en los caminos en terreno desértico o bien en zonas bajas, es necesario encauzar el agua para no construir un gran número de alcantarillas de esca-

so gasto o bién porque la lámina de agua es muy extensa sin cau
ces definidos.

El encauzamiento se hace por medio de bordos de tierra, zampeados o nó de acuerdo con el gasto, tirante y velocidad del agua.

3.9. Construcción y/o Reparación de Lavaderos: (m³)

Los lavaderos en caminos rurales se construyen en las zo
nas de los mismos con pequeñas corrientes de agua superficiales que cruzan sobre la corona provocando con ello la erosión del terraplén del lado de aguas abajo del camino. Constan generalmente de dos dentellones longitudinales en los extremos del lavadero y un área paralela al talud del terraplén que puede ser de concreto hidráulico o de mampostería y que tiene como finali
dad impedir la erosión en dichos taludes.

3.10. Desazolve de alcantarillas: (m³)

Son los trabajos que se ejecutan para extraer toda la ma
teria extraña, tales como piedras, hierbas, troncos u otros del interior de la alcantarilla y de los extremos de la misma, que impide el libre escurrimiento del agua.

Se realiza el desazolve por lo menos dos veces al año, -

una antes de la temporada de lluvias y otra durante ésta, de acuerdo con los resultados de las inspecciones.

Cuando una alcantarilla se azolve con frecuencia, deberá estudiarse y corregirse la causa ya que pudiera ser necesario efectuar modificaciones a la existente o construir una nueva.

3.11. Reparación de alcantarillas: (m^3)

Consisten estos trabajos en mantener en buen estado los aleros, muros de cabeza, tubería, zampeados, etc.. En caso de destrucción parcial o total de los aleros o muros de cabeza ya sea por la acción del agua o de cualquier otro elemento, deberán reconstruirse cumpliendo con las especificaciones correspondientes.

Se vigila con especial cuidado la zona de cimentación y se corrige cualquier signo de erosión que pueda llegar a provocar socavación. La erosión puede corregirse mediante recubrimiento o zampeado de la zona afectada.

Si la alcantarilla es de tubo de lámina y presenta secciones deformadas con abolladuras o corrosiones del metal se deben de substituir tales secciones.

Tanto si la alcantarilla es de tubo de lámina o de con--

creto se tienen que sellar todos los orificios, juntas, grietas, etc., en el primer caso con mastique asfáltico, en el segundo - con mastique asfáltico o con mortero de cemento. Se deben evitar las filtraciones de agua hacia el interior del terraplén, - pues se puede presentar el fenómeno de tubificación.

El colchón sobre la alcantarilla va disminuyendo de espesor, ya sea por la acción del tránsito o por los rastreos periódicos que se efectúan de la superficie de rodamiento, dicha disminución provoca fallas estructurales en la tubería por lo que debe de mantenerse con el espesor de proyecto.

Si la alcantarilla es de losa o bóveda debe inspeccionar se cuidadosamente la plantilla, la cual está constituida generalmente por un recubrimiento de concreto o un zampeado. Se deberá corregir cualquier grieta u oquedad que se encuentre en él. Con frecuencia será necesario colocar en el piso de la alcantarilla una nueva capa, ya sea de zampeado o de concreto, y en este caso se construirá con la pendiente adecuada.

Es necesario corregir cualquier desperfecto o destrucción parcial o total de las guarniciones de la losa, puesto que sirven de contención al colchón, proporcionándole estabilidad y evitando que haya obstrucciones por caída de material en la entrada o salida de la alcantarilla.

En el caso de que haya drenes en los muros de la bóveda o alcantarilla, o en la losa de esta última, deben revisarse y limpiarse periódicamente para lograr su buen funcionamiento.

3.12. Acondicionamiento de accesos a las alcantarillas: (m^3)

Con el fin de facilitar la entrada del agua a las alcantarillas, así como permitir que salga libremente de las mismas, se construyen canales de entrada y salida, generalmente no se revisten estos canales, los cuales deben mantenerse por lo mismo bien definidos y libres de maleza y otras materias que obstruyan su funcionamiento.

La labor de limpieza de canales de entrada realizada con oportunidad, previene que el material sea arrastrado al interior de la alcantarilla, en donde será más difícil su extracción por las limitaciones de espacio al tener que trabajar en el interior de los tubos.

3.13. Reparación de zampeados: (m^2)

Los zampeados son recubrimientos de superficies con mampostería, concreto hidráulico o suelo cemento, para protegerlas contra la erosión.

Para reparar zampeados de mampostería se emplearán piedras cuyas dimensiones sean tales que la menor sea igual al es-

pesor del zampeado. Se utilizará para pegar las piedras mortero de cemento 1:5, humedeciendo previamente las piedras antes de colocarlas en forma cuatrapeada.

3.14. Construcción de zampeados: (m^3).

Se construyen zampeados para proteger de la erosión algunas partes vulnerables del camino como son: la zona de descarga de una alcantarilla, la plantilla de alcantarillas y puentes, los taludes de los accesos de puentes, las cunetas y contracunetas, los cruces de pequeños arroyos sobre la corona del camino, las zonas de descarga de los vados, etc..

3.15. Desazolve de puentes: (m^3)

Aunque son relativamente escasos en la red rural, sí existen algunos, en cuanto al desazolve se realiza generalmente empleando equipo mecánico (tractores) con la finalidad de encauzar los arroyos hacia el centro del claro impidiendo que el agua se desvíe hacia los accesos dañándolos. También se efectúa la limpieza de azolves bajo el puente con el mismo equipo mencionado. Los drenes de calzada se deben limpiar periódicamente a mano.

4.- Taludes.

Los taludes son las superficies laterales de un corte o-

de un terraplén. Los trabajos de conservación de los taludes, son muy importantes, ya que pueden considerarse como preventivos para evitar derrumbes o deslaves y, por consiguiente, todos los inconvenientes y peligros que ellos presentan.

4.1. Afinamiento: (m^2).

El afinamiento de los taludes del terraplén es una labor rutinaria; la finalidad es obtener una superficie uniforme que ayude a la estabilidad de los mismos, evitando asentamientos, erosiones o deslaves.

En cortes en roca se deben remover de los taludes todas las piedras, troncos de árboles secos o materiales sueltos que puedan desprenderse y caer sobre la corona del camino, o cunetas.

4.2. Retiro de obstáculos naturales para mejorar visibilidad; - (pza.).

Comprende la eliminación de árboles, rocas o cualquier otro material que impida la visibilidad, principalmente en las curvas.

4.3. Recargue en taludes de terraplén: (m^3).

Los taludes de los terraplenes se van deslavando por la-

acción de los agentes erosivos como: agua, viento, etc.. por lo que es necesario efectuar recargues de material. Objeto de especial atención es la línea de ceros que con frecuencia se erosiona con corrientes de agua por lo que debe ser protegida con recargues de material.

También se realizan recargues en taludes de terraplén -- con el objeto de alejar de la corona del camino el pie del talud, disminuyendo el peligro de las erosiones que suceden a lo largo del mismo, o para disminuir la velocidad con que escurre el agua por el talud y reducir con ello la posibilidad de que ocurran deslaves.

4.4. Estabilización: (m²).

La falta de estabilidad de taludes de cortes, en general, está relacionada con la presencia de agua por lo que se le debe dar primordial importancia al mantenimiento de contracunetas.

Se deben de evitar al pie de los taludes de los terraplenes, corrientes de agua porque afectan su estabilidad.

Si se disminuye la pendiente de los taludes, mediante la colocación sobre ellos de material de terracerías se logrará aumentar la estabilidad del terraplén. Se puede aprovechar para-

esto el material proveniente de los derrumbes de los cortes, - siempre que reúna las características necesarias.

La mejor protección de un talud de tierra es una buena - cubierta de plantas. Las yerbas, malezas, cactáceas, arbustos- y árboles son eficaces para controlar la erosión.

Los cortes de roca no deben de cubrirse con plantas por- que las raíces de la vegetación tienden a romperlas.

El abatimiento de los taludes será usualmente una solu- ción adecuada si se complementa con alguna obra auxiliar tal co- mo muros de retención y lavaderos que reduzca el volúmen de ma- terial requerido.

4.5. Construcción y/o reparación de muros: (m³)

Los muros de retención son estructuras comúnmente prismá- ticas construídos con mampostería, de piedras naturales o arti- ficiales unidas con mortero o concreto, cuya función principal- es la de mantener una diferencia de elevación del terreno de un lado a otro del mismo. Se utilizan para retener tierra en el - caso de muros de retención de taludes, en los que se desea una- inclinación mayor que el talud natural del terreno. Cuando su- estabilidad depende de su propio peso se llama muro de gravedad. Se construyen también muros de mampostería para canalizar el --

agua hacia alcantarillas o vados.

Existen varios tipos de mampostería: de segunda clase, - de tercera clase y seca. Mampostería de segunda clase es la -- que se construye con piedra toscamente labrada, rostreada y junteada con mortero de cemento.

Mampostería de tercera clase es la que se construye con piedra sin labrar, junteada con mortero de cemento, de cal hi-- dratada en polvo o de cal hidratada en pasta.

Mampostería seca es la que se construye con piedra sin - labrar, debidamente acomodada para dejar el menor número de va- cíos, sin emplear morteros.

Para la construcción y la reparación de los muros deben- seguirse las especificaciones de construcción en la parte co--- rrespondiente a mamposterías, algunas de las normas más impor- tantes se indican en seguida:

Las piedras deberán pesar como mínimo 30 kg. excepto las que se empleen para acuñar. Se desecharán las piedras redondea das y los cantos rodados sin fragmentar.

Las piedras que se utilicen deberán estar limpias. Los- morteros de cemento serán 1:4 para mampostería de segunda y 1:5

para mampostería de tercera, dosificando los materiales en volumen. Para el proporcionamiento 1:4 se considerará un consumo de cemento de 350 kg/m^3 de mortero. Igualmente para el proporcionamiento de 1:5 se considerará un consumo de cemento de 280 kg/m^3 de mortero. En términos generales, para las mamposterías de segunda clase deberán considerarse 240 litros de mortero por metro cúbico de mampostería y para las de tercera clase deberán considerarse 300 litros de mortero por metro cúbico de mampostería.

El mortero de cal para las mamposterías de tercera clase deberá elaborarse dosificando los materiales en volumen, en proporción 1:3, cal hidratada en polvo-arena, ó 1:2 cal hidratada en pasta-arena.

A continuación se mencionan las especificaciones para la ejecución de la mampostería de tercera y la mampostería seca, - por ser las más empleadas en este tipo de caminos.

Las mamposterías de tercera clase se construirán colocando en el desplante las piedras de mayores dimensiones. Las mejores caras de las piedras se aprovecharán para los paramentos, rostreándolas ligeramente en caso necesario. En los paramentos visibles no se admitirán salientes mayores de 4 cm., en relación al plano teórico. Si las piedras son de origen sedimentario, se colocarán de manera que los lechos de estratificación -

queden normales a la dirección de la resultante de las fuerzas. Antes de asentar una piedra, ésta deberá humedecerse bien; asimismo, deberán humedecerse los desplantes, las plantillas y las piedras sobre las que se coloque el mortero. Las piedras se -- juntarán con mortero de cemento o de cal, según lo fijado en -- el proyecto, llenando completamente los espacios que queden entre las piedras contiguas. Se acomodará cada piedra a manera -- de llenar lo mejor posible el hueco formado por las piedras con-- tiguas. Los vacíos que resulten deberán llenarse totalmente -- con mortero y piedra chica. Antes de que endurezca el mortero, se vaciarán las juntas de los paramentos visibles hasta una pro-- fundidad de 4 cm., para entallarlas después. Las piedras se -- asentarán teniendo cuidado de no aflojar las ya colocadas. En -- caso de que una piedra se afloje, quede mal asentada, o provo-- que que se abra una de las juntas, será retirada y después de -- quitar el mortero del lecho y de las juntas, se volverá a asen-- tar, con mortero nuevo, humedeciendo nuevamente el sitio del -- asiento. Al asentar las piedras, se procurará que las caras de -- mayores dimensiones queden normales a la dirección de la resul-- tante de las fuerzas, asegurando el cuatrapeo de unas con otras para obtener el mejor amarre posible.

La parte de las mamposterías de tercera clase que pueda -- quedar cubierta por agua, invariablemente será junteada con mor-- tero de cemento, proscribiéndose el uso del mortero de cal hí-- dratada en polvo o en pasta.

Las mamposterías secas se construirán colocando en el --
desplante las piedras de mayores dimensiones. Si las piedras -
son de origen sedimentario, de preferencia se colocarán de modo
que los lechos de estratificación queden normales a la direc---
ción de la resultante de las fuerzas. Las piedras se escogerán
de manera que presenten caras planas y en lo posible de forma -
prismática, a fin de dar un buen asiento, seleccionando para --
las esquinas y extremos de los muros las que mejor se adapten -
para estos lugares. Las caras menos irregulares de las piedras
se aprovecharán para los paramentos. Cada piedra se apoyará sō
lidamente cuando menos en tres puntos de su sitio de asiento, a
cuñándolas con lajas para afirmar los apoyos de unas con otras,
procurando dejar la menor cantidad posible de vacíos. Los hue-
cos en las juntas interiores no deberán ser mayores de 10 cm. y
en los paramentos visibles serán menores de 5 cm. Las piedras-
deberán cuatraperase para obtener el mejor amarre posible.

El coronamiento o enrase de toda mampostería que quede -
expuesto a la intemperie deberá cubrirse con un chapeo de morte
ro de cemento, en proporción 1:4 con un espesor mínimo de 3cm.
y dándole una pendiente transversal no menor de 2%. Una vez --
terminado se curará durante tres días.

Siempre que se trate de muros de contención, estribos y-
bóvedas, se pondrán drenes como lo fije el proyecto.

4.6. Rellenos de deslaves: (m³)

Se llama deslave a la erosión y socavación del material - del talud de un terraplén, producida por el escurrimiento del agua superficial. El deslave puede, o no, afectar la corona del camino.

Al ocurrir un deslave, además de su relleno, deberán estudiarse las causas que lo originaron, a efecto de proyectar y --- construir con la mayor brevedad posible las obras auxiliares, tales como lavaderos, ampliación o modificación de alcantarillas, muros de retención y otras que garanticen su corrección en forma permanente.

El relleno se hará a volteo, procurando que la pendiente del talud formado por el relleno sea la adecuada para evitar nuevos deslaves. En general, si el deslave es producido por agua - que escurra de la corona, el nuevo talud deberá ser más tendido que el que originalmente existía. Para lograrlo, se iniciará el relleno ampliándolo desde la línea de ceros.

Deberán evitarse en el relleno de deslaves los materiales arenosos fácilmente erosionables. Si se tienen que usar estos - materiales por carencia de otros, se deberá proteger adecuadamente el terraplén con la construcción de lavaderos.

5. Zonas laterales del camino.

Son las zonas adyacentes al camino, que aunque no se encuentran bien definidas como en las carreteras federales o estatales, sirven para efectuar trabajos de conservación tales como desviaciones, acamellonamiento de material para revestimiento, colocación de señales, extracción de material (piedra, arena, grava, etc.)

5.1. Deshierbe: (Ha.)

Consiste en despejar la vegetación (arbustos, maleza, rammas) en las zonas laterales del camino con objeto de impedir daños a la obra y permitir buena visibilidad, así como evitar que se suciten accidentes que ocurren cuando el ganado pastorea en las inmediaciones del camino y cruza súbitamente sin advertir su presencia el conductor, por impedirlo la vegetación. También se debe evitar que la maleza oculte el señalamiento. Debe efectuarse periódicamente esta actividad.

5.2. Desmante: (Ha).

Es básicamente lo mismo que el deshierbe pero refiriéndose principalmente a la tala de árboles. Se realiza esta actividad antes de explotar un banco, construir una desviación, o alguna modificación del alineamiento horizontal del camino.

6. Señalamiento: (pza).

Son tableros generalmente de lámina metálica, que se colocan en el camino con el objeto de prevenir al conductor, darle a conocer ciertas restricciones e informarlo de determinados peligros.

6.1. Reparación de señales en el lugar: (pza.)

Consisten estos trabajos en cambiar las señales dañadas, pintar las existentes, enderezarlas, retocarlas, etc.

6.2. Colocación de señales: (pza.)

Acción que consiste en colocar señales nuevas en aquellos caminos recibidos que no cuentan con ellas. También en colocar señales nuevas en caminos en los que se detecte la necesidad para complementar el señalamiento existente.

6.3. Fabricación y colocación de fantasmas: (pza.)

En caminos rurales se utilizan para indicar las obras de drenaje colocando un fantasma antes de llegar a la obra en ambos sentidos. Se utilizan también para guiar a los conductores en los vados, colocando dos postes en la entrada y dos a la salida y se usan también para señalar el alineamiento horizontal en los terraplenes altos. Debido a las bajas velocidades con las que se conduce en estos caminos, no se colocan fantasmas en las cur-

vas por no considerarse que sean necesarios.

Se fabrican de concreto en moldes especiales.

6.4. Fabricación y colocación de postes de kilometraje: (pza.)

Los postes de kilometraje se fabrican de concreto reforzado utilizando moldes especiales.

La colocación incluye el "cadenamiento" previo del camino para marcar los puntos en que deban ser colocados.

Generalmente se coloca un poste a cada 5 km. y si el camino es de menos de 5 km. de longitud se colocan a cada kilómetro.

6.5. Pintura de puentes: (m^2)

Recientemente se han empezado a utilizar en caminos rurales, puentes metálicos prefabricados, de armaduras, o del tipo "tridilosa", su número es todavía bajo pero se siguen construyendo por lo que se debe considerar ya su conservación, la cual consiste principalmente en la pintura.

Esta actividad es la aplicación de una película pigmentada, para recubrir una superficie con fines de protección contra agentes exteriores y/o con fines decorativos.

La pintura que se emplee para el recubrimiento, en cuanto a su función, se clasifica como sigue:

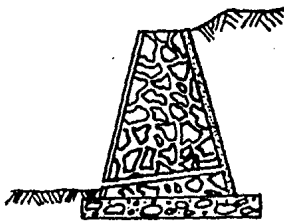
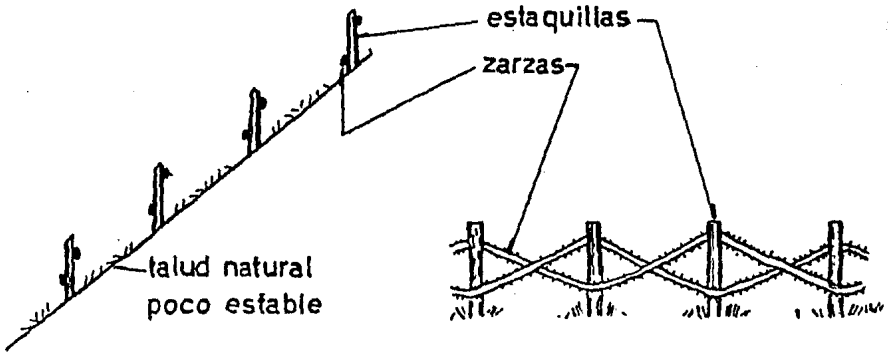
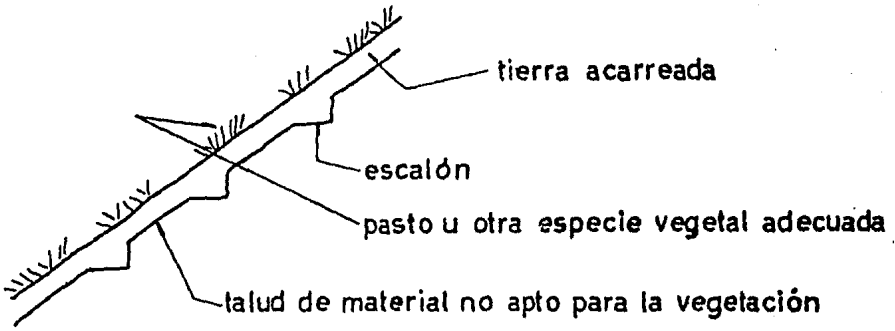
a) Primaria, que se usa para protección y se aplica directamente sobre la superficie base.

b) De acabado, que se usa para protección y además para otros fines, tales como señalamiento, decorativo, reflejante, etc. y se aplica ya sea directamente sobre la superficie base o sobre la primaria.

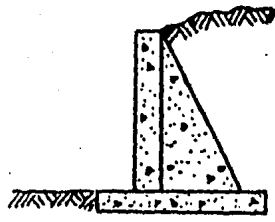
La pintura deberá aplicarse sobre superficies completamente secas y limpias, durante los periodos de clima favorable y cuando la temperatura ambiente sea cuando menos de 5°C.

No se aplicará la pintura cuando el metal tenga una temperatura lo suficientemente elevada para producir ampollas en la película.

OBRAS DE PROTECCION DE TALUDES:



muro de mampostería



muro de concreto

B) Aspectos de la conservación de los caminos rurales.

a) Superficie de rodamiento.

La conservación de esta parte del camino es la que nota más el usuario, la que le proporcionará comodidad y seguridad al transitar por él.

Una superficie bien conservada evitará daños en los vehículos, accidentes y quejas de los usuarios; además de que la operación del camino será óptima.

Para mantener en buenas condiciones la superficie de rodamiento de caminos no empedrados se requiere rastrear.

Se llama rastreo al reacomodo del material de la capa superficial de un camino con superficie de rodamiento revestida o de terracerías, que dá a la sección transversal sus condiciones originales, requiriéndose en ocasiones efectuar recargues del material correspondiente.

Los rastreos y/o recargues deben efectuarse como mínimo - cada seis meses, de preferencia antes de iniciarse la época de lluvias y al término de la misma, para lograr lo siguiente:

Que la sección transversal conserve el bombeo o sobreele-

vación adecuados y permitir un buen escurrimiento del agua superficial.

Que la superficie de rodamiento esté exenta de ondulaciones y/o depresiones.

Garantizar la transitabilidad del camino aún durante la temporada de lluvias.

Antes de iniciar un rastreo, si se han producido baches, asentamientos, deformaciones y/o en caso de que la capa superficial ya se encuentre muy delgada, deberá efectuarse un recargue de material seleccionado de acuerdo con las especificaciones vigentes utilizando material pétreo en la capa superficial de hasta 3" de tamaño máximo sin que contenga más de 5% de partículas mayores de ese tamaño.

El volúmen del material por emplearse será el necesario para obtener un espesor mínimo compacto del recargue de 10 cm.

El rastreo se efectuará de la siguiente manera:

El material deberá estar húmedo.

Deberá escarificarse la capa superficial antes de tender la nueva capa, para evitar encarpetamiento. Después del tendido

deberá compactarse la nueva capa, si no se cuenta con el equipo necesario, podrán efectuarse recargues y/o rastreos y dejar la - capa sin compactar a la acción del tránsito.

Si no se requiere recargue, el rastreo consistirá en ha-- cer rebajes en las partes salientes para llenar con ese material las depresiones. Si se considera conveniente, se dará un riego de agua y se dejará que ésta penetre en el material flojo, com-- pactándolo posteriormente.

Se deberá tener cuidado que al efectuar rastreos de cami-- nos previamente revestidos el operador no desplace el material - de revestimiento hacia las cunetas, como ocurre con frecuencia, sino que antes bien lo reincorpore al camino nuevamente.

También deberá dejar libres las descargas de las cunetas, sin material que obstruya su buen funcionamiento. Deberá evitar se adelgazar el colchón protector de las alcantarillas al efec-- tuarse el rastreo; si es necesario se tendrá que agregar mate--- rial en esas zonas para mantener el espesor de proyecto.

Si la superficie de rodamiento del camino es el terreno - natural, ésta se conserva simplemente manteniendo la forma de la sección transversal con la que tendría un camino terminado, es - decir, formando el bombeo, la sobreelevación en las curvas, de sazolvando y perfilando las cunetas y desde luego rastreando.

En los cortes en balcón la pendiente de la corona del camino debe ser hacia al lado interior (hacia la ladera), y también es conveniente dejar un acotamiento a lo largo de la arista exterior, lo cual dá un margen para el asentamiento del terraplén, reduce el deslave del talud del mismo, y disminuye el peligro de deslizarse y salirse del camino.

Al llevarse a cabo los trabajos de rastreo y conformación, se debe tener especial cuidado de hacerlo inmediatamente después de la temporada de lluvia para aprovechar el momento adecuado en que la humedad facilita la consolidación y se prevea un fácil desague de la superficie hacia las cunetas. El rastreo o la conformación cuando las superficies de rodamiento están secas y polvosas hace más daño que provecho, puesto que el material suelto no se consolida y la acción del tránsito y del viento provoca la pérdida de los materiales finos dejando las superficies rugosas y sueltas, además del perjuicio que ocasiona el polvo en los vehículos y el tránsito.

Durante la época de aguas, las superficies expuestas al tránsito se llenan de pequeños cortes transversales por el deslave que ocasiona el agua al escurrir por la corona del camino, y por lo tanto deben de conformarse tan pronto como sea posible prácticamente. Cuando una sección del camino se encuentra, en general en buenas condiciones de forma en su corona y con una compactación adecuada, no es conveniente la conformación o ras-

treo para corregir baches aislados y por lo tanto se debe proceder al arreglo de ellos por medios manuales.

Al bachear, se deberá dejar la superficie a la altura de la rasante para que no se origine ningún golpe de las ruedas de los vehículos puesto que estos golpes provocan la reaparición del bache o la destrucción anterior o posterior de las superficies adyacentes, por falta o exceso de altura respectivamente del relleno del bache.

El encargado de la conservación debe calcular cuándo es conveniente reparar la superficie por medio de bacheo, o por medio de una reconformación general, pues cuando los baches son muy frecuentes, el bacheo es antieconómico y la superficie que se obtiene es defectuosa. En cambio si se hace una reconformación prematura se pierde la consolidación general del camino, haciendo un gasto infructuoso.

Cuando los métodos de conservación de la superficie de rodamiento no son suficientes para mantener el camino en buenas condiciones de tránsito y cuando los gastos de dicha conservación son excesivos, es necesario ya la reconstrucción.

Caminos Revestidos:

Para caminos con un volumen de tránsito no mayor a 150 -

hículos por día, las superficies de rodamiento construídas con mezclas de materiales no tratadas, como grava o roca triturada, dan un excelente servicio.

Para volúmenes mayores de tránsito se producen inconvenientes tales como: formación de corrugaciones transversales -- ("permante"), hay necesidad de recargues frecuentes de material para reemplazar al que se erosiona o que se lleva el viento que producen los vehículos, problema de polvo en tiempo de secas y otros.

Características de algunos materiales de revestimiento.

Consisten mayormente en piedras redondas o roca triturada, combinadas con arcilla, cal, óxido de hierro, u otro material fino en cantidad suficiente para ligar las partículas gruesas entre sí.

La grava de banco es una mezcla natural de guijarros y arena, para revestir caminos debe contener algo de finos que actuarán como material cementante. La mayor parte de los depósitos contienen piedras y boleó.

En general las gravas con más de 10% de finos no sirven para caminos sujetos a congelación (que es el caso de algunos caminos de acceso a estaciones de microondas, antenas, observato--

rios, etc.). Las que tienen menos del 5% de finos se sueltan - en tiempo caliente y seco. (clima del estado de Sonora, la mayor parte del año).

Generalmente, la mayoría de la piedra de tamaño excesivo se puede eliminar durante el tendido y conformación con un costo menor que cribando en el banco.

Otros materiales buenos para revestir, muchos de los cuales se encuentran en el mismo lugar son: cal blanda, roca tronada de cualquier clase, escorias de altos hornos, granito desintegrado, cenizas volcánicas, mineral de hierro y conchas. La caliza se usa como sale del banco. Es conveniente compactarla después de colocada porque la lluvia puede formar atascaderos cuando está suelta. Después de que se moja con el fin de compactarla, fragua formando un pavimento que requiere menos conservación que la grava.

La roca de los túneles (rezaga) sirve bastante bien porque el disparo de los barrenos muy cargados y confinados producen una fragmentación muy fina.

El granito desintegrado es un material de bajo costo, que se emplea comúnmente. Es una arena gruesa áspera con características excelentes de compactación y drenaje.

La escoria de las fundiciones es un producto secundario de la refinación en caliente de los metales, que puede vaciarse fundida en los tiraderos en donde endurece convirtiéndose en roca.

Las cenizas volcánicas son roca fundida que expulsan los volcanes.

Las cenizas volcánicas tienen un peso cuando están compactas que varía de 990 kg/m^3 a 1980 kg/m^3 . La diferencia se debe principalmente al aire que contienen, las más ligeras están muy saturadas de burbujas que tienen poca resistencia.

La mayor parte de las cenizas volcánicas que pesan $1,500 \text{ kg/m}^3$ son buenas para revestimiento de los caminos. Resisten bastante bien a la congelación debido a su contenido de aire.

Las conchas provenientes de dragados marinos constituyen un buen material de revestimiento e inclusive sirven como material de base y de pavimento de bajo costo.

Es conveniente en zonas montañosas buscar, cuando ello sea posible, que el banco se localice a una elevación mayor que la del tramo en donde se va a tirar el material, con el objeto de que la pendiente del camino de acarreo sea favorable cuando los camiones bajen cargados y al subir lo hagan descargados.

En la tabla siguiente se indica el efecto de la pendiente en el esfuerzo tractivo de los vehículos, en libras por tonelada bruta.

Pendiente %	lb/ton
1	20
2	40
3	60
4	80
5	100
6	119.8
7	139.8
8	149.2
9	179.2
10	199
11	218
12	238.4

Por ejemplo si un camión tiene un peso bruto de 20 toneladas y debe vencer una pendiente del 5% tendrá que desarrollar un esfuerzo adicional de:

$$P = 20 \text{ ton} \times 100 \frac{\text{lb}}{\text{ton}} = 2000 \text{ lb}$$

Si el camión se mueve hacia abajo el efecto de la pendiente será ayudar a la máquina con 200 lb. de empuje en las ruedas.

Los requisitos de las superficies de rodamiento de los caminos, construídas con mezcla de materiales no tratados son:

- 1o. Deben soportar las cargas sin deformaciones perjudiciales.
- 2o. Deben resistir la acción abrasiva del tránsito.
- 3o. Deben permitir que escurra la mayor parte del agua de lluvia que cae sobre la superficie; si penetra mucha agua a la superficie puede ocasionar la pérdida de estabilidad en la capa de desgaste, o puede reblandecer la infraestructura.
- 4o. Sus propiedades capilares deben ser suficientes para reemplazar la humedad perdida por la evaporación superficial y así mantener la condición de humedad conveniente, en la cual las partículas están ligadas mediante delgadas películas de agua.
- 5o. Como generalmente los recursos son limitados, el costo del material debe ser bajo; se buscarán bancos cercanos a la obra para que los acarreos no sean costosos.

Otros factores importantes son:

- 1o. Control de la graduación que es esencial para asegurar la estabilidad de las mezclas granuladas que contienen aglutinantes de suelo.

2o. Control del índice de la plasticidad. Los materia--
les de la superficie de rodamiento con un índice de
plasticidad bajo pero medible, deben ser los preferidos
con respecto a los materiales absolutamente no -
plásticos.

En la temporada de secas la película de agua sobre las --
partículas de arcilla liga entre sí toda la masa. En el tiempo
húmedo, la primera lluvia que cae sobre la superficie provoca -
que la arcilla se esponje y cierre los poros, impidiendo así que
el agua entre y reblandezca el material.

El tránsito sobre la superficie un poco húmeda crea una -
delgada capa de lodo no resbaladizo que se liga nuevamente cuan-
do se seca.

El efecto de las cantidades excesivas de arcillas altamente
esponjosas es, cuando se encuentra húmedas, el de separar y -
desasentar los materiales más gruesos capa por capa, debilitando
así el camino.

Cuando no existe una capa inferior de humedad capilar, los

largos períodos de sequía sin precipitación pluvial provocan daños en las superficies de rodamientos no tratadas. Cuando desaparece la película de agua alrededor de las partículas de arci-lla, el poder de liga de la arcilla también desaparece y las superficies se desintegran bajo la acción del tránsito.

Las especificaciones son ideales, no siempre son fáciles de cumplir totalmente, se mencionan aquí porque sirven de guía para seleccionar los materiales que más se aproximen.

Las especificaciones de la AASHTO incluyen además:

- Que la fracción que pase la malla núm. 200 no sea mayor que las dos terceras partes de la fracción que pasa la malla no. 40.
- Que todo el material pase la malla de "1". Los materiales de mayor tamaño causan dificultades al pasar la cuchilla de la conformadora durante la conservación, des-garrando la superficie.

Y para las arcillas:

- Límite líquido máximo de 35.
- Rango de índice plástico de 4 a 9.
- Un mínimo de 8% que pase por la malla no. 200

Con respecto a la resistencia y solidez la AASHTO indica:

Los agregados gruesos (retenidos por el tamiz No. 10) consistirán en partículas duras y duraderas o de fragmentos de piedra, grava, o escoria. Los materiales que se rompen cuando se -- congelan y deshielan alternativamente, o cuando se humedecen y se secan, no deben ser utilizados.

Los agregados finos (que pasan a través del tamiz No. 10) consistirán en arena natural o triturada y de finas partículas - de mineral que pasen a través del tamiz No. 200. La mezcla mixta de suelo y agregado debe encontrarse libre de material vegetal - y de grumos o bolas de arcilla.

De preferencia no debe acamellonarse el material de reves timiento sobre el camino para evitar la segregación. El material para cada capa se distribuye a partir de camiones de volteo móvi les y después se tiende el material con gente o con una conforma dora.

REQUERIMIENTOS GRANULOMETRICOS PARA AGREGADOS DE SUELOS.

Porcentaje en peso que pasa las mallas:

MALLA DE	G R A D U A C I O N :					
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	---	---	---	---
1"	---	75-95	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	---	---
No. 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
No. 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
No. 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
No. 200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

adecuada para la superficie de
rodamiento.

Superficies de Rodamiento Empedradas.

Son pavimentos rígidos en los cuales la superficie de rodamiento está constituida por trozos de piedra que se apoyan unas veces directamente sobre la subrasante y otras sobre capas diversas del pavimento.

Entre nosotros el más conocido y usado es el empedrado -- de canto rodado.



La figura esquematiza un corte de este tipo de pavimento.

Para empedrar con canto rodado se escogen piezas que sean de tamaños más o menos uniformes, no utilizándose las que tengan diámetro mayor de 20 cm.

Los cantos rodados se colocan en hiladas apoyándose los unos junto a los otros y procurando que su máxima dimensión coincida con el espesor que se va a dar al pavimento.

El procedimiento más usual, en nuestro medio, es el de la

colocación del canto rodado directamente sobre la subrasante, - procurando que tenga cierta penetración en el suelo que la constituye, para lo cual se usa la percusión utilizando un martillo. Con material de la misma subrasante se procede a la acuñación -- de las hiladas de cantos rodados, que de ordinario son perpendiculares al eje mayor del pavimento.

Se conocen diversas variantes en cuanto a la forma de colocación, siendo las dos mas conocidas: a) la que, sobre la subrasante debidamente compactada y perfilada pone una capa de -- acomodamiento de arena y b) la que utiliza como capa de acomodamiento una mezcla de mortero de cemento o cal en seco.

Una vez que se tienen cubiertas superficies apreciables, - se procede al apisonado usando el pisón de mano, comúnmente de - madera. Todas las juntas se rellenan con el material que se haya utilizado para la capa de acomodamiento o el de la subrasante, se gún los casos.

Cuando se usa como capa de acomodamiento mortero de cemento o cal en seco; después del apisonado se hace un riego, para que el agua que se filtra sirva para el fraguado del mortero.

En este tipo de pavimento, cuando no se utiliza como capa de acomodamiento un mortero, resulta demasiado permeable a las - aguas superficiales, las que fácilmente afectan la estabilidad -

de la subrasante.

Superficies de Rodamiento Estabilizadas:

En el caso de las Brechas Mejoradas, en las cuales para unir a dos poblaciones se les construyeron únicamente vados o alcantarillas pero no se modificó la superficie de rodamiento natural, con frecuencia es necesario estabilizar dicha superficie con el objeto de lograr una mejoría del camino en forma económica que permita el uso del mismo durante todo el año.

La estabilización de superficies de caminos se logra con mezclas controladas del material local y materiales minerales con o sin la adición de aditivos comerciales tales como cloruro de calcio, asfalto, o cemento portland; solo se mencionarán aquí los caminos de arena-arcilla y los caminos granulados por ser ambos los casos más comunes en nuestro medio.

El estudio de las propiedades de los suelos, hizo pensar en la posibilidad de estabilizar directamente el terreno mismo cuando la intensidad del tránsito no excediera de determinados límites. Las arcillas nunca pueden constituir por sí solas una superficie de rodamiento con suficiente resistencia para soportar la acción del tránsito. Los suelos arcillosos son cohesivos y no se disgregan cuando tienen una cierta cantidad de agua, adquieren una gran plasticidad que los hace deformables; al aumen-

tar la proporción de humedad llegan a fluidificarse; el suelo arcilloso, por otra parte, aunque esté en condiciones de humedad que le den la resistencia necesaria, es impropio como superficie de rodamiento, porque resulta derrapante.

Los terrenos arenosos no tiene resitencia, ni en tiempo de secas, ni con exceso de humedad, solamente con una cantidad de agua determinada presentan cohesión aparente necesaria para soportar la carga del tránsito. Si se quiere que la arena pueda servir como capa de rodamiento, es necesario darle cohesión que debe mantener con las proporciones normales de agua. Para lograrlo hay que añadirle la cantidad precisa de arcilla, que actuará como elemento cohesivo; si esta última es de naturaleza adecuada, puede ser un elemento ligante suficiente.

Cuando las subrasantes terminadas no alcanzan un valor mínimo de 10 en su valor soporte, es conveniente mejorarlas con otros materiales.

Otro criterio que ayuda a determinar cuándo se debe estabilizar una superficie, es la precipitación y su relación con el índice plástico del material, ya que el índice plástico debe ser menor a medida que la cantidad de lluvia es más elevada.

lluvia mm por año:	Superficies expuestas al tránsito.	
		I.P.
más de 1000		3 a 5
de 700 a 1000		5 a 8
menos de 700		8 a 12

Cuando el clima es caluroso, el índice plástico puede ser mayor debido a que el exceso de agua desaparece más rápidamente.

Para hacer la mezcla de dos materiales en el camino se debe procurar que la distribución del volumen mayor del material que se vaya a mezclar sea le primero en colocarse uniformemente distribuido en montones en el camino., e intercalar uniformemente el material o los materiales con que se vaya a constituir la mezcla final en las proporciones adecuadas.

En términos generales, debe procederse a un mezclado en seco de todos los materiales por medio de la motoconformadora, uniformizándolos, verificándose con pruebas de campo dicha mezcla hasta lograr ajustarse a los especificado.

La granulometría del suelo original es otro indicador, se especifica que la fracción de material que pasa por la malla No. 200 no debe ser mayor que la mitad de la fracción que pasa por la malla No. 40, si lo anterior no se cumple, debe corregirse --

la mezcla mediante la adición de otro componente para hacer variar la distribución incorrecta.

Caminos de arena-arcilla:

Esencialmente un camino de arena-arcilla es una mezcla adecuada de arcilla, arena fina y gruesa y preferiblemente algo de grava fina. Se construye usualmente de 20 cm o más de espesor terminado.

Estos caminos son económicos si se dispone de un banco cercano y adecuado de arena y arcilla.

El exceso de arcilla deforma los caminos, la arcilla insuficiente ocasiona desmoramientos.

Cuando el terraplén es arcilloso, se cubre con unos cuantos centímetros de arena y se escarifica con discos, de preferencia encontrándose húmeda. Cuando el terraplén es de arena, se disemina uniformemente una capa de arcilla seca, comenzando en seguida la circulación para romper los terrones. Se añade otra capa de arena y luego se escarifica. Se aprovechan las lluvias y la arena y la arcilla se añaden a medida que se ven los resultados.

En las zonas en donde la grava o la piedra triturada es-

costosa, y especialmente en donde la mano de obra es barata, el camino de arena-arcilla es relativamente económico y da un buen servicio. Se ha encontrado, que el camino bien construído de arena y arcilla como una primera etapa de la construcción forma también una excelente infraestructura para superficies superiores.

Una distribución favorable del tamaño de las partículas para las mezclas de arena-arcilla es la "F" de la tabla de requerimientos granulométricos para agregados de suelos.

Los requisitos de plasticidad establecidos para las mezclas de tierra no tratadas también se aplican a materiales para superficies de arena-arcilla.

Una superficie de arena-arcilla a todo lo ancho de la -- plantilla nivelada, es más efectiva para recargar la superficie distribuir el tránsito y evitar la mezcla de materiales inferiores durante las operaciones de conservación.

Los caminos por las playas, como es el caso de algunos tramos de los accesos a las instalaciones de señalamiento marítimo en el estado de Sonora, se pueden estabilizar con arcillas acarreadas y gravas de la misma playa.

Caminos granulados estabilizados:

Consiste su estabilización en combinar agregados gruesos, arena y suelos aglutinantes tratados apropiadamente; forman excelentes capas de asiento, así como buenos materiales de revestimiento para caminos de poco tránsito. Deben seguir los mismos principios de granulometría y calidad de finos controlada, si se pretende que cumplan su cometido satisfactoriamente.

Los caminos estabilizados deben tenderse con coronas elevadas, con una pendiente transversal recomendada de 4cm/m para proporcionar una rápida eliminación del agua superficial.

Existen otros tratamientos para superficies de rodamiento que por su costo no se emplean en conservación de caminos rurales. Estos tratamientos son a base de cloruro de calcio o cloruro de sodio mezclados con el suelo natural. Sin embargo en ciertos casos especiales pudieran llegar a utilizarse.

Ondulamientos de la superficie de rodamiento:

Los ondulamientos ("permanente") o deformaciones de la superficie de rodamiento pueden ser eventuales y periódicos.

Los ondulamientos eventuales pueden deberse a insuficiencia de la subrasante. Si el subsuelo es malo o la subrasante no tiene el valor soporte necesario, o si el espesor del revestimiento es insuficiente; las presiones transmitidas a la subrasante son muy elevadas y causan deformaciones de mayor o menor cuantía en cualquiera de los sentidos de la carretera. Este caso es común en las orillas de los caminos, las cuales generalmente se encuentran bajas de compactación.

Los ondulamientos periódicos son aquellas deformaciones -- más o menos rítmicas que toman la forma de una curva sinoidal y que generalmente se presentan normales al camino, aunque en ocasiones aparecen en forma diagonal.

Los ondulamientos periódicos tienen las siguientes características:

10. Se inician en alguna desigualdad de la superficie, -- generalmente hondonadas o salientes, debidas a la comcompactación o conformación.

- 2o. La rapidez de formación está estrechamente ligada a la granulometría y cohesión del material, así como a la intensidad del tránsito.
- 3o. La longitud de onda, está en relación con la plasticidad del revestimiento, entre más plástico, más larga es la longitud entre cresta y cresta.
- 4o. La carga por rueda de los vehículos afecta a la compactación interna de las ondas.
- 5o. La elasticidad de las muelles, afecta la rapidez de propagación interna de las ondas.
- 6o. Las alturas de las crestas aumentan con la velocidad de los vehículos.

Para evitar que se formen estas ondulaciones es necesario escarificar a una profundidad conveniente, agregando el material necesario para modificar la calidad de la subrasante y compactar después uniformemente la superficie expuesta al tránsito. Las características del material por añadir así como el grado de compactación necesario serán los indicados por el laboratorio.

Sobreelevación.

Una parte importante de las labores de conservación de -- la superficie de rodamiento es mantener la sobreelevación de proyecto en las curvas, dado que a diferencia de los caminos pavi-- mentados, en los caminos revestidos la sección no permanece constante a través del tiempo.

La sobreelevación está íntimamente relacionada con la velocidad y es un factor de seguridad para el conductor.

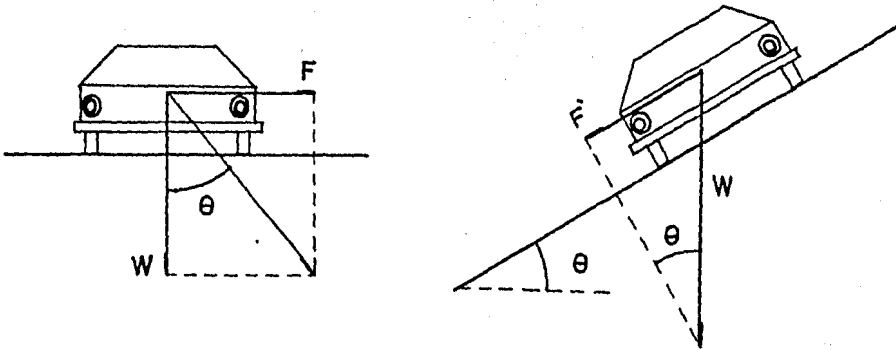
Cuando un vehículo que transita en una tangente pasa a -- una curva, se genera una fuerza centrífuga durante todo su recorrido por la curva, que tiende a arrojarlo hacia afuera. Para -- contrarrestar este efecto, es decir hacer que el vehículo no se salga, se inclina la superficie del camino hacia adentro de la - curva.

Esta inclinación se denomina sobreelevación.

La sobreelevación se expresa en un tanto por ciento con - respecto a la horizontal.

La fuerza centrífuga que se genera, si la curva por la que transita el vehículo tiene la superficie horizontal es:

$$F = \frac{WV^2}{gR}$$



en la que:

W = peso del vehículo en kg.

V = velocidad en m/seg

g = aceleración de la gravedad

R = radio de la curva en m

La inclinación del camino genera a su vez una fuerza que actúa sobre el vehículo y que depende del peso del vehículo y de la inclinación (θ) de la superficie. Esta fuerza es:

$$F' = W \tan \theta$$

Si F' es igual a F , queda contrarrestada la fuerza centrífuga es decir

$$F = F'$$

o sea

$$\frac{WV^2}{gR} = W \tan \theta$$

de donde

$$\tan \theta = \frac{v^2}{gR}$$

que significa que la sobreelevación depende de la velocidad y -- del radio de la curva. Como esta fórmula teórica persigue anular la fuerza centrífuga, proporciona valores de sobreelevación muy altos para la práctica porque si bien un vehículo de pasajeros puede mantener la velocidad supuesta, los camiones de carga, que transitan a velocidades más bajas, pueden volcarse hacia adentro de la curva pues cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre el vehículo sale fuera del polígono que forman las ruedas exteriores del vehículo éste se vuelca.

Las fuerzas son el peso del vehículo y la fuerza centrífuga; si el camión transita a baja velocidad, la fuerza centrífuga es pequeña y no contribuye a mantener la resultante de las -

fuerzas adentro del polígono de las ruedas, en este caso la sobreelevación no ayuda a mantener el vehículo en el camino equilibrando la fuerza centrífuga sino que contribuye a provocar el volcamiento hacia dentro de la curva.

Si hay un límite de sobreelevación debe haber una relación entre velocidad y sobreelevación. Cuando las dos fuerzas están equilibradas, hay una sensación de seguridad completa; si la velocidad se excede, hay un sobrante de fuerza centrífuga que no está ya contrarrestado por la sobreelevación y que tiende a sacar al vehículo de la curva; este excedente solamente es tomado por la fricción transversal entre las llantas y el camino; cuando en los caminos pavimentados empiezan a rechinar las llantas en las curvas quiere decir que está sobrepasando la adherencia entre las llantas y la superficie y en cualquier momento el vehículo puede deslizarse. En la actualidad los vehículos de pasajeros tienen el centro de gravedad muy bajo y no se vuelcan, lo que sí acontece con los autobuses y los camiones -- de carga.

Si a la sobreelevación le añadimos el coeficiente de fricción transversal (f) para equilibrar la fuerza centrífuga, se tendrá

$$\tan \theta + f = \frac{v^2}{gR}$$

que se convierte en

$$S = \frac{(V^2 - f)}{127 R} 100$$

en que

S = sobreelevación en %

V = velocidad de proyecto en km/hr

R = radio de la curva en m

f = coeficiente de fricción transversal

El coeficiente f varía con la velocidad, con el tipo de superficie de rodamiento y si está seca o mojada, con el estado de las llantas, etc. En la práctica para el cálculo se toman valores medios del coeficiente de fricción, generalmente entre 0.12 y 0.35.

Con la fórmula anterior puede obtenerse la sobreelevación correspondiente a cualquier velocidad y curvatura; sin embargo ya se señaló antes, que hay limitantes como el peligro de volcamiento hacia adentro cuando se disminuya la velocidad, deslizamiento también hacia adentro por la presencia de hielo y fuerte erosión transversal de la corona de los caminos revestidos en tiempo de lluvias. Como criterio general para la sobreelevación puede seguirse el siguiente: un máximo de 12% para una composición de tránsito en la que no predominen los vehículos pesados;

se reduce a 10% si el porcentaje de éstos es importante; y baja aún a 8% si existe la posibilidad de que se forme hielo en la superficie del camino o se registren nevadas frecuentes en invierno. Otras consideraciones pueden hacerse con respecto a la sobreelevación máxima que se escoja, como son las lluvias en función de la erosión transversal, el material de la superficie de rodamiento, etc.

Si se fija la sobreelevación máxima, resulta entonces que la fórmula que se menciona sirve para obtener grados máximos de curvatura. Habrá una gama muy extensa de resultados pues aparte de que se entrará con varias velocidades de proyecto, se tomarán también diversos valores del coeficiente de fricción f .

La sobreelevación que tendrá la curva será igual desde el PC hasta el PT. Antes del PC y después del PT se considera una longitud de la tangente que se denomina tangente de transición en la cual se pasa de la sección a nivel a la sección sobreelevada del PC y de la sección sobreelevada del PT a la sección nuevamente a nivel.

b) Obras de drenaje.

El drenaje es el concepto más importante de la conservación de caminos sin pavimentar, pues solo atendiéndolo se puede mantener el tránsito durante todo el tiempo.

La superficie del camino debe mantenerse con un bombeo - apropiado y con una buena conformación, para facilitar el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia hacia los taludes - o cunetas. En los tramos a nivel, es necesario una pendiente -- transversal de 4%, y en los tramos de pendientes debe darse el 6% de pendiente transversal al bombeo del camino, para evitar - que el agua escurra longitudinalmente formando canales y desla- ves en los taludes en los lugares en que desembocaría.

La pendiente transversal de la corona del camino, depen- de también de la naturaleza de la superficie; una superficie a- renosa requiere menos pendiente que una de tipo arcilloso. Las- superficies de tipo arcilloso deben de drenarse lo más rápida-- mente posible, las secciones en terraplén deben de tener menor- pendiente transversal que las secciones en corte por motivo de- seguridad del tránsito.

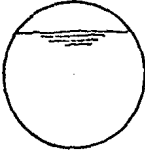
La sección parabólica de la corona, da muy buen aspecto- a la superficie de rodamiento, pero tiene el defecto de ser de- masiado nivelada en la parte superior, en donde por esta cir-- cunstancia se concentra el tránsito, ocasionando que bajo su ac- ción se incremente esta superficie provocando dificultades de - drenaje que asentúan la formación de baches. Es más efectivo en estos caminos el usar secciones de "V" invertida, con una peque- ña sección redondeada en el centro.

TABLA DE AREAS HIDRAULICAS NECESARIAS PARA DRENAR
SUPERFICIES EN DIFERENTES CLASES DE TERRENO

1 TIPO DE OBRA m	2 AREA m ² HIDRAULICA	3 AREA POR DRENAR EN HECTAREAS:					7 Escarp.
		4 Terr. Plano	5 Lom. suave	6 L. fuerte	6 Mont.	6 Escarp.	
Tubo 0.76	0.333	11.0	5.6	4.3	2.9	2.2	
Tubo 0.91	0.478	18.0	9.0	7.2	4.8	3.6	
Tubo 1.07	0.565	23.0	11.7	9.2	6.3	4.7	
Tubo 1.22	0.839	39.0	20.0	15.5	10.8	7.9	
Tubo 1.37	1.080	54.0	27.0	21.2	14.5	10.7	
Tubo 1.52	1.333	70.0	36.0	28.0	19.2	14.3	
Losa 0.75x 0.75 alt.	0.413	14.5	7.3	5.8	3.9	2.9	
Losa 1.25 x 0.75 "	0.689	29.0	14.8	11.5	7.9	5.9	
Losa 1.0 x 1.0 "	0.735	33.2	16.0	12.3	8.5	6.3	
Losa 1.50 x 1.0 "	1.102	55.0	27.6	21.4	14.8	11.0	
Losa 1.50 x 1.50 "	1.634	93.0	48.2	37.1	25.2	18.8	
Losa 2.0 x 2.0 "	2.940	201.2	102.1	80.0	54.3	40.3	
Losa 3.0 x 3.0 "	6.615	594.3	300.1	231.3	160.4	123.2	
Bóveda 1.00	1.000	48.2	24.0	19.1	13.0	9.6	
Bóveda 1.50	2.250	142.0	71.7	56.4	38.1	30.0	
Bóveda 2.00	4.000	304.3	154.0	124.2	92.3	81.3	
Bóveda 2.50	6.250	551.6	279.7	218.3	149.1	113.6	
Bóveda 3.00	9.000	875.5	434.0	356.1	236.5	180.0	
Bóveda 3.50	12.250	1353.3	604.7	537.1	366.1	271.6	
Bóveda 4.00	16.000	1931.2	968.2	766.1	522.1	388.2	

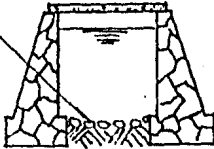
NOTA: Al área hidráulica total se le aplica el coeficiente 0.735 para obtener el área hidráulica efectiva (Columna 2)

DIVERSOS TIPOS DE ALCANTARILLAS:



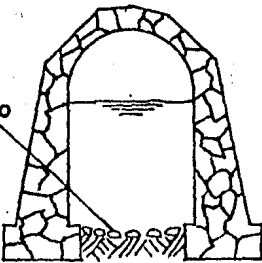
TUBO (lámina o concreto)

zampeado



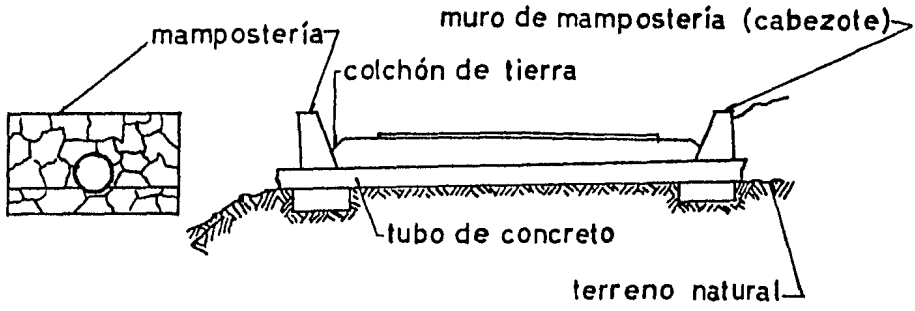
LOSA (concreto)

zampeado

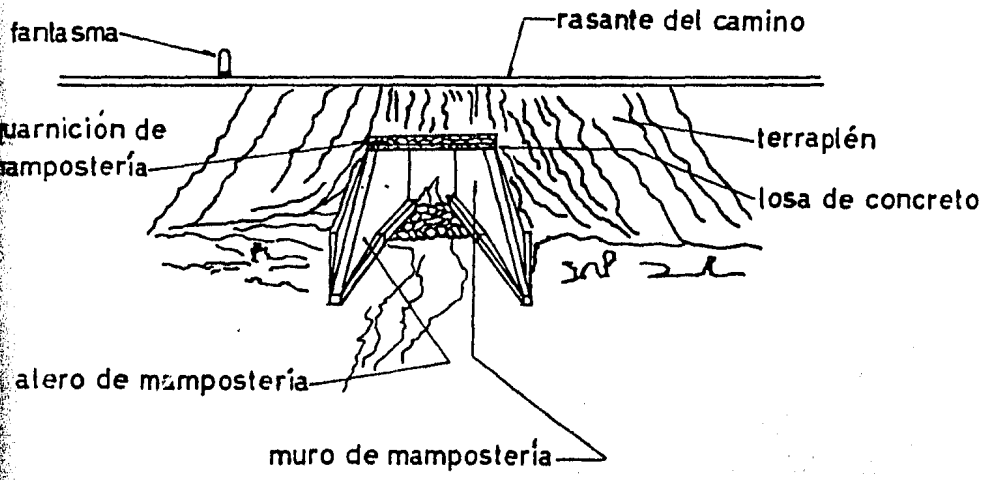


BOVEDA (mampostería)

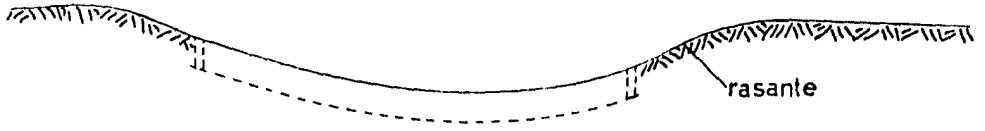
ALCANTARILLA DE TUBO:



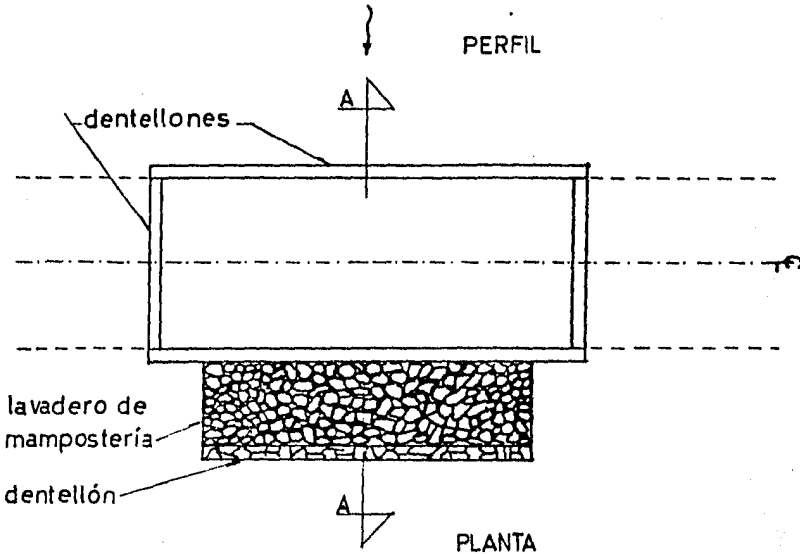
ALCANTARILLA DE LOSA Y MUROS DE MAMPOSTERIA:



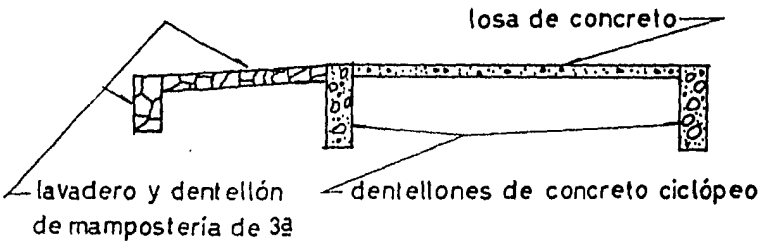
CROQUIS DE UN VADO TIPICO:



PERFIL



PLANTA



SECCION A-A

Especificaciones Estructurales. (Para obras de drenaje).

Cargas de Proyecto:

Las estructuras se calculan para soportar cargas y esfuerzos que resulten de las condiciones de trabajo de las mismas. Estas cargas son: la carga muerta, la carga viva, el impacto, la presión del viento, los esfuerzos longitudinales de frenado, los esfuerzos de temperatura, etc.

Estas cargas son las que se toman en cuenta para el cálculo de las obras de drenaje en su aspecto estructural.

Muchos países, entre ellos México, han adoptado las cargas vivas definidas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) de los EUA.

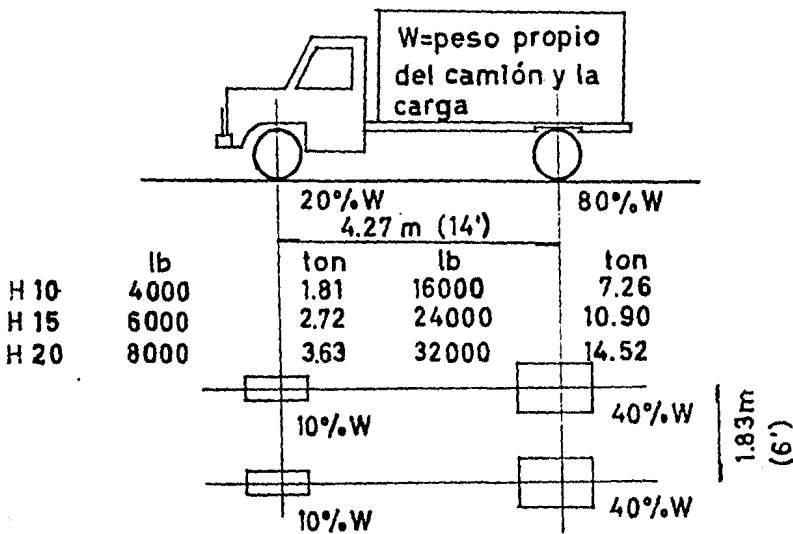
Para efectos de cálculo se emplean las cargas en dos formas: utilizando camiones tipo de peso determinado o bien una carga uniformemente repartida más una carga concentrada que producirá las condiciones más desfavorables; esta segunda carga se supone que es equivalente a un convoy de camiones y se utiliza para claros grandes, para claros de menor longitud se emplean los camiones tipo.

Las especificaciones AASHTO fijan los claros para cada caso.

Son dos los tipos de camión: uno es simplemente de dos ejes y el otro será compuesto por un tractocamión de dos ejes con un semiremolque de un eje. Al primero se le designa como carga H y al segundo como HS.

Se consideran tres cargas H correspondientes a otros tantos camiones de dos ejes, que tienen un peso total, es decir el propio del camión más la carga, de 10, 15 y 20 toneladas de 2000 lb (907kg). La carga se designa poniendo el peso a continuación de la H: H 10, H 15, H 20

En todos los casos el 20% del peso bruto del camión cae en el eje delantero y el 80% en el eje posterior y la distancia entre ejes es de 14' (4.27 m).



CARGAS H

Las estructuras de los caminos rurales se calculan generalmente para cargas H10-H15. Es conveniente analizar con cuidado el futuro del camino rural para el cual se esté seleccionando la carga de proyecto; sería de lamentarse que se escogiera carga H-10, que los puentes se calcularan con ella, y que rápidamente se convirtiera la zona comunicada con el camino en una generadora de tránsito pesado que fácilmente pudiera considerarse como HS-20. Si bien es cierto que debido a los coeficientes que se emplean en el proyecto, los puentes resisten en forma -- esporádica cargas mayores que las que se utilizaron para el proyecto, la frecuencia de ellas sí podría causar daños graves a la estructura.

La diferencia en costo de construcción en puentes de condiciones normales, para diferentes tipos de carga es pequeña. - Por lo general un puente calculado para carga H15 puede resultar de un 5 a un 10% más costoso que uno de carga H10; y uno H20 puede resultar entre 10 y 15% más costoso que un H15. Si la infraestructura y la subestructura representan un costo importante dentro del costo total del puente, estas diferencias pueden ser aún menores.

Por ser tan pequeñas estas diferencias en la práctica se ha venido abandonando la carga H-10 y empleándose en los caminos rurales cargas que antes se consideraban exclusivas de los caminos troncales. Con este nuevo criterio se está dentro de la segu

ridad ante desarrollos imprevistos y se construye para el futuro sin que lo erogado de más en los puentes signifique aumento importante en el costo del camino, debe recordarse que los caminos rurales tendrán solamente puentes pequeños y en cambio vados y puentes-vado.

Las consideraciones hechas con respecto a las cargas que se seleccionen para los puentes son válidas para los puentes-vado y en éstos son aún menores las diferencias de costo entre cargas mayores, ya que los claros son pequeños.

En la conservación de caminos rurales con frecuencia es necesario reconstruir las obras de drenaje como vados-puente, alcantarillas y puentes pequeños por lo que deben considerarse estas especificaciones de proyecto.

Socavación: Es un fenómeno que hay que tomar en cuenta en el diseño y la conservación de las obras de drenaje tales como puentes vados, alcantarillas, etc. A continuación se explica este hecho.

Una corriente de agua al desplazarse en su cauce tiene -- una cierta capacidad de suspender y arrastrar partículas sólidas que constituyen el lecho sobre el que ocurre el flujo.

Este fenómeno depende de diversos factores tales como la configuración geológica y topográfica del cauce, las caracterís-

ticas del material de arrastre y las características hidráulicas de la corriente.

Cuando se coloca un obstáculo dentro del cauce, como una pila de apoyo de un puente, se modifican localmente las condiciones de escurrimiento, cambiando en consecuencia la capacidad de arrastre en la zona vecina a la obstrucción. Si esta capacidad es mayor que la proporción con que la corriente alimenta a la zona con material sólido, se producirá en ésta una socavación adicional a la normal de la corriente; en caso contrario se producirá un depósito.

Evidentemente que el conocimiento de la profundidad a que puede llegar la socavación total y las características de éste fenómeno son de fundamental importancia para el diseño de cimentaciones poco profundas, en el caso de puentes y de otras estructuras construídas en zonas inundables. Innumerables fallas de puentes han ocurrido cuando la profundidad de desplante de las pilas ha quedado arriba del nivel alcanzando por la socavación normal, más la adicional impuesta por los obstáculos que la cimentación representa.

Para proteger a las obras contra la socavación, se construyen generalmente zampeados de mampostería en la salida aguas-abajo de las alcantarillas y puentes. Los vados y puentes-vado se protegen con lavaderos o "delantales" de mampostería o de con

creto, se pueden construir aguas arriba y aguas abajo de la estructura ó únicamente aguas abajo. A los terraplenes se les construyen muros o dentellones con o sin lavaderos en la parte - aguas abajo, para impedir la socavación ocasionada por corrientes de agua superficiales pequeñas que cruzan el camino. También se pueden construir pedraplenes para el mismo fin.

c) Señalamiento

Definición de señales:

Las señales son tableros fijados en postes o estructuras con símbolos, leyenda o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehfculos sobre la existencia de peligros, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre el camino y proporcionarles la información necesaria para facilitar su viaje.

Clasificación.

En cuanto a su función, las señales se clasifican en :

Preventivas

Restrictivas

Informativas

Señales preventivas: Las señales preventivas tienen por objeto advertir al usuario la existencia y naturaleza de un peligro -- en el camino.

Uso: En cuanto a su objeto las señales preventivas se usan en los siguientes casos:

Intersecciones de caminos
Escuelas y cruces de peatones
Cruces de F.C. a nivel
Accesos a vías rápidas

Cualquier otra circunstancia que pueda representar un peligro en el camino.

Forma: Los tableros de las señales preventivas, serán -- cuadrados y se colocarán con una diagonal vertical. Se fijarán en postes colocados a un lado del camino. Dichos soportes deberán llenar condiciones necesarias de resistencia, durabilidad y presentación.

Color: Los colores de las señales preventivas serán amarillo en acabado mate, según el patrón aprobado, para el fondo y negro para los símbolos, caracteres y filete.

Señales restrictivas: Son las que tienen por objeto indicar al usuario la existencia de ciertas limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito en las mismas.

Uso: En caminos rurales se usan para reglamentar los siguientes casos:

El derecho de paso.

El movimiento a lo largo del camino.

Restricciones diversas.

Forma: Las señas restrictivas, excepto las señas de ALTO Y CEDA EL PASO, serán de forma rectangular, con su mayor dimensión en sentido vertical, o bien circulares. La señal de ALTO será de forma octagonal y la de CEDA EL PASO tendrá la forma de un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo.

Color: La señal ALTO llevará fondo rojo en acabado mate con letras y filete blancos. La señal CEDA EL PASO llevará fondo blanco, franja perimetral roja y leyenda en negro. Los colores de las otras señas restrictivas serán: el fondo blanco, el filete negro, el anillo rojo, las letras, número y símbolo en negro.

Cuando estas señas indiquen una prohibición, el anillo-

llevará una franja diametral del mismo ancho que el anillo, inclinada a 45° y siempre bajando hacia la derecha.

En la parte inferior de la señal, bajo el anillo se pondrá una leyenda complementaria del significado de la señal, en forma breve pero fácil de comprender.

Señales Informativas: Son aquellas que sirven para guiar al usuario a lo largo de su itinerario e informarle sobre los caminos que encuentre, nombres de las poblaciones, lugares de interés, etc., y sus distancias; también le proporcionarán ciertas recomendaciones que deba observar.

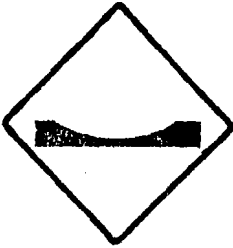
Forma: Serán de forma rectangular, con su mayor dimensión horizontal.

Color: Las señales informativas deben ser, en general, de fondo blanco en acabado mate, con filete, leyenda, flechas y números en negro.

El señalamiento de los caminos debe reunir requisitos como: llamar la atención, transmitir un mensaje claro, imponer respeto a los usuarios del camino y estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo para reaccionar.

Para que lo anterior se logre se debe tener un buen pro--

SEÑALAMIENTO COMUNMENTE USADO:



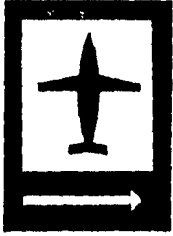
SP 26



SR 6



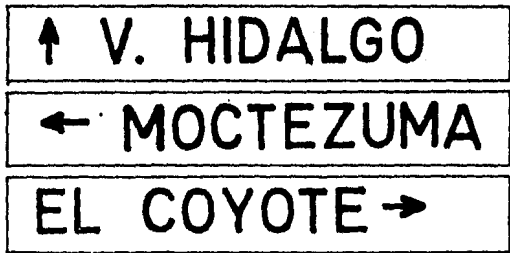
SR 7



SI 34

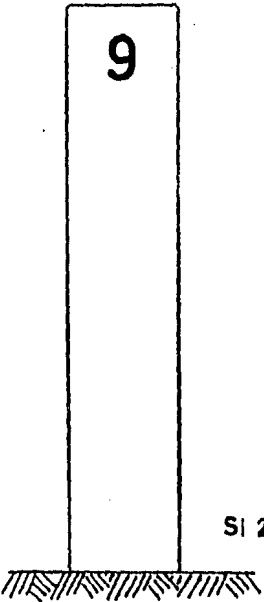


SI 18



SI 15

SP SEÑALAMIENTO PREVENTIVO
SR " RESTRICTIVO
SI " INFORMATIVO



SI 25

yecto de señalamiento, buena ubicación y uniformidad además de conservación, esta última deberá ser física y funcional; esto es que no solo se deberá procurar la limpieza y legibilidad de las señales, sino que éstas deberán colocarse o quitarse tan pronto como se vea la necesidad de ello.

La conservación del señalamiento consiste en reponer las señales dañadas por el vandalismo, señales oxidadas, borrosas, chocadas, etc., o en repararlas en el lugar.

La colocación de postes indicadores de kilometraje es otra actividad que deberá realizarse regularmente para sustituir los postes destruidos y repintar los que estén ilegibles. Se colocan a cada 5 km., o a cada km según la longitud e importancia del camino. Los indicadores del alineamiento horizontal (fantasmas) se colocan para señalar muros de cabeza de alcantarillas, o para marcar estrechamientos.

Se podrán colocar en terraplenes altos en tangentes, cuando se juzgue necesario.

Los fantasmas consisten en postes cilíndricos de concreto, de un metro de longitud, sobresaliendo 60 cm., del hombro, pintados con una franja negra perimetral en su parte inferior y lo demás en blanco, con una franja reflejante cerca de su extremo superior. Los colores serán mate, pudiéndose pintar la parte

blanca con lechada de cal o de cemento blanco o con pintura vinílica para intemperie, empleándose esta última para la parte negra.

d) Obras de mejoramiento del camino.

Visibilidad. Muy importante para la seguridad es la visibilidad que debe tener el conductor en el camino y que se mide - desde su ojo hasta un objeto de 10 cm de alto, situado adelante, en el momento que aparece a la vista. En los caminos de dos carriles se consideran las distancias de visibilidad que se requieren para parar y para rebasar un vehículo; en los caminos de un solo carril es decir de ancho únicamente para un vehículo, la distancia crítica de visibilidad no es la correspondiente a la necesaria para detenerse ante un objeto que aparece en la carretera, sino la que se requiere para evitar la colisión con un vehículo que se aproxima en sentido contrario.

Distancia de visibilidad de parada. Depende de la velocidad a que se desplaza el vehículo, que se supone es la de proyecto, del tiempo de reacción del conductor entre el momento en que observa el objeto y aplica el freno, de la clase de superficie - de rodamiento, de las condiciones de humedad del camino y de la pendiente longitudinal.

Generalmente se consideran tiempos de reacción entre 1.5- y 2.5 segundos, que son los normales; algunos conductores experi

mentados pueden tener tiempos de reacción menores, pero por razones de seguridad no se toman en cuenta estas excepciones. El coeficiente de fricción entre las llantas del vehículo y la superficie del camino varía si se trata de pavimento asfáltico o superficie revestida, y de si está seca o mojada. La pendiente también influye pues acorta la distancia necesaria para parar si se transita de subida y la alarga cuando es de bajada.

La distancia necesaria para parar y que será la que requiera el proyecto del camino se compone de dos: la primera es la que recorre el vehículo en función del tiempo de reacción desde el momento en que se observa el objeto hasta que se aplican los frenos; y la segunda la necesaria para parar totalmente el vehículo a partir de este momento. En condiciones normales de tiempo de reacción, superficie seca y camino a nivel pueden considerarse las siguientes distancias de visibilidad de parada:

Velocidad en $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$	Superficie de Rodamiento	Distancia de visibilidad de parada (m).
80	Carpeta asfáltica	105
60	Revestimiento	75
40	Revestimiento	35
30	Revestimiento	25

Si se deseara calcular cualquier caso, puede emplearse la fórmula:

$$D = Vt + \frac{v^2}{19.6 (f + p)}$$

en que:

D = distancia de visibilidad de parada:

V = velocidad de proyecto en m/seg.

t = tiempo entre percepción y reacción en segundos (1.5 a 2.5).

f = coeficiente de fricción entre las llantas y la superficie -
del camino. Para superficies asfálticas varía de 0.3 a 0.4 y
para revestidas entre 0.5 y 0.6

p = pendiente longitudinal del camino en metros/metro.

Modificaciones al alineamiento.

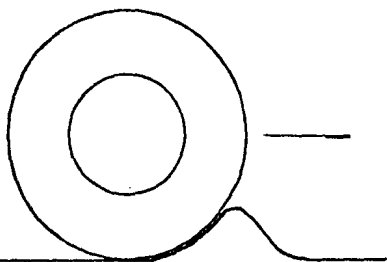
Una de las actividades de la conservación de los caminos-
rurales consiste en modificar los alineamientos tanto vertical -
como horizontal de los tramos críticos o de los que se vayan re-
quiriendo en función del incremento del tránsito y cargas o cam-
bio del tipo de vehículos que circulan por esos tramos con---
flictivos.

Por lo que respecta al alineamiento vertical, con frecuen-
cia se proyectan los caminos usando fuertes pendientes para lo--
grar el menor costo de construcción; con el tiempo puede ser ne-
cesario cambiar esas pendientes en ciertos tramos como se dijo -
antes.

Consideraremos la forma en que opera un vehículo en una -
pendiente de subida y las fuerzas que se oponen a su avance.

Resistencias: Son las resistencias al rodamiento, al viento y las fricciones internas, las más importantes.

Resistencia al rodamiento: Los principales factores que constituyen la resistencia al rodamiento de una rueda de automóvil, son la deformación propia de la llanta y la deformación de la superficie de rodamiento.



La deformación de la llanta origina pérdida de fuerza, que se transforma en calor y consiguientemente en deterioro de la propia llanta.

Por lo que toca a la deformación de la superficie de rodamiento, se presentan dos casos:

En el primero, si la superficie es elástica, recobra su forma original después de que pasa la rueda; en el segundo; si la superficie es muy suave o plástica, se forma un bordo enfrente de la rueda. Esta condición es la más desfavorable y ocasiona la mayor resistencia al avance.

Como podrá verse, la resistencia al rodamiento R_r depende del tipo de superficie, de las llantas y del tamaño de la rueda;

estos factores se resumen en un coeficiente K, producto de numerosas observaciones hechas. De conformidad con esto:

$$R_r = KW$$

en donde:

R_r = resistencia al rodamiento.

K = coeficiente variable.

W = peso del vehículo.

<u>Superficie de Rodamiento</u>	<u>Valores de K:</u>
Carpetas Asfálticas en buen estado--	0.010
Empedrado bueno-----	0.020
Revestimiento-----	0.025
Tierra según su estado-----	0.080-0.16

Resistencia del aire: Es función de la proyección que se obtenga de la superficie del vehículo, en un plano normal a la dirección en que se mueve, y de su velocidad. Los automóviles actuales, de formas más o menos aerodinámicas, disminuyen considerablemente esa resistencia que, en cambio aumenta en los camiones de forma rectangular y grandes planos verticales normales al sentido del avance.

Esta resistencia se obtiene de la siguiente manera:

$$R_v = KAV^2$$

en donde:

K = coeficiente

A = proyección, en m^2 , de la superficie del vehículo en el sentido de su marcha.

v = velocidad en km/hr.

La velocidad v es la resultante obtenida de sumar algebraicamente a la propia del vehículo, la del viento.

El coeficiente K tiene generalmente un valor igual a 0.0052.

La superficie A se encuentra mediante la fórmula

$$A = 0.9 BH$$

en donde:

B = distancia entre llantas

H = altura máxima del vehículo.

No obstante que en el cálculo de R_v , la velocidad entra al cuadrado, debido al valor tan pequeño de K, esta resistencia alcanza cifras de importancia únicamente cuando la velocidad es elevada. En el coeficiente K se incluyen los promedios usuales-

de los esfuerzos de succión en la parte posterior del vehículo - que en algunos casos suelen ser mayores que los de la presión en la frente.

Fricciones interiores. La potencia del motor de un vehículo tiene pérdidas por fricciones en la caja de velocidades, crucetas, diferencial, etc., que en conjunto varían entre 9 y 15%. - Por lo general se puede considerar como término medio un rendimiento.

$$e = 0.88$$

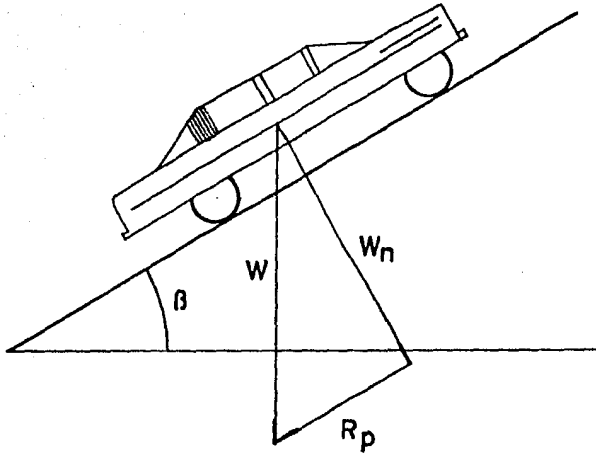
Resistencia por pendiente. El peso W de un vehículo en una cuesta se descompone en una fuerza W_n normal al piso y una R_p paralela a la superficie de ascenso y que se opone al movimiento del vehículo hacia adelante y que se obtiene con la fórmula

$$R_p = W \tan \beta$$

Prácticamente para los efectos de cálculo puede considerarse

$$R_p = Wp$$

En que p es la pendiente, expresada en centésimos.



$$R_p = W_p = \frac{120 \times 75 \times 0.88 \times 3600}{30,000} - 500 = 23.4$$

$$W_p = 427$$

$$p = \frac{427}{5000} = 8.5\%$$

como podrá verse, aunque la potencia considerada es razonablemente alta, la pendiente máxima que puede subir el camión a 30 km/hr, no es muy fuerte.

No obstante que este ejemplo es muy elocuente, deberá tomarse en cuenta que la fuerza tractiva de que se disponga no es la única base para determinar las pendientes. La seguridad del tránsito en los descensos, las deficiencias en los motores y la-

clasificación del tránsito, tendrán que considerarse también.

La fuerza tractiva disminuye considerablemente con la velocidad, aumentando notablemente con ésta la resistencia al viento. Es decir vehículos con gran carga, como son los camiones, no pueden subir pendientes fuertes a altas velocidades. En las condiciones tan desventajosas de superficie del ejemplo anterior, el camión puede correr a lo máximo a 50 km/hr., a nivel, empleando toda su potencia en vencer las resistencias; cualquier pendiente, una vez agotada la carga de velocidad, haría disminuir su velocidad. El estado de la superficie de rodamiento es también un factor muy importante en la velocidad y ascenso que puede tener un vehículo.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, con frecuencia es necesario corregir el alineamiento vertical de ciertos tramos, suavizando las pendientes ya sea profundizando cortes, elevando los terraplenes o desarrollando más la ruta con el fin de lograr que la operación de los vehículos en esos tramos se facilite.

Cálculo de la pendiente que puede subir un vehículo:

Podemos considerar las condiciones normales que se presentarían en un camino rural haciendo las siguientes suposiciones:

Camión de 120 HP de potencia; camino revestido, con la superficie de rodamiento no muy tersa; velocidad obligatoria de 30 km/hr, para que no constituya un obstáculo a los demás vehículos; va cargado con bultos cubiertos con una lona; no hay viento y el peso total es de 5000 kg.. Con estos datos podemos investigar la pendiente que puede subir:

$$P = 120 \text{ HP}$$

$$k = 0.10$$

$$K = 0.0052$$

$$A = 5 \text{ m}^2$$

$$v = 30 \text{ km/hr}$$

$$e = 0.88$$

$$W = 5000 \text{ kg}$$

A la potencia P se opone la suma de todas las resistencias

$$Z = R_r + R_v + R_p$$

Si la velocidad está dada en km/hr., la potencia es igual

a:

$$P = \frac{Z \cdot v \cdot 1000}{75 \cdot e \cdot 3600} = \frac{(R_r + R_v + R_p) \cdot 30,000}{75 \cdot e \cdot 3600}$$

Despejando R_p

$$R_p = \frac{P \cdot 75 \cdot e \cdot 3600}{30,000} - R_r - R_v$$

$$R_r = KW = 0.10 \times 5000 = 500$$

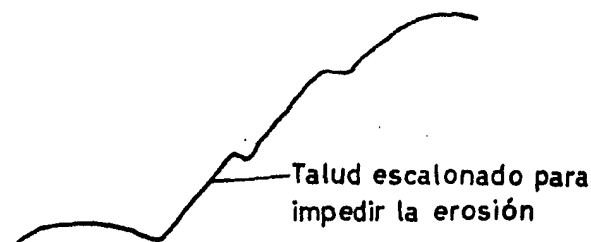
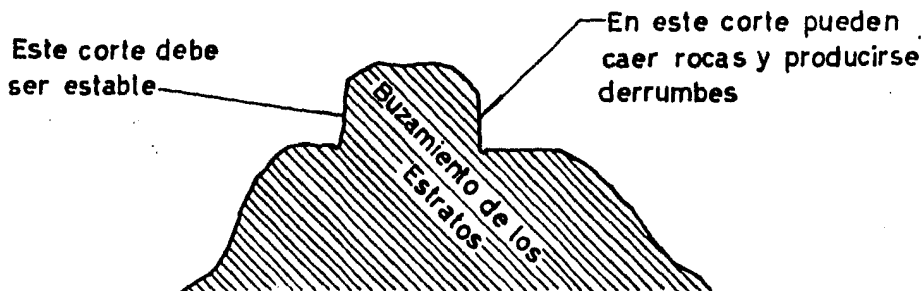
$$R_v = KAv^2 = 0.0052 \times 5 \times 30^2 = 23.4$$

Substituyendo y reemplazando R_p por W_p

e) Aspectos de la conservación que se deben proveer desde que se construye un camino.

La conservación de un camino empieza muchas veces antes -- de que éste se termine de construir totalmente y algunas veces -- antes de construir un camino ya se proveen las acciones de con--servación.

Uno de los factores que influyen en la conservación de un camino es su localización, una buena localización traerá como -- consecuencia menores gastos de conservación en el futuro, por lo que es conveniente alojar el camino fuera de zonas propicias para los derrumbes por ejemplo, y si es inevitable trazarlo por allí, -- deberán proyectarse los cortes con el talud necesario para que -- los desprendimientos de material, durante la operación del camino, sean mínimos.



La probabilidad de derrumbes puede llegar a constituir un factor determinante en la selección de una ruta. Sin embargo, en ocasiones obligadamente tiene que construirse el camino por laderas muy inclinadas, no disponiéndose de dinero para investigaciones de mecánica de suelos ni para obras de drenaje suficientes.

En estas condiciones se corta el camino formando los taludes con un tractor, empujando el material para formar terraplenes en los cañones. El camino se amplía y se mejora por la dependencia encargada de conservación, bajando su piso.

Cuando se presentan derrumbes, se cortan escalones con el tractor a través de ellos, repitiendo esta operación con la frecuencia necesaria.

Cuando los terraplenes se deslavan, se vuelven a construir, cortando más material de los taludes donde sean necesarios los cortes.

En el transcurso de unos cuantos años se encuentra que gran parte de la ruta es razonablemente estable, y que otras secciones se estabilizan al construir las repetidas veces. Los lugares que presentan verdaderos problemas permanentes pueden investigarse técnicamente y recibir las correcciones pertinentes, -- siendo su costo una fracción del que tendrían si se tratara de hacer un estudio semejante en todo el camino.

De igual manera se evitará localizar el camino sobre lechos de arroyos, zonas inundables o pantanosas etc.

La elección de los puntos de cruce de las corrientes de agua es también un factor muy importante en la duración de las alcantarillas, puentes y más comúnmente de los vados; estructuras estas últimas que se utilizan frecuentemente en este tipo de caminos.

Se deben preferir para cruzar los cauces bien definidos,

más o menos estables y que no presenten problemas de socavación o depósito de material en demasía para el caso de los vados; a veces ocurre que los vados quedan totalmente cubiertos por espesas capas de arena o sedimentos que impiden transitar por ellos y que obligan a un trabajo constante de desazolve por parte de las cuadrillas de conservación.

Como el principal enemigo de un camino es el agua, un buen drenaje alargará la vida del mismo y originará menores problemas de conservación.

Un drenaje insuficiente o mal proyectado ocasionará que el camino se corte o se deslave, con los correspondientes trastornos y costos de reparación que ello ocasiona.

Otro caso es: Si, por ejemplo, el diseñar una alcantarilla, nos resulta un diámetro suficiente hidráulicamente hablando, pero demasiado pequeño para poder desazolvarla por dentro del tubo con gente, se debe de elegir un diámetro mayor, que permita la limpieza de la obra.

Deberá preverse desde la construcción del camino, el tipo de vehículos que transitarán por él, no solo el volúmen, pues existen zonas mineras, forestales, agrícolas que generan tránsito pesado y que van a afectar la estabilidad de las estructuras, alcantarillas sobre todo, que frecuentemente fallan por tener un

colchón insuficiente para las cargas que soportan, hundiéndose - los tubos bajo los carriles de rodado.

f) Regulaciones para la adquisición, transporte, almacenamiento - y uso de explosivos.

Los explosivos se utilizan en la conservación de caminos - rurales para la explotación de bancos de material de revestimien - to, piedra para mampostería y agregados para concreto hidráulico. También se utilizan para efectuar cortes en roca con el fin de - mejorar el alineamiento tanto horizontal como vertical en cier - tos tramos críticos de un camino. Pueden utilizarse también pa - ra monear rocas de gran tamaño situadas sobre el camino debido a algún derrumbe y que por sus dimensiones no pueden ser removidas por medio de equipo mecánico.

Para la adquisición, transporte y manejo de explosivos se debe de contar con un permiso previo de la Secretaría de la De - fensa Nacional expedido por la comandancia de la zona militar co - rrespondiente.

Se distinguen dos grandes tipos de explosivos:

1.- Explosivos deflagrantes, que explotan por combustión, ejemplo: pólvora de mina.

2.- Explosivos detonantes, que explotan por detonación. -

ej: dinamita, explosivos clorados o perclorados, explosivos de nitrato amónico, explosivos de oxígeno líquido, melinita, etc..

Adquisición:

Tomando en cuenta el calendario de actividades, se calcula la cantidad de explosivos por utilizar en las obras, ya que es preferible adquirir la cantidad total por emplear en una región y almacenarla en los polvorines.

Deben extremarse las medidas de seguridad, vigilancia y control, a fin de evitar posibles sustracciones de explosivos o su uso clandestino.

Recomendaciones para el transporte de explosivos:

1o.- Los vehículos que transporten explosivos deben llevar un letrero por los cuatro costados con la leyenda: EXPLOSIVOS.

2o.- Los vehículos no deben llevar cápsulas detonadoras - fulminantes cuando estén transportando otros explosivos ni metales, herramientas metálicas, aceites, cerillos, armas de fuego, ácidos, sustancias inflamables o materiales semejantes.

3o.- Los vehículos que transporten explosivos no deben estar sobrecargados, y en ningún caso se apilarán las cajas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería

Cualquier vehículo de caja abierta debe llevar una lona para cubrir las cajas o latas de explosivos.

4o.- Los vehículos que transporten explosivos deben inspeccionarse para determinar: si los frenos y el mecanismo de la dirección están en buenas condiciones, si los alambres eléctricos están bien aislados y firmemente asegurados; si la carrocería y el chasis están limpios y libres de acumulaciones de grasa, si el tanque de combustible y la línea de alimentación están seguros y sin fugas, y deben llevarse dos extinguidores de incendio cerca del asiento del chofer.

5o.- Los explosivos no deben transportarse en remolques ni enganchársele a los camiones ningún tipo de remolque.

6o.- El piso de los vehículos debe estar perfectamente empalmado y ajustado. Cualquier pieza metálica que esté expuesta en el interior del vehículo y que pueda entrar en contacto con algún paquete de explosivos -

debe ser cubierta o protegida con madera o algún material no metálico.

7o.- Los vehículos que transporten explosivos no deben -- llevar pasajeros ni personas no autorizadas para viajar en ellos; no debe permitirse fumar ni llevar cerillos.

8o.- Los paquetes o cajas de explosivos no deben aventarse o dejarse caer al estarlos cargando, descargando o acarreando, sino que deben depositarse cuidadosamente y almacenarse o colocarse de tal manera que no se deslicen, caigan o muevan.

9o.- Los motores de los vehículos que transporten explosivos deben estar apagados antes de cargar o descargar explosivos.

Recomendaciones para el manejo de explosivos:

1o.- Las cajas o barriles que contengan explosivos, deben levantarse y bajarse cuidadosamente sin deslizarlos -- uno sobre otro, o dejarlos caer de un nivel al siguiente, ni manejarse bruscamente.

2o.- Las cajas, latas, o paquetes de explosivos no deben abrirse dentro de un almacén de explosivos o arsenal,

ni siquiera en un radio de aproximadamente 20 m del almacén.

3o.- Para abrir las cajas o barriles que contengan explosivos deben emplearse herramientas fabricadas con madera o con algún otro material no metálico.

4o.- Los explosivos y detonantes que se les den a los trabajadores deben colocarse en recipientes aislados, - independientes, equipados con tapas construidas y su jetadas de tal manera que no se puedan abrir accidentalmente durante el transporte.

Almacenamiento:

Los explosivos y los detonantes, deben depositarse separadamente en almacenes independientes, perfectamente secos y ventilados, a prueba de balas, resistentes al fuego y alejados de edificios, vías de ferrocarril y carreteras.

Los almacenes pueden ser: superficiales, enterrados y subterráneos. Los almacenes superficiales deben de construirse de materiales ligeros, para reducir el peligro de las proyecciones a distancia en caso de explosión y el riesgo de incendio. Pueden rodearse de un parapeto constituido por un cordón continuo de tierras que sobrepasen un metro al menos al extremo --

más elevado del polvorín, y con una anchura mínima en el vértice de un metro. Deben estar rodeados por un cerco de al menos 2 m de altura para evitar robos y atentados.

La puerta del polvorín puede ser metálica, a condición de que las bisagras sean de bronce.

Un almacén superficial que contenga un peso K de explosivos debe estar a una distancia mínima d de las casas habitadas, caminos y otras vías públicas de comunicación.

Su valor es:

$$d = n \times 2.5 \sqrt{K/E} \text{ para polvorines con parapeto.}$$

$$d = n \times 5 \sqrt{K/E} \text{ para polvorines sin parapeto.}$$

donde: n = 1.5 para explosivos clase V

n = 2 para explosivos clase I, II, IV

n = 3 para explosivos clase III

K = peso en kilogramos

E = coeficiente de equivalencia, que tiene los siguientes valores:

Clase I Coeficiente $E = 1$: dinamita y otros explosivos a base de nitroglicerina.

I bis coefic. $E = 1$: explosivos percloratos plastificados.

Clase II coeficiente $E = 2$: pólvora negra al nitrato de potasio o de sodio distintas de la clase IV.

Clase III Coeficiente $E = 1$: explosivos cloratos o percloratos .

Clase IV coeficiente $E = 10$: pólvoras negras, comprimidas de densidad superior a 1.5 en cartuchos - de menos de 250 g envueltos cuidadosamente con papel de buena calidad.

Clase V coeficiente $E = 2$: explosivos al nitrato amónico.

Estos coeficientes se aplican a los explosivos encartuchados o contenidos en recipientes impermeables y cerrados, debiendo reducirse si nó a la mitad.

Se dice que un almacén está enterrado cuando está hundido en el suelo recubierto de un espesor suficiente de tierras. - a condición de que no esté en comunicación con ninguna obra sub

terránea en actividad.

Se dice que un almacén es subterráneo si está montado en una galería en comunicación subterránea con una obra subterránea en actividad. En tales almacenes no pueden guardarse más de 150 kg de explosivos detonantes ó 300 kg de pólvora. No deben contener a la vez pólvora y explosivos de otra clase.

En todos los almacenes, la confección de los cartuchos debe realizarse al aire libre.

Explosivos más utilizados en conservación de caminos rurales:

Dinamita: Este es un alto explosivo cuyo constituyente principal es la nitroglicerina. Reacciona a la detonación casi instantáneamente.

Nitrato de Amonio.- Diesel (AN-FO) Este explosivo se produce mezclando nitrato de amonio granulado con diesel. Es mucho mas barato que la dinamita. En razón a que debe ser detonado con un fulminante especial, este explosivo es mucho más seguro.

Pólvora: Este es un explosivo lento, esto es, la liberación de energía ocurre en un periodo largo de tiempo. Se compone de salitre, azufre y carbón principalmente.

Se usa frecuentemente en tronadas de rocas.

Nitramonio: Alto explosivo cuyo constituyente principal es nitrato de amonio. Requiere un fulminante especial para detonarlo.

g) Materiales empleados.

Los materiales que se utilizan para conservar estos caminos son de preferencia los que se encuentran en la región, tratando de eliminar en lo posible los materiales industrializados.

En el caso de los materiales para revestimiento se procura que los bancos se hallen a cortas distancias de los frentes de trabajo para economizar acarreos. Deben obtenerse previamente los permisos de explotación.

Para la reparación de obras de drenaje se emplea principalmente la mampostería utilizando piedra de pepena de la región, de no haberla o de no ser de buena calidad se emplea concreto.

La grava y la arena se obtiene también de los depósitos naturales o de los arroyos, previo estudio del laboratorio si la obra es importante.

Los principales materiales industrializados que se utili

zan son:

Cemento: debe programarse su adquisición con tiempo suficiente para evitar retrasos en las obras por falta de este material, hay que tener en cuenta los costos de fletes, cargas, -descargas, bodegas, veladores, etc.; tampoco se puede almacenar el cemento por períodos muy largos pues se inutiliza al hidratarse. El tiempo que puede durar almacenado depende del clima -de la región y de las condiciones de almacenaje.

Tubería de lamina: del tipo desarmable para reponer alcantarillas; también debe programarse con anticipación suficiente la adquisición de este material, ya que generalmente los plazos de entrega son largos. Es conveniente tener una reserva de tubería para casos de emergencia ya que las alcantarillas son -las estructuras que más fallan durante la temporada de lluvias.

Madera comercial: generalmente las disposiciones forestales impiden utilizar madera de las regiones donde se ubican las obras, por lo que tiene que adquirirse madera para obras falsas andamios y cimbra naturalmente.

Lámina y fierro ángulo: se adquieren a través de la Residencia General ya que ésta, compra mayores volúmenes. Se emplea este material en la fabricación de los elementos del señalamiento vertical.

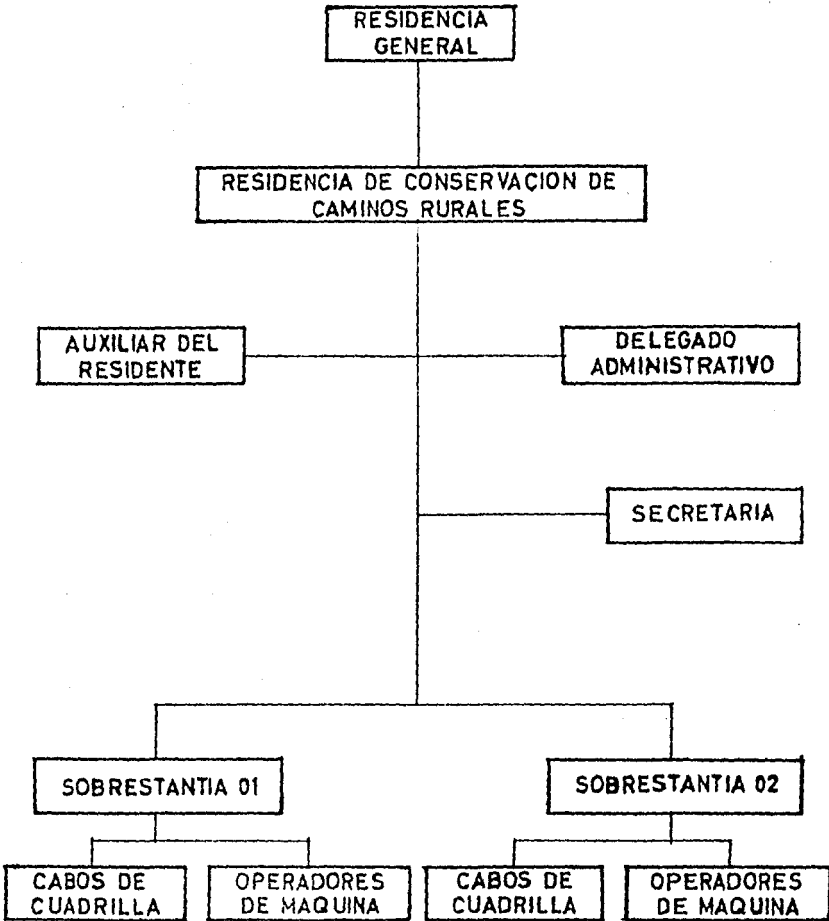
Pintura: para señalamiento, y para puentes metálicos.

Explosivos: Deben adquirirse los explosivos de acuerdo con el programa de obras, teniendo en cuenta que hay que solicitar permiso ante la S.D.N., el tiempo de entrega, traslado, construcción de polvorines, etc.

Si se presentan muchos derrumbes en las épocas de lluvias es necesario tener alguna cantidad de explosivos para mo--near rocas de gran tamaño, que no se pueden retirar de otra forma del camino.

b) Organización de una residencia de conservación.

ORGANIGRAMA DE UNA RESIDENCIA DE CONSERVACION



Dentro de la S.C.T., dependencia encargada de la conservación de los caminos rurales, una residencia de conservación de caminos rurales esta subordinada a la residencia general y atiende aproximadamente 1000 km de caminos.

De la residencia, dependen las sobrestantías, las cuales atienden 500 km cada una.

De las sobrestantías dependen los cabos de cuadrilla, -- operadores de máquina y choferes. Cada cabo atiende un camino, -- aunque si la longitud es muy grande, puede haber varios cabos -- por camino.

La residencia se complementa con una auxiliar de residente, un delegado administrativo y una secretaria.

Funciones del Residente de Conservación:

Supervisar continuamente, por medio de inspecciones físicas, la ejecución de las obras, vigilando que estas se lleven a cabo de acuerdo a las especificaciones y presupuestos aprobados.

Elaborar oportunamente las requisiciones de los materia-

les que se van a utilizar en las obras, así como también de las herramientas.

Programar las obras y vigilar los avances de acuerdo a los programas aprobados.

Elaborar los informes que solicite la superioridad.

Atender la documentación y la correspondencia que le sea entregada.

Atender las indicaciones que le sean proporcionadas por la superioridad.

Dar instrucciones a los sobrestantes, para el desarrollo de los trabajos.

Elaborar documentos de pago de las obras ejecutadas por contratistas.

Recorrer los caminos terminados, que se vayan a entregar a la Residencia de Conservación, en compañía del residente de construcción con el objeto de hacer las observaciones correspondientes y recibirlos si procede.

Cuantificar daños a los caminos causados por las lluvias

cuando se presenten y proceder a ejecutar las obras de reparación correspondientes.

Cuantificar las cantidades de obra ejecutadas por contratistas con el fin de elaborar documentos de pago.

Revisar y firmar las listas de raya originadas en los trabajos por administración.

Participar en la promoción de los comités pro-conservación, que se forman en las comunidades que toca el camino.

Funciones de los Sobrestantes:

- Recorrer los caminos para detectar posibles daños y reportarlos al residente.

- Asignarle trabajo a los cabos de cuadrillas y supervisar su ejecución.

Recoger cada quincena las listas de raya de las cuadrillas que se encuentren trabajando en su jurisdicción y llevarlas a las oficinas para que se formulen y paguen.

Abastecer u ordenar a algún subordinado el abastecimiento de combustibles y lubricantes para las máquinas que estén --

trabajando.

Asignarle trabajo a los operadores de máquina y verificar que se ejecuten los trabajos de acuerdo con sus instrucciones.

Recoger quincenalmente el reporte de avance diario y entregarlo al residente; así como también el reporte de uso de -- vehículos rentados si los hubiere.

Abastecer de herramienta a las cuadrillas de conserva--- ción.

Solicitar al residente los materiales necesarios para -- las obras de acuerdo con las requisiciones de los cabos.

Funciones de los cabos:

- Asignarle el trabajo a la cuadrilla de acuerdo con las instrucciones del sobrestante; verificando la ejecución del mismo.

- Llevar el control de la asistencia diaria del personal

- Llevar el control del avance diario de trabajo y entregarlo quincenalmente al sobrestante.

- Llevar el control de la herramienta y solicitar la reposición de la misma al sobrestante, cuando ello sea necesario.

- Solicitar los materiales necesarios para el desarrollo de su trabajo al sobrestante.

- Si hay vehículo rentado para transporte de la cuadrilla, llevar el reporte diario del uso del mismo, y entregarlo quincenalmente al sobrestante.

i) Procedimiento para entrega -recepción de caminos e integración de cuadrillas.

Cuando la Residencia de Construcción termina un camino, se elabora el acta de entrega-recepción, en donde aparecen las características del mismo y su croquis de ubicación, posteriormente recorren el camino el residente de construcción y el de conservación para verificar físicamente las condiciones en que se encuentra el tramo, se hacen las observaciones pertinentes asentándolas en el acta y si procede se recibe el camino, para incluirlo en los programas de conservación.

Inmediatamente después se promueve por parte de la S.C.T la integración de un comité pro-conservación del camino referido, pudiendo continuar el antiguo comité pro-construcción, que-

se formó cuando se iniciaron los trabajos. Entre las funciones -- que tiene el comité pro-conservación está el proporcionar la fuerza de trabajo, reclutando elementos de las poblaciones que toca el camino. Otra de sus atribuciones es conseguir los permisos correspondientes con los propietarios de los terrenos para la explotación de bancos de materiales. Y una más, ayudar a la vigilancia del camino, reportando a la mayor brevedad posible -- a la Residencia de Conservación, los daños, o desperfectos que ocurran en el tramo.

C) Programación de la Conservación.

Existen varios criterios para programar la conservación de un camino. Por limitaciones presupuestales y por la disponibilidad de recursos financieros según la época del año (calendarización) generalmente es imposible atender el 100% de la red, -- por lo que habrá de elegir unos cuantos caminos en base al tránsito promedio diario, a la importancia de la localidad desde el punto de vista turístico según la temporada del año, por ejemplo en períodos de vacaciones conviene tener en buenas condiciones los -- caminos de acceso a las playas, balnearios, sitios de interés -- turístico etc. Igualmente, atendiendo a la actividad de la región puede necesitarse más un camino en tiempo de cosecha o de pesca etcetera.

Por otra parte hay caminos que se utilizan con la misma intensidad durante todo el año por lo que se les --

debe prestar atención permanente.

Si por disposiciones de la superioridad, el trabajo ha-- de ejecutarse empleando mano de obra (fomento de empleos) debe-- rán de programarse los trabajos para realizarse en meses de -- escasa actividad agrícola pues los trabajadores de los caminos-- rurales son en su mayoría también campesinos.

Si se trata de trabajar en obras de drenaje tales como -- alcantarillas, vados, etc., se deberán programar fuera de la -- época de lluvias.

Hay caminos con muy escaso tránsito de vehículos, pero -- que tienen mucha importancia como es el caso de los accesos a -- las antenas de microondas, a los faros, a las instalaciones de-- señalamiento marítimo, etc., por lo cual deben de ser conserva-- dos correctamente.

Es recomendable también preveer posibles daños a los ca-- minos durante la época de lluvias, que pueden consistir en de-- rrumbes, socavaciones, fallas de obras de drenaje, etc., por lo que es una buena práctica asignar una parte del presupuesto pa-- ra cubrir los gastos que ocasionen los fenómenos meteorológicos. El monto de esta asignación para obras de emergencia dependerá-- para fijarlo, de las experiencias de años anteriores.

Si los daños son de consideración, se solicitarán recursos adicionales a las oficinas centrales, si se aprueban estos recursos se programarán las obras de acuerdo con las circunstancias del caso.

D) Procedimientos de Conservación atendiendo al recurso empleado.

Los procedimientos que se siguen en conservación, en lo que se refiere al empleo de recursos como mano de obra o maquinaria, son un reflejo de aquellos que se utilizaron en la construcción del camino, aunque no siempre necesariamente, por ejemplo para construir un camino empleando mano de obra en forma intensiva:

- 1o. Tiene que ser un camino ubicado en una región en donde abunda el personal desempleado o subempleado; mismo personal que estará disponible para la conservación.
- 2o. La rasante se tiene que plegar lo más posible al terreno natural (tanto horizontal como verticalmente) para evitar los fuertes movimientos de tierra, esto dará como resultado que el camino tenga inconvenientes por pendiente, curvatura, ancho, etc., que limitan la utilización de maquinaria en su eficiencia y costeabilidad, además es difícil el acceso a la obra del equipo para la conservación.
- 3o. Generalmente la longitud de estos caminos así construidos es pequeña por lo que los volúmenes por mover son bajos, haciendo incosteable el empleo de maquinaria para -

conservación en muchos casos.

- 4o. Se organiza a los habitantes de las localidades que toca el camino creándose comités pro-construcción; esta organización se puede aprovechar al terminarse la obra transformándose a comités pro-conservación.

El mejoramiento de las características geométricas llevaría a la subutilización de estos caminos, tal como acontece a grandes tramos de carreteras troncales que se encuentran con un volumen de tránsito muy inferior al esperado.

La construcción de caminos rurales a mano con especificaciones geométricas superiores a las aplicadas, obligaría a trabajos de conservación más costosos que los actuales, a fin de garantizar la inversión efectuada en la construcción, ya que el presupuesto de conservación debe ser proporcional a la inversión destinada a la construcción.

Por otra parte, para construir un camino empleando maquinaria:

- 1o. Tiene que ser en una región en donde no hay excedente de fuerza de trabajo. Por lo tanto en la conservación se empleará básicamente equipo.

- 2o. Los volúmenes por mover son considerables (mayores de -- 3000 m³/km). Por lo que las especificaciones geométricas mejores que ello implica, permiten emplear maquinaria en forma eficiente y costeable.
- 3o. Se realiza en donde la clasificación de los materiales es muy alta, lo cual hace inoperante la utilización de herramientas de mano aún con explosivos.
- 4o. Se eligen los caminos de gran longitud, en donde cuenta la prisa por terminar. Debido a esta longitud y a las características geométricas del camino, ya es costeable y aún indispensable emplear fundamentalmente maquinaria para conservación.

A continuación se detalla lo más relevante de ambos procedimientos.

a) Conservación con mano de obra intensiva.

Herramientas utilizadas:

Los movimientos de tierra a mano se ejecutan ya sea con herramientas manuales o con herramientas mecánicas portátiles.

Herramientas manuales:

Para la excavación se utilizan en terreno blando el pico

y en terrenos más duros (rocas blandas o fisuradas) el pico, la cuña y la barra. Para la carga se utiliza la pala.

El pico es de acero (peso 3 a 5 kg) y termina en punta -- por un extremo y en el otro por un corte plano. El mango, de -- 1m de longitud aproximadamente es de madera elástica..

Para fraccionar sin explosivos las rocas fisuradas se -- utiliza una cuña de acero que se hunde en la fisura de la roca-- y sobre la que se golpea con un marro de 2 kg aproximadamente.

La barra es una palanca de acero de 1.20 m de longitud - aproximadamente que termina en un extremo por una punta y en el otro por una cuña ligeramente ensanchada. Para fragmentar la roca se introduce la punta de la cuña en las fisuras y se desprenden los pedazos apalancando.

La pala sirve para la carga de los materiales previamente aflojados.

En los terrenos muy sueltos (arena) puede servir para la extracción directa de los materiales.

El mango es recto y tiene una longitud de aproximadamente 1.20 m. La pala propiamente dicha es de acero troquelado de-

forma y dimensiones variadas (peso: 1 a 1.5 kg). La pala debe ser tanto mas grande cuanto más ligeros son los materiales por cargar, debiendo pesar la palada normal de 3.5 a 3.0 kg. La dimensión de la pala debe ser proporcional a la fuerza muscular del que la maneja.

En la carga de los materiales rocosos, los elementos que pesan más de 5 kg deben cargarse a mano.

Para la carga de ciertos materiales (balasto, piedra, -- triturada para concreto) se emplea a veces la pala de rejilla -- que es una horquilla de dientes separados de 3 a 4cm que permite clasificar los materiales según su tamaño.

Herramientas mecánicas:

Los útiles mecánicos portátiles son herramientas ligeras de aire comprimido que actúan por percusión. Se alimentan de -- aire comprimido mediante pequeños motocompresores móviles y son utilizados en obra por un solo hombre.

El martillo-pala sustituye al pico para atacar los terre nos pesados, especialmente la arcilla compacta. El rendimiento de un hombre con este útil es de cinco a diez veces el rendimiento con pico.

El martillo picador sustituye al pico, la cuña y la barra para atacar la roca fragmentada y las rocas fisuradas y permite evitar el empleo de explosivos. Se utiliza también para la demolición del concreto (martillo rompedor). Su rendimiento es muy variable según la dureza del terreno (De cinco a diez veces la de la barra).

Barrenador a gasolina portátil (Cobra), se utiliza para perforar barrenos para explotación de pequeños volúmenes de roca. Para "moneo" de roca en extracción de derrumbes, etc.

Su rendimiento depende de la dureza de las rocas.

El empleo de mano de obra intensiva en la conservación - de los caminos depende también, desde luego, de la naturaleza - de los trabajos por ejecutar.

Entre los conceptos susceptibles de desarrollarse a mano económicamente tenemos los siguientes:

I. Superficie de rodamiento:

1. Renivelaciones
2. Bacheo
3. Remoción de derrumbes pequeños.

II. Drenaje: (Casi todos los conceptos.)

1. Desazolve de cunetas.
2. Desazolve de contracunetas.
3. Construcción de contracunetas.
4. Reposición de cunetas.
5. Recubrimiento de contracunetas.
6. Recubrimiento de cunetas.
7. Construcción y/o reparación de lavaderos.
8. Desazolve de alcantarillas.
9. Reparación de alcantarillas.
10. Reparación de zampeados.
11. Construcción de zampeados.

III. Taludes.

1. Estabilización de taludes.
2. Construcción y/o reparación de muros.
3. Relleno de deslaves pequeños.

IV Zonas laterales:

1. Deshierbe
2. Desmonte

V Señalamiento:

1. Reparación de señales en el lugar.
2. Colocación de señales.
3. Fabricación y colocación de fantasmas.
4. Fabricación y colocación de postes de kilometraje.
5. Pintura de puentes.

b) Conservación con maquinaria:

Si se cuenta con la autorización y los recursos financieros correspondientes, la utilización de equipo de construcción en la Conservación de estos caminos dependerá entre otras cosas de los siguiente:

- De la disponibilidad del equipo adecuado en la región-

y/o la factibilidad de transportarlo al sitio de la obra, ya -- que en ocasiones es antieconómico trasladar equipo a lugares de difícil acceso.

- La magnitud de los trabajos por ejecutar.

El equipo que se utiliza con mayor frecuencia es el que se menciona a continuación:

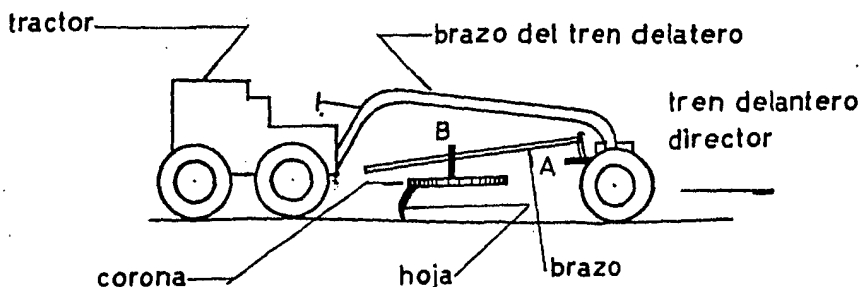
Motoconformadora	Del tipo cat 120 de 125 H.P. para -- rastreos, tendido de material de -- revestimiento, limpieza de zonas la-- terales, desviaciones, escarifica-- ción, mezcla de materiales, etc.
Tractor	El más utilizado es el tipo Cat D-4 de 75 H.P. por su tamaño y peso, se utiliza para la extracción de mate-- riales, formación de terraplenes, -- remoción de derrumbes en cortes, ex-- cavaciones para obras de drenaje, -- etc.
Cargadores	De orugas tipo Cat 955L de 130 H.P. ó, de ruedas del tipo 950 de 130 -- H.P., para carga de material de re--

- vestimiento, arena, grava o piedrasuelta, así como también se le utiliza en la extracción de derrumbes.
- Camiones de volteo De 6 m³ para acarrees de material -- de revestimiento, piedra, arena, -- etc.
- Camiones de redilas De 3 a 10 ton para transporte de cemento, madera, herramienta; se utilizan también para transportar a -- las cuadrillas de trabajadores a -- los frentes de trabajo.
- Tractor agrícola con cucharón cargador. De 80 H.P., se utiliza para carga -- de pequeños volúmenes de material -- de revestimiento, grava, arena, etc
- Bomba para agua Centrífuga de 4" o 2" (114 m³/hr. ó 45 m³/hr.) se utilizan en la reparación o construcción de obras de drenaje, para cargar agua para terrazas, etc.
- Revolvedora De 1 saco. Se utiliza en la fabri--

cación de concreto para la reparación de obras de drenaje.

Comunmente no se cuenta con equipo suficiente en las residencias de conservación para desarrollar los trabajos normales, ni mucho menos para afrontar las situaciones de emergencia por lo que debe recurrirse al equipo rentado, este equipo se alquila generalmente por horas. Hay que tener también en cuenta los costos por traslado de equipo, veladores que se deben dejar al cuidado de las máquinas en el campo, abastecimiento de combustible en la obra, lubricantes, traslado de operadores, servicio a las máquinas, etc.

MOTOCONFORMADORA:



- La motoconformadora está constituida por un tractor de cuatro ruedas que lleva un largo brazo anterior que descansa sobre un tren delantero de dos ruedas de dirección manejadas desde el tractor. Todas las ruedas son inclinables sobre sus ejes, lo que permite a la máquina desplazarse sobre terrenos de grandes desniveles transversales.

Al tren delantero se articula un segundo brazo (eje A) - sostenido y mandado en el otro extremo por dos gatos situados a uno y otro lado del brazo del tren delantero, brazo que lleva - una corona con rotación total alrededor de un eje vertical B, a la que se fija una hoja niveladora, cuyo ángulo de ataque puede modificarse según la naturaleza del trabajo a efectuar.

Los movimientos de los diversos órganos de la máquina, - mandados hidráulicamente en su totalidad, permiten orientar la - cuchilla respecto al eje de marcha de la máquina formando un án - gulo cualquiera, así como sacarla a la derecha o a la izquierda dándole una inclinación que puede llegar hasta la vertical.

La motoconformadora permite: extender y nivelar materia- les sueltos; excavar las cunetas de una carretera llevando los- materiales extraídos hacia el eje de la carretera después de ni- velarlos, regularizar los taludes de una excavación, nivelando- los materiales extraídos sobre el fondo, limpiar las cunetas de- positando el material afuera del camino. Las motoconformadoras- medias no resisten el trabajo con materiales de granulometría - gruesa. En tal caso se puede: extender una nueva capa de granu- lometría conveniente, arrancar mediante escarificador y elimi- - nar los elementos demasiado gruesos mediante rastrillos para ro- ca.

La longitud de las cuchillas de las motoconformadoras --

varía de 3 a 4.20 m y la potencia del tractor de 33 H.P., a ---
150 H.P., según las dimensiones de la máquina.

CARACTERISTICAS

peso kg	potencia del motor H.P.	longitud mm	número de ejes	ancho de la hoja mm	vel. máx. de marcha km/hr.
4000	33	5700	2	2400	20
5000	50	6150	3	3000	40
7000	65	7600	3	3600	46
11600	90	8000	3	3600	30
12500	125	8100	3	3600	43
13750	150	8300	3	4000	34

TRACTOR (ó Bulldozer):

El bulldozer es una pala niveladora nontada sobre un ---
tractor de orugas.

El útil del movimiento de tierras es una cuchilla soportada por dos brazos articulados que puede hacerse bajar o subir mediante un mecanismo hidráulico.

Si la hoja está en su posición inferior, la máquina excava tierra con una profundidad de corte de 20 cm a 30 cm. Poniendo la hoja en posición intermedia se pueden extender montones de material en capas de espesor de 20 cm a 30 cm. La posición alta es una posición de transporte (altura de la cuchilla sobre el suelo de 0.75 m a 1.0 m.) En ciertas máquinas la cuchilla es inclinable girando alrededor de articulaciones horizontales, movimiento que se regula mediante brazos empujadores hidráulicos.

La potencia varía de 75 H.P., a cerca de 400 H.P. La longitud de la hoja es de 2.50 m a 5.0 m según las dimensiones de la máquina.

La hoja anguladora o "angledozer" sirve para extender montones de material suelto dejándolos a un lado.

El tractor permite además de la excavación a pequeña profundidad el arrancado de raíces.

Los movimientos de tierra con tractor son rentables hasta una distancia de 50 m aproximadamente.

Su rendimiento puede estimarse, a grosso modo, de la forma siguiente:

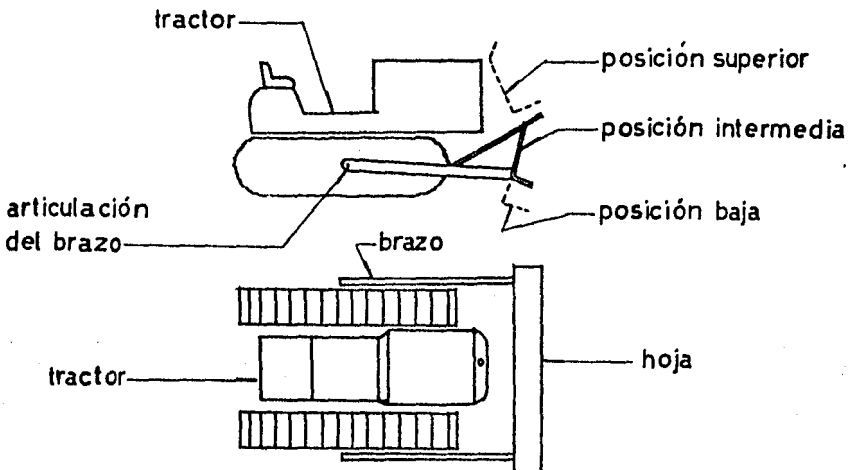
a 15 m : $2/3 \text{ m}^3$ por H.P./hr.

a 50 m : $1/3 \text{ m}^3$ por H.P./hr.

CARACTERISTICAS:

Potencia del motor en H.P.	Peso total (kg)	Ancho de la hoja (mm).
75	7000	2600
100	11000	3500
160	18000	4000
250	27000	4500
425	37000	5000

TRACTOR: (ó bulldozer)



CAPITULO IV

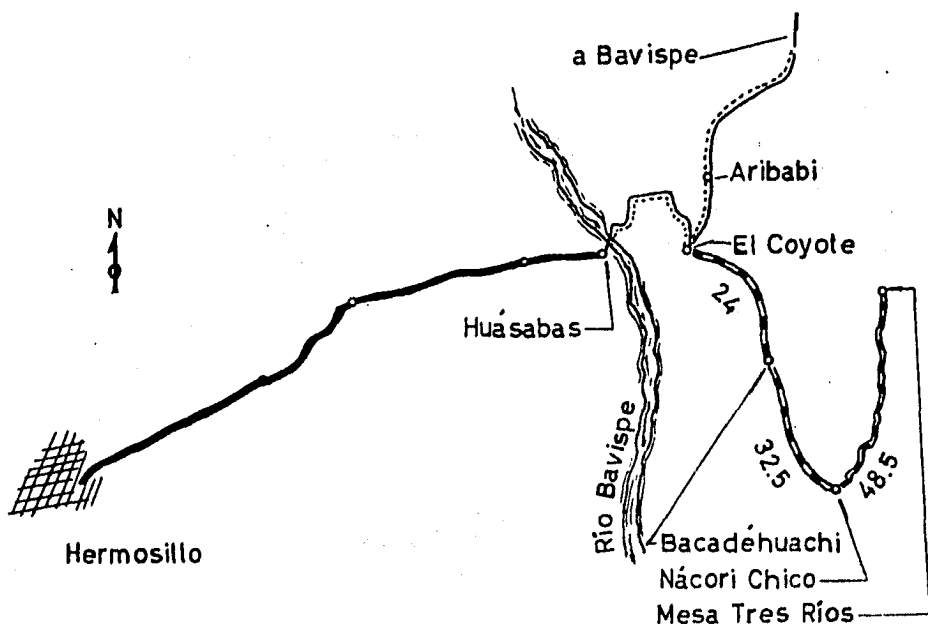
ESTUDIO DE UN CASO PARTICULAR:

A) Introducción.

Se estudiará el camino: El Coyote - Bacadéhuachi - Nácori Chico - Mesa Tres Ríos.

Este camino está localizado al NE de Hermosillo en el estado de Chihuahua. El clima es cálido y seco, con condiciones pluviales de medias a bajas. (menos de 500 mm al año).

El acceso al inicio del tramo es como sigue:



A partir de Hermosillo sobre la carretera Hermosillo - Huásabas se recorren 244 km de camino pavimentado; aquí termina el pavimento y se tiene que cruzar el río Bavispe, ya sea vadeándolo si es temporada de secas o por medio de una panga o chalán si lleva suficiente agua el Rfo. Si lleva poca agua, la panga no puede navegar, ni los vehículos pueden cruzar y el paso se interrumpe.

A partir de aquí se tiene una brecha con superficie de rodamiento del terreno natural que empieza a ascender la zona serrana, es de un ancho de corona irregular variando de 4 a 6 m, pero la mayoría del tramo tiene un solo carril por lo que al encontrarse dos vehículos en sentido contrario tiene que retroceder alguno de los dos para darle paso al otro, por carecer de suficientes libraderos.

Esta brecha no tiene cunetas ni otras obras de drenaje - excepto algunos lavaderos en las intersecciones con escurrimientos superficiales, y con las lluvias hay fuertes derrumbes, está localizada por la ladera de la montaña teniendo una elevación con respecto al fondo de unos 300 m.

Estando húmeda es muy peligrosa por lo angosto y resbaladizo de la superficie de rodamiento.

Su pendiente máxima es de 8% y tiene curvas bastante pro

nunciadas que obliga a los vehículos largos a efectuar varias -
maniobras para virar.

La longitud de esta brecha es de 34 km. Se llega a El
Coyote que es el inicio del tramo objeto de este estudio.

El recorrido de Hermosillo a El Coyote se hace en cinco
horas a una velocidad promedio de 60 km/hr.

El Coyote es una intersección de los caminos El Coyote-
Bavispe y El Coyote Mesa Tres Ríos.

Las poblaciones comunicadas por el camino que nos ocupa
son:

Bacadéhuachi (cabecera municipal)	2000 habitantes
Nácori Chico: (cabecera municipal)	3250 "
Mesa Tres Ríos - - - - -)	1200 "

Condiciones socioeconómicas de la región:

En Bacadéhuachi destaca la ganadería, se comienza a ex--
plotar un yacimiento de NaSO_4 . Existe un aserradero que produ-
ce madera de pino, se explota la apicultura, se está construyen
do una presa sobre el arroyo Bacadéhuachi con una capacidad de
 $7'160,000 \text{ m}^3$ para irrigar 900 ha. Hay un manantial de aguas --

termales en las cercanías de la población, con posibilidades de futuro aprovechamiento turístico.

Las temporadas de más afluencia al pueblo son: durante la Semana Santa y en la fiesta anual el 8 de septiembre, fechas en que llegan visitantes de la capital del estado y de otros lugares; - el resto del año el camino lo transitan principalmente camiones ganaderos.

Esta población cuenta con agua potable, electricidad oficina de correos, telégrafos, escuela primaria y secundaria, centro de salud.

Un camión de pasajeros viaja cada tercer día a Hermosillo Tiene pista de aterrizaje para avionetas.

La actividad principal de Nácori Chico es también la ganadería, se está terminando de construir un sistema de pequeña irrigación para 1500 ha que cuenta con una presa de 2'500,000 m³ sobre el Río Nácori, también hay en las cercanías un manantial de aguas termales que puede tener futuro turístico. La apicultura es una actividad importante. La época de Semana Santa y el 30 de agosto que es la fiesta anual, es cuando hay mayor número de visitantes.

Cuenta este pueblo con agua potable, electricidad, oficina

de correos, escuela primaria y secundaria, centro de salud, gasolinería y un taller mecánico automotriz.

Se comunica a Hermosillo con el camión de pasajeros que pasa por Bacadéhuachi. Tiene pista de aterrizaje para avionetas.

Mesa Tres Ríos es una pequeña localidad que pertenece a Nácori Chico su principal actividad es la forestal, actualmente casi toda la producción maderera en rollo sale a los aserraderos de Chihuahua. Se produce también aquí manzana, durazno y miel de abeja.

No hay electricidad, cuenta con agua potable y escuela primaria, no existe transporte público de pasajeros. Se transita poco el camino hacia Nácori, la mayor parte de los intercambios comerciales son hacia Chihuahua. Tiene pista de aterrizaje para avionetas.

B) Problemática.

La forma en que se contruyó este camino de 105 km de longitud consta de varias fases:

El tramo El Coyote - Bacadéhuachi de 24 km de longitud fue construído por la J.L.C. del estado por medio de obra de ma

no, por lo que el camino se pliega al relieve sin que existan -- fuertes cortes o terraplenes, el tramo va por lomerío suave, -- (pendiente máxima 6%), tiene un ancho de calzada irregular con un promedio de 5.50 m. La superficie de rodamiento está revestida del km 0 + 000 al km 12+500 con un material calichoso proveniente de un banco ubicado en el km 3 + 000 con 100 m d.d.

Del km 12 + 500 al km 24 + 000 no requiere revestimiento, únicamente se ha mejorado la superficie en tramos aislados mediante la adición de arena proveniente de arroyos que cruza el camino para estabilizarla.

Los pequeños escurrimientos los salva el camino por medio de alcantarillas tubulares de lámina galvanizada calibre 14 de 0.90 m de diámetro, y por medio de vados de mampostería. En corrientes más pequeñas se protege el camino aguas abajo del -- cruce de un dentellón de mampostería para prevenir la socavación del terraplén.

El camino cuenta con postes de concreto para kilometraje colocados a cada 5 km y señalamiento informativo.

Los problemas de conservación son aquí principalmente:

- refinamiento de la superficie de rodamiento
- recargue de revestimiento

- desazolve de cunetas.
- desazolve de alcantarillas.
- construcción y/o reparación de lavaderos.
- reparación de alcantarillas.
- acondicionamiento de accesos a las alcantarillas.
- construcción de zampeados.
- relleno de deslaves.
- deshierbe, para mejorar la visibilidad sobre todo en las curvas.
- reparación de señales en el lugar.

Tramo: Bacadéhuachi-Nácori Chico. de 32.5 km de longitud.

Inmediatamente al salir de la población (Bacadéhuachi) en el km 24 + 100 hacia Nácori se tiene que cruzar el arroyo - Bacadéhuachi, teniendo una longitud él cruce de 150 m por el - eje del camino, sobre un lecho grovoarenoso; en temporada - de lluvias es necesario remolcar a los vehículos atascados con un tractor agrícola, quedando interrumpida la comunicación por varios días en algunas ocasiones, se requiere construir un vado.

Del km 24 + 100 a Nácori Chico se localiza el camino -- por lomerío fuerte sobre terreno en su mayoría de alta clasificación.

Este tramo fué construído a máquina aunque evitando también fuertes volúmenes en cortes y terraplenes con un ancho de 4.60 m, pero recientemente se amplió la sección hasta el km 33 + 000 teniendo en este subtramo un ancho de 6.50 m.

Del km 33 + 000 al km 56 + 500 tiene un ancho de calzada promedio de 4.60 m no tiene cunetas, ni contracunetas, los escurrimientos se libran por medio de alcantarillas tubulares - metálicas de 0.90 m de diámetro y pequeños vados de mampostería.

La pendiente máxima es de 8%.

La superficie de rodamiento es el terreno natural en su mayor parte rocoso.

Los principales problemas de conservación en este tramo son:

- reaafinamiento
- bacheo
- remoción de derrumbes
- desazolve de cunetas (del km 24 + 100 al km 30 + 000)
- construcción de contracunetas.
- reposición de cunetas
- construcción y/o reparación de lavaderos
- desazolve de alcantarillas.

- acondicionamiento de acceso a las alcantarillas.
- reparación de zampeados.
- construcción de zampeados
- afinamiento de taludes
- recargue en taludes de terraplén
- relleno de deslaves
- reparación de señales en el lugar.

Tramo Nácori-Mesa Tres Ríos de 48,5 Km de longitud.

El procedimiento de construcción de este tramo fue empleando maquinaria a través de empresas constructoras contratistas. Se siguieron las especificaciones de la Dirección General de Caminos Rurales, el ancho de calzada es de 6.00 m uniforme, está revestido todo el tramo con una capa de 10 cm de espesor de roca fragmentada, tiene cunetas y alcantarillas de tubo metálico de 0.90 m de diámetro y vados de concreto simple.

Está localizado en zona montañosa con pendiente hasta de 10% y grado de curvatura 11°.

Los problemas principales de conservación de este tramo son:

- reafinamiento
- remoción de derrumbes

- desazolve de cunetas
- construcción de contracunetas
- reposición de cunetas.
- construcción y/o reparación de lavaderos.
- desazolve de alcantarillas
- reparación de alcantarillas
- acondicionamiento de acceso a las alcantarillas.
- reparación de zampeados
- afinamiento de taludes
- recargue en taludes de terraplén
- relleno de deslaves
- deshierbe
- colocación de señales.

C) Métodos de Conservación Propuestos.

Aunque la población de Bacadéhuachi es pequeña, se cuenta con personal del lugar para ejecutar los trabajos de conservación tanto del tramo El Coyote-Bacadéhuachi, como del tramo Bacadéhuachi-Moori Chico, en Bacadéhuachi se tiene una cuadrilla de conservación al mando de un cabo que atiende los dos tramos.

Todas las actividades se realizan empleando mano de obra, excepto los recargues de revestimiento y el reafinamiento el cual se hace con motoconformadora dos veces al año.

Los recargues de revestimiento por su costo no se realizan con la frecuencia deseada. Se efectúan empleando el siguiente equipo: tractor para extracción del material y disgregado -- cargador frontal, camiones de volteo para los acarrees, motoconformadoras.

Cuando se presentan derrumbes fuertes es necesario aprovechar las máquinas que haya en las cercanías para la extracción por lo difícil que es trasladarlas desde otros lugares ya -- que aquí no hay acceso para camas-bajas y los tractores deben -- transitarse por sí solos hasta las obras.

El T.D.P.A. es de 85 vehículos para estos dos primeros -- tramos.

Cuando no es posible conseguir una máquina para la extracción de derrumbes se tiene que recurrir a los explosivos para -- monear las rocas grandes y proceder a retirarlas del camino en -- carretillas.

En el tramo Bacadéhuachi-Nácori Chico una de las principales actividades que deben hacerse es revestir la superficie -- de rodamiento, que es de naturaleza rocosa, para impedir que se -- dañen las llantas de los vehículos con las protuberancias del -- camino, esto se tiene que hacer cada vez que pasa la temporada-

de lluvias pues debido a las pendientes del camino y a la carencia de drenaje longitudinal en la mayor parte del tramo todo el material es arrastrado dejando aflorar la roca.

En este tramo se emplea exclusivamente mano de obra para ejecutar todos los conceptos de conservación, incluyendo los recargues de revestimiento pues los volúmenes son pequeños debido a que únicamente se deposita material en las cuestas.

Cuando se acumula el trabajo, eventualmente funciona otra cuadrilla en Nácari Chico a cargo de un cabo del lugar que atiende este tramo.

En el tramo Nácari Chico-Mesa tres Ríos todas las actividades, excepto el refinamiento que se hace con motoconformadora se realizan a mano, lo lejano de este tramo impide que se utilice siempre maquinaria para extracción de derrumbes, recargue en taludes de terraplén y relleno de deslaves en donde podría utilizarse, sin embargo, si se emplea equipo si los volúmenes lo justifican y no es económico hacer los trabajos con gente, como este tramo aún es poco transitado (T.D.P.A. = 10) una obstrucción por derrumbes mientras se trasladan las máquinas no perjudica tanto como en los dos anteriores.

Cuando se trabaja en el tramo Nácari Chico- Mesa Tres -

Ríos con gente, es necesario acampar en el sitio de la obra para economizar tiempo en traslados, sobre todo si se labora cerca de la Mesa Tres Ríos, en este último lugar no hay gente para ocuparse en el camino, toda se tiene que transportar desde Nácori.

Se tienen que hacer las siguientes provisiones, entre -- otras, para trabajar en estos caminos:

a) con equipo:

- dotación suficiente de combustible para las máquinas - teniendo depósitos en lugares estratégicos.
- dotación de gasolina para vehículos ligeros. En estas regiones se vende este combustible hasta un 100% más - caro que en Hermosillo.
- dotación de grasa, aceites, filtros, cámaras, llantas- acumuladores y refacciones menores para que no se interrumpa la obra por falta de elementos.
- servicio a las máquinas (hay que realizar cambios más- frecuentes de filtros porque se trabaja en medios pol- vosos, con combustible sucio porque se transporta gene- ralmente en tambores de lámina de 200 l. que se oxidan por dentro desprendiendo impurezas).
- es necesario contar con un equipo de radiocomunicación para casos de emergencia.
- Tiene que emplearse de preferencia equipo que se en---

- cuentre en la región por lo difícil, lento, y costoso-
del traslado de máquinas desde grandes distancias.
- contar con facilidades para alojamiento y alimentación para los operadores de máquinas, generalmente no -- residentes en el lugar, en los poblados cercanos; o si es necesario en campamentos, hay que tener además una persona que prepare los alimentos.
 - facilitar el traslado de los operadores a los frentes- de trabajo y regreso al lugar de alojamiento.
 - es necesario dejar velador para el cuidado del equipo.

b) con gente:

- dar facilidades de traslado a la cuadrilla diariamente al poblado más cercano, o facilidades de campamento -- y comida en la obra.
- formulación oportuna de las listas de raya y avances -- para su trámite en las oficinas de la Residencia y pagar puntualmente.
- abastecimiento oportuno de materiales y herramientas - (cemento, madera, tubería, palas, picos, etc.) para -- evitar retrasos en la obra.
- instalar una bodega de materiales en la obra atendida- por un bodeguero
- tener equipo de primeros auxilios y hacer que se tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes de-

trabajo.

- considerar además de los días festivos tradicionales -
en los cuales no se trabaja, las fiestas de cada pue--
blo que en ocasiones se prolongan por varios días y -
provocan ausentismo en las obras.

CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se puede llegar son las que se mencionan a continuación:

- Es importante conservar los caminos rurales, tanto para garantizar que la inversión realizada al construirlos no se pierda, como para lograr que cumplan óptimamente su función que es la de contribuir a la integración nacional.
- Los dos procedimientos de conservación opuestos de emplear intensivamente mano de obra o de emplear maquinaria no se excluyen totalmente uno al otro sino que deben complementarse cuando así lo requieran las características de la obra.
- En los países industrializados, en donde la mano de obra es cada vez más cara y escasa se diseña y fabrica maquinaria para substituir al trabajador humano, llegando ya al caso de utilizar "robots" electrónicos para controlar máquinas que construyen automóviles, en países subdesarrollados, como el nuestro en donde la mano de obra es abundante y desempleada o subempleada y en donde los bienes de capital son cada vez más costosos es importante evitar la salida de divisas y la dependencia tecnológica que crea --

el utilizar equipo mecánico importado, por lo que sería deseable que las empresas nacionales fabricaran un equipo intermedio para ayudar al trabajador a realizar sus tareas y no para substituirlo; dicho equipo intermedio para caminos podría tener utilización en otro tipo de obras en el medio rural, tales como represas, bordos, canalizaciones, conservación de suelos, etc.

- El presupuesto de conservación debe ser proporcional a la inversión destinada a la construcción, para poder mantener el camino con las características del proyecto original y aún mejorarlas cuando ello se requiera.
- No es posible establecer un método general para la conservación de caminos rurales, por la gran diversidad de características que ellos poseen. Tiene que analizarse cada caso para determinar los procedimientos de trabajo que se han de seguir.

- de Carreteras.
- 9) Suarez Salazar Costo y Tiempo en Edificaci-
ón. LIMUSA WILEY.
- 10) Juárez Badillo, Rico --
Rodríguez Fundamentos de la Mecánica -
de Suelos LIMUSA.
- 11) Juárez Badillo Rico -
Rodríguez Mecánica de Suelos Tomo II -
Teoría y Aplicaciones de la
Mecánica de Suelos, LIMUSA.
- 12) Juárez Badillo Rico
Rodríguez. Mecánica de Suelos Tomo III-
Flujo de Agua en Suelos. ---
LIMUSA.
- 13) Maza A.J.A. Socavación en Cauces Natura-
les. Instituto de Ingeniería-
y S.O.P.
- 14) Springall Cauces Estables
Instituto de Ingeniería UNAM
- 15) Etcharren G. René Caminos Alimentadores
Representaciones y Servicios
de Ingeniería. Asociación Me
xicana de Caminos.
- 16) Galabru Paul Equipement général des chan-
tiers et terrassements. ----
EYROLLES, París.

- 17) S.C.T. Especificaciones Generales =
de Construcción.
- 18) X Congreso Nacional de Influencia Socioeconómica --
Ingeniería Civil de las carreteras y caminos-
de mano de obra.
Colegio de Ingenieros Civi--
les de México, A.C.
- 19) S.O.P. Instructivo de Campo para la
determinación del tipo de al
cantarilla.
- 20) Oglesby H. Clarkson Ingeniería de Carreteras.
Hewes I. Laurence .CECSA
- 21) Hever Gubany Hinrischsen Maquinaria para la Construc-
ción. BLUME
- 22) Xelhuantzi Avila Rafael Hidráulica en cruces carrete
ros. Facultad de Ingeniería
UNAM.
- 23) EcheGARAY del Solar M. Prontuario de la Asignatura-
Enrique. de Pavimentos.
STUDIUM. Lima Perú.
- 24) González Hermosillo Pavimentos de caminos y aero
pistas. (apuntes).
- 25) S.C.T. Normas de Servicios Técnicos
proyecto geométrico, carrete
ras.