

PN-AAN-255

ISBN-24992

18-D

LLO

TRANSPORTE PARA PAISES EN RECONSTRUCCION

APOYO DE TECNOLOGIA

TRANSPORTATION BOARD  
NATIONAL TRANSPORTATION



## COMITE DIRECTIVO DEL PROYECTO

KERMIT L. BERGSTRALH, *Bergstralh Associates, Inc.*, presidente  
G. A. EDMONDS, *International Labor Office (coordinador del ILO)*  
CLELL G. HARRAL, *International Bank for Reconstruction and Development (coordinador del BIRF)*  
WILLIAM G. HARRINGTON, *Maricopa County Highway Department, Arizona*  
R. H. HICKS, *Oregon State University*  
W. RONALD HUDSON, *University of Texas, en Austin*  
LYNNE H. IRWIN, *Cornell University*  
WILLIAM C. LaBAUGH, JR., *Daniel, Mann, Johnson and Mendenhall*  
MELVIN B. LARSEN, *Illinois Department of Transportation*  
VOYCE J. MACK, *U.S. Department of Transportation (coordinador del DOT)*  
RAY MILLARD, *International Bank for Reconstruction and Development (coordinador del PIARC)*  
WILBUR J. MORIN, *Lyon Associates, Inc.*  
CLARKSON H. OGLESBY, *Stanford, California*  
ADRIAN PELZNER, *U.S. Forest Service*  
GEORGE W. RING, III, *Federal Highway Administration (coordinador del FHVA)*  
EDWARD C. SULLIVAN, *Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley*  
PETER H. THORMANN, *U.S. Agency for International Development (coordinador de la AID)*  
W. G. WILSON, *International Road Federation (coordinador de la IRF)*  
ELDON J. YODER, *Purdue University*  
JOHN P. ZEDALIS, *U.S. Agency for International Development (coordinador de la AID)*

## PERSONAL EJECUTIVO Y COORDINADOR DEL PROYECTO

PAUL E. IRICK, *Sub-Director para Actividades Técnicas Especiales, TRB*  
LLOYD R. CROWTHER, *Ingeniero de Proyecto, TRB*  
H. STANLEY SCHOFER, *Gerente, Desarrollo y Operaciones de Sistemas de Información, TRB*  
JOHN W. GUINNEE, *Ingeniero de Suelos, Geología y Fundaciones, TRB (coordinador de la División A)*  
THOMAS L. COPAS, *Ingeniero de Proyecto, TRB (coordinador del NCHRP)*  
VICTOR RABINOWITCH, *Comisión de Relaciones Internacionales, National Research Council (coordinador del NRC)*  
MARY SECOY, *Asistente Administrativa, TRB*  
JUDITH L. FAULS, *Secretaria del Proyecto, TRB*  
JO UNCAPHER, *Editora (versión en inglés)*  
LUIS VERA-BARANDIARAN, *Traductor (versión en español)*

## CONSULTOR DE LA SINTESIS

DONALD R. PARK, *Trout Creek, Montana*

El Transportation Research Board (TRB) es una agencia del National Research Council, que sirve a la National Academy of Sciences y a la National Academy of Engineering. El propósito del TRB es estimular la investigación relacionada con la naturaleza y funcionamiento de los sistemas de transporte, diseminar la información producida por la investigación y alentar la aplicación de los resultados pertinentes de la investigación. El programa del TRB es desarrollado por más de 150 comités y equipos de trabajo compuestos por más de 1800 administradores, ingenieros, expertos en ciencias sociales y educadores que sirven sin retribución económica. El programa está patrocinado por los organismos estatales de transportes y carreteras, por el U.S. Department of Transportation y por otros organismos interesados en el desarrollo del transporte.

El Transportation Research Board opera dentro de la Commission on Sociotechnical Systems del National Research Council (NRC). El NRC fué organizado en 1916 a solicitud del Presidente Woodrow Wilson, como una agencia de la National Academy of Sciences (NAS) para permitir que la extensa comunidad de científicos e ingenieros aune sus esfuerzos con los de los miembros de la NAS. Los miembros del NRC son nombrados por el presidente de la NAS y seleccionados dentro de las organizaciones académicas, industriales y gubernamentales de todos los Estados Unidos de N.A.

La National Academy of Sciences fué establecida mediante un decreto de constitución del Congreso, firmado por el Presidente Abraham Lincoln el 3 de Mayo de 1863, para fomentar la ciencia y su uso para el bienestar general, reuniendo a las personas más calificadas para tratar problemas científicos y tecnológicos de importancia general. Es una organización privada y honorífica formada por más de 1000 científicos elegidos sobre la base de contribuciones relevantes al conocimiento y está financiada con fondos privados y públicos. Bajo los términos de la carta constitucional del Congreso, la NAS tiene la obligación de actuar como asesor oficial — aunque independiente — del gobierno federal, en cualquier aspecto relacionado con la ciencia y la tecnología, aunque no es un organismo gubernamental y sus actividades no están limitadas a actuar en respaldo del gobierno.

Para compartir su tarea de desarrollar la ciencia y la técnica y asesorar al gobierno federal, se estableció el 5 de Diciembre de 1964 la National Academy of Engineering, dentro de los alcances del decreto de organización de la National Academy of Sciences. Sus actividades asesoras están íntimamente coordinadas con las de la National Academy of Sciences, pero es independiente y autónoma en su organización y en la elección de sus miembros.

APOYO DE TECNOLOGIA DE TRANSPORTE  
PARA PAISES EN DESARROLLO

SINTESIS 1

**Conservacion de  
caminos sin pavimentar**

preparado bajo el contrato AID/OTR-C-1591, proyecto 931-1116,  
U.S. Agency for International Development

Transportation Research Board  
Commission on Sociotechnical Systems  
National Research Council

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

WASHINGTON, D.C.

1979

**Catalogado en la Biblioteca del Congreso bajo las referencias de publicación:**

National Research Council. Transportation Research Board.  
Conservación de caminos sin pavimentar.

(Apoyo de Tecnología de Transporte para Países en Desarrollo;  
Síntesis; 1)

"Preparado bajo el contrato AID/OTR-C-1591".

Bibliografía: p.

I. Underdeveloped areas-Roads-Maintenance and repair.  
I. United States. Agency for International Development. II. Title. III.  
Series.

TE220.N37 1979a 625.7'4'028 79-24129  
ISBN 0-309-02966-X

**Nota**

El proyecto a que se refiere este informe fué aprobado por el Consejo Directivo del National Research Council, cuyos miembros fueron seleccionados entre los consejeros de la National Academy of Sciences, la National Academy of Engineering y el Institute of Medicine. Los miembros del comité responsable del informe fueron escogidos en base a su extraordinaria capacidad y observando un equilibrio adecuado.

El informe ha sido revisado por un grupo aparte de los autores, de acuerdo a procedimientos aprobados por un Comité de Revisión del Informe, compuesto por miembros de la National Academy of Sciences, la National Academy of Engineering y el Institute of Medicine.

**Foto de la carátula: Conservación de cunetas (Ghana).**



---

# Indice

<b>DESCRIPCION DEL PROYECTO</b> .....	v
<b>PREFACIO Y AGRADECIMIENTOS</b> .....	vi
<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO I. VISION GENERAL DE LOS PROBLEMAS</b> .....	3
Sistemas de trabajo con mano de obra intensiva	
Conservación	
Trabajos fuera del sistema vial	
Caminos difíciles de conservar	
Disponibilidad de equipo	
Control de calidad de materiales	
Programas y presupuestos de obra	
Fondos de conservación	
Entrenamiento de personal	
Sistemas administrativos	
<b>CAPITULO II. OPERACIONES TÍPICAS DE CONSERVACION</b> .....	6
Terminología de conservación	
Conservación de la superficie	
Conservación del drenaje	
Conservación de las áreas laterales	
Conservación de los servicios de tráfico	
Mantenimiento del equipo	
Rehabilitación y mejoramiento	
<b>CAPITULO III. CUADRO ORGANIZATIVO</b> .....	8
Organización general	
Organización del plantel central	
Organización departamental	
Organización del personal obrero	
Organización del equipo	
Relaciones organizativas	
<b>CAPITULO IV. SISTEMAS ADMINISTRATIVOS</b> .....	14
Definición de la actividad de trabajo	
Clasificación del sistema vial	
Inventario vial	
Normas del nivel de servicio	
Normas de ejecución del trabajo	
Programas anuales de trabajo	
Requerimientos de recursos	
Presupuesto de obra	
Autorización y programación de la obra	
Informe y control del trabajo	
Manuales y entrenamiento	
<b>CAPITULO V. UTILIZACION DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS</b> .....	26
Consideraciones de mecanización	
Herramientas manuales y equipos pequeños	
Equipo pesado	

<b>CAPITULO VI. METODOS DE TRABAJOS DE CONSERVACION</b>	<b>.... 33</b>
Conservación de la superficie	
Drenaje	
Conservación de las areas laterales	
Conservación de puentes	
Conservación de servicios de tráfico	
Rehabilitación y mejpramiento	
<b>REFERENCIAS SELECCIONADAS</b>	<b>..... 51</b>

---

# Descripción del proyecto

El desarrollo de la agricultura, la distribución de alimentos, la provisión de servicios de sanidad y el acceso a la información por medio de servicios educacionales y otras formas de comunicación en las regiones rurales de países en desarrollo, dependen en gran parte de los servicios de transporte. Aunque los servicios ferroviarios y acuáticos juegan un rol importante en ciertas áreas, existe una necesidad dominante y universal por sistemas de transporte que proporcionen un medio seguro y relativamente económico para el movimiento de personas y productos. Gran parte de esta necesidad se relaciona con los caminos de bajo volumen, que son recorridos generalmente por unos 5 a 10 vehículos diarios y que muy pocas veces llegan a 400 vehículos por día.

El planeamiento, diseño, construcción y conservación de caminos de bajo volumen para regiones rurales de países en desarrollo, pueden mejorar sustancialmente con respecto a su economía, calidad y rendimiento, mediante el uso de la tecnología existente sobre caminos de bajo volumen que se encuentra disponible en muchas partes del mundo.

En Octubre de 1977, el Transportation Research Board (TRB) inició este proyecto especial, que durará unos tres años, bajo el patrocinio de la U.S. Agency for International Development (AID), para mejorar el transporte rural en los países en desarrollo, proporcionando un mayor acceso a la información existente sobre planeamiento, diseño, construcción y conservación de caminos de bajo volumen. Con el consejo y guía de un comité de iniciativas del proyecto, el TRB define, produce y transmite los productos informativos a través de una red de corresponsales que residen en los países en desarrollo. Las metas generales que se lograrán como impacto final del trabajo, consisten en promover el empleo efectivo de la información existente en el desarrollo económico de la infraestructura de transporte y, de esta forma, mejorar otros aspectos del desarrollo rural en todo el mundo.

Además de la preparación y distribución de la información técnica, se consigue una interrelación con los usuarios, a través de visitas a los países, conferencias en los Estados Unidos de Norte América y en el extranjero, y otras formas de comunicación.

## COMITE DE INICIATIVAS

El Comité de Iniciativas se compone de expertos que tienen conocimiento de las características físicas y sociales de los países en desarrollo, de sus necesidades de transporte, de la tecnología actual de transporte así como experiencia en su empleo.

Las principales funciones del Comité de Iniciativas son: ayudar a determinar los usuarios y sus necesidades, definir

los tipos de informaciones que reflejen las necesidades de dichos usuarios, e identificar los recursos informativos y humanos para el desarrollo de los productos informativos. El Comité proporciona a través de sus miembros, vínculos con actividades relacionadas con el proyecto y sirve de guía para establecer relaciones recíprocas con los usuarios. En general, el Comité de Iniciativas proporciona asesoría y dirección general en todos los aspectos del trabajo.

El personal ejecutivo del proyecto es responsable de la preparación y distribución de los materiales de información, del desarrollo de una red de corresponsales a través de la comunidad de usuarios y de las relaciones recíprocas con los usuarios.

## MATERIALES DE INFORMACION

Los dos productos más importantes de este proyecto son, los Compendios de informaciones publicadas anteriormente sobre tópicos relativamente limitados y las Síntesis que cubren la teoría y práctica sobre tópicos más generales. El personal del proyecto prepara un promedio de 6 Compendios por año, y se emplean consultores para preparar las Síntesis a razón de 2 por año. Además, se preparan por lo menos 2 informes de conferencias internacionales sobre caminos de bajo volumen, que se transmiten a los corresponsales que participan en el proyecto. En resumen, este proyecto pretende producir y distribuir entre 20 y 30 publicaciones que cubren gran parte de lo que se conoce sobre la tecnología de caminos de bajo volumen.

La revista bimensual "Transportation Research News", publica noticias sobre el proyecto y sus copias se distribuyen entre los corresponsales.

## INTERRELACION CON LOS USUARIOS

Se emplean una serie de mecanismos para mantener una interrelación entre el proyecto y los usuarios de los materiales informativos. Para que los que reciben esta información tengan la oportunidad de opinar sobre sus beneficios y sobre las formas para mejorarla, se incluye en cada publicación unos formularios de revisión. A través de visitas a países en desarrollo, el personal ejecutivo del proyecto obtiene directamente de las fuentes de origen, sugerencias a aplicar en el desarrollo del trabajo. Las conferencias internacionales representan oportunidades adicionales de interrelación con los usuarios, permitiéndoles participar en el proyecto. Se efectúan además reuniones informales con estudiantes de países en desarrollo, que asisten a universidades norteamericanas y que participan en las reuniones anuales del TRB.

---

# Prefacio y Agradecimientos

Esta publicación es la primera de una serie de síntesis producidas por este proyecto del Transportation Research Board, sobre Apoyo de Tecnología de Transporte para Países en Desarrollo. En el interior de la carátula posterior, aparece una lista de todas las publicaciones del proyecto terminadas a la fecha.

Se proyecta publicar primero cada síntesis en inglés y, poco después, las versiones separadas en francés y en español, a medida que se vayan terminando las respectivas traducciones.

El objetivo del libro es proporcionar una información útil y práctica para los funcionarios de países en desarrollo, que tienen la responsabilidad de la conservación de caminos sin pavimentar. Se solicitará a los corresponsales que informen sobre los resultados del proyecto, para emplearlos en la evaluación del nivel alcanzado hacia este objetivo, e influenciar en el contenido de las síntesis posteriores.

Se agradece a los siguientes editores por permitir incluir los gráficos reproducidos en esta publicación:

American Association of State Highway and Transportation  
Officials, Washington, DC  
Aveling-Barford, Ltd., Grantham, Inglaterra  
International Labor Office, Ginebra, Suiza  
Roy Jorgensen Associates, Inc., Gaithersburg, MD  
National Association of County Engineers, Washington, DC  
John Wiley & Sons, Inc., New York, NY

También se agradece a las bibliotecas y servicios de información que proporcionaron el material de referencia consultado durante la preparación del texto. Se expresa un reconocimiento especial a la Library Services Division del U.S. Department of Transportation y al Library and Information Service del U.K. Transport and Road Research Laboratory.

Finalmente, el Transportation Research Board agradece los valiosos consejos y dirección dados por el Comité de Iniciativas del proyecto, especialmente a Kermit L. Bergstralh, Bergstralh Associates, Inc.; William G. Harrington, Maricopa County Highway Department, Arizona; Clarkson H. Oglesby, Stanford, California; y John P. Zedalis, U.S. Agency for International Development, quienes brindaron su especial colaboración durante el desarrollo de esta síntesis.

---

# Introducción

El proyecto sobre Apoyo de Tecnología de Transporte para Países en Desarrollo, tuvo como objetivo mejorar el transporte rural en países en desarrollo, proporcionándoles un mayor acceso a la información existente sobre planeamiento, diseño, construcción y conservación de caminos de bajo volumen. Casi todos los caminos de bajo volumen en países en desarrollo están sin pavimentar. El propósito de la síntesis, es reunir lo mejor que existe en el estado actual del arte sobre métodos de conservación de caminos sin pavimentar.

Un objetivo principal es presentar claramente los métodos de trabajo y procedimientos más efectivos para operaciones aisladas de conservación. La experiencia ha demostrado que el conocimiento de métodos adecuados de trabajo no asegura necesariamente un programa efectivo de conservación. Los sistemas empleados por los organismos viales nacionales para organizar y administrar programas aislados de conservación, son tan importantes como los métodos mismos de trabajo. En consecuencia, la síntesis proporciona además guías para el planeamiento, programación y control de estos programas.

De esa manera, la síntesis está dirigida prácticamente a todos los niveles del organismo vial, tales como los altos niveles administrativos que son responsables de la política, organización, planeamiento, presupuesto y asignación de los recursos; así como a los ingenieros y supervisores de campo, que son responsables de la ejecución del trabajo.

El Capítulo I trata algunos de los problemas experimentados corrientemente por los países en desarrollo, en su intento por ejecutar programas de conservación de carreteras. El propósito es que el lector se entere de estos problemas singulares y de sus consecuencias, así como de las diferentes formas de superarlos.

El Capítulo II describe brevemente las funciones típicas de conservación que normalmente requieren los caminos sin

pavimentar. El propósito es que el lector comprenda la terminología empleada, las condiciones que deben corregirse y el criterio general para ejecutar el trabajo.

El Capítulo III analiza las costumbres típicas seguidas por los organismos viales para la conservación de carreteras, incluyendo la autoridad y responsabilidad general de los diversos niveles de organización.

El Capítulo IV delinea los diversos métodos administrativos para planificar, presupuestar, y controlar los programas de conservación, poniendo especial énfasis sobre aplicaciones prácticas en países típicos en desarrollo.

El Capítulo V explora la utilización efectiva de herramientas y equipos, así como de los sistemas para administrar las flotas de equipo mecanizado.

El Capítulo VI provee descripciones detalladas de métodos de trabajo, generalmente aceptados para actividades aisladas de conservación. Se presentan propuestas alternativas de métodos de trabajo con equipo mecanizado y de métodos que emplean principalmente herramientas y mano de obra.

La síntesis se propone establecer guías para que los países en desarrollo ejecuten eficazmente sus programas de conservación, basándose en los mejores métodos y tecnología existentes. Sin embargo, las condiciones y las características de los sistemas de carreteras varían considerablemente entre los diferentes países y entre los organismos viales, siendo a menudo más adecuado el empleo de sistemas alternativos de conservación para condiciones locales particulares. Cada organismo nacional debe considerar las alternativas presentadas y adoptar las políticas y prácticas más adecuadas a sus propias necesidades. Se incluyen algunos criterios para evaluar las diversas alternativas presentadas en esta síntesis.

## CAPITULO I

# Visión General de los Problemas

Los organismos viales, aún en los países más desarrollados, han tenido a menudo dificultades para llevar a cabo programas efectivos de conservación de carreteras. A medida que el tráfico de vehículos automotores ha aumentado en peso y en número, los beneficios derivados de un servicio adecuado continuo de conservación vial han resultado evidentes. Se han desarrollado sistemas, procedimientos y métodos efectivos. Este informe muestra algunos métodos, escogidos entre los normalmente empleados por varios organismos viales en todo el mundo. No tiene la intención de sugerir su aplicación, sin antes modificarlos para adaptarlos a las condiciones peculiares locales de los países en desarrollo.

En la mayoría de estos países, el transporte en vehículos motorizados ha aumentado rápidamente en los últimos años. Se han emprendido vastos programas de construcción de carreteras, por lo general con la ayuda de capital extranjero. Sin embargo, en muchos casos la conservación vial es inadecuada y aún caminos recientemente construidos, se deterioran con más rapidez de lo que normalmente se espera.

La experiencia de los funcionarios de países en desarrollo, en asuntos de planeamiento y administración de amplios programas de conservación vial, está limitada a un período relativamente corto y, a menudo, aún se encuentra en un período de prueba. En muchos países en desarrollo existe además una escasez aguda de mano de obra calificada, tanto en los niveles administrativos como en los niveles técnicos. Pero en países más desarrollados, hay un volumen considerable de experiencia disponible para dirigir la organización y operación de programas de conservación. Es importante recordar que algunos de los problemas que se encuentran corrientemente, son característicos de los países en desarrollo; por ello, antes de aplicar la experiencia obtenida en países más desarrollados, será preciso hacerle algunas modificaciones. En este capítulo, se analizan algunos problemas básicos en la conservación de caminos y se sugieren algunas soluciones.

### SISTEMAS DE TRABAJO CON MANO DE OBRA INTENSIVA

Los países desarrollados tratan de mecanizar, tanto como sea posible, las operaciones de conservación. La razón fundamental es el costo relativamente alto de la mano de obra y el hecho de que puede aumentarse la productividad, empleando correctamente el equipo adecuado. En países en desarrollo, ocurre generalmente lo contrario. El equipo y su operación son proporcionalmente más costosos, sobre todo en función de moneda extranjera, mientras que la mano de obra es relativamente barata. El desempleo es también a menudo, un problema permanente y resulta de interés nacional estimular una máxima utilización de la mano de obra.

Por eso, no es factible aceptar automáticamente los métodos de trabajo y los procedimientos empleados en países más desarrollados. Deben investigarse y definirse claramente las operaciones de conservación que pueden, y deben ser ejecutadas con mano de obra y con el empleo de herramientas pequeñas. Además, deben definirse las operaciones que rindan mayor productividad o mejor calidad de acabado al emplear equipo mecanizado. Estas decisiones deberán ser claramente demostradas, de modo de poder aplicarlas de manera uniforme y permanente. El Capítulo VI incluye algunos ejemplos específicos del empleo de mano de obra, comparado con métodos de trabajo de conservación con equipo mecanizado en caminos sin pavimentar.

### CONSERVACION O CONSTRUCCION

Siempre que surge el problema de asignar los fondos disponibles para trabajos de conservación o de construcción de nuevos caminos, los segundos son los que generalmente triunfan. Hay dos factores que contribuyen a esta situación. La construcción nueva es mucho más atractiva y brinda a los ingenieros de caminos mayor satisfacción que una conservación rutinaria; además, las presiones políticas, fuera o dentro del organismo vial, influyen a menudo en las decisiones por proyectos nuevos de construcción.

Surge aún otro problema. Aunque algunas construcciones nuevas son ejecutadas por contratistas privados, por lo general los trabajos de construcción están a cargo del personal de campo del organismo vial. Este mismo personal es usualmente responsable de la conservación. Esto da por resultado a menudo, que al programar el trabajo diario del personal de campo, se descuide el trabajo necesario de conservación a favor de operaciones de construcción o de rehabilitación.

Para aliviar este problema, se podría tomar varias medidas administrativas o una combinación de ellas:

1. Es necesario un compromiso firme del gobierno y del organismo vial, para dar primera prioridad a la conservación de caminos y puentes y para que no se desvíen los fondos destinados para ese propósito.
2. Los gastos para trabajos de construcción y rehabilitación estarán limitados a los fondos disponibles, luego de satisfacer las necesidades de conservación.
3. Casi todos los trabajos de construcción deberán ser ejecutados por contratistas privados. El gobierno sólo empleará su propio personal para operaciones de conservación.
4. Si el organismo vial tuviera que ejecutar tanto los trabajos de conservación como los de construcción, se deberán establecer unidades organizativas separadas con diferente dirección y supervisión, de modo que los fondos de conservación no sean empleados en operaciones de construcción.

## TRABAJOS FUERA DEL SISTEMA VIAL

En países en desarrollo, se establece generalmente un sistema nacional de caminos para identificar las rutas y tramos, cuya conservación está bajo la responsabilidad del organismo vial nacional. La responsabilidad por caminos y calles de menor importancia, y que no son parte del sistema nacional, se delega a los organismos gubernamentales locales.

La asignación de recursos al organismo vial nacional, se basa en las necesidades de los caminos nacionales. Desafortunadamente, los gobiernos locales son muy pocas veces capaces de conservar sus propios caminos y calles, y ejercen presión en el organismo vial para que ejecute los trabajos de conservación y construcción de las arterias locales, incluyendo a menudo, caminos y calles de uso privado y aún otros servicios.

Obviamente, cuando los recursos nacionales se emplean en trabajos locales, los caminos nacionales no reciben una conservación adecuada. Las opciones son: (1) establecer y poner en vigor reglamentos que limiten el uso de los recursos del organismo vial en el sistema vial designado, o (2) hacer responsable al organismo nacional de todos los caminos y calles (con la posible excepción de ciudades principales), proporcionándole los recursos adicionales que requiera para dicha labor.

## CAMINOS DIFÍCILES DE CONSERVAR

En casi todos los países en desarrollo, los sistemas viales tienen una característica común. Muchos tramos no pueden ser conservados mediante las operaciones normalmente consideradas dentro de la conservación. Se llega a esta situación por uno o dos motivos: (1) ha habido tan poca conservación durante tanto tiempo, que la condición del tramo se ha deteriorado hasta un punto en que una conservación normal no puede proporcionar un nivel aceptable de servicio; o (2) el tramo nunca fué realmente construido; simplemente se formó siguiendo una trocha, sin planificar el trazo, pendiente, drenaje, ni la superficie de rodadura. Algunos de estos caminos pueden ser razonablemente conservados durante la estación seca, pero llegan a ser impasables en época de lluvias. Cuando se prolonga mucho tiempo esta situación, surgen problemas serios para el transporte a los mercados de los materiales producidos localmente.

Sin importar la causa, el tiempo y los recursos empleados para conservar estos caminos tienen un efecto muy pequeño. Muchos países en desarrollo, algunos con ayuda de capital extranjero, están identificando estos tramos e iniciando programas de construcción y rehabilitación menores, para que sea posible conservar estos caminos. Sólo así se podrá ejecutar un programa normal de conservación con resultados satisfactorios.

## DISPONIBILIDAD DE EQUIPO

Los países en desarrollo tienen dificultades normalmente para asegurar la disponibilidad de equipo adecuado de conservación, donde y cuando se le necesita. En algunos casos existen programas importantes de adquisición de equipo. Sin embargo, el tipo y el número de equipos no reflejan algunas veces las necesidades reales de conservación. Las unidades disponibles pueden ser inapropiadas u obsoletas. El mantenimiento preventivo y la reparación del equipo podrían ser inadecuados. La falta de repuestos pa-

rece ser un problema universal. Los planes para la distribución del equipo entre las unidades de campo, no son a menudo lo suficientemente flexibles como para asegurar un empleo más efectivo. Puede no existir registros sobre la ubicación y la disponibilidad de equipos, o los supervisores de campo pueden ser renuentes a entregar el equipo, aún cuando sólo lo empleen ocasionalmente en sus áreas específicas. El equipo puede estar disponible, pero por limitaciones financieras podría no ser posible adquirir combustibles y lubricantes.

Funcionarios responsables en muchos países en desarrollo, tienen la idea de que adquiriendo una gran flota de equipo resolverán sus problemas de conservación. Pero una gran flota podría complicar los problemas, a menos que se use en forma efectiva algún sistema integral de administración, para asegurar que el equipo esté disponible y que pueda ser operado económicamente. En el Capítulo V se describen algunos métodos de administración de equipo generalmente aceptados.

## CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

Con excepción de los proyectos de construcción con fondos extranjeros, donde se exigen controles de calidad de materiales dentro del acuerdo o estipulaciones del contrato, en muchos países en desarrollo existe muy poco conocimiento o consideración sobre la calidad de los materiales empleados en los trabajos de construcción y conservación. Además, durante la construcción podrían olvidarse de dichos controles. Por lo general, cuando no se controla adecuadamente la calidad, aumentan los requerimientos posteriores de conservación.

Este problema de control de calidad se aplica a casi todos los materiales que se encuentran normalmente en los trabajos de caminos y puentes. Para propósitos de esta síntesis, la preocupación principal son los materiales para el subrasante y para revestimiento de los caminos sin pavimentar. El Capítulo VI incluye un mayor análisis de estos problemas.

## PROGRAMAS Y PRESUPUESTOS DE OBRA

Por lo general, los países en desarrollo no preparan en detalle los programas anuales de conservación. Los presupuestos, cuando existen, reflejan estimaciones de la mano de obra, del equipo y de los materiales que se utilizarán, principalmente en base a la experiencia del año anterior. No se detalla en qué forma se usarán estos recursos, fuera de especificar que servirán para conservar caminos.

Sin documentación ni comunicación de los objetivos específicos de la conservación, no hay forma de evaluar la efectividad de las operaciones de campo. Puede ejercerse control sobre los fondos autorizados, pero hay poco o ningún control sobre el trabajo realmente ejecutado. Es esencial que cada país en desarrollo se comprometa a preparar un programa anual de conservación para cada unidad de campo, definiendo claramente el tipo y cantidad del trabajo a realizar. El presupuesto entregará los fondos requeridos para ejecutar trabajos específicos de acuerdo al programa.

En el Capítulo IV se expone en mayor detalle el planeamiento, presupuesto y control de los programas de conservación.

## FONDOS DE CONSERVACION

Los países en desarrollo tienen normalmente dificultades excepcionales para proporcionar fondos adecuados para un programa efectivo de conservación. Esto es especialmente cierto en el caso en que se requieren fondos extranjeros para equipos, repuestos, suministros, combustibles, lubricantes y otros materiales que no se encuentran localmente. Además pueden surgir problemas, aún con los fondos locales. Algunas veces el presupuesto aprobado parece razonable pero, por algún motivo, no se materializa la entrega del monto total o se le emplea en otros usos durante el año. Los fondos realmente disponibles resultan así menores que los presupuestados y se entregan más tarde que lo programado.

También hay la tendencia en muchos países en desarrollo, de emplear un gran número de personas en proyectos de conservación. Esa política provoca un problema de exceso de personal; una gran parte de los fondos disponibles se tiene que dedicar al pago de planillas de sueldo, dejando un presupuesto inadecuado para herramientas, materiales y suministros necesarios para lograr un verdadero trabajo productivo.

Los gobiernos deben comprometerse firmemente a la asignación oportuna de los fondos aprobados en el presupuesto. Si los fondos disponibles fueran menores que los solicitados, deberá reajustarse el plan de trabajo propuesto y el número del personal.

Los países en desarrollo deben comprender primeramente la necesidad de proporcionar fondos adecuados para conservación de caminos y luego establecer un proceso presupuestario que defina en forma realista las necesidades pecuniarias. Una mejor programación, un control del trabajo y una mejor utilización de los recursos, pueden reducir los montos que originalmente se consideraban necesarios. Finalmente, los fondos comprometidos deben entregarse efectivamente en las fechas programadas.

## ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

La experiencia en conservación vial de la mayoría de los países en desarrollo es bastante limitada. Existe necesidad de programas de entrenamiento en cuatro áreas:

1. *Entrenamiento de operadores* — dirigido a operadores de equipos de conservación, de manera de poder usar eficazmente el equipo.
2. *Entrenamiento de mecánicos* — dirigido al personal de los talleres de equipo, de modo de proporcionar servicios y reparación adecuada al equipo, reduciendo al mínimo el tiempo de paralización y extendiendo la vida de servicio.
3. *Entrenamiento en métodos de trabajo* — dirigido a supervisores de campo, de manera que puedan conocer y utilizar los métodos más efectivos para las operaciones de conservación.
4. *Entrenamiento administrativo* — dirigido a ingenieros y funcionarios de las oficinas de campo y del plantel central, para que puedan desarrollar eficazmente las funciones de planeamiento, presupuesto, programación y control de los programas de conservación.

Para dar continuidad, jerarquía e importancia a la preparación de una política más amplia en el organismo vial, deberá establecerse un proceso integral de formación de personal en todos los niveles, desde ingenieros y administradores más antiguos, hasta tractoristas y chóferes. Por lo general, se han

considerado a los programas de entrenamiento como programas aislados, sin tomar en cuenta que el 10 por ciento o más del personal, puede necesitar ser reemplazado cada año debido a jubilaciones o cambios al sector privado, y que el personal restante necesita de cursos de perfeccionamiento. Muchos países en desarrollo han organizado secciones de entrenamiento dentro de los mismo organismos viales.

## SISTEMAS ADMINISTRATIVOS

El problema más serio que confrontan los países en desarrollo es, quizás, la falta de un método sistemático para administrar programas de carreteras, especialmente las operaciones de conservación. Los objetivos, políticas y procedimientos para desarrollar los programas de conservación no están claramente delineados. Los funcionarios gubernamentales que deben revisar y aprobar las solicitudes presupuestarias para operaciones de conservación de carreteras, tienen poca base para evaluarlas, con excepción de comparaciones con los gastos de años anteriores. Pueden entender perfectamente los gastos solicitados para planillas de sueldo, equipo y gastos principales; pero éstos dan muy pocos indicios de las metas de conservación requeridas o del nivel de servicio de tráfico que se proporcionará. Cuando los fondos aprobados resultan menores que los solicitados, el organismo vial tiene dificultad para identificar las consecuencias posibles, expresadas en términos de reducción de servicios.

Un problema igualmente serio es la falta de comunicación entre los funcionarios viales, responsables de planificar los programas de conservación, y los supervisores de campo, responsables de programar y dirigir el trabajo. Muy a menudo, las decisiones para la ejecución del trabajo diario, las toma únicamente el supervisor de campo y el resultado final se parece muy poco al programa concebido por los funcionarios responsables.

La respuesta a estos problemas consiste en desarrollar, adoptar y seguir un sistema de métodos administrativos que:

1. establezca claramente los objetivos básicos de conservación vial del organismo responsable así como las políticas, procedimientos, relaciones y responsabilidades internas, para cumplir con esos objetivos;
2. defina la política a seguir en el desarrollo de los métodos de trabajo de conservación, en cuanto al empleo de sistemas mecanizados o de mano de obra intensiva;
3. defina los programas anuales de trabajos específicos de conservación, basado en las necesidades de los niveles de servicios de tráfico desearlos;
4. identifique los recursos necesarios para cumplir con el programa de trabajo propuesto;
5. asigne adecuadamente los recursos entre las unidades de trabajo, de acuerdo con sus necesidades individuales;
6. comunique claramente a cada unidad de campo los logros esperados y proporcione guías para programar y controlar la ejecución del trabajo;
7. exija que las unidades de campo sean responsables del progreso, cumplimiento y efectividad de sus operaciones.

Un paso esencial para asegurar que los programas de conservación se efectúen en forma efectiva, es adoptar un método sistemático para administrar el programa de conservación. El Capítulo IV delinea dicho método y presenta ejem-

plos de fácil aplicación. En el "Modelo HDM de Normas para el Diseño y Conservación de Carreteras" recientemente preparado por el Banco Mundial, el Transport and Road Research Laboratory y el Massachusetts Institute of Technology; se pueden encontrar sugerencias adicionales sobre métodos administrativos. El Modelo HDM es un programa de computación que puede adaptarse para presupuestar y ad-

ministrar programas de conservación. Los datos generados por el modelo, describen los gastos anuales de conservación y estimaciones sobre las condiciones promedio de la superficie de la vía que pueden esperarse para diversos niveles de inversión. Actualmente se emplea el Modelo HDM en varios países en desarrollo y promete ser una valiosa herramienta administrativa.

## CAPITULO II

# Operaciones Típicas de Conservación

Este capítulo describirá y resumirá brevemente las operaciones típicas de conservación que se requieren normalmente en caminos sin pavimentar. El propósito es establecer una base común para la comprensión de la terminología empleada y presentar un método general para el planeamiento, programación y ejecución del trabajo.

La mayoría de los organismos viales, aún en países en desarrollo, tienen la responsabilidad de conservar algunos caminos pavimentados con asfalto y cemento. Sin embargo, el sistema vial en países en desarrollo está generalmente sin pavimentar. De modo que este análisis está limitado a la conservación de superficies sin pavimentar y a los trabajos conexos de drenaje y en áreas laterales.

### TERMINOLOGIA DE LA CONSERVACION

A través de los años, los ingenieros de conservación han desarrollado y aceptado generalmente cierta terminología para las diversas operaciones de conservación. Como en esta síntesis se emplearán dichos términos, se establecen las siguientes definiciones para facilitar la comprensión.

1. *Conservación rutinaria* — estos trabajos los ejecutan durante el año y en forma regular las cuadrillas de conservación. Operaciones tales como nivelado y perfilado de la superficie, bacheo, limpieza de estructuras de drenaje y cortes de vegetación, son consideradas como conservación rutinaria. La programación y ejecución del trabajo es normalmente una responsabilidad de los supervisores generales de las cuadrillas, dentro de un plan y presupuesto integrales.
2. *Conservación periódica* — son operaciones más extensas de conservación, requeridas sólo en períodos de varios años. El recubrimiento con grava para reemplazar el material perdido es un ejemplo de conservación periódica. Debido a que generalmente es una operación costosa, la autorización para planificar y programar este trabajo descansa por lo general, en funcionarios de nivel superior a los supervisores generales. Las reparaciones de emergencia como resultado de inundaciones o deslizamientos, son tipos de conservación periódica no planificada.
3. *Rehabilitación y mejoramiento* — no son realmente funciones de conservación, pero están incluidas aquí debido a que el trabajo lo ejecutan usualmente las mismas cuadrillas responsables de la conservación. El trabajo incluye reparaciones amplias de camino y proyectos

menores de construcción para mejorar los servicios; su programación corre normalmente a cargo de los funcionarios departamentales o del plantel central.

Al establecer un sistema para planificar e informar sobre trabajos de conservación, se agrupan las funciones individuales en varias categorías generales de trabajo, tales como:

1. conservación de la superficie,
2. conservación del drenaje,
3. conservación de las áreas laterales,
4. conservación de puentes,
5. servicios de tráfico,
6. rehabilitación y mejoramiento, y
7. servicio y reparación del equipo.

Para facilitar los informes y los registros, se establece por lo general algún sistema de numeración que identifique cada una de las operaciones individuales de conservación. En las siguientes secciones se describen estas operaciones, aplicables a caminos sin pavimentar. El Capítulo VI incluye descripciones más detalladas de los métodos y procedimientos de trabajo.

### CONSERVACION DE LA SUPERFICIE

Las superficies de caminos sin pavimentar requieren comúnmente tres operaciones de conservación, cada una con un propósito diferente.

1. *Nivelado y perfilado* — requerido ocasionalmente para proporcionar una superficie suave, que se logra corrigiendo las ondulaciones transversales o corrugaciones y los surcos longitudinales. Es preferible ejecutar este trabajo con una motoniveladora, pero puede obtenerse un buen resultado con rastras caseras o aún con herramientas manuales. La frecuencia para programar el nivelado o perfilado depende de (1) la característica del material superficial, (2) los volúmenes de tráfico, (3) el clima, y (4) el grado de acabado que considere aceptable el organismo vial para las diversas clases de caminos. Algunos caminos de bajo volumen podrían ser nivelados solamente una o dos veces al año, mientras que otros requieren un afinado más frecuente.
2. *Bacheo con grava* — comprende la reparación de zonas con problemas tales como baches, áreas débiles, erosiones superficiales, bermas que se han asentado, u otros lugares donde haya pérdida de material. Ordinariamente se necesita un camión para transportar la grava, pero se emplean herramientas manuales para

la colocación del material y alisado de los baches. Si se dispone de material aceptable en las áreas laterales o cercanas, se pueden utilizar carretillas en lugar de camiones. Este es un trabajo rutinario ejecutado en forma regular, cada vez que se observan zonas disturbadas.

3. **Recubrimiento con grava** — se le programa tramos relativamente largos de carretera, con el fin de reemplazar la grava perdida, cuando el problema es mayor que el que puede corregirse con un simple bacheo. Después de un tiempo se pierde una cantidad considerable de material, ya sea como polvo en estaciones secas o por erosión en épocas lluviosas. El recubrimiento es un trabajo periódico que generalmente se necesita efectuar cada tres a cinco años — más a menudo cuando se tienen mayores volúmenes de tráfico y materiales superficiales pobres y, con menos frecuencia en caminos de bajo volumen y con mejor material.

## CONSERVACION DEL DRENAJE

El agua es quizás el problema más serio para la conservación de un camino y especialmente, para caminos sin pavimentar. Hay varias operaciones de conservación que tienen el propósito de asegurar que el agua continúe drenando desde o a través de la misma vía, de acuerdo a lo planeado originalmente o según se le considere necesario en un determinado período de tiempo.

*Limpieza y reparación de alcantarillas*, es una operación rutinaria ejecutada regularmente cada año. Frecuentemente se acumulan sedimentos y desperdicios en las alcantarillas de tubo y en pequeñas alcantarillas de cajón, causando una reducción del flujo o, inclusive, una interrupción total. Durante lluvias intensas, pueden desaparecer tramos completos de carretera por efectos del agua que se desborda de las alcantarillas sub-diseñadas u obstruidas por desperdicios. La limpieza de alcantarillas se realiza principalmente con herramientas de mano.

*Limpieza de cunetas*, debe ejecutarse a intervalos regulares e incluye la remoción de desperdicios y vegetación, de manera que el agua superficial siga fluyendo sin obstáculos. Esto se aplica a las cunetas laterales paralelas al camino, a las cunetas de entrada y salida de las alcantarillas y a los lugares donde el agua drena hacia afuera del área de la calzada. Las cunetas se limpian generalmente con herramientas de mano. Pueden usarse motoniveladoras, tractores u otros equipos especiales, cuando se necesite limpiar o remodelar tramos largos.

## CONSERVACION DE LAS AREAS LATERALES

Las áreas laterales del camino son las comprendidas entre la berma y la línea del derecho de vía. Los trabajos en estas áreas se ejecutan por diversas razones, tales como: apariencia, seguridad, facilidad de acceso y protección de bordes.

*El corte de césped* es una operación de conservación en algunos organismos viales, por lo general para mejorar el aspecto de los caminos más importantes y de áreas urbanizadas. Se pueden emplear máquinas segadoras, pero en países en desarrollo se emplean generalmente herramientas manuales.

*El corte de malezas y árboles* se ejecuta por razones de seguridad, para dar a los conductores una adecuada distan-

cia de visibilidad, para que no dificulten la visión de los letreros de tráfico y para que las ramas no vayan a golpear a los vehículos. Es una operación manual que pocas veces se necesita hacer más de una vez al año.

*El control de erosión* puede ser una operación de conservación correctiva o preventiva. A menudo, los taludes y cunetas están sujetos a erosión severa como resultado de lluvias fuertes. Se pueden reparar los sectores erosionados y tomar medidas para prevenir que ocurran nuevas erosiones en el mismo lugar.

*El recojo de desperdicios* se programa ocasionalmente para mejorar la apariencia, principalmente cerca a zonas urbanizadas. Sin embargo, el personal de conservación debe cuidar y retirar continuamente los animales muertos y cualquier desperdicio que hubiere en el camino y que pueda representar un peligro para el tráfico.

*Conservación de puentes*. Se debe establecer algún tipo de programa periódico y regular de inspección de puentes, para identificar los daños y la necesidad de reparaciones. Las operaciones típicas de conservación de puentes incluyen la reparación o reemplazo de plataformas, barandas y miembros estructurales, así como la conservación y reparación del cauce de corrientes de agua y la colocación periódica de pintura en puentes de acero o madera.

## CONSERVACION DE LOS SERVICIOS DE TRAFICO

En la mayoría de las oficinas de carreteras, el servicio de tráfico incluye la conservación y reparación de señales de tráfico, semáforos y marcas en el pavimento. En el caso de caminos rurales sin pavimentar, la principal preocupación es la conservación de señales.

Esta comprende la reparación o reemplazo de señales de tráfico dañadas y de los postes de apoyo. La oficina de caminos puede comprar o fabricar los nuevos letreros. Es esencial mantener en buen estado las señales adecuadas, para brindar seguridad y comodidad a los conductores que usan las vías principales que tienen volúmenes de tráfico relativamente grandes. Estas señales son deseables aunque menos importantes, para caminos de bajo volumen en áreas rurales.

## MANTENIMIENTO DE EQUIPO

El mantenimiento de equipo requiere operaciones de servicio regulares, algunas sobre una base diaria, para asegurar una operación y vida de servicio efectivas. El mantenimiento lo ejecutan tanto el personal de servicio a tiempo completo como los operadores asignados al equipo. Para llevar una adecuada contabilidad, se considera generalmente el tiempo del personal de mantenimiento, como una operación del servicio de equipo.

## REHABILITACION Y MEJORAMIENTO

Generalmente se planean y programan los principales trabajos de rehabilitación y mejoramiento, sobre la base de proyectos individuales. A fin de poder evaluar la calidad y efectividad del programa regular de conservación, se deberá informar claramente todos los gastos en mano de obra, equipo y materiales destinados a proyectos de rehabilitación y mejoramiento a cargo del personal del organismo vial, y resumirlos en forma separada de los otros trabajos de conservación.

## Cuadro organizativo

Cuando se analiza la organización, la mayoría piensa en términos de cuadros de organización que muestren las unidades individuales, la escala de autoridad y los cargos del personal a emplear. Dichos cuadros proporcionan una buena visión de la organización y una idea general de las relaciones internas. Pero esto es sólo una parte del problema. Hay verdadera necesidad de definir claramente los objetivos básicos, la política y los niveles de autoridad y responsabilidad. Estas decisiones pueden tener un efecto significativo, en la forma como debe establecerse la estructura organizativa.

Por ejemplo, un país pequeño puede preferir retener la mayor parte de la dirección y control de operaciones, al nivel del plantel central. Para un sistema vial muy disperso que incluya grandes áreas o grupos de islas es por lo general más deseable, tener una organización descentralizada, con mayor delegación de autoridad y responsabilidad en las unidades de campo.

La gran variedad que existe en la estructura de conservación de los organismos viales, aún en los países altamente desarrollados, indica que no existe lo que podría denominarse el mejor sistema organizativo. Cada organismo, especialmente en países en desarrollo, debería revisar las condiciones existentes, evaluar los métodos alternativos y formular las políticas y procedimientos básicos que servirán de guía para establecer dicha estructura.

Una organización típica para conservación, incluye generalmente:

1. algún tipo de unidad central;
2. niveles regionales o departamentales y, posiblemente, unidades distritales;
3. unidades de trabajo de campo; y
4. unidades responsables del servicio, reparación y mantenimiento de equipo.

Es esencial tener una comprensión clara de las relaciones entre estas unidades, para asegurar operaciones efectivas de conservación. En las siguientes secciones se analizan algunos métodos y criterios en actual uso.

### ORGANIZACION GENERAL

Las principales áreas funcionales de las operaciones de un organismo vial, incluyen planeamiento, diseño, construcción, conservación, equipo, ensayos de materiales y administración. En esta síntesis, el análisis se centra alrededor de tres de estas funciones— construcción, conservación y equipo— y en las formas en que los organismos viales pueden organizarse mejor para desarrollar estas funciones.

Hay diversos factores que influyen en la forma de organización, específicamente en el alcance del trabajo que ejecutará el personal de campo, las responsabilidades de las oficinas distritales o departamentales y la escala de autoridad entre las unidades centrales y las oficinas de campo.

### Operaciones descentralizadas

En la mayoría de los países desarrollados y en algunos países en desarrollo más avanzados, se delega en los ingenie-

ros departamentales o distritales, una gran autoridad y responsabilidad. Algunas veces, el nivel departamental tiene responsabilidad directa por:

1. la supervisión e inspección de proyectos en construcción a cargo de contratistas,
2. la dirección de construcción por el sistema de costo más porcentaje (administración delegada),
3. todas las operaciones de conservación,
4. los estudios de campo,
5. algunos trabajos de diseño,
6. algunos ensayos de materiales,
7. los talleres de equipo,
8. la adquisición del derecho de vía, y
9. la administración.

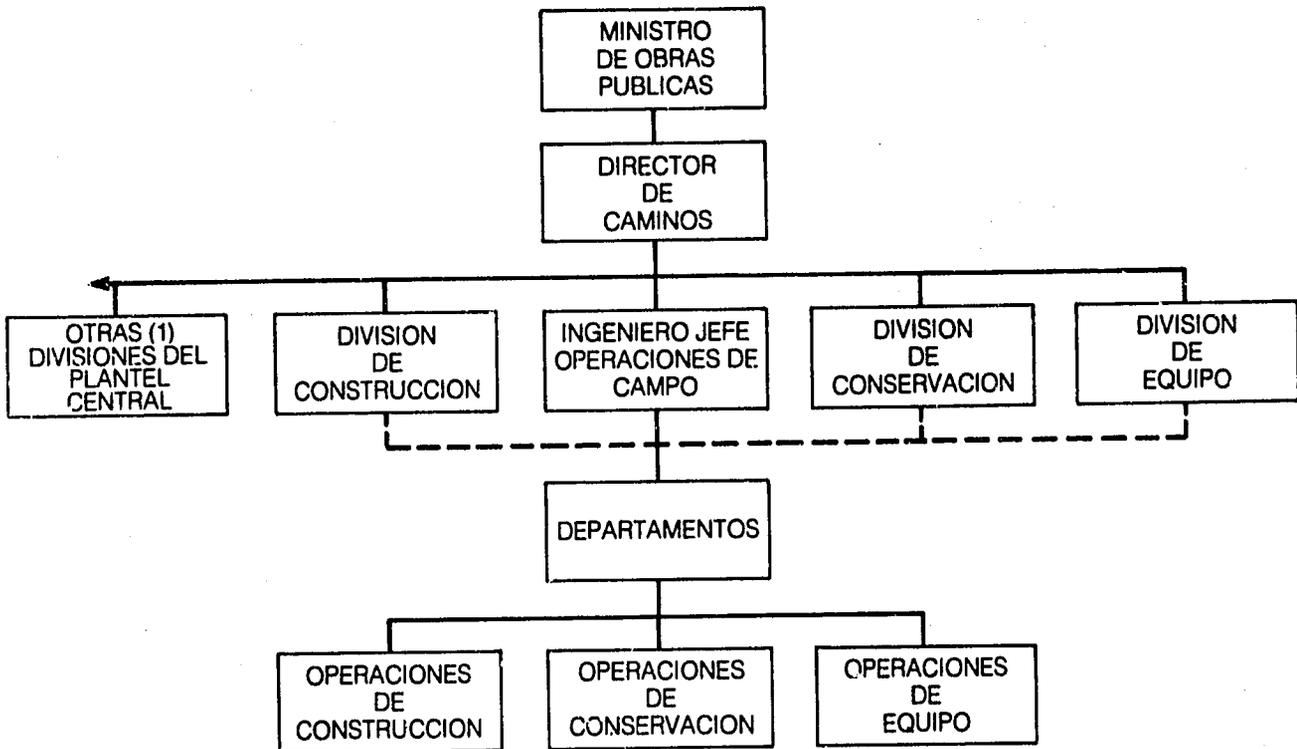
En esta condición, las oficinas departamentales vienen a ser en efecto pequeños organismos viales, que reprer entan al gobierno en casi todos los asuntos relacionados con las carreteras ubicadas en su área geográfica. Como tales, no pueden ser supervisadas muy bien por ninguna unidad funcional a nivel del plantel central. Frecuentemente, la autoridad y responsabilidad residen en el ingeniero jefe de operaciones de campo del plantel central. Las otras divisiones funcionales de la oficina central, proporcionan principalmente guía profesional y ayuda a las unidades de campo a través del ingeniero jefe. En realidad, las divisiones funcionales trabajan frecuentemente en forma directa con las oficinas departamentales con conocimiento del ingeniero jefe, pero se mantiene la línea básica de autoridad entre el ingeniero jefe y los departamentos. La Figura 1 ilustra este tipo de organización (la ilustración muestra solamente las funciones principales de construcción, conservación y equipo).

### Operaciones orientadas a la conservación

Esta organización puede variar algo en algunos de los países menos desarrollados. Los proyectos de construcción bajo contrato no son comunes, excepto para trabajos importados de mejoramiento ejecutados con fondos extranjeros. Generalmente, la construcción, inspección y supervisión de estos proyectos, son responsabilidad de los consultores o de la división de construcción a nivel del plantel central. Raras veces las oficinas departamentales están comprometidas en esta labor.

Esta situación permite que las unidades de campo se preocupen principalmente de las operaciones de conservación y, posiblemente, de construcciones menores mediante el sistema de costo más porcentaje. Bajo esta condición, las oficinas departamentales podrían estar bajo la dirección inmediata del ingeniero de conservación del plantel central. El equipo en el plantel central podría estar a cargo de una división separada que trabaje bajo la responsabilidad del ingeniero de conservación, o podría ser una unidad dentro de la oficina de conservación, responsable ante el ingeniero jefe de conservación. La Figura 2 muestra esta distribución organizativa orientada a la conservación. La mayoría de los países en desarrollo encontrarán que este sistema organizativo es el que mejor sirve a sus necesidades inmediatas. A

Figura 1  
ORGANIZACION DESCENTRALIZADA TIPICA



--- Sólo asesoría al personal

Planeamiento, Administración, Ensayo de Materiales, Ingeniería de Preconstrucción, etc.

medida que el país se va desarrollando normalmente, aumentará la responsabilidad a nivel departamental, trayendo consigo la necesidad de una mayor descentralización.

### ORGANIZACION DEL PLANTEL CENTRAL

El planeamiento, dirección y supervisión total de los programas de conservación, se delegan generalmente a la división de conservación en la organización del plantel central. En algunos organismos viales, el personal de la unidad central sirve de apoyo, pero sin línea directa de autoridad, sobre las unidades de campo (Figura 1). En los organismos orientados principalmente a la conservación vial, el ingeniero de conservación puede ejercer autoridad directa sobre los departamentos (Figura 2). Rara vez se asignan cuadrillas de conservación directamente a las unidades del plantel central, a menos que haya necesidad de una cuadrilla técnica altamente especializada (tales como para reparación de señales de tráfico) que sirvan a nivel nacional.

El jefe de la unidad de conservación, normalmente informa directamente al funcionario ejecutivo del organismo vial o a su asistente principal. Los objetivos y responsabilidades de la unidad incluyen:

1. desarrollo de políticas y procedimientos de conservación para su revisión y aprobación por la alta administración y para su implementación en todo el país;
2. desarrollo de normas uniformes de ejecución del trabajo, y de manuales de instrucciones para las unidades de campo;
3. desarrollo de programas anuales de trabajos de con-

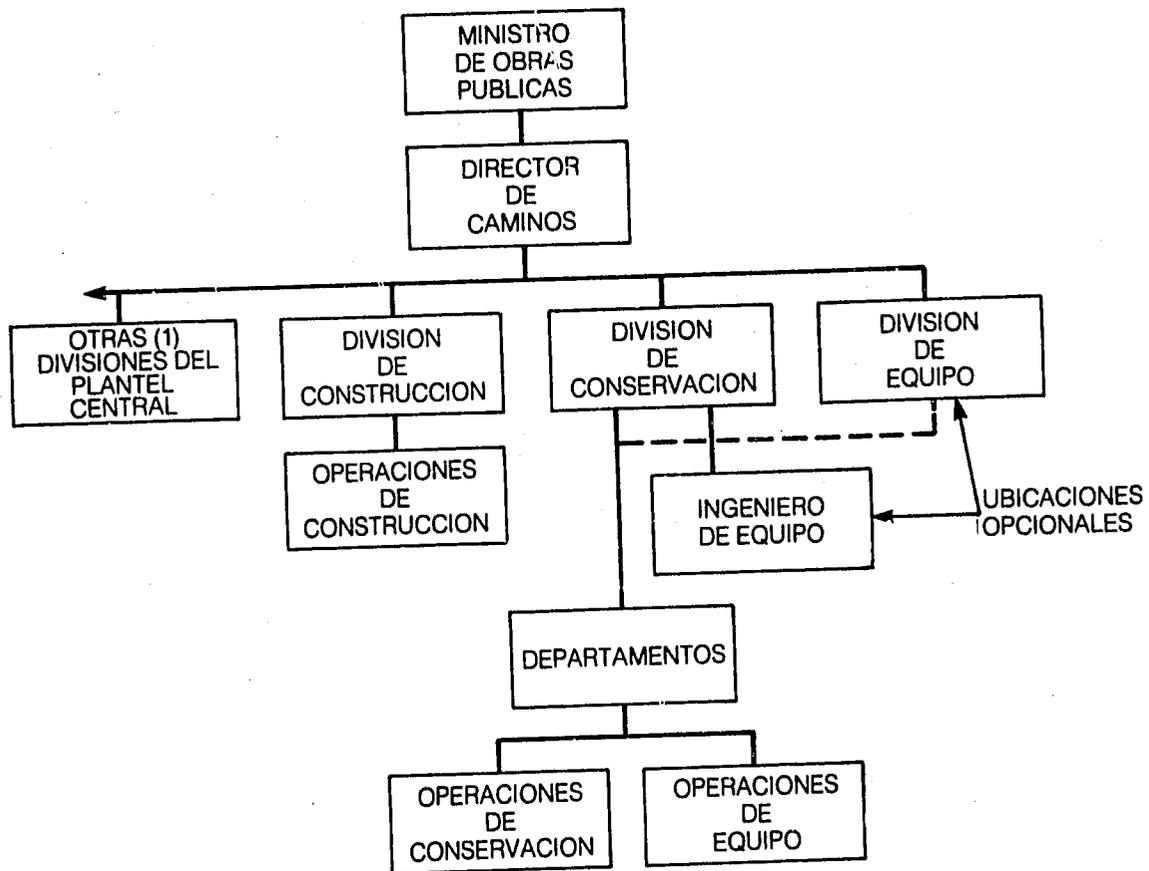
servación y/o revisión, adaptación y aprobación de programas anuales, preparados y presentados por las unidades de campo;

4. preparación y coordinación de los presupuestos de conservación para todo el país;
5. coordinación para la asignación de recursos — personal obrero, equipo, materiales y fondos — entre las principales unidades de campo (regiones o departamentos), de acuerdo con los requerimientos de los programas de trabajo aprobados;
6. guía y ayuda a las unidades de campo para un efectivo planeamiento, programación, ejecución y control de los programas de conservación;
7. revisión de las condiciones de campo y de los niveles del servicio de conservación que se brinda en el país, responsabilizándose ante el alto nivel administrativo, por la ejecución de los programas de trabajo aprobados; y
8. proporcionar entrenamiento efectivo al personal de campo.

El grado de responsabilidades de la unidad central de conservación, varía con el grado de descentralización empleado. Pero en cualquier caso, la unidad central proporciona los medios principales para promover métodos de trabajo de conservación uniformes y efectivos. El plantel central también suministra los sistemas administrativos que transmiten los objetivos del programa de trabajo y exige responsabilidad por el trabajo ejecutado.

Dentro de la división central de conservación, se necesitan por lo menos cuatro unidades organizativas:

Figura 2  
ORGANIZACION TIPICA ORIENTADA A LA CONSERVACION



--- Sólo asesoría al personal  
Planeamiento, Administración, Ensayo de Materiales, Ingeniería de Preconstrucción, etc.

1. una unidad de planeamiento y presupuesto,
2. una unidad de operaciones de campo,
3. una unidad de servicios de tráfico, y
4. una unidad de entrenamiento.

También puede incluirse el control del equipo en la división de conservación, pero para el propósito de esta síntesis, se tratará de la función equipo como una división separada en el plantel central.

La Figura 3 muestra la organización básica de conservación del plantel central, que es analizada en las siguientes secciones.

### Unidad de planeamiento y presupuesto

Esta unidad es responsable del desarrollo y puesta en ejecución de procedimientos uniformes, para planificar y presupuestar la conservación, según se describe en forma general en el Capítulo IV. La unidad trabaja estrechamente con las oficinas departamentales, para identificar las necesidades de conservación y preparar programas anuales de trabajo para las unidades de campo. Desarrolla normas de ejecución del trabajo y establece escalas de valores para planear niveles uniformes y adecuados del servicio de conservación.

La unidad reúne los diversos programas departamentales dentro de un programa nacional, prepara los estimados de costo y reajusta los programas de trabajo según se requiera,

para acomodarse a los fondos disponibles. Los altos niveles administrativos revisan el programa. Luego de obtener su aprobación, la unidad adapta el programa al formato requerido por el gobierno para las solicitudes formales de presupuesto.

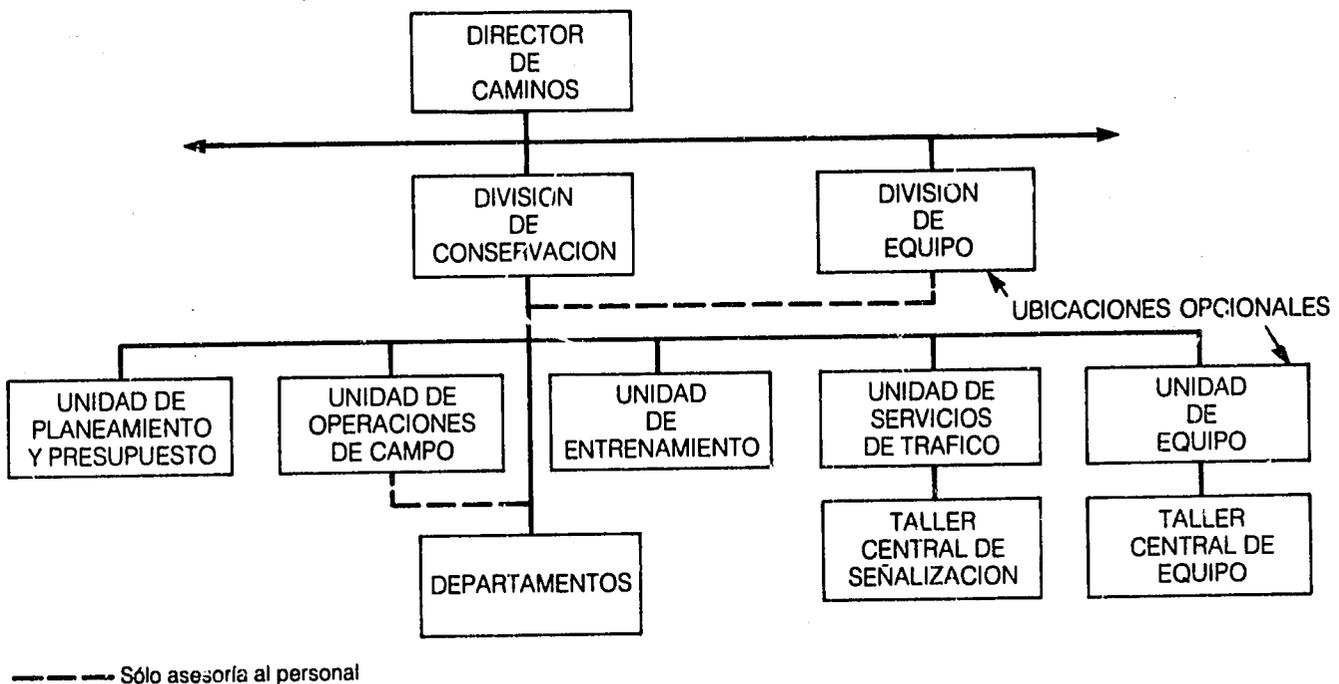
Adicionalmente, revisa y evalúa la actuación de las diversas unidades de campo, comparándola con su cumplimiento efectivo de los objetivos del programa de trabajo. Proporciona a la alta administración, información actualizada sobre el progreso y efectividad del programa de trabajo en ejecución.

### Unidad de servicios de tráfico

En países más desarrollados, esta unidad será responsable de todas las señales de tráfico, letreros y marcas en el pavimento. Esta síntesis trata principalmente de la instalación, conservación y reparación de letreros. En este aspecto, la unidad será responsable por:

1. establecer políticas, procedimientos y manuales, para una señalización uniforme y coherente a nivel nacional;
2. supervisar un taller de señalización para la fabricación de señales de tráfico o para su adquisición en empresas comerciales;
3. inspeccionar la condición y calidad de la señalización existente; y

Figura 3  
ORGANIZACION CENTRAL TIPICA ORIENTADA A CONSERVACION



- dirigir cuadrillas especiales de señalización, o asesorar y auxiliar a las cuadrillas departamentales de conservación, con relación a las señales de tráfico.

#### Unidad de entrenamiento

Algunos organismos establecen una unidad central de entrenamiento, responsable de todos los programas de entrenamiento en la institución. Si este no es el caso, deberá existir una unidad de entrenamiento dentro de la oficina central de conservación. Dicha unidad será responsable de preparar manuales de procedimientos, así como de desarrollar y ejecutar programas de capacitación del personal de campo sobre métodos de trabajos de conservación.

#### ORGANIZACION DEPARTAMENTAL

Se establecen los departamentos como un medio para lograr una administración y supervisión efectivas de las operaciones de conservación. Generalmente, cada departamento deberá ser responsable de unos 500 a 1000 km de caminos. Los límites departamentales están influenciados frecuentemente por el terreno, ríos y otras características geográficas, así como por la concentración de carreteras y por la localización de centros poblados.

Cada departamento está dirigido por un ingeniero departamental que informa al plantel central, a través del ingeniero de conservación o del ingeniero jefe de operaciones de campo. Las operaciones de conservación de campo están generalmente bajo la dirección de un ingeniero departamental de conservación. Cuando se trata de áreas extensas se pueden establecer distritos, dirigido cada uno por un ingeniero residente y con un supervisor de conservación responsable de la conservación dentro del área del distrito. La Figura 4 muestra una organización departamental típica.

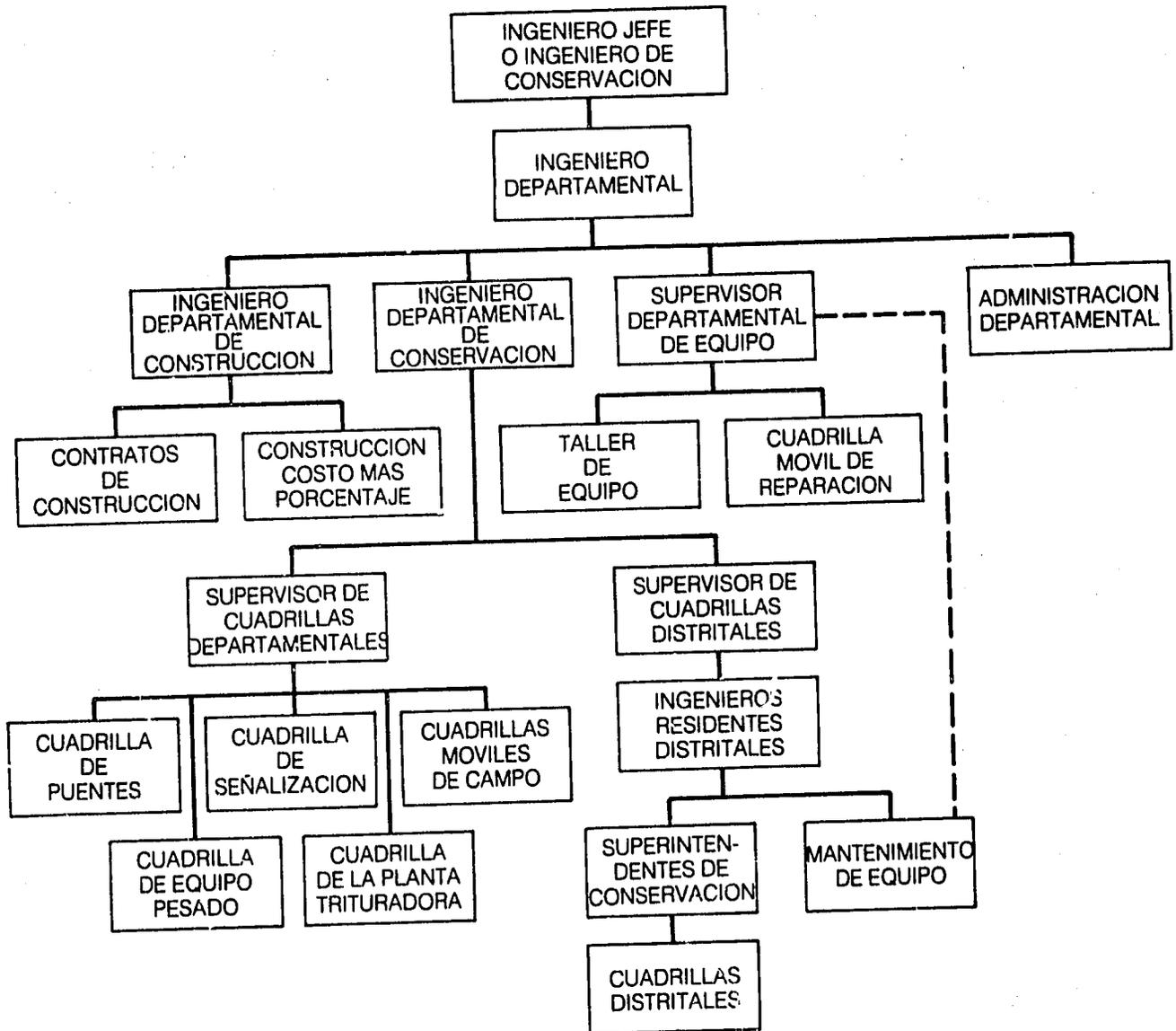
Las principales responsabilidades a nivel departamental son:

- coordinar con la organización central de conservación, el desarrollo de programas anuales de conservación de trabajos específicos a realizar dentro de la región, departamento y distritos;
- definir los recursos necesarios (mano de obra, equipo y materiales) dentro del área, para ejecutar el trabajo establecido en el programa;
- asignar los recursos entre los distritos y unidades de campo, de acuerdo con sus cargas individuales de trabajo;
- asistir a las unidades de campo para la programación efectiva de las actividades de trabajo, de acuerdo con los objetivos del programa aprobado;
- guiar, asistir y entrenar supervisores de campo, en los métodos y procedimientos apropiados de trabajo;
- inspeccionar las condiciones del camino y la calidad de la conservación, y orientar en las acciones correctivas que fueran necesarias;
- poner en ejecución sistemas tipo de informes de trabajo y asegurar la precisión del informe, de modo que la región y el plantel central puedan evaluar su ejecución sobre una base nacional; y
- administrar y operar los servicios de reparación y acondicionamiento de equipo y proporcionar mecánicos experimentados para el mantenimiento del equipo en el campo.

#### Oficinas departamentales

Además de la organización requerida para la función administrativa, cada oficina central departamental tiene por lo general, unidades separadas para construcción, conservación y equipo.

Figura 4  
ORGANIZACION DEPARTAMENTAL TIPICA



1. Un ingeniero departamental de construcción está a cargo de toda la construcción de caminos y puentes, tanto en construcciones por contrato como en construcciones en sistema de costo más porcentaje. Es auxiliado por ingenieros de proyecto y supervisores de construcción. En el caso de operaciones departamentales orientadas a la conservación (Figura 2), esta función podría estar a cargo de una unidad del plantel central en lugar de una unidad a nivel departamental.

2. Un supervisor departamental de equipo sería responsable del taller departamental de reparación y de una cuadrilla móvil de reparación de equipo. Deberá asesorar y dirigir los servicios distritales de equipo y será responsable de asegurar programas efectivos de conservación preventiva de equipo en todo el departamento (esto es analizado más adelante en el Capítulo V).

3. Un ingeniero departamental de conservación, sería responsable de todo el trabajo de conservación de caminos y puentes. Es auxiliado por un supervisor de conservación a cargo de todas las cuadrillas especiales del departamento (cuadrillas de puentes, de señalización, de equipo pesado, móviles de campo y de la planta trituradora), y por un supervisor de conservación a cargo de las operaciones de conservación en el distrito.

En la mayoría de los casos, los distritos se encargan principalmente de las operaciones rutinarias de conservación y están dirigidos por un ingeniero residente o por un supervisor con experiencia en conservación. Uno o más superintendentes de conservación ayudan al jefe del distrito, dependiendo del número de cuadrillas utilizadas. Cada superintendente puede encargarse de tres o cuatro cuadrillas. Cada cuadrilla tiene un capataz. Los distritos tienen también una unidad pequeña para servicios rutinarios de equipo.

## ORGANIZACION DEL PERSONAL OBRERO

Con la excepción de una cuadrilla técnica ocasional especializada que depende del plantel central, todo el personal obrero de conservación es responsable, en una u otra forma, de las oficinas departamentales o distritales. La manera en que está organizado o conformado en cuanto a personal, varía considerablemente.

### Cuadrillas departamentales

Algunos trabajos de conservación requieren conocimiento y habilidad especiales, así como equipo especial. La conservación de puentes y señales, los trabajos importantes de recubrimiento con grava, los de rehabilitación y las plantas trituradoras, son ejemplos de este tipo especial de trabajo. Por no ser práctico nombrar personal y equipar todas las unidades de campo para estos trabajos especiales, se forman corrientemente varias cuadrillas especializadas bajo el superintendente departamental de conservación, que ejecutan estos trabajos en todo el departamento de acuerdo a las necesidades. Se programa el trabajo de estas brigadas en coordinación con los capataces y supervisores de los distritos donde se ejecuta el trabajo. Es común que el personal de las cuadrillas locales ayuden a las cuadrillas departamentales.

Para el resto del personal obrero, hay tres formas comunes de organización. Por lo general, la selección depende del tamaño del área y de la densidad del sistema vial.

*Campamentos de conservación.* Para áreas pequeñas y sistemas viales muy densos, se establecen frecuentemente en ubicaciones estratégicas, campamentos de conservación. Estos disponen de espacio para oficinas y almacenes para el equipo, materiales y suministros, teniendo además algunas facilidades para el servicio de equipo. Los miembros de la cuadrilla se presentan todas las mañanas al campamento para recibir instrucciones y son transportados en grupos, a los diversos lugares de trabajo designados para ese día. Al final del día regresan al campamento, antes de retornar a sus casas. Dependiendo de las condiciones, cada campamento puede tener unas 10 a 12 personas o aún llegar a 50.

*Cuadrillas para tramos de caminos.* Cuando el área es mayor y el sistema vial es menos denso, no resulta práctico transportar diariamente las cuadrillas a larga distancia entre el campamento y los lugares de trabajo. En este caso, se pueden fijar tramos de 15 a 20 kilómetros, hasta un máximo de 50 kilómetros. A cada tramo se asigna un capataz de conservación y cerca de 10 a 20 obreros, además de las herramientas y equipo adecuados. La cuadrilla es responsable de toda la conservación rutinaria. Por lo general, los miembros de la cuadrilla viven cerca al tramo designado y se presentan diariamente ante el capataz. El trabajo está orientado principalmente al uso de mano de obra y de herramientas manuales. Hay poca mecanización, excepto para el transporte básico, limitado algunas veces a bicicletas. Cuando se requiere equipo de conservación para una operación particular, se le programa en base al equipo de la oficina departamental o distrital. Los capataces de los tramos están dirigidos y supervisados por los supervisores departamentales de conservación.

Los organismos viales en algunos países en desarrollo, siguen la práctica de emplear a tiempo parcial a habitantes de la localidad, para efectuar trabajos de conservación en

tramos alejados de caminos rurales. Dichas personas no son empleados regulares a tiempo completo. Los supervisores departamentales o distritales de conservación los emplean ocasionalmente por cortos períodos de tiempo, para ejecutar trabajos específicos y necesarios de conservación en los tramos adyacentes a la localidad. Esta podría ser una solución más económica, especialmente para los caminos de bajo volumen, que sólo requieren una conservación limitada.

*Cuadrillas móviles.* En áreas alejadas y poco pobladas, algunas veces no resulta práctico emplear ni siquiera el sistema de tramos. Algunos organismos emplean cuadrillas móviles, que se encargan de la conservación de extensas secciones de carretera en lugares alejados y durante un período de varios meses. Las cuadrillas móviles están, por lo general, razonablemente bien mecanizadas y disponen de campamentos móviles para el personal. También incluyen mecánicos y facilidades para el servicio y reparación de equipo. Esta forma de trabajo podría dar por resultado que muchos tramos no reciban una conservación adecuada durante largos períodos de tiempo, que podrían llegar a un año o más. Con una atención tan limitada, el deterioro de la vía es mucho más severo y el nivel de servicio durante la mayor parte del año, es muy inadecuado. Cuando las cuadrillas regresan a los tramos abandonados durante mucho tiempo, el trabajo a ejecutar es mucho mayor, llegando a representar a menudo un trabajo de rehabilitación más que una operación normal de conservación. La seriedad del problema dependerá de que se trate de un tramo aislado de una carretera principal o de caminos locales menos transitados.

La mejor organización del personal de campo para trabajos de conservación, está relacionada con las características del sistema vial y con el grado de mecanización adoptado por el organismo responsable.

## ORGANIZACION DEL EQUIPO

Sea cual fuere la ubicación organizativa del servicio de equipo dentro de un organismo vial, será necesario tomar en cuenta lo siguiente:

1. determinar el tipo y número de equipo necesario para ejecutar el programa más efectivo y económico de conservación;
2. preparar especificaciones y documentos de licitación, así como recibir y evaluar las licitaciones para compras de equipo;
3. administrar la flota de equipo, incluyendo sistemas para asignarla a las unidades de campo, llevar el control de su empleo y de los costos, así como establecer reglas para reemplazar y retirar el equipo obsoleto;
4. ejecutar un programa de servicio y reparación de equipo, para asegurar un tiempo mínimo de paralización y una vida máxima de servicio; y
5. asegurar un inventario adecuado y continuo de repuestos y materiales que comúnmente se necesitan.

Muchos organismos establecen unidades de equipo que están totalmente separadas de la organización de conservación, tanto en el plantel central como en las oficinas de campo. La unidad de equipo está dirigida generalmente por un ingeniero mecánico, que tiene la responsabilidad de administrar la flota, para atender adecuadamente a todos los usuarios del equipo dentro del organismo vial.

En la mayoría de las oficinas de caminos, la unidad de conservación es normalmente el mayor usuario del equipo.

En consecuencia, algunos organismos combinan la unidad de equipo con la unidad de conservación, para proporcionar una mejor coordinación en el desarrollo de los programas de conservación.

Cada sistema tiene sus propias ventajas y desventajas. Se requiere una habilidad especial en la administración de ambas unidades, siendo esencial la coordinación entre ellas. La ubicación de la unidad de equipo dentro de la organización, no es tan importante. Lo que es importante es que los reglamentos, procedimientos y responsabilidades estén claramente definidos y comprendidos; que la unidad de equipo colabore con el programa de conservación, proporcionando el equipo adecuado y en buen estado donde y cuando se le necesite; y que se conozca la función de la conservación y se siga criterios que aseguren la operación, el servicio y el cuidado del equipo más adecuados.

### Organización del equipo del plantel central

La mayoría de los organismos viales tienen una unidad de equipo dentro de la organización del plantel central, con responsabilidad por:

1. la adquisición de nuevos equipos;
2. el establecimiento de reglas y procedimientos operativos para administrar el equipo;
3. la dirección y supervisión de un taller central de reparaciones, que es responsable de las rehabilitaciones y reparaciones importantes;
4. la coordinación para la adquisición, almacenamiento y distribución de repuestos y materiales;
5. el establecimiento de políticas, procedimientos y métodos para talleres de campo y para el servicio y reparación de equipo; y
6. el desarrollo de manuales de procedimientos y entrenamiento del personal de campo.

Normalmente, estas funciones y responsabilidades pueden ser ejecutadas con tres unidades organizativas a nivel del plantel central:

1. *un taller central de equipo*, responsable de todas las rehabilitaciones y reparaciones de equipo y de la adquisición y almacenamiento central de repuestos y materiales, que se distribuirán a los diversos talleres de campo;

2. *una unidad de administración de equipo*, responsable de analizar las necesidades de equipo, la adquisición, distribución y control del equipo, y de establecer políticas para una efectiva operación y cuidado del equipo; y
3. *una unidad de entrenamiento de equipo*, responsable de desarrollar y poner en ejecución programas de entrenamiento para operadores de equipo, personal de servicio y mecánicos, a fin de asegurar una adecuada operación, mantenimiento y reparación del equipo.

### Organización departamental de equipo

La organización de campo para el servicio de equipo, consiste principalmente de talleres de equipo, almacenes para repuestos y materiales, así como facilidades para el servicio de equipo en el campo. Generalmente se establecen talleres principales en las oficinas regionales o departamentales, con pequeños talleres o áreas de servicio en ubicaciones selectas distribuidas en la zona. A menudo, se emplean camiones de servicio para mantenimiento periódico y reparaciones menores de los equipos ubicados en lugares alejados.

En algunos casos, la unidad de equipo del plantel central ejerce una supervisión directa sobre las unidades de campo. Con mayor frecuencia, las unidades de equipo de campo son responsables ante el ingeniero regional o departamental, proporcionándoles el plantel central el personal de apoyo que requieran.

### RELACIONES ORGANIZATIVAS

El factor más importante para organizar la conservación de caminos y puentes es quizás, lograr que el marco organizativo sea sensible a las políticas, sistemas y procedimientos establecidos, para hacer el trabajo de la manera más efectiva. Deben tomarse primero las decisiones sobre la política a seguir, los procedimientos básicos y los métodos administrativos. Muchas personas participarán en los diferentes niveles organizativos, y deberán establecerse claramente sus responsabilidades y relaciones entre ellos. Una vez hecho esto, podrán tomarse decisiones objetivas sobre la estructura organizativa. El cuadro casi se deduce por sí mismo.

El siguiente capítulo analiza algunos métodos administrativos, que pueden influir en las decisiones sobre como organizar mejor la conservación vial.

---

## CAPITULO IV

# Sistemas administrativos

Un efectivo programa de conservación vial se basa en gran medida en buenos sistemas administrativos. Muy a menudo, los organismos viales proporcionan el personal obrero, el equipo y los materiales para conservación, pero luego descansan en el personal de campo para emplear estos recursos y planear y ejecutar las operaciones diarias de conservación. Los resultados no son generalmente satisfactorios y los niveles de servicio en todo el sistema vial son contradictorios. También hay la tendencia de asumir que un mayor número de

trabajadores, de equipo y de dinero, mejorará los niveles de la conservación. Sin embargo, la realidad es que un buen sistema administrativo puede mejorar en forma significativa las condiciones de la conservación.

El mejoramiento de la eficiencia en las operaciones de conservación, es un tema importante en la mayoría de los países en desarrollo, tanto por la oportunidad que existe para hacer más con los fondos disponibles, como por el hecho de que los ministerios de economía y finanzas tienden a recortar

los presupuestos que se solicitan, con el argumento de que no se invertirán bien dichos fondos. Los principales problemas típicos son: exceso de personal, inadecuada supervisión del mismo, reducida disponibilidad y utilización del equipo, baja productividad comparada con organizaciones privadas que ejecutan funciones similares, empleo del equipo y de los obreros en trabajos ajenos a la conservación, y falta periódica de fondos.

La mayoría de estos problemas sólo pueden ser resueltos poco a poco, mediante reducción de personal, introducción de políticas más flexibles para el personal de servicio público, entrenamiento del personal administrativo medio, establecimiento de mejores sistemas para asegurar un flujo regular de repuestos, limitación de las interferencias de políticos y dignatarios locales, y encontrando formas alternativas para satisfacer las necesidades locales de equipos modernos para ejecutar los proyectos locales.

Algunos de los organismos viales más avanzados, han desarrollado sistemas complejos de administración de la conservación, empleando computadoras electrónicas. Sin embargo, no se justifica llegar a este grado de sofisticación en la mayoría de los países en desarrollo. Todos los sistemas administrativos, empleen o no computadoras, deben incluir procedimientos formales para:

1. planificar programas anuales de trabajo especificando las obras a ejecutar,
2. determinar las formas más efectivas para ejecutar el trabajo,
3. asignar los recursos disponibles para ejecutar el programa,
4. autorizar y programar el trabajo en forma tal, que pueda ser comprendido claramente por el personal obrero, y
5. informar sobre el trabajo y evaluar las obras ejecutadas.

Este capítulo analizará los elementos básicos de los sistemas de administración de conservación, en la forma que sea más adecuada para la mayoría de los países en desarrollo. Se presentarán ejemplos de aplicaciones prácticas de estos procedimientos. La experiencia indica que es posible ayudar más a la administración, introduciendo los nuevos sistemas en forma lenta y cuidadosa, excepto cuando se responde directamente a necesidades comprobadas. En las primeras fases, quizás sea mejor no intentar recolectar en forma regular muchos datos detallados con propósitos de planificación (tales como cantidades y costos, conteos de tráfico y medidas de deflexión), ni siquiera para compararlos detalladamente con el plan. En lugar de eso, debe concentrarse integralmente en dos sistemas, uno que es un asunto de entrenamiento y de política a seguir y, el otro, un sistema de información administrativa a gran escala, limitada a la operación de equipo y a la conservación.

## DEFINICION DE LA ACTIVIDAD DE TRABAJO

En el Capítulo II se analizaron actividades típicas de trabajos de conservación. Cada organismo vial debe establecer su propia lista de actividades de trabajo que serán ejecutadas por el personal de conservación. La Figura 5 muestra una lista de actividades típicas que se ejecutarán en caminos sin pavimentar. Cada actividad deberá ser descrita con mayor detalle, en unas normas de ejecución de sistemas de trabajo (Capítulo VI). Se asigna un número de código a cada actividad para facilitar el planeamiento y la información del trabajo.

Otro elemento importante que se muestra en la lista de actividades, es una unidad de medida de trabajo, estable-

Figura 5  
DEFINICIONES DE ACTIVIDADES DE CONSERVACION  
Y  
UNIDADES DE MEDIDA DE TRABAJO

Código	Descripción	Unidades de Trabajo
<b>SUPERFICIE DEL CAMINO</b>		
10	Nivelado y Perfilado de superficies sin pavimentar, con motoniveladoras, rastras o herramientas manuales, para remover las ondulaciones transversales y los surcos longitudinales - sin agregar material.	Km. Nivelado
11	Bacheo de pequeños baches aislados y áreas débiles con material adecuado nuevo.	Metros Cúbicos
12	Recubrimiento de extensas secciones continuas, para reemplazar el material superficial perdido.	Metros Cúbicos
<b>DRENAJE</b>		
20	Limpieza y Reparación de Alcantarillas, con herramientas manuales.	N° de Alcantarillas
21	Limpieza a Mano de Cunetas, con herramientas manuales.	Metros de Cunetas
22	Limpieza a Máquina de Cunetas, con motoniveladora y otro equipo motorizado.	Km. de Cunetas
<b>AREAS LATERALES</b>		
30	Control de Vegetación, corte de malezas, árboles y césped, con herramientas manuales.	Horas-Hombre
31	Control de Erosión, reparación y prevención de erosión en áreas laterales.	Horas-Hombre
<b>PUENTES</b>		
40	Limpieza del Canal, limpiar el cauce de malezas, desperdicios y sedimentos en los emplazamientos de puentes.	N° de Puentes
41	Reparación de Puentes, reparación de barandas, plataforma y elementos estructurales.	Metros de Puente
42	Limpieza y Pintura, limpieza y pintura periódica de puentes de acero.	Litros de Pintura
<b>SERVICIOS DE TRAFICO</b>		
50	Conservación de Señales, reparación y reemplazo de señales y parantes dañados.	N° de Señales
<b>REHABILITACION Y MEJORAMIENTO</b>		
60	Proyectos Especiales, trabajos de restauración y mejoramiento en tramos designados de caminos— así como importantes trabajos de emergencia, tales como remoción de derrumbes y reparación de diques y estructuras de contención.	Cantidades Estimadas de Trabajo

cida para cada actividad. El sistema administrativo no sólo se ocupará del planeamiento y control del dinero, sino también del planeamiento y control de las cantidades de trabajo ejecutado. Las unidades de medición del trabajo deben ser fácilmente identificables y fáciles de medir e informar. Algunas serán muy obvias, tales como kilómetros nivelados o número de alcantarillas limpiadas. En otras, podría ser necesario emplear horas-hombre, como una medida del esfuerzo y resultados del trabajo.

Desde el punto de vista de una buena administración, es esencial que exista un claro entendimiento entre los planificadores y el personal obrero, en cuanto al alcance e intención de cada actividad de conservación y la base para la medición de la cantidad de trabajo. Un listado como el de la Figura 5, podría proporcionar un punto inicial, que se refinaría a medida que el organismo vial gane experiencia.

## CLASIFICACION DEL SISTEMA VIAL

El sistema vial en la mayoría de países, consta de rutas y tramos de caminos que varían mucho en las características del tipo de superficie, su condición y en los servicios que se espera de ellos. De modo que no puede tratarse igual a todos los caminos, cuando se planean y ejecutan los programas de conservación. Los segmentos del sistema vial deben ser colocados en categorías, que reflejen las variaciones en sus necesidades reales de conservación. Estas variaciones existen, aún entre las diferentes clases de caminos sin pavimentar. Una carretera principal sin pavimentar con considerable

tráfico, requerirá más atención a la conservación de su superficie, que un camino con tráfico liviano que sirve mayormente al tráfico local. Esos caminos diseñados y construidos con mejores materiales y bajo normas modernas de trazo, pendiente y drenaje, pueden requerir menos conservación que otros tramos comparables, que están construidos inadecuadamente.

Se sugieren las cuatro clases siguientes para diferenciar los caminos sin pavimentar con fines de planificar su conservación:

*Clase I* — Caminos principales, diseñados y construidos bajo normas modernas.

*Clase II* — Caminos principales, construidos con normas inadecuadas de trazo, gradiente y drenaje, o con material superficial que origine problemas especiales de conservación.

*Clase III* — Caminos secundarios de menor importancia, construidos con normas adecuadas para bajos volúmenes de tráfico. Se justifica su conservación para el tráfico de todo tiempo.

*Clase IV* — Caminos terciarios o locales, generalmente de naturaleza primitiva, que transportan poco tráfico y tienen pocas necesidades de conservación. Podría ser innecesario mantener abiertos estos caminos para el tráfico de todo tiempo.

No hay un criterio fijo que relacione los volúmenes de tráfico con las clases particulares de caminos. Algunos organismos viales podrían desear establecer sus propias relaciones. Las carreteras primarias, exceden normalmente de 200 TPD (Tráfico Promedio Diario). Los volúmenes de tráfico en caminos de Clase IV, no serán, por lo general, menores de aproximadamente 20 TPD. Las clases de caminos así designados, deberían ser codificados con colores, en un mapa del sistema vial.

## INVENTARIO VIAL

A fin de establecer una base para planificar un programa de conservación, es necesario levantar un inventario de los caminos, para definir claramente el alcance y características del sistema vial por conservar. Si éste no está definido legalmente, deberá establecerse a través de declaraciones sobre la política oficial del organismo vial, de modo que no hayan dudas del grado de su responsabilidad sobre la conservación vial.

Usando el mapa de la red que identifique las clases de caminos descritos en el acápite anterior, se divide el sistema en tramos individuales, en que cada uno tiene características razonablemente uniformes según su tipo de superficie, su ancho, su estado y su volumen de tráfico. Estas secciones pueden variar en longitud desde unos cuantos kilómetros hasta 50 o más kilómetros, y, generalmente, sus características deben ser las mismas en toda su extensión. Los tramos deben también estar divididos en los límites departamentales o de otras unidades administrativas, de modo de poder identificar las responsabilidades de cada unidad de campo.

Se deberá usar un sistema de numeración para identificar tramos individuales. El enfoque que se sugiere a continuación, incluye una combinación de números de ruta y de números de kilómetros.

1. Se asignan *números de ruta*, a extensos tramos continuos del sistema, que conectan ciudades principales u otros puntos de control. Todas las rutas que

sirven el tráfico Este-Oeste, reciben un número par. A las rutas Norte-Sur, se les asigna un número impar.

2. Los *números de kilómetros*, muestran la distancia desde el origen de la ruta hasta el origen del tramo particular. El punto de origen es siempre el extremo Oeste para las rutas Este-Oeste, y el extremo Sur para las rutas Norte-Sur.

Este sistema permite la identificación fácil de los tramos de carretera. Por ejemplo, la sección 12-60,5 empezaría en un punto a 60,5 km Este, del extremo Oeste de la ruta 12; y la sección 5-103,2 empezaría a 103,2 km Norte, del extremo Sur de la ruta 5.

Después de establecer los tramos, un ingeniero o un experimentado supervisor de conservación debe inventariar en el campo cada sección, y registrar la información en una hoja de inventario de campo. Deberán proporcionarse formatos tipo similares a los mostrados en la Figura 6, para registrar esta información.

Luego, debe resumirse la información compilada en las hojas de campo de cada unidad de conservación, primero por distritos, después por departamentos y finalmente para todo el país. La Figura 7 muestra un ejemplo de una hoja resumen. Dichas hojas, actualizadas anualmente, sirven para evaluar el sistema vial y representan una base realista para planificar y evaluar programas de conservación.

## NORMAS DEL NIVEL DE SERVICIO

El planeamiento del trabajo de conservación, requiere de una definición preliminar sobre los niveles de servicio deseados. Generalmente, éstos están relacionados con las diferentes clasificaciones viales, porque un nivel de servicio aceptable para un camino alejado con poco volumen de tráfico, sería inaceptable para una carretera principal con tráfico pesado. Las normas para las carreteras principales, no serían económicas para caminos de menor clasificación.

Algunos caminos pueden ser para todo tiempo, otros pueden estar cerrados temporalmente durante los períodos de fuertes lluvias o aún, estacionalmente.

Pueden medirse las normas de los niveles de servicio, de acuerdo a la frecuencia de la conservación requerida. Por ejemplo, una carretera primaria puede requerir nivelado y perfilado por lo menos una vez al mes. Intervalos menos frecuentes, podrían ser adecuados para un camino secundario y, una o dos veces al año podría representar un servicio adecuado para un camino local de tráfico liviano. Iguales variaciones en la frecuencia de las operaciones de conservación, podrían resultar adecuadas para trabajos de drenaje, limpieza de cunetas, recubrimiento y otros. La Figura 8 muestra ejemplos de normas típicas de nivel de servicio para diversas actividades de conservación. Estos ejemplos deben considerarse sólo como guías generales. Representan objetivos razonables para condiciones promedio. Los países en desarrollo más avanzados, pueden establecer en forma realista normas más altas de servicio. Los países menos desarrollados y con menores recursos, podrían requerir aceptar menores niveles de servicio.

Las decisiones sobre el nivel de servicio son muy importantes, porque afectan mucho a los requerimientos de personal obrero, equipo, materiales y fondos, que deben estar balanceados con los montos disponibles. Los supervisores de campo, deben conocer el nivel de servicio requerido para su programación diaria del trabajo.

Figura 6

HOJA DE INVENTARIO DE CAMPO

Departamento _____	Preparado por _____
Distrito _____	Fecha _____
Tramo N° _____	Clase de Camino _____
De _____	A _____
Longitud del Tramo _____ km	Ancho Promedio del Camino _____ metros
Tipo de Superficie <input type="checkbox"/> Concreto de Cemento Portland <input type="checkbox"/> Concreto Asfáltico <input type="checkbox"/> Tratamiento Superficial Bituminoso <input type="checkbox"/> Grava <input type="checkbox"/> Tierra	Condición de la Superficie <input type="checkbox"/> Muy Buena <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Pobre <input type="checkbox"/> Muy Pobre
Cunetas Laterales _____ km	Otras Cunetas _____ metros
N° de Alcantarillas _____	
Condición del Drenaje <input type="checkbox"/> Muy Bueno <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Pobre <input type="checkbox"/> Muy Pobre	Condición del Control de Vegetación <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Ligero <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Denso
N° de Puentes Acero _____ Concreto _____ Madera _____	Longitud de Puentes Acero _____ metros Concreto _____ metros Madera _____ metros
N° de Señales _____	
Necesidad de Conservación y/o Rehabilitación Especiales _____	

**NORMAS DE EJECUCION DEL TRABAJO**

Generalmente hay una mejor forma de ejecutar cada una de las diversas operaciones de conservación; esto es, la mejor forma tanto desde el punto de vista de la calidad del personal obrero, como de la utilización económica de la mano de obra y del equipo. También hay normas razonables para la ejecución del trabajo previsto. Una organización vial deberá esta-

blecer las normas de ejecución para cada actividad de conservación y asegurarse que los supervisores de campo satisfagan dichas normas.

Estas, a medida que se establecen, deben ser reunidas en un manual de conservación e incorporadas en los programas de entrenamiento. Las normas deben incluir:

1. el tamaño de cuadrilla más efectivo para cada fase de la conservación,

Figura 7

HOJA RESUMEN DEL INVENTARIO VIAL

Departamento \_\_\_\_\_

Preparado por \_\_\_\_\_

Distrito \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Clase de Camino	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Total
Length (km)					
Tipo de Superficie (km) Concreto de Cemento Portland Concreto Asfáltico Tratamiento Superficial Bituminoso Grava Tierra					
Cunetas Laterales (km)					
Otras Cunetas (metros)					
Nº de Alcantarillas					
Condición del Drenaje (km): Muy Bueno Bueno Regular Pobre Muy Pobre					
Vegetación (km) Ninguno Ligero Medio Denso					
Nº de Puentes Acero Concreto Madera					
Longitud de Puentes (metros) Acero Concreto Madera					
Nº de Señales					

2. las herramientas y equipo a emplear,
3. los materiales necesarios,
4. los métodos y procedimientos detallados de trabajo, y
5. un estimado del resultado promedio diario que se espera, cuando se cumplen las normas.

La Figura 9 muestra una norma ilustrativa para ejecutar la conservación en la actividad de nivelado y perfilado con una motoniveladora. Deberán prepararse en igual forma, normas similares para otras actividades. El Capítulo VI analiza los métodos y procedimientos alternativos de trabajo que podrían ser reunidos en normas de ejecución, basándose en condiciones existentes y en las políticas operativas adoptadas por el organismo vial.

Además de servir de guía a las fuerzas de campo, las normas proporcionan también una base realista para estimar los requerimientos de recursos, para los programas y presupuestos anuales de trabajo. Ellas pueden variar entre los

diferentes organismos viales, dependiendo de las prácticas que se adopten para el uso de equipo y del cuadro organizativo. Pero los objetivos siguen siendo los mismos, esto es, asegurar una calidad uniforme y coherente de la mano de obra, en la forma más económica y efectiva, según convenga a cada institución.

**PROGRAMAS ANUALES DE TRABAJO**

Una parte básica del sistema de administración de la conservación, es el desarrollo de un programa anual de trabajo que identifique la clase específica del trabajo a ejecutar, la cantidad de cada tipo de trabajo y la mano de obra, equipo y materiales necesarios para ejecutarlo. Se desarrollan tales programas para las unidades individuales de administración de campo (departamentos, distritos, etc.), reunidos en un programa nacional. Se desarrolla el programa anual de trabajo en base a cuatro fuentes de información:

Figura 8  
NORMAS ILUSTRATIVAS DEL NIVEL DE SERVICIO

Actividad de Conservación	Criterio de Ejecución	CLASE DE CAMINO			
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Nivelado y Perfilado	Frecuencia	1 mes	2 meses	6 meses	12 meses
Bacheo	m <sup>3</sup> /km/año	10	6	4	2
Recubrimiento	Frecuencia	4 años	5 años	6 años	8 años
Limpieza y Reparación de Alcantarillas	Frecuencia	6 meses	1 año	1 año	2 años
Limpieza y Perfilado de Cunetas	Frecuencia	1 año	1 año	2 años	2 años
Control de Vegetación	Frecuencia	4 meses	6 meses	1 año	2 años
Control y Reparación de Tramos Erosionados	Días-Hombre/km/año	60	40	20	10
Recojo de Escombros	Frecuencia	6 meses	1 año	—	—

NOTA: Los valores de esta tabla reflejan la opinión de algunos organismos viales sobre los niveles de servicio adecuados, pero no deben ser considerados como normas a ser aplicadas en forma general. Las variaciones en clima, suelos y otros factores, pueden indicar la necesidad de usar valores diferentes. Cada organismo deberá tomar su decisión, en base a su criterio técnico y a su experiencia.

Figura 9  
NORMAS DE CONSERVACION  
Actividad: Nivelado y Perfilado  
Código de la Actividad: 10

<b>Descripción y Propósito:</b> Perfilado y alisado periódico con motoniveladora de superficies de caminos sin pavimentar para (1) remover ondulaciones transversales, (2) corregir surcos y otras Irregularidades superficiales, (3) redistribuir el material suelto superficial de las bermas, y (4) restaurar la corona o bombeo adecuado de la vía para permitir el drenaje del agua superficial.		
<b>Criterios de Ejecución:</b> Debe ser programada y ejecutada en intervalos de tiempo, de acuerdo a las normas de nivel de servicio establecidas para la clase y ubicación del camino considerado. Debe ser programada poco después del período de lluvias, cuando haya una pequeña cantidad de humedad natural en la superficie. Evítese programar el trabajo bajo condiciones extremas de humedad o sequedad.		
<b>Cuadrilla, Equipo y Material:</b>		
<u>Cuadrilla</u>	<u>Equipo</u>	<u>Materiales</u>
1 Operador de Equipo	1 Motoniveladora	Ninguno
2 Obreros	Palas	
2 Portaseñales	Rastrillos	
<b>Métodos de Trabajo:</b>		
1. Coloque las señales y los dispositivos de seguridad.		
2. Pase la motoniveladora sacando el material suelto de las bermas, recortando los puntos elevados y colocando camellones al centro de la vía.		
3. Haga una segunda pasada con la motoniveladora en la misma forma y en dirección opuesta, depositando el material en los camellones del centro.		
4. Regule la hoja para obtener un talud adecuado de bombeo del 3% y distribuya uniformemente el material hacia cada berma.		
5. Compruebe el talud de bombeo con una tabla de taludes y haga pasadas adicionales para asegurar un bombeo correcto.		
6. Retire todas las rocas y el material de mayor tamaño de la superficie y rastre suavemente donde sea necesario.		
7. Retire las señales y dispositivos de seguridad.		
<b>Unidad de Medida del Trabajo:</b> Km nivelado y perfilado.		
<b>Producción Promedio:</b> 6 Km diarios.		

1. *el inventario actual de la vía*, que identifica la longitud del sistema vial, dividido por clases de caminos, así como las características y condición de tramos individuales;
2. *las normas del nivel de servicio adoptadas*, que identifican la cantidad anual estimado o la frecuencia del trabajo necesario para obtener condiciones adecuadas de conservación;
3. *las normas de ejecución del trabajo*, que proporcionan una base para estimar la productividad y los requerimientos de recursos; y
4. *las inspecciones periódicas de campo*, para identificar la necesidad de trabajos de rehabilitación especial y de mejoramiento.

Una vez que se reuna toda esta información, será necesario reajustar algunos de los estimados preliminares para acomodarse a los recursos disponibles.

La Figura 10 muestra el contenido de un típico programa anual de conservación, para diversas actividades selectas de trabajo. En el ejemplo, las cantidades de *nivelado y alisado*, fueron calculadas de la hoja resumen del inventario de campo (Figura 7) y de las normas de nivel de servicio (Figura 8), de acuerdo al siguiente procedimiento:

Clase de Camino	Inventario Kilómetros		Frecuencia (por año)		Nivelado Anual-Km
Clase 1	150	x	12	=	1.800
Clase 2	225	x	6	=	1.350
Clase 3	525	x	2	=	1.050
Clase 4	600	x	1	=	600
	1.500				4.800

Usando las mismas fuentes de información, se calcularon los metros cúbicos estimados de *bacheo* en caminos sin pavimentar.

Clase de Camino	Inventario Kilómetros		M <sup>3</sup> /Km/año	=	M <sup>3</sup> Anuales de Bacheo
Clase 1	150	x	10	=	1.500
Clase 2	225	x	6	=	1.350
Clase 3	525	x	4	=	2.100
Clase 4	<u>600</u>	x	2	=	<u>1.200</u>
	1.500				6.150

Para la actividad *limpieza y reparación de alcantarillas*, se usa la partida de inventario: "número de alcantarillas", para calcular el programa anual de trabajo.

Clase de Camino	Inventario Nº de Alcantarillas		Frecuencia de Limpieza (por año)	=	Nº Anual Limpiados
Clase 1	1.650	x	2	=	3.300
Clase 2	1.100	x	1	=	1.100
Clase 3	1.050	x	1	=	1.050
Clase 4	<u>900</u>	x	0,5	=	<u>450</u>
	4.700				5.900

El cálculo de metros cúbicos de recubrimiento, se basa en la profundidad promedio de recubrimiento para cada clase de camino. Esto proporciona valores en metros cúbicos de recubrimiento por kilómetro. Los requerimientos anuales se basan entonces en la frecuencia de recubrimiento. La Figura 8 muestra que una cuarta parte de todos los caminos de Clase 1 deben ser recubiertos cada año, mientras que sólo un octavo de los caminos de Clase 4 requieren dicho trabajo anual.

Las cantidades anuales de trabajo para todas las otras actividades de conservación se computan de igual manera, usando las partidas del inventario vial, las normas de nivel de servicio y las normas de ejecución más adecuadas.

Cualquier proyecto especial de trabajos de rehabilitación y mejoramiento será definido claramente en forma individual,

incluyendo los estimados de los requerimientos de recursos para ejecutar el trabajo.

## REQUERIMIENTOS DE RECURSOS

El programa de trabajo define las clases y volumen del trabajo a ejecutar durante el año. Las normas de ejecución proporcionan un medio para determinar los recursos que sean necesarios. Por ejemplo, el programa de trabajo de la Figura 10 muestra que habrían cerca de 4.800 km de nivelado de superficies sin pavimentar durante el año. Las normas de ejecución (Figura 9), muestran que una cuadrilla tipo debe promediar unos 6 km diarios de nivelado y perfilado. Esto significa que se necesitarán cerca de 800 días-cuadrilla para el nivelado y perfilado.

La cuadrilla tipo consiste de cinco hombres, una motoniveladora y diversas herramientas de mano. Para esta operación no se requieren materiales. Los recursos necesarios para las 800 días-cuadrilla representan 4.000 días-hombre y 800 días de motoniveladora.

De igual manera se estiman los requerimientos de recursos para todas las otras actividades de conservación, en la siguiente secuencia:

1. se identifican las *cantidades anuales* de unidades de trabajo, para cumplir con el programa de trabajo;
2. se calculan los *requerimientos anuales de días-cuadrilla* en base a tasas estimadas de productividad;
3. se determinan los *requerimientos de mano de obra y de equipo*, en base a modelos para contratación de personal y uso de equipo; y
4. se determinan las *necesidades de material* (donde sea aplicable), en base al programa de trabajo y a las normas de ejecución.

La Figura 11 muestra un formato adecuado para resumir los requerimientos de recursos. Cada distrito debe preparar estos resúmenes, que servirán de base para contratar el personal y asignar el equipo y los materiales. El total de las

Figura 10

## PROGRAMA ANUAL DE TRABAJOS DE CONSERVACION

AÑO DEL PROGRAMA \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_  
Distrito \_\_\_\_\_

Código	Actividad Descripción	Unidad de Trabajo	Total de Unidades Anuales de Trabajo				
			Caminos Clase 1	Caminos Clase 2	Caminos Clase 3	Caminos Clase 4	Todos los Caminos
10	Nivelado y Perfilado	Km Nivelado	1.800	1.350	1.050	600	4.800
11	Bacheo	M <sup>3</sup> de Material	1.500	1.350	1.400	1.200	5.450
12	Recubrimiento	M <sup>3</sup> de Material	18.750	16.500	12.300	9.500	57.050
20	Limpieza y Reparación Alcantarillas	Nº de Alcantarillas	3.300	1.150	1.050	450	5.950
21	Limpieza a Mano de Cunetas	Metros de Cunetas	5.300	5.600	8.400	9.500	28.900
22	Limpieza a Máquina de Cunetas	Km de Cunetas	270	190	75	50	585
30	Control de Vegetación	Días-Hombre	560	440	275	200	1.475
31	Control de Erosión y Reparación	Días-Hombre	380	290	230	260	1.160
50	Conservación de Señales	Nº de Señales	1.600	850	420	110	2.980

Figura 11

REQUERIMIENTO DE RECURSOS PARA UN PROGRAMA ANUAL DE CONSERVACION  
AÑO DEL PROGRAMA \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_  
Distrito \_\_\_\_\_

Actividad		Unidades de Trabajo	Días de Cuadrilla	Días-Hombre		Días-Equipo		Materiales	
Código	Descripción			Clase	N°	Clase	N°	Descrip.	Cantidad
10	Nivelado y Alisado	4.800 km	800	Oper. Equipo Obreros	800 3.200	Montonive- ladora	800	—	—

hojas resumen dará los días-hombres en el año por clasificación de empleo, los días-equipo por tipo de equipo, y las cantidades para cada clase de material.

Excepto por el bacheo o la renovación de la superficie, las operaciones de conservación de caminos sin pavimentar requieren pocos materiales. Las necesidades están limitadas principalmente a partidas tales como, reemplazo de alcantarillas de tubo; madera y accesorios metálicos para reparación de puentes; pintura, cemento y materiales de señalización. Pueden estimarse las cantidades anuales de estas partidas en base a experiencia, tomando en cuenta cualquier reparación excepcional que pudiera anticiparse para el siguiente año.

### PRESUPUESTO DE OBRA

Los funcionarios responsables de revisar y aprobar las solicitudes de fondos, no están por lo general familiarizados con los detalles de las operaciones de conservación vial. Tienen poco que aprender de las solicitudes tradicionales de fondos, que establecen simplemente los requerimientos estimados de mano de obra, equipo y materiales. El presupuesto de obra, es una forma simple y directa de superar esta falta de comunicación.

Los presupuestos de obra relacionan las necesidades financieras con la ejecución de un trabajo específico, según se establece en el programa anual de trabajo. Pueden entonces hacerse evaluaciones objetivas de las consecuencias, cuando sea necesario reducir el presupuesto. No es solamente un asunto de recortar la planilla de sueldos o de reducir ampliamente los gastos. Es cuestión de saber las actividades de conservación que serán reducidas o eliminadas, y el efecto que ello causará en el nivel de servicio.

Un problema permanente, es la presión que se recibe para agregar rutas al sistema de caminos o para aumentar el nivel de servicio de conservación en algunas de las rutas de clase más baja. El presupuesto de obra permitirá identificar los incrementos de fondos que se requieren para estos servicios adicionales.

La mayoría de los gobiernos han establecido formatos y procedimientos para la solicitud de fondos de parte de los organismos gubernamentales. Es improbable que una organización vial pueda apartarse de estos formatos. Pero podría preparar y presentar un presupuesto basado en la ejecución de obras, como una comprobación de la solicitud formal de fondos.

La Figura 12 muestra un formato adecuado para un presupuesto de obra de conservación. Define el trabajo a ejecutar (unidades de trabajo para cada actividad), los requerimientos de mano de obra (días-hombre para cada actividad), y la descomposición de costos en términos de mano de obra, equipo, materiales y servicios contractuales para cada actividad. De esta manera, se identifican todas las actividades regulares de conservación. Se muestra en el formulario cualquier trabajo de rehabilitación o mejoramiento, como que se trata de un proyecto especial, indicando el trabajo a ejecutar, sus ubicaciones y los costos estimados claramente identificados.

El presupuesto de obra no debe convertirse en una labor compleja. Es sólo necesario mantener actualizada la información de costos de mano de obra y de equipo, y aplicar estos costos a las necesidades de los recursos identificados en el programa anual de trabajo. En el Capítulo VI se presenta un análisis más detallado del costo del equipo, incluyendo el uso de tasas de alquiler de equipo.

### AUTORIZACION Y PROGRAMACION DE LA OBRA

Luego de aprobar el programa y el presupuesto de la obra, debe comunicarse el plan de trabajo a los supervisores locales de conservación del área, de modo que sepan el tipo de trabajo que están autorizados a ejecutar, cuándo deben ejecutarlo y los recursos que han sido presupuestados. Sin esta comunicación, es improbable que los resultados reales del trabajo estén de acuerdo con los objetivos aprobados.

En el caso de trabajos especiales de rehabilitación y mejoramiento, no existe ningún problema particular, porque los proyectos pueden ser claramente definidos en términos del tipo de trabajo, su ubicación y el tiempo programado para su terminación. Pero es más difícil informar sobre el plan de conservación rutinario y su programación. Un sistema consiste en entregar al supervisor de cada área de conservación, una copia del programa aprobado. Este le indica el monto de cada actividad de conservación que debe ejecutar durante el año, pero no le dice dónde ni cuándo. Es difícil para un supervisor general, programar las operaciones diarias sobre la base de un programa anual total.

En algunos organismos, los planificadores a nivel del plantel central o departamental dividen el programa anual en períodos más pequeños de tiempo, sea trimestral o mensualmente. Cuando se preparan estos incrementos menores

Figura 12

PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROGRAMA DE CONSERVACION  
 AÑO DEL PROGRAMA \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_  
 Distrito \_\_\_\_\_

Actividad		Programa de Trabajo		Costos por Partida de Gastos:				Presu- puesto Total (\$)
Código	Descripción	Unidades de Trabajo	Días- Hombre	Mano de Obra (\$)	Equipo (\$)	Materiales (\$)	Servicios Contractuales (\$)	

del programa anual, debe tomarse en cuenta los requerimientos estacionales en las actividades particulares de conservación. Por ejemplo, debe programarse una gran parte del bacheo superficial durante e inmediatamente después de las estaciones lluviosas, y antes de éstas, deberá programarse la mayor parte de la limpieza de alcantarillas. También es necesario balancear la carga de trabajo durante todo el período de tiempo, de modo que permanezcan constantes los requerimientos de días-hombre y días-equipo. Estos programas de corto alcance ayudarán a los superintendentes de conservación del área, a planear y programar el trabajo. Pero, debido a que los superintendentes dirigen generalmente varios capataces individuales y sus cuadrillas, hay también necesidad de programar individualmente cada cuadrilla. Una de las maneras más efectivas consiste en programar reuniones regulares entre el superintendente y sus capataces, para desarrollar programas semanales o quincenales detallados de trabajos específicos para cada cuadrilla y asignar tiempos específicos de cualquier equipo que deba ser compartido entre varias cuadrillas. La Figura 13 muestra un formato adecuado para planear y documentar un programa quincenal para cuadrillas individuales.

Otro método empleado por algunos organismos para autorizar y programar programas de conservación, hace uso de un tipo de orden de trabajo, denominado comúnmente tarjeta de día-cuadrilla. La Figura 14 muestra una tarjeta ilustrativa de este tipo. A cada superintendente de área se le proporciona una cantidad de estas tarjetas para cada actividad, de acuerdo al número de días-cuadrilla especificado en el programa para cada actividad particular. Cada capataz recibe a su vez tarjetas, en base al mismo programa, con la autorización e instrucciones para ejecutar un trabajo específico durante un determinado período de tiempo. Una pequeña ventaja de este sistema, es que las tarjetas de días-cuadrilla también pueden usarse para informar sobre el trabajo mismo, según lo indicado en la siguiente sección.

**INFORME Y CONTROL DEL TRABAJO**

Hay dos razones que convierten a los informes de trabajo en una parte necesaria para el desarrollo de los programas de conservación:

1. se requiere de *información contable* para las planillas de sueldos, para contabilizar los gastos en materiales y

suministros, y para llevar una contabilidad de costos de los programas de conservación; y

2. se necesita de *información administrativa* para revisar la ejecución del trabajo, evaluar el progreso hacia los objetivos del programa, recomendar las acciones correctivas necesarias para mejorar la ejecución del trabajo, y planificar los futuros trabajos.

Algunos organismos satisfacen ambos requerimientos mediante un sistema único de información, mientras que otros preparan informes separados para la contabilidad y para el aspecto administrativo. Desde este punto de vista, los sistemas de informes deben desarrollarse y ponerse en ejecución para satisfacer los siguientes criterios básicos:

1. el informe de trabajo diario o semanal de cada cuadrilla, debe identificar la clase de trabajo ejecutado, su ubicación, los recursos empleados y lo realmente ejecutado en términos de unidades de medida de la obra; y
2. los resúmenes de trabajo deberán prepararse en intervalos mensuales, de manera de comparar los logros reales con el programa de trabajo planeado para cada unidad de campo, y evaluar el trabajo ejecutado en base a las normas de productividad y de ejecución.

El tipo de tarjeta de días-cuadrilla empleada para autorizar y programar el trabajo (Figura 14), sirve también como un buen documento de informe de obra. Si un organismo vial no usara estas tarjetas, deberá emplear un formulario de informe separado. La Figura 15 muestra un informe ilustrativo semanal de conservación. El capataz de la cuadrilla, debe preparar el formulario y presentarlo al final de cada semana. Se requerirá de una hoja separada, para cada actividad de trabajo ejecutada durante la semana. En algunos casos, se proporcionarán asistentes que ayuden a los capataces a preparar dichos informes.

La Figura 16 ilustra un informe mensual típico, que resume la labor de un departamento en un período de 9 meses, de Enero a Setiembre. El ejemplo muestra un análisis de la actividad de nivelado y perfilado. (En la realidad, deberán colocarse todas las actividades ejecutadas.) Se registra la información para distritos individuales, permitiendo su comparación con otros distritos y con todo el departamento. Se deberán preparar resúmenes similares para todo el país, para comparar a todos los departamentos.

De estos resúmenes pueden derivarse dos evaluaciones importantes:

Figura 13

PROGRAMACION QUINCENAL DE CONSERVACION													
Departamento _____							Distrito _____						
							Período _____						
							Aprobado _____						
Actividad de Trabajo		Días-Cuadrilla Estimados	Jefe de Cuadrilla	Asignaciones Hombres-Día									
Código	Descripción y Ubicación			Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi
10	Nivelado y Perfilado Ruta # 20	4	R. Páez	5	5	5	5						
10	Nivelado y Perfilado Ruta # 7	6	R. Páez					5	5	5	5	5	5
11	Bacheo Ruta # 12	5	P. León	6	6	6	6	6					
20	Limpieza de alcantarillas Ruta # 12	5	P. León						6	6	6	6	6
31	Reparación de Erosión Quebrada Santa Ana	10	J. Cruz	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
50	Conservación de Señales Ruta # 4	7	M. Alon	4	4	4	4	4	4	4			
50	Conservación de Señales Ruta # 20	3	M. Alon								4	4	4

Figura 14  
TARJETA MODELO DE DIA-CUADRILLA

Tarjeta Programa de la Cuadrilla		Tamaño de la Cuadrilla	Código de Actividad
Clase de Camino		Distrito	
Actividad: _____			
Ubicación: _____			
Capataz: _____		Fecha: _____	
Mano de Obra		Equipo	
Horas	Nombre	Horas	Unidad de Equipo
Material			
Descripción		Unidad	Cantidad
Ejecutado			
Cantidad		Unidad de Trabajo	

1. medir el avance actual de cada unidad de trabajo para cumplir con los objetivos del programa, como un porcentaje del programa anual; y
2. determinar la eficiencia de las operaciones como una medida de la productividad. En el ejemplo, la productividad es el número real de kilómetros nivelados por día-cuadrilla de trabajo.

Un propósito principal de los informes de obra ejecutada, es proporcionar a los administradores una información oportuna que permita ubicar las áreas con problemas y tomar medidas correctivas. Estas acciones típicas pueden incluir la asesoría y ayuda a los supervisores para obtener una mejor programación del trabajo, o entrenamiento de los obreros de campo sobre métodos tipo de trabajo y formas para aumentar su productividad.

### MANUALES Y ENTRENAMIENTO

Uno de los problemas comunes en la mayoría de los organismos viales en países en desarrollo, es que aún no se han establecido formalmente, sistemas y procedimientos para administrar programas de conservación, o si se han establecido, los sistemas no son interpretados ni seguidos en forma consistente. Existe la necesidad de uniformizar la comprensión en todos los niveles del organismo vial, tanto en el plantel central como en el campo, y la manera en que debe formularse y ejecutarse el programa de conservación.

Los tipos de información que deben estar respaldados por documentos oficiales sobre la política a seguir, incluyen:

1. la estructura básica de organización de la conservación, las autoridades y responsabilidades en cada nivel, y las relaciones con otras unidades organizativas dentro del mismo organismo vial;
2. las reglas y responsabilidades para preparar programas anuales de conservación, incluyendo procedimientos detallados sobre inventarios viales, normas de nivel de servicio y normas de ejecución de obra;

Figura 16

INFORME ILUSTRATIVO DE RESUMEN DE OBRA									
REPORTE MENSUAL DE OBRA							Departamento _____		
							Periodo del _____ al _____		
Actividad		Cantidades de Trabajo				Días-Cuadrilla a la Fecha	Productividad		
Código	Descripción	Medida de Trabajo	Ejecutado a la Fecha	Programa Anual	Porcentaje Realizado		Unid. Real	Día-Cuad. Normal	%
10	Nivelado y Alisado	Km Nivelado	1.059	1.400	75%	233	4,5	6,0	75%
	Distrito 1		540	900	60%	80	6,7	6,0	112%
	Distrito 2		1.400	1.650	85%	180	7,8	6,0	130%
	Distrito 3		380	850	45%	105	3,6	6,0	60%
	Distrito 4								
	Total Departamento		3.370	4.800	70%	598	5,6	6,0	93%

Figura 15

INFORME SEMANAL DE CONSERVACION												
Período del _____ al _____												
Departamento _____					Distrito _____							
Código de la Actividad _____		Descripción de la Actividad _____										
Ubicación de la Obra _____												
<b>Mano de Obra</b>					<b>Horas</b>							
Empleado					Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Total
Total Horas												
<b>Equipo</b>					<b>Horas de Equipo</b>							
					Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Total
<b>Materiales</b>					<b>Cantidad</b>							
Descripción				Unidad	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Total
<b>Obra Ejecutada</b>					<b>Cantidad</b>							
Descripción				Unidad	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Total

Capataz \_\_\_\_\_

3. las reglas y responsabilidades para preparar presupuestos basados en obra ejecutada y para asignar los recursos entre las unidades operativas de campo;
4. las normas sobre utilización y administración de equipo, incluyendo talleres de reparación y de repuestos; y
5. las normas sobre trabajos de construcción y mejoramiento a ejecutar por administración o por contratistas.

Las reglas, sistemas y procedimientos deben ser cuidadosamente desarrollados, con la participación directa de los diversos niveles organizativos que contribuyen al desarrollo

de los programas. Esto promoverá una mejor comprensión y confianza en los procedimientos a seguir. Los métodos aprobados deberán presentarse oficialmente en un manual de operaciones de conservación, en forma clara y comprensible, que incluya las responsabilidades de las personas en cada nivel organizativo. Deberá suplementarse el manual con sesiones de entrenamiento, para asesorar y ayudar en la implementación de dichos sistemas. El empleo de adecuados sistemas administrativos, es de singular importancia en los organismos viales de los países en desarrollo. Planificar el trabajo y asegurar que se ejecute, es tan importante como saber como ejecutar el trabajo en el campo.

## CAPITULO V

# Utilización de herramientas y equipos

Los países que han venido conservando caminos y puentes durante algún tiempo, han llegado a depender mucho de las flotas de equipo para ejecutar los programas de conservación. Algunos países en desarrollo, están tratando de seguir ese ejemplo con diversos resultados.

Quizás el mayor error de los países en desarrollo, sea el creer que la adquisición de grandes cantidades de equipo de conservación resolverá sus problemas. Los altos costos inesperados de operación del equipo, los repuestos y las reparaciones, complican generalmente el problema, comprometiendo grandes sumas de dinero tanto extranjero como local, para las operaciones diarias. Cuando no se dispone de fondos adecuados el equipo se deteriora rápidamente, dando por resultado un tiempo excesivo de paralización y una pobre utilización del equipo.

La importancia de este problema, está muy bien ilustrada en un trabajo presentado en la Conferencia Pan Africana sobre Conservación y Rehabilitación de Carreteras, que tuvo lugar en Ghana en 1977. Los autores del trabajo fueron los señores C.G. Harral y P.E. Fossberg del Departamento de Transportes del Banco Mundial. Extractos de este trabajo incluyen lo siguiente:

"... Cuando revisamos recientemente los resultados de proyectos de carreteras financiados en el pasado por el Banco Mundial durante 43 años, descubrimos que ha sido un problema uniforme en casi todas las actividades de conservación, la pobre utilización obtenida del costoso equipo importado. No sólo se requiere de grandes sumas del escaso dinero extranjero para adquirir el equipo, y generalmente una cantidad sustancial de ayuda técnica extranjera antes de que se puedan desarrollar las instituciones locales, sino además, la importación de combustibles y repuestos es a menudo obstaculizada, de modo que se tiene el espectro de un equipo costoso descansando sin producir durante largos períodos de tiempo; en un determinado país no se logró más de 60 días de trabajo por año, debido en gran parte a las limitaciones en el suministro de combustibles y repuestos. Ha surgido cada vez con más frecuencia, la

pregunta de que si estas tecnologías que dependen del empleo de mucho capital y de muchos fondos extranjeros, son inadecuadas para satisfacer las necesidades de los países en desarrollo. Los resultados de investigaciones realizadas en los últimos seis años, indican claramente que el uso intensivo de mano de obra y de técnicas intermedias, pueden resultar técnica y económicamente factibles para las tareas principales de construcción civil y de conservación, en aquellos países en que la mano de obra es abundante, siempre que se ponga la debida atención a una efectiva organización y administración, al uso de herramientas adecuadas y a la salud y nutrición de los obreros. Sólo en los trabajos de transporte de material a larga distancia (generalmente 5 o más kilómetros), y en la compactación y acabado de alta calidad (como superficies de concreto asfáltico), resulta necesariamente más económico hacer un uso intensivo de equipo . . ."

Este capítulo analizará algunos de los factores que deberán considerarse en un país en desarrollo, antes de comprometerse a operaciones altamente mecanizadas. Se darán guías sobre el uso efectivo de herramientas manuales y el empleo de pequeñas unidades improvisadas de equipo. Se establecerá el criterio para emplear los métodos adecuados de administración, relacionados con las flotas de equipos de conservación.

## CONSIDERACIONES DE MECANIZACION

Los países en desarrollo han estado tentados frecuentemente de adquirir equipo mecanizado para la conservación de caminos y puentes. A menudo, se ven estimulados por los fondos y donaciones disponibles de los diversos organismos internacionales. Para algunos países, dichos programas han demostrado ser realistas y efectivos, para otros, los resultados han representado un desastre económico, con poca evidencia de mejorar la condición de los caminos.

Se deben tomar decisiones en cuanto a la extensión de la mecanización en las operaciones de conservación, sólo después de una cuidadosa evaluación de los costos, de las

consecuencias económicas y sociales y de la factibilidad de seguir obteniendo fondos para programas mecanizados. No hay un criterio fijo que gobierne todas las situaciones, pero deberán considerarse los siguientes factores.

### **Inversiones de capital**

Cuando hay disponibilidad de préstamos o donaciones, la inversión inicial de capital para equipo es menos dolorosa. Pero eventualmente, se necesitará reemplazar algunas unidades y no sería realista depender de continuos préstamos o donaciones para ese propósito. Debe existir un plan práctico de financiación local que reconozca la necesidad de reemplazar periódicamente el equipo obsoleto.

Es esencial tener un programa confiable de mantenimiento y reparación de equipo, para lograr una continua y efectiva operación de una flota de equipo. Esto significa que deben disponerse de medios de servicio y reparación. En la mayoría de los casos, se necesitará una considerable inversión de capital para la construcción de talleres de reparación y almacenes para repuestos y materiales, así como para obtener las herramientas y equipo necesarios para dichos talleres.

La experiencia ha demostrado que la adquisición inicial de equipo, debe ir acompañada de la compra de repuestos y materiales, con un costo que represente un 20 por ciento del valor del equipo. Estos repuestos son necesarios para asegurar una operación continua durante los primeros años.

### **Costos continuos**

Un compromiso de un programa mecanizado de conservación, debe ir acompañado de otro compromiso de proporcionar fondos anuales para las operaciones. Dichos gastos incluirán.

1. combustibles y lubricantes,
2. repuestos y materiales, y
3. operaciones de talleres de equipo.

El reciente incremento acelerado en el costo del combustible, ha tenido un impacto significativo en todos los organismos viales, sobre todo en los de los países en desarrollo con recursos limitados. Hace muy poco bien invertir en equipo costoso y luego dejarlo desocupado por falta de fondos suficientes para operarlo a tiempo completo. Más aún, a medida que aumentan los costos operativos, debe analizarse más de cerca el aspecto económico para el empleo de métodos alternativos de trabajos de conservación, que estén menos orientados al empleo de equipo.

### **Impacto social y económico**

La justificación real para operaciones de conservación altamente mecanizadas, incluiría una o más de las condiciones siguientes:

1. ciertas operaciones de conservación pueden ser ejecutadas más económicamente con equipo que con mano de obra,
2. la calidad del acabado con equipo es mucho mejor que con mano de obra, y
3. hay una falta de mano de obra disponible y adecuada.

Esta tercera condición existe muy raras veces en países en desarrollo. En realidad, generalmente lo contrario es lo real. Un desempleo grande estimula la creación de trabajos, en el interés del bienestar social y económico de la nación. Si éste es el caso, es difícil justificar una gran flota de equipo sin

hacer las reducciones correspondientes en el personal obrero, debido a que la misma naturaleza de las operaciones mecanizadas implica que puede realizarse igual o más trabajo con menos mano de obra. Si no se reduce el personal obrero, no podría haber una justificación económica para un empleo extenso del equipo.

Es aquí donde surgen los problemas. Es comprensible que los funcionarios encuentren muy difícil eliminar puestos de trabajo y reducir el personal obrero. Pero en el interés de la economía y producción integrales, los funcionarios deben estar preparados para tomar estas acciones si se adopta la política de incrementar la mecanización. Dichas decisiones pueden tener un impacto social y económico muy significativo.

### **Personal entrenado**

El empleo efectivo de equipo para las operaciones de conservación, requiere de un número considerable de personas entrenadas y competentes en la operación del equipo y en su servicio y reparación. Generalmente, este personal con calificaciones adecuadas no está fácilmente disponible en los países en desarrollo. Esto significa que deben haber extensos programas de entrenamiento para operadores y mecánicos de equipo. Se pueden emplear varios métodos, tales como establecer centros locales de entrenamiento empleando especialistas extranjeros, o enviar al personal a centros de entrenamiento ubicados en otros países. En cualquier caso, el entrenamiento, que debe ser considerado como una parte esencial de la transición a la mecanización, puede resultar un proceso costoso. Sin embargo, la experiencia muestra que también puede ser muy costoso poner en ejecución operaciones con equipo, sin operadores y mecánicos adecuadamente entrenados.

El problema no termina ahí. Los organismos viales deben estar preparados para establecer planes salariales para operadores y mecánicos, comparables con puestos similares en la industria privada local. Cuando hay poco personal entrenado y cuando los sueldos de los organismos viales no son competitivos con los de los otros empleadores, los cambios de personal son extremadamente frecuentes. Los programas de entrenamiento del organismo vial, pueden resultar así más beneficiosos para los empleadores que para el mismo organismo vial.

### **Estableciendo una política**

Cuando se hayan evaluado todas las consideraciones anteriores y se hayan hecho comparaciones realistas de los costos estimados y de los fondos disponibles, se podrán tomar decisiones sobre la política y sistemas de utilización de herramientas y equipo para conservación vial.

Hay numerosas opciones disponibles, que varían desde operaciones que están totalmente orientadas al empleo de mano de obra, hasta sistemas totalmente mecanizados. Algún punto intermedio entre los dos podría ser lo más apropiado, o bien, podría establecerse un plan a largo plazo para una transición gradual a la mecanización, coordinado con el desarrollo económico y la capacidad del país.

Estas deben ser decisiones de alto nivel que se tomarán objetivamente. Una vez tomadas, deberán ser publicadas formalmente y consideradas como la política oficial que servirá como guía de las acciones futuras del organismo vial. Las normas de ejecución de métodos de trabajo (Capítulo

IV), deberán reflejar las decisiones sobre la utilización de equipo. Pueden hacerse cambios a medida que varían las condiciones, pero habrá por lo menos un plan tendiente a disuadir la adopción de mecanización excesiva que podría ser costosa e inefectiva.

## HERRAMIENTAS MANUALES Y EQUIPOS PEQUEÑOS

Aún los países más desarrollados emplearon en algún momento, métodos de conservación vial que ahora consideran primitivos. Pero hacían el trabajo, a un costo relativamente bajo usando herramientas manuales y equipo casero. Casi todo el trabajo de conservación puede ejecutarse sólo con herramientas manuales, aunque se requiera de mayor tiempo y de mayor número de obreros que cuando se emplea equipo pesado. Sin embargo, deben tenerse a la mano las herramientas para cuando se las necesite, y debe planearse, programarse y supervisarse el trabajo en forma efectiva.

Esta sección analizará las herramientas manuales y las unidades pequeñas e improvisadas de equipo. El Capítulo VI, incluye una descripción más detallada de algunos métodos de trabajo con herramientas manuales.

### Herramientas manuales

Las herramientas manuales convencionales incluyen picos, palas, rastrillos, machetes, pisones, serruchos, martillos y carretillas. Algunos artesanos, tales como los carpinteros, pueden proporcionar sus propias herramientas. Sin embargo, el organismo vial deberá proporcionar la mayor parte de ellas. Esto significa que debe asignarse alguna responsabilidad dentro de la agencia, para adquirir y administrar las herramientas. Algunas veces se delega esta responsabilidad a la organización de conservación del plantel central. En organismos más descentralizados, cada oficina departamental deberá adquirir, asignar y controlar sus propias herramientas.

La compra periódica de herramientas en cantidad, mediante licitaciones competitivas entre proveedores locales, da generalmente por resultado obtener precios unitarios más bajos. Debe proporcionarse el almacenaje en el plantel central o en las oficinas departamentales, para mantener un inventario razonable de las herramientas que se asignarán a las unidades de trabajo, a medida que las necesiten. Deben ponerse en práctica sistemas de control de inventario, incluyendo medios para identificar las herramientas de propiedad del organismo vial, los registros de compras, asignaciones a las unidades de trabajo, y una clara y definida contabilidad para evitar que se extravíen las herramientas. Las herramientas rotas deben ser devueltas al almacén, para su reemplazo o reparación.

Cuando la organización de campo incluye campamentos de conservación (Capítulo III), se puede mantener en cada campamento un pequeño inventario de herramientas manuales, para sacarlas y devolverlas diariamente, según lo requiera cada miembro de la cuadrilla. En el caso de cuadrillas encargadas de tramos de vías, podría asignarse un pequeño suministro de herramientas a cada capataz, para que las entregue a los miembros de la cuadrilla cuando sea necesario.

En algunos casos, se podrá requerir modificar las herramientas para usarlas con mayor efectividad. Por ejemplo, los

obreros sin zapatos experimentarán dificultad para empujar con sus pies el borde superior afilado de las palas comunes. Una pequeña placa plana soldada al borde superior y en ángulo recto con la hoja (Figura 17), hará el trabajo más cómodo y productivo.

### Equipo de acarreo

Probablemente, el primer paso hacia la mecanización involucrará equipo para el transporte de materiales. Las carretillas son consideradas eficientes para transportar hasta 75 metros o menos. Una carretilla bien diseñada, tendrá una llanta neumática y un diseño balanceado para aligerar la carga en los mango (Figura 18). Para acarreos más largos, se debe usar algún tipo de vagón o carreta. Para distancias hasta de 500 metros, pueden resultar efectivas las carretas simples de dos ruedas tiradas por animales. La Figura 19 muestra un ejemplo de estas carretas de dos ruedas. Las llantas neumáticas reducen el esfuerzo de tracción requerido. Algunas carretas han sido construidas con fondo de esteras de bambú o tablones que simplemente se levantan para descargar el material (Figura 20).

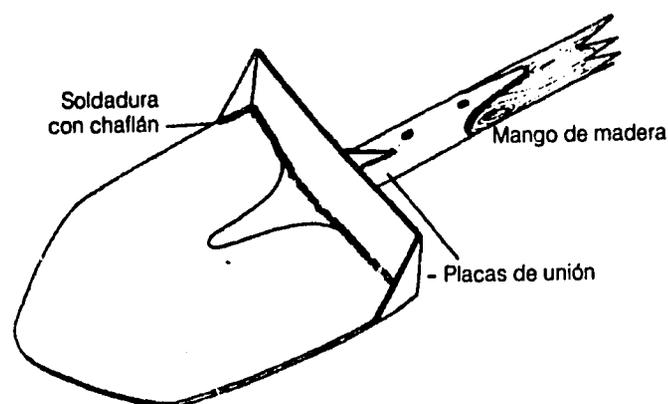


Figura 17. Pala para Obreros Descalzos



Figura 18. Carretilla con Herramientas Manuales

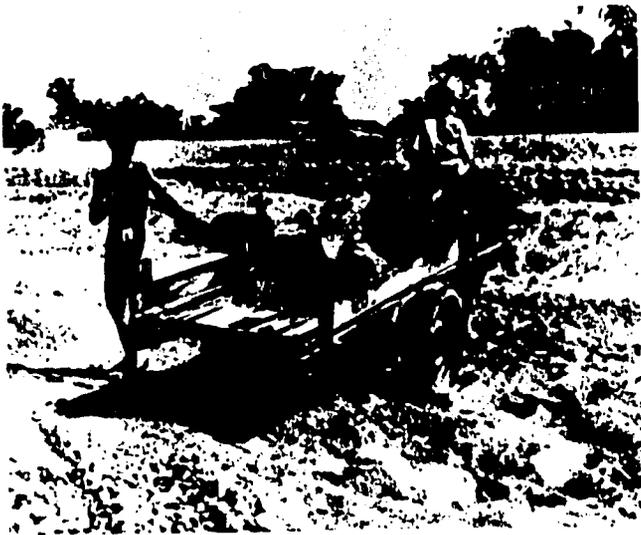


Figura 19. Carreta tirada por Animal (Filipinas)

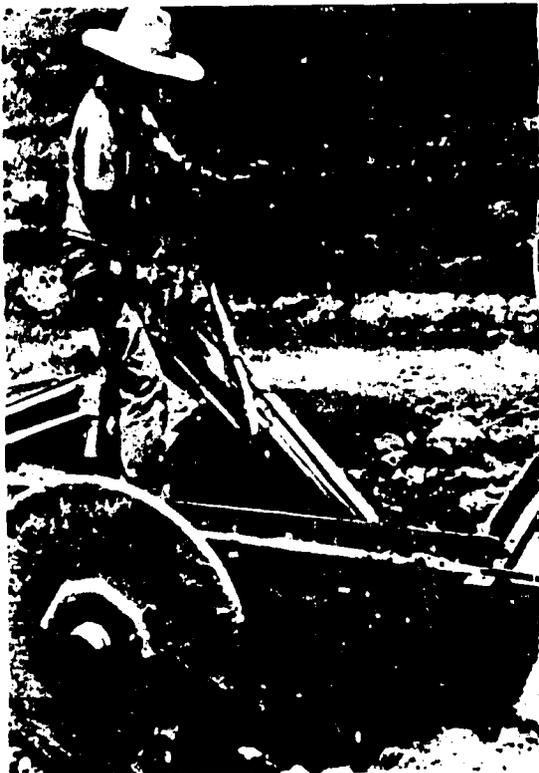


Figura 20. Descargando de una Carreta tirada por Animal, con Fondo de Esteras de Bambú (Filipinas).

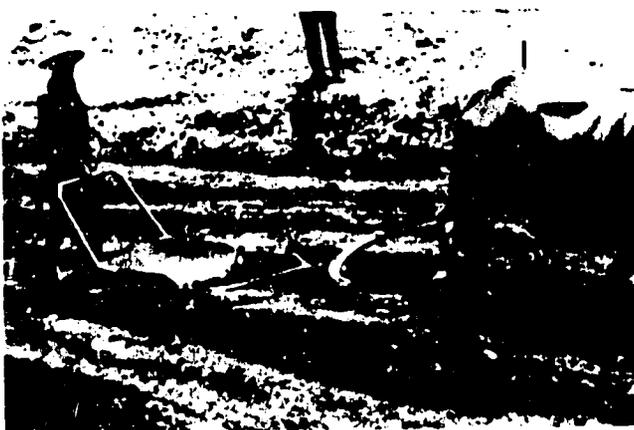


Figura 21. Trailla de Acero tirada por Animal (Filipinas).

La carga, transporte y descarga de materiales para distancias cortas, pueden ejecutarse fácilmente con pequeñas traillas de cuachara tiradas por animales. La Figura 21 muestra una típica trailla hecha en fábrica. Con un poco de ingenio, se pueden hacer traillas comparables con hierro viejo, cilindros usados de aceite o aún con bambú.

El siguiente paso para el acarreo de material, podría ser sustituir la energía animal por pequeños tractores agrícolas relativamente baratos y reemplazar las carretas de dos ruedas por remolques de cuatro ruedas de mayor capacidad. Esto puede aumentar la productividad para mayores distancias de acarreo.

La primera justificación real para la mecanización en gran escala en países en desarrollo, se encuentra generalmente cuando hay necesidad frecuente para transportar grandes cantidades de material a distancias que exceden los 8 ó 10 kilómetros. Una pequeña flota de camiones volquete, será mucho más efectiva que pequeñas carretas o remolques. Situaciones típicas serían transportar de canteras de materiales a la carretera o a lugares de almacenamiento, o de éstos a la obra.

### Equipo para alisado de la superficie

Generalmente se acepta que la motoniveladora es la unidad más efectiva de equipo para perfilar y alisar las superficies sin pavimentar. Pero son muy costosas y los operadores deben ser bien entrenados y experimentados para lograr una calidad de acabado satisfactoria. Hay alternativas para conservar superficies de caminos sin pavimento, que deben considerarse primero en países en desarrollo, especialmente para caminos en regiones alejadas y con menores volúmenes de tráfico.

Diversos tipos de artefactos caseros simples pueden ser tirados por animales, tractores o camiones, para nivelar y alisar la superficie. La Figura 22 muestra el diseño de una

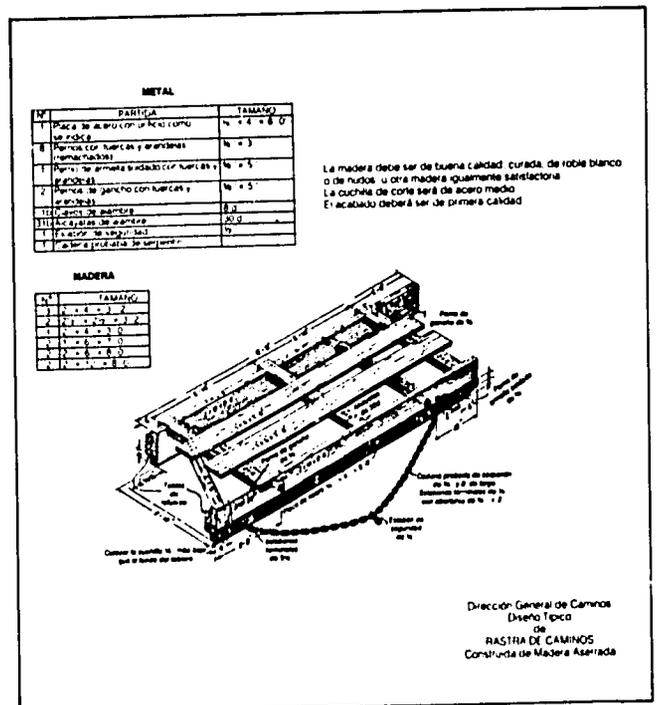


Figura 22. Diseño Típico de Rastra de Caminos



Figura 23. Rastra Metálica Perfilando la Superficie de un Camino (Africa Oriental)

rastra construida con madera aserrada y con una placa de acero asegurada al frente, actuando como borde cortante. La Figura 23 ilustra una rastra construida de un angular de hierro y otros metales de desecho. Pueden fabricarse fácilmente otros diseños similares a muy bajo costo. Los criterios principales consisten en tener uno o más bordes cortantes planos, arreglados de tal modo que puedan ser halados sobre la carretera a un ligero ángulo, y con suficiente peso como para ejercer alguna acción de corte sin que flote sobre la superficie. Los caminos locales que son más o menos suaves y sin cortezas duras, pueden ser alisados razonablemente bien con niveladoras simples de madera, troncos o ramas pesadas. El Capítulo VI describe el empleo de estos instrumentos.

## EQUIPO PESADO

Esta sección está dirigida a los organismos viales que están altamente mecanizados para la conservación de carreteras, o que han tomado la decisión de adquirir grandes flotas de equipo de conservación. Para propósitos de esta síntesis, el equipo pesado incluye camiones volquete, motoniveladoras, cargadores frontales, tractores, rodillos y otras unidades motorizadas usadas comúnmente en trabajos de conservación y rehabilitación de caminos.

Debido a la significativa cantidad de gastos iniciales y de los ininterrumpidos costos de operación del equipo pesado, es muy importante asegurar que el equipo será utilizado en forma eficiente. Los métodos de administración y control del equipo mecanizado, son considerablemente más complejos que las operaciones orientadas al uso de mano de obra con herramientas manuales. Las siguientes secciones analizarán las razones por lo que son tan importantes estos sistemas administrativos, y presentarán algunos criterios generales sobre la forma de ponerlos en ejecución.

### Definiendo las necesidades de equipo

Se definen las necesidades de equipo en función de dos criterios: (1) los tipos de equipo y (2) el número de cada uno. Frecuentemente, un país en desarrollo prepara una lista de necesidades de equipo (algunas veces con ayuda de consultores), basadas en algunas reglas empíricas que consideran factores tales como kilómetros de carreteras y número de las unidades de trabajadores de campo. Cuando se recibe el equipo y se le pone en servicio, se encuentra a menudo que los tipos adquiridos no son los más adecuados y que el

número de cada uno de ellos es mayor o menor que los que realmente se necesitan.

El tipo de programa anual de trabajo descrito en el Capítulo IV, representa una base realista para estimar las necesidades de equipo. Establece de manera positiva las operaciones específicas de conservación a ejecutar, e identifica el equipo que se utilizará en cada operación, basándose en métodos de trabajo estudiados cuidadosamente y adoptados formalmente por el organismo vial. Por ejemplo, puede calcularse el número total de motoniveladoras requeridas por un departamento, recurriendo a los métodos especificados de trabajo y al programa anual de trabajo preparado para el departamento. También deberá identificarse lo siguiente:

1. cada actividad de conservación que requiera una motoniveladora,
2. el número de días-cuadrilla anuales programados para cada actividad de conservación,
3. el número de motoniveladoras asignadas a cada cuadrilla, según lo establecido en las normas de rendimiento,
4. el número estimado de días-motoniveladora requeridos para ejecutar el trabajo,
5. el período estimado de paralización del equipo por necesidad de servicios y reparación, y
6. el número estimado de días de trabajo disponibles durante el año.

Con esta información, se puede hacer un estimado realista del número de motoniveladoras que deberá asignarse a un determinado departamento. Cálculos combinados similares hechos por otros departamentos, permitirán estimar las necesidades de niveladoras para todo el país. La Figura 24 muestra los cálculos que ilustran esta descripción. Otros cálculos similares, definirán las necesidades para otros tipos de equipo.

Otro aspecto a considerar en las necesidades de equipo, es que las especificaciones de tamaño y fuerza sean adecuadas para el trabajo a ejecutar. Por ejemplo, hay varios

Figura 24

### CALCULO ILUSTRATIVO DE LAS NECESIDADES DE MOTONIVELADORAS PARA UN DEPARTAMENTO

PROGRAMA DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO			
Actividad de Conservación	Nº Anual de Días-Cuadrilla	Nº de Motoniveladoras por Cuadrilla	Total de Días-Motoniveladora Requeridos
Nivelación de la Superficie	1 200	1	1 200
Reperfilado de Cunetas	300	1	300
Recubrimiento con Grava	800	2	1 600
			3 100
		(*) Período Estimado de Paralización del Equipo (15%) +	465
		Total	3.565
Días Estimados Sin Trabajo			104
Fines de Semana			16
Días Feriados			45
Mal Tiempo			---
Total días			165 días
Días Estimados de Trabajo			365 - 165 = 200 días
Nº Requerido de Motoniveladoras			3 565 días-motoniveladora + 200 días = 17,8 unidades
			Redondeando, 18 motoniveladoras para el departamento

\*Servicio y reparación

tamaños de camiones volquete. Un camión volquete relativamente pequeño (y menos costoso) puede servir adecuadamente para muchas actividades que requieran pequeñas cantidades de material y acarreos cortos. Por otra parte, los camiones con mayor capacidad y mayor fuerza de tracción son más económicos cuando deben transportar considerables volúmenes a largas distancias. Los cargadores deben ser equivalentes al tamaño de los camiones. Lo mismo se aplica a las motoniveladoras. Una unidad relativamente ligera con pocos caballos de fuerza, puede ser perfectamente adecuada para la mayoría de las operaciones rutinarias de conservación, pero totalmente inadecuada para trabajos de construcción pesada. Debido a su mayor costo, sería anti-económico usar la motoniveladora más poderosa y pesada en la mayoría de los trabajos de conservación.

Debe considerarse cuidadosamente el trabajo a ejecutar en base al programa de trabajo y deben seleccionarse las unidades de equipo del tamaño y poder más adecuados, para hacer el trabajo en la forma más económica.

### Métodos de adquisición

Normalmente, una unidad del plantel central es la responsable de la adquisición de equipo, que incluye (1) la preparación de especificaciones y documentos para presentación de ofertas, (2) la publicación de las licitaciones, (3) la evaluación de las ofertas recibidas, (4) la adjudicación de los contratos de compra, y (5) la recepción e inspección del equipo.

Los responsables de la adquisición de equipo, deben recordar los siguientes puntos:

1. La preparación de las listas de equipo por adquirir debe ser coordinada con las unidades de campo que utilizarán el equipo, y para ello se comparará el inventario y condición de la flota existente, con las necesidades de equipo claramente identificadas en los programas de trabajo.
2. Debe ponerse especial cuidado en que las especificaciones muestren claramente las características deseables en los equipos con respecto al tamaño, capacidad, poder y criterio sobre rendimiento. Especificaciones vagas pueden dar por resultado equipos inapropiados para el trabajo.
3. Deben establecerse claramente las reglas y criterios para evaluar las licitaciones, de modo que tanto los proveedores como los evaluadores oficiales entiendan el procedimiento. Un sistema de puntos que considere tanto el precio como las características de ejecución, funciona muy bien.
4. En la evaluación de las propuestas, algunos organismos consideran las ventajas de mantener una uniformidad razonable de marcas de equipo. Por ejemplo, el problema de adquirir y almacenar una cantidad adecuada de repuestos para un tipo particular de equipo, tal como camiones volquete, se simplifica enormemente si se limita la adquisición de camiones a uno o dos fabricantes diferentes, en lugar de adquirir una variedad de modelos diferentes.

Cuando un país en desarrollo decide adoptar las operaciones mecanizadas de conservación, deberá planear un programa de adquisiciones por etapas durante un período de varios años, en lugar de atenerse a una sola compra para satisfacer sus necesidades. Las razones para efectuar las compras por etapas, son las siguientes:

1. Los esfuerzos iniciales para preparar los programas de trabajo basados en los rendimientos, pueden no reflejar las necesidades de equipo a largo plazo. Unos pocos años de experiencia en programación, permitirán refinar las necesidades de equipo.
2. Inicialmente podría haber cierta indecisión sobre el tamaño y especificaciones más apropiadas para unidades particulares de equipo, bajo las condiciones locales existentes. La observación y evaluación del rendimiento de las unidades adquiridas inicialmente, pueden indicar algunos cambios necesarios para futuras compras.
3. Tomará tiempo para montar una organización de servicio y reparación de equipo que pueda encargarse del nuevo equipo. Durante el período inicial de preparación y entrenamiento, será mejor concentrarse en un número reducido de equipos, luego ir aumentándolo gradualmente para atender una mayor carga de trabajo.

Un sistema propuesto consiste en seleccionar a un departamento como área de prueba, adquirir equipo para él, conducir la orientación y entrenamiento de operadores, del personal de servicio y mecánicos; luego, observar y evaluar el rendimiento bajo condiciones controladas durante un corto período de tiempo. Basado en esta experiencia, puede ampliarse con mayor confianza la flota de equipo a todo el país.

Una vez que se ha establecido la flota, se deben hacer planes para compras regulares periódicas de equipo (quizás anualmente), para reemplazar las unidades obsoletas o para ampliar la flota.

### Control de inventario

Debido a la gran inversión en equipo, es necesario establecer y mantener un sistema confiable de inventario y control de equipo. Esto significa que los funcionarios responsables del equipo, deben conocer en todo momento la ubicación de los equipos, su estado y el responsable de programar su operación.

Una clave para el control de inventario es establecer algún sistema de numeración fácilmente comprensible, donde se asigna a cada unidad un número específico. Un sistema corrientemente adoptado por muchos organismos viales, consiste en un número de tres dígitos con un prefijo de dos letras. El prefijo identifica el tipo de equipo. Por ejemplo, MN puede indicar motoniveladoras y CF cargadores frontales. Se asignan otras combinaciones similares de prefijos para cada tipo particular de equipo, de manera de ser fácilmente reconocido. Se asignan números de tres dígitos en orden cronológico, a medida que se va adquiriendo el equipo; así MN-001 puede identificar la primera (y más antigua) motoniveladora de la flota; los números subsiguientes de la serie, indicarán las otras unidades relativamente más nuevas.

Los registros de inventario principal deberán mantenerse en las oficinas centrales y deben mostrar los números de equipo, la fecha de compra, la ubicación asignada y la persona a quien ha sido asignado. Deben registrarse los cambios de ubicación y anotarse la venta de las unidades obsoletas.

### Servicio y reparación del equipo

Casi todos los países en desarrollo encuentran difícil llevar a cabo programas adecuados de servicio y reparación de equipo. Unidades relativamente nuevas pueden quedar ino-

perables, debido a operación o servicios inapropiados. Quedan entonces detenidas en espera de repuestos, y cuando éstos finalmente llegan, el equipo nuevo ha perdido numerosas piezas que se han empleado para reparar otros equipos.

Hay cuatro factores que contribuyen a estos problemas:

1. los servicios de talleres son a menudo provisionales e inadecuados, y no cuentan con las herramientas y equipos de taller necesarios;
2. no existen inventarios de repuestos y materiales o son tan limitados, que muy pocas veces se dispone de las piezas necesarias; además, los métodos burocráticos de compra causan grandes demoras;
3. a menudo, el personal del taller no está entrenado adecuadamente para las diversas operaciones de servicio y reparación; y
4. no se han desarrollado o puesto en servicio sistemas y procedimientos para administrar efectivamente las operaciones del taller.

Antes de adquirir gran número de equipo, el organismo vial debe tomar medidas para asegurar la existencia de facilidades y procedimientos adecuados para el servicio y reparación de los equipos. Típicamente, se establecen tres niveles de talleres: (1) un taller central, con capacidad para hacer arreglos y reparaciones mayores; (2) talleres departamentales, capaces de ejecutar las operaciones de servicio y reparación más comunes; y (3) talleres distritales de servicio, para realizar el servicio periódico normal, reparaciones ocasionales y ajustes menores. Debido a la considerable inversión de capital requerida, los países en desarrollo usan frecuentemente préstamos o donaciones extranjeras, para establecer o mejorar estas facilidades.

Debe crearse un programa formal de mantenimiento preventivo para la flota de equipo. Esto incluiría una lista de cada tipo de equipo, que muestre las inspecciones y servicios que los operadores deben realizar diariamente, así como los servicios que ejecutarán los talleres en los períodos prescritos. Más aún, deben existir reglas y procedimientos que aseguren la ejecución del programa especificado de mantenimiento preventivo.

Deberán diseñarse y ponerse en ejecución, programas de entrenamiento para mecánicos y personal de servicio, así como para superintendentes de talleres. Se establecerán métodos de administración de talleres, para la programación y control del trabajo. Los países en desarrollo buscan comúnmente la guía y ayuda de expertos extranjeros, para organizar y establecer la operación de servicio y reparación de equipo.

### Información sobre empleo del equipo

La administración debe saber como se está utilizando el equipo. Quizás es más importante que los administradores sepan cuando y por qué no se está usando el equipo. Un equipo paralizado cuesta dinero. Un objetivo administrativo básico, sería lograr el empleo máximo de cada pieza de equipo.

Una fuente de información sobre el uso del equipo, es la tarjeta de días-cuadrilla o el informe semanal de conservación descrito en el Capítulo IV. Estos informes son preparados por el personal de campo y muestran el trabajo ejecutado cada día, así como las unidades específicas de equipo empleadas. Pueden calcularse las tasas de utilización, resu-

miendo estos informes y dividiendo el número de días (u horas) de uso del equipo, entre el número total de días (u horas) disponibles en ese período. Las tasas de utilización de 85% o más, son generalmente consideradas aceptables. Las tasas debajo de 50%, deben ser investigadas exhaustivamente.

Una desventaja de los informes regulares de trabajo, es que no identifican la razón por la que no se emplean ciertas unidades de equipo. Para resolver esto, algunos organismos viales exigen un informe mensual de equipo de cada unidad administrativa de campo (departamento o distrito). El informe incluye todas las piezas de equipo asignadas a la unidad y muestra los días u horas de uso del equipo. Adicionalmente, el informe explica la falta de uso del equipo en días particulares en razón de (1) no requerirlo el trabajo, (2) servicio y reparación, o (3) estar en espera de repuestos.

La revisión y análisis de esta información, ayudarán a los administradores a tomar las decisiones adecuadas sobre:

1. los tipos y número de equipos que deben incluirse en futuros programas de compra,
2. la distribución más efectiva de las unidades entre el personal de campo,
3. formas de compartir el equipo ligero empleado entre las diversas unidades de campo,
4. aumentos en el inventario de repuestos para reducir el tiempo de paralización de equipo, y
5. mejoras en la programación de las operaciones de servicio y reparación de equipo.

### Costos del equipo

En un sistema administrativo efectivo, se necesita información digna de confianza sobre los costos de propiedad y operación del equipo. Con operaciones mecanizadas, los costos de equipo representan una gran parte de los costos de los programas de conservación. Deben considerarse tres tipos de costos:

1. *Costos de operación*, que incluyen combustibles, lubricantes, lubricación y servicios necesarios para mantener el equipo en operación;
2. *Costos de reparación*, que comprenden mano de obra, repuestos y materiales necesarios para reparar equipos sin operar, incluyendo gastos generales de los talleres de reparación; y
3. *Costos de depreciación*, que reflejan la pérdida de valor del equipo durante su vida económica normal de servicio (que sólo es de cinco años o menos para algunos tipos de equipo).

Generalmente, se registran los costos de operación mediante informes diarios o semanales, preparados por los operadores de equipo o el personal del taller de servicio. Los costos de reparación, se presentan en hojas de trabajo preparadas en los talleres de reparación. Los costos de depreciación, se calculan como la diferencia entre el costo original y el valor de rescate, expresado como un porcentaje o como un costo anual.

Los sistemas de costos en la mayoría de los organismos viales, se centran alrededor de tarifas de alquiler de equipo establecidas para cada clase y tamaño de equipo. Las tarifas se expresan generalmente en función de costos por hora, costos por día o costos por kilómetro. Se calculan, dividiendo los costos anuales totales (de operación, reparación y depreciación), entre el uso anual total del equipo

(horas, días o kilómetros). Para este propósito, lo que importa no son las unidades aisladas de equipo, sino el promedio de una clase particular de equipo. Se pueden usar los valores de las tasas de alquiler para estimar presupuestos, asignar recursos a las unidades de campo e identificar los costos reales de las operaciones aisladas de conservación.

También se mantienen en los registros de las unidades individuales de equipo su información de costo, para identificar a las unidades que tienen costos de reparación excepcionalmente altos. Esto puede deberse a antigüedad u obsolescencia, o puede atribuírsele a negligencia y abuso de parte de los operadores.

### Sistemas de financiación de equipos

Después que un país en desarrollo ha tomado la decisión de comprar equipo para la conservación de caminos y puentes, deberá tomar decisiones sobre formas de financiación continua del programa de equipo. Algunas veces cuando se financia las compras iniciales con préstamos extranjeros, se da muy poca atención a obligaciones financieras futuras.

Hay dos medios prácticos para financiar estos costos de equipo en actual operación. El primero y más directo, es reconocer su existencia e incluir en cada presupuesto anual los fondos estimados requeridos para cada uno de los tres costos de equipo.

El presupuesto deberá incluir partidas para:

1. combustibles, lubricantes y otros costos de operación;
2. mano de obra, repuestos y materiales para las operaciones del taller; y
3. compra de equipo nuevo o de reemplazo.

Este es quizás el sistema más común de financiación. La principal dificultad en países en desarrollo, es que estas partidas están a menudo bajas de fondos, dando por resultado falta de combustible para las operaciones, falta de repuestos para las reparaciones e incapacidad para reem-

plazar equipos que han llegado a ser económicamente obsoletos.

El otro sistema, es hacer que el equipo se autofinancie cobrando a los usuarios. Se establecen las tarifas de alquiler de equipo por kilómetro, por hora o por otro indicador apropiado, basado en los costos estimados de operación, reparación y depreciación. Cada unidad organizativa incluye estimados del uso del equipo en su propio presupuesto de operación. A medida que se emplea el equipo, se van transfiriendo los fondos a la partida equipo, proporcionando así una financiación continua para la operación, reparación y reemplazo del equipo. Los presupuestos anuales no incluyen partidas separadas para el equipo mismo. Este sistema es un poco más complejo, pero si se le administra adecuadamente puede proporcionar una forma sana y equitativa de financiación de equipo. Los fondos rotativos que así se obtienen sirven propósitos múltiples: (1) hacer más flexibles las operaciones, facilitando por ejemplo las compras urgentes de repuestos y eliminando los molestos requisitos de auditoría de los sistemas gubernamentales regulares; (2) desanimar el uso de equipo en trabajos que no sean para el camino mismo, lo cual es un problema principal en algunos países; (3) tender a conseguir eficiencia en el mantenimiento y operación del equipo, que será evaluada y controlada de modo que la administración pueda actuar con prontitud para reducir los costos; (4) promover conciencia dentro del departamento de carreteras sobre el alto costo del equipo (simplicemente cobrando por su uso horario), estimulando así su utilización en forma económica; (5) neutralizar cualquier decisión distorsionada (sea en contra de las operaciones con mano de obra intensiva, o en contra de los contratos con el sector privado); y (6) llegar a la situación de ser capaz de financiar el equipo de reemplazo, facilitar dichas compras y estimular la reducción de la dependencia en los préstamos extranjeros.

---

## CAPITULO VI

### Métodos de trabajos de conservación

Hay varias razones importantes para adoptar métodos uniformes de trabajo, para ciertas actividades.

1. Sin métodos uniformes de trabajo, la calidad de los materiales y de la mano de obra puede variar considerablemente entre las unidades de campo. Los supervisores de cada cuadrilla tendrán sus propias ideas sobre la forma de ejecutar el trabajo así como sobre la calidad de acabado deseado.
2. Bajo condiciones establecidas hay usualmente una mejor forma de ejecutar el trabajo, desde el punto de vista de costos y productividad. Ciertos procedimientos y combinaciones de mano de obra, equipo y material, asegurarán el empleo más efectivo de los recursos de conservación.

3. Cuando las clases y cantidades de las actividades de conservación son planificadas por adelantado para un programa anual, es necesario establecer métodos uniformes de trabajo y tasas promedio de productividad que permitan estimar los recursos y fondos necesarios para el programa.

Esto no significa que todos los organismos viales usarán los mismos métodos uniformes de trabajo de conservación. Las diferencias en clima, terreno, suelos, sistemas de organización de campo y la amplitud de la mecanización pueden hacer variar los métodos adecuados de trabajo.

Cada organismo deberá considerar cuidadosamente sus condiciones particulares, cuando adopte sus métodos uniformes de trabajo. Estos deberán estar escritos claramente

en instrucciones o manuales para el personal de campo. Los programas de entrenamiento y supervisión deben estimular a las unidades de campo para que respeten las normas. Si se encontraran métodos mejores y más efectivos, deberán revisarse dichas normas.

Este capítulo analizará métodos detallados de trabajo para actividades específicas de conservación, conjuntamente con sistemas alternativos para condiciones particulares.

## CONSERVACION DE LA SUPERFICIE

Los objetivos principales para conservar superficies sin pavimentar son: (1) conservar la superficie razonablemente lisa, firme y libre de excesivo material suelto; y (2) mantener el bombeo adecuado para favorecer el escurrimiento del agua. En esta sección se trata sobre las diversas actividades dirigidas hacia esos objetivos.

### Materiales de revestimiento

Algunas actividades para la conservación de la superficie, comprenden la adición o reemplazo de materiales superficiales. Antes de hablar de métodos de trabajo de conservación, deben considerarse primero algunos criterios para los materiales de revestimiento. La calidad de estos materiales puede tener una influencia importante en la efectividad de las operaciones de conservación.

El revestimiento de caminos sin pavimentar, puede variar desde suelos naturales en el área hasta agregado triturado, graduado cuidadosamente. Algunas veces, el suelo natural tiene características que proporcionan una superficie de rodadura razonablemente estable— aunque usualmente, éste no es el caso. Bajo cualquier condición, debe darse una consideración especial a la calidad de los materiales sueltos inicialmente o colocados sobre una superficie sin pavimentar.

El Compendio 2, *Drainage and Geological Considerations in Highway Location* (Consideraciones de drenaje y geológicas en la ubicación de carreteras), publicado en 1978 por el Transportation Research Board, incluye secciones sobre Exploración de los Subsuelos e Identificación en Campaña de los Suelos y Agregados. Esta fuente proporciona una base excelente para la clasificación y apreciación de los suelos y agregados como materiales para carreteras. Estas técnicas publicadas deben ser usadas por los organismos viales para evaluar las condiciones locales de suelos y para ubicar bancos de préstamo potenciales de materiales de revestimiento que tengan las características deseadas.

Cuando el material en las áreas laterales de la vía demuestra ser aceptable, se podrá usar económicamente como material de revestimiento. Cuando sea inaceptable, deberá importarse material natural selecto o agregados triturados, desde las canteras aprobadas más cercanas. Algunos organismos viales acumulan material de revestimiento en lugares convenientes a lo largo de los caminos, para emplearlo en operaciones de conservación.

Es posible obtener una de las mejores superficies de rodadura, con una combinación de agregados de diferentes tamaños mezclados debidamente y de un diámetro máximo de 2 cm. Las partículas de material se enlazan y consolidan hasta formar una superficie fuerte y hermética. Se agrega material fino para llenar los vacíos, que sirve además para mantener unidas las partículas de agregado.

El costo adicional que representa disponer de materiales de revestimiento de buena calidad, generalmente da por resultado economías, al lograrse reparaciones de mayor duración.

### Nivelado y perfilado mecánico

El alisado y reperfilado periódico es la operación de conservación más común para superficies sin pavimentar; produce mejoras evidentes para los conductores de vehículos. La motoniveladora ha llegado a ser el equipo generalmente aceptado para esta operación. Aún países que no han llegado a ser altamente mecanizados, tienen por lo general varias motoniveladoras disponibles, con las que nivelan los caminos más importantes.

Existe un método menos costoso para lograr una nivelación mecanizada. Emplea hojas montadas debajo de la carrocería de camiones. El equipo es operado hidráulicamente desde la cabina; generalmente se le monta en camiones con tracción en las cuatro ruedas, para proporcionar la energía adecuada. Estas unidades no son tan efectivas como la motoniveladora para operaciones de nivelado, ni pueden cortar cunetas en forma precisa, pero su ventaja de poder ser utilizadas además como camión les da mayor versatilidad sobre los demás equipos.

Esta síntesis no da detalles sobre la operación de una motoniveladora, ni de ninguna clase particular de equipo. Se asume que existe el conocimiento y habilidad básicos sobre su empleo, o que éstos serán adquiridos a través de entrenamiento. Más bien, la síntesis pone énfasis en las formas de empleo del equipo de manera eficaz, para operaciones particulares. El Compendio 5, *Roadside Drainage* (Drenaje del borde de la carretera), y el Compendio 7, *Road Gravels* (Gravas), dan una información más detallada sobre operaciones reales con motoniveladora.

El deterioro normal de superficies sin pavimentar da por resultado generalmente una o más de las situaciones siguientes, que necesitan corregirse periódicamente:

1. ondulaciones transversales;
2. surcos longitudinales;
3. erosión por agua superficial;
4. pérdida de bombeo en el eje de la vía, con amontonamiento de material suelto a lo largo de la berma; y
5. baches.



Figura 25. Deterioro de Superficie sin Pavimentar.



Figura 26. Deterioro de Superficie sin Pavimentar.

Las Figuras 25 y 26 muestran ejemplos típicos de deterioros en superficies sin pavimentar, incluyendo surcos, baches y zonas débiles con aguas estancadas.

La frecuencia para programar las reparaciones depende de las características del material de revestimiento, de las lluvias, de la existencia de agua capilar para mantener húmedo el material de revestimiento, del volumen de tráfico y de las normas de nivel de servicio para cada una de las diversas clases de caminos.

Las condiciones de humedad influyen mucho la efectividad de las operaciones de nivelado y perfilado. En períodos húmedos, se puede realizar muy poco trabajo, y es extremadamente difícil obtener buenos resultados cuando la superficie está muy seca y dura. La mejor época para programar el trabajo es durante o poco después de una lluvia, o al terminar la estación lluviosa, cuando la superficie está razonablemente firme y aún tiene retenida suficiente humedad para facilitar el corte, remoción y compactación de los materiales. Sin la humedad suficiente para ligar la superficie, ésta no permanecería lisa y libre de ondulaciones por mucho tiempo.

A menudo, el nivelado y perfilado es una operación aislada, efectuada con una motoniveladora y un operador. Algunos organismos viales usan en forma efectiva dos unidades en serie, con la hoja de la segunda unidad traslapando la huella de la hoja de la primera. Deberán también asignarse a la operación dos o tres obreros que se encarguen de rastrear y alisar manualmente la superficie en forma ocasional, y de levantar y retirar las rocas de mayor tamaño que pudieran aflorar durante el nivelado.

Los ajustes en el ángulo vertical de la hoja permiten efectuar diferentes tipos de operaciones (Figura 27), por ejemplo:

1. Cuando se necesita una acción de corte, se debe hacer retroceder la parte superior de la hoja y adelantar el borde inferior. En esta posición se pueden recortar las ondulaciones y los punto elevados.
2. Para la mayoría de los trabajos de nivelación, se coloca la hoja en una posición más vertical.
3. Cuando se necesite esparcir o arrastrar el material, debe colocarse hacia adelante la parte superior de la hoja. La acción de rodadura y arrastre creada por la curva de la cuchilla ayuda a alisar y compactar la superficie.

Una de las funciones más importantes de las operaciones de nivelado y perfilado consiste en restaurar y mantener el

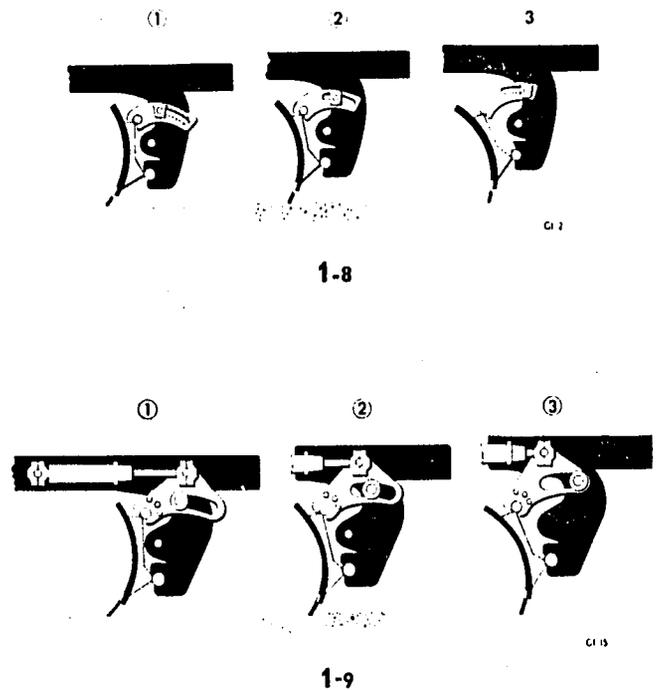


Figura 27. Ajustes en la Inclinción de la Cuchilla de la Motoniveladora.

adecuado bombeo o corona del camino, de modo que el agua superficial drene hacia afuera tan pronto como sea posible. Par superficies de suelos y agregados, la inclinación del bombeo o corona debe variar entre 2 y 4 por ciento, o sea que debe inclinarse la superficie unos 2 a 4 centímetros por cada metro de ancho entre el eje central y la berma. Se necesita menos pendiente transversal para un suelo poroso y arenoso, porque éste tiende a absorber la humedad sin reblandecer la superficie. Los suelos arcillosos deberán tener una mayor inclinación.

En las curvas, el bombeo normal es reemplazado por el peralte, que es una pendiente continúa que va desde la berma, en la parte exterior de la curva, y desciende uniformemente hasta la berma interior. El peralte sirve dos propósitos: proporciona una operación más segura a los vehículos que circulan por la curva, y se encarga del agua de escorrentía. La pendiente de los peraltes puede ser un poco más inclinada que el bombeo normal, pero no deberá ser mayor de 5 ó 6 por ciento. Cuando las pendientes son muy pronunciadas, el agua puede desplazarse muy rápidamente y provocar erosión en la superficie. Se requiere de mucho cuidado al perfilar la transición de las pendientes transversales entre tangentes y curvas.

Se puede medir la inclinación con motoniveladoras que tienen un calibrador de bombeo montado en el panel de instrumentos. Si no se tiene esto, se puede construir un simple tablero casero para bombeo, dándole la inclinación deseada. Usándolo con un nivel tipo carpintero, el tablero muestra al operador de la motoniveladora la pendiente transversal, de manera que pueda hacer ajustes para reducir o aumentar la pendiente, según se requiera. La Figura 28 ilustra el uso del tablero de bombeo para comprobar la pendiente.

Durante las operaciones con motoniveladora, se inclina la cuchilla horizontalmente, de modo que un extremo esté ligeramente adelante y el otro detrás. Los agregados ruedan



Figura 28. Comprobando la Pendiente con un Tablero de Bombeo o Corona (Ghana)

hacia el extremo posterior de la cuchilla, y cualquier exceso forma los camellones (Figura 29). Las primeras pasadas con la motoniveladora deben ser a lo largo de cada berma, de manera que el exceso de material de los lados sea llevado al centro, formando el camellón. La Figura 30 muestra esta operación. Luego se hacen pasadas adicionales para nivelar la superficie con la cuchilla y para extender hacia atrás y compactar el material de los camellones a ambos lados del camino (Figura 31) y poniendo especial cuidado en proporcionar el bombeo deseado.

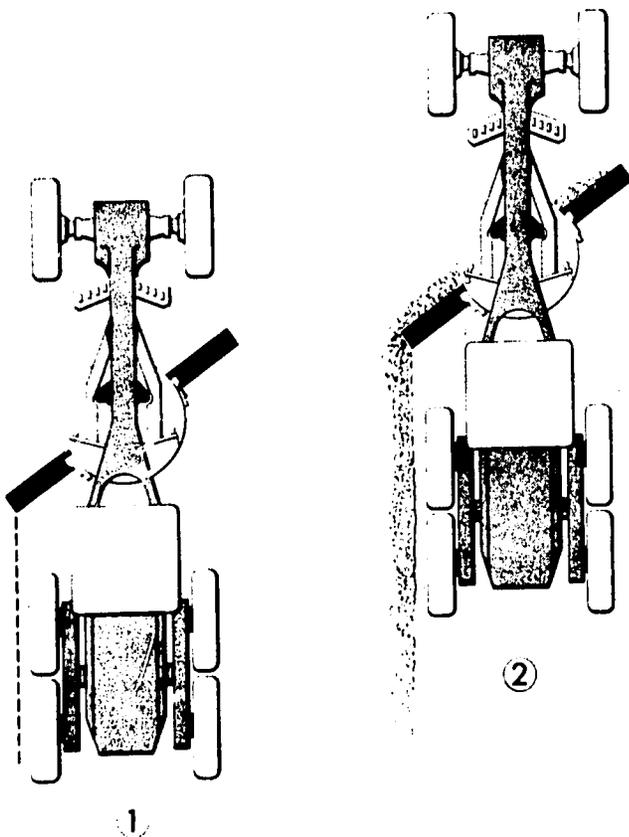


Figura 29. Posición Horizontal Correcta de la Cuchilla para formar un Camellón.

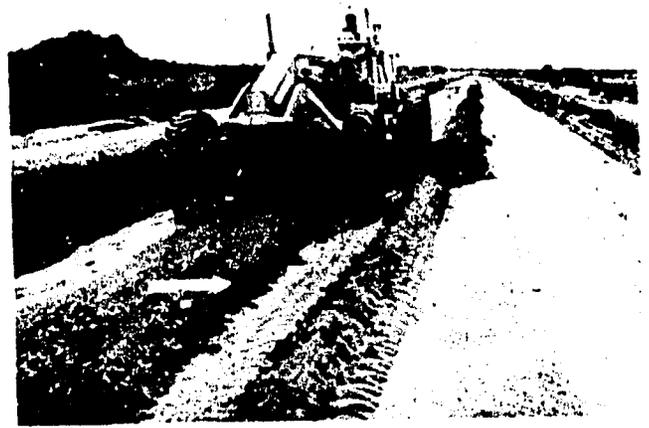


Figura 30. Formando un Camellón (Ghana).

Cuando los suelos naturales adyacentes son de calidad adecuada, puede empezarse la primera pasada de la motoniveladora desde la zanja o cuneta lateral, recuperando el material para alcanzar el nivel superficial requerido. Debe tenerse cuidado de evitar contaminar el revestimiento existente de buena calidad, con el material inferior de las cunetas.

Algunas veces se forma una corteza dura que tiene surcos profundos, baches y ondulaciones, y resulta difícil cortar esa corteza con la motoniveladora. Bajo estas condiciones, se emplea un dispositivo escarificador en la motoniveladora para romper la superficie existente, antes de utilizar la cuchilla para reperfilado y alisar.

Cuando se usa un escarificador en caminos de tierra natural, o en superficies con material de agregado donde no se ha retirado el material de gran tamaño, hay la tendencia de que las rocas y el material grande afloren a la superficie. Estos deberán retirarse antes de intentar alisar y perfilar la superficie. De otro modo, las rocas grandes quedarán atrapadas bajo la cuchilla y desgarrarán la superficie.

Con un operador bien entrenado y experimentado, un nivelado y perfilado periódico con motoniveladora, produce ge-

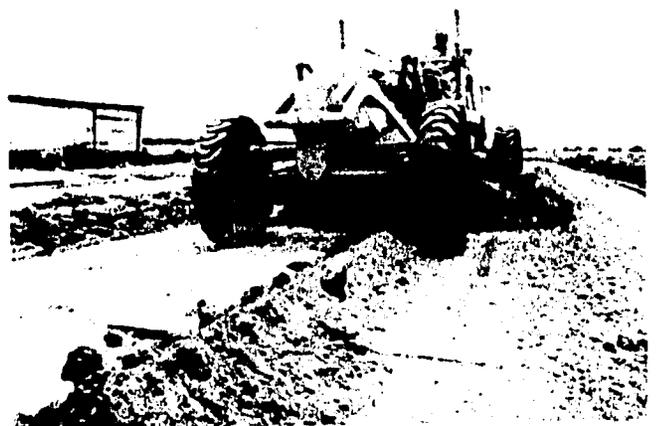


Figura 31. Extendiendo un Camellón (Ghana).



Figura 32. Superficie Terminada de un Camino (Ghana)

neralmente los niveles más altos de servicio de conservación según se muestra en la Figura 32. Pero para algunos organismos viales, podría ser más conveniente y económico emplear otros métodos.

### Herramientas manuales y rastras

Cuando no se dispone de motoniveladoras o cuando el organismo vial adopte la política de utilizar tanto personal obrero como sea posible, puede realizarse el alisado regular de superficies sin pavimentar usando únicamente herramientas manuales. Esto se aplica especialmente en áreas alejadas con reducido volumen de tráfico y donde las cuadrillas locales de conservación son las responsables de un tramo particular de carretera.

Las ondulaciones, surcos y grava suelta, pueden ser nivelados y alisados con picos, palas y rastrillos. Se necesita más tiempo y más personal obrero con este método y los resultados son generalmente menos satisfactorios que con motoniveladoras. Pero en algunas clases de caminos, se acepta un menor nivel de servicio y los costos son, por lo general, menores.

Algunos organismos viales han comprobado que algunas herramientas y equipos caseros simples han resultado efectivos para alisar y perfilar superficies sin pavimentar. Se han desarrollado numerosos tipos de rastras caseras, que han resultado efectivas en suelos rocosos y en superficie de corteza dura.

Las rastras más simples pueden ser de madera, troncos o ramas pesadas, y se emplean para alisar la superficie. Se usan otros artefactos más sofisticados, hechos con metal de desecho o con madera y bordes cortantes de metal. Algunas veces se agrega un peso adicional. Se mueven con animales de tiro, tractores pequeños o camiones. El Capítulo V (Figuras 22 y 23) muestra algunos ejemplos de estos artefactos.

El nivelado tiene el propósito principal de rellenar los surcos y alisar las irregularidades de la superficie. Es innegable que la motoniveladora hace un trabajo más preciso para refinar la superficie y restaurar el bombeo. Pero, controlando la forma y ángulo de la cuchilla de lagunas de las mejores rastras, se puede mover el material en exceso de las bermas hacia el centro, proporcionando un reperfilado y alisado de la superficie razonablemente bueno. La secuencia de operaciones es esencialmente la misma que con la motoniveladora, excepto que será probablemente necesario hacer más pasadas cuando se emplea una rastra.

Además del operador del camión o tractor que tira de la niveladora (o del conductor de los animales de tiro), se necesitan a menudo más obreros con picos y palas, para aflojar los materiales duros y retirar las rocas de mayor tamaño.

Como ocurre con la nivelación, la rastra es más efectiva cuando hay un poco de humedad en el suelo — ni muy mojado, ni muy seco. Para un nivel comparable de servicio, se ha comprobado que se empleará la rastra con intervalos más frecuentes que cuando se emplea una motoniveladora. Hay gran oportunidad de innovaciones en el diseño, construcción y empleo de rastras caseras, que sirvan para alisar y perfilar superficies de caminos sin pavimentar.

Idealmente, se deberá compactar un camino de grava remodelado, con un rodillo de ruedas planas o de neumáticos, pero esto es por lo general demasiado costoso. Una alternativa consiste en compactar la superficie con repetidas pasadas de un camión pesado. En la mayoría de los casos, se deja la compactación a los vehículos que usan el camino — una práctica que no es muy satisfactoria, porque la compactación está limitada a las huellas comúnmente recorridas y no cubre toda la superficie de la vía.

### Bacheo

A menudo se presentan en las superficies sin pavimentar algunas áreas con problemas, que se localizan en pequeños sectores aislados, mientras que la mayor parte del camino permanece en condiciones razonablemente buenas. Casos como esos pueden incluir zonas reblandecidas (Figura 33) y originadas por material inestable, baches y erosión superficial. Estas condiciones requieren usualmente bacheo con material superficial adicional.

Los análisis previos enfatizaron la importancia de la calidad de los materiales superficiales empleados en la conservación de caminos. Debe recordarse esto, aún para operaciones simples de bacheo. Deben usarse los materiales de los lados del camino, sólo cuando sean de calidad aceptable. En caso contrario, se deberá transportar el material de bacheo desde las canteras designadas o desde depósitos de reserva cercanos, establecidos con ese propósito. Deberá retirarse todo el material grande, antes de colocar el revestimiento sobre el camino.

Aún en los países más desarrollados, el bacheo es primariamente una operación que se ejecuta con mano de obra y herramientas manuales. Se pueden usar camiones para



Figura 33. Zonas Reblandecidas Típicas que requieren Bacheo.

transportar los materiales, pero éstos se esparcen y compactan generalmente con herramientas manuales. En el caso de baches muy grandes, se emplearán motoniveladoras para distribuir el material y rodillos para compactarlo.

Si el problema involucra zonas reblandecidas inestables, deberán hacerse dos cosas antes de agregar el material nuevo:

1. Una revisión, para ver si el problema es originado por el agua. El agua de exceso en la subrasante, causado por aguas estancadas a lo largo de la carretera, origina a menudo inestabilidad. Será necesario revisar las cunetas de drenaje, construir nuevas cunetas de salida, instalar una alcantarilla, instalar subdrenes de tubos perforados, o aún elevar el nivel de la plataforma.
2. Cualquier material con características inestables deberá ser excavado y eliminado, de modo de colocar material nuevo del espesor adecuado para obtener la resistencia adecuada.

Cuando no se dispone de camiones, se emplearán otros implementos para acarrear el material de bacheo hasta la zona de trabajo, incluyendo carretas tiradas por animales, carretillas, y aún canastas. Los camiones son los más adecuados, siempre que las distancias de transporte son muy grandes.

Debe colocarse el material de bacheo en los lugares que lo requieran, por capas que no excedan cada una de 6 a 8 cm. Esto permite compactar firmemente cada capa, y resulta más efectivo que tratar de compactar toda la profundidad del bache de una sola vez. La compactación dará mayor densidad (y mejores resultados) cuando se agrega agua, de modo que el material esté cerca a su contenido óptimo de humedad.

Las herramientas que se necesitan son palas para remover el material, rastrillos para esparcirlo uniformemente, y algún tipo de piones de mano para compactar el material. En el caso de áreas de bacheo muy grandes, se usan rastras para esparcir, perfilar y nivelar el material.

La necesidad de bacheo es mayor durante e inmediatamente después de las estaciones lluviosas largas. Es extremadamente difícil colocar buen material de bacheo, cuando la superficie está húmeda. Pero desde el punto de vista de seguridad y comodidad de los motoristas, se necesitará de algún tipo de reparación temporal. Bajo estas condiciones, deberá programarse un bacheo temporal, sin cuidar demasiado la colocación por capas y la compactación de material. Esto aminorará las condiciones peligrosas, hasta que puedan efectuarse reparaciones permanentes. Se deberá programar un bacheo permanente extenso, cuando la superficie de la vía se haya secado lo suficientemente.

## Revestimiento

Una de las características de los caminos sin pavimentar, es que los materiales superficiales se pierden en un período de años bajo la acción combinada del tráfico, del agua superficial de escurrimiento, y del polvo transportado por el viento. Bajo condiciones promedio, esto puede llegar a unos 2 cm de espesor en un año.

Si no se reemplaza el material perdido en los caminos de suelo natural, el nivel superficial empieza a bajar gradualmente hasta que llega a ser inferior al nivel del terreno adyacente. Cuando sucede esto, se acelera el deterioro, debido a que el camino mismo se convierte en un canal de drenaje.

Cuando las superficies con material transportado disminuyen en espesor, hay una reducción de la resistencia y estabilidad de la superficie de rodadura. Por consiguiente, deberá programarse cada cierto número de años, operaciones de revestimiento para extensos tramos continuos de caminos sin pavimentar. La frecuencia depende del grado de pérdida de material, que a su vez depende de los volúmenes de tráfico, de las características de los materiales superficiales y de las condiciones del tiempo. El período entre revestimientos puede ser tan corto como un año, o tan largo como 6 u 8 años o más. La observación y experiencia ayudarán a establecer el criterio adecuado para las diversas clases de caminos de cada organismo vial.

El espesor de las capas de revestimiento es rara vez menor de unos 8 cm, y podría llegar a 15 cm o más. De modo que las necesidades de material superficial pueden muy bien superar los 1.000 metros cúbicos por kilómetro de vía. La longitud de los proyectos importantes con revestimientos puede ser de unos pocos kilómetros o llegar a unos 20 ó 30 kilómetros.

Debido al gran volumen de materiales normalmente involucrado, el revestimiento es muy difícil pero no imposible de ejecutar, empleando únicamente mano de obra y herramientas manuales. Algunos organismos establecen cuadrillas mecanizadas que están equipadas con camiones volquete, cargadores, motoniveladoras, vagones cisterna, y rodillos. Muchos encuentran más práctico ejecutar este trabajo a través de contratistas privados, en lugar de emplear y equipar sus propias cuadrillas.

Se establecen los siguientes métodos de trabajo, para los organismos que están en situación de ejecutar el revestimiento mediante operaciones mecanizadas.

1. Deberá perfilarse la superficie existente, de modo que el nuevo revestimiento pueda colocarse con un espesor uniforme y aún tener el bombeo apropiado. Deberá romperse la parte dura de la superficie existente, empleando un escarificador si fuera necesario, antes de colocar el nuevo material.
2. Debe determinarse mediante pruebas de laboratorio, la fuente de los materiales de revestimiento, que deben estar tan cerca como sea posible del lugar de trabajo. Podría tratarse de una cantera de roca que requiera de una planta trituradora, o una cantera de préstamo de material natural aceptable. En el caso de una planta trituradora o clasificadora, se harán ajustes para tener la mezcla adecuada de varios tamaños de material, según se describe en el Compendio 2, *Consideraciones de Drenaje y Geológicas en la Ubicación de Carreteras* (Transportation Research Board, 1978). Parte del proceso será la eliminación del material de tamaño grande.
3. Se deberán asignar a la fuente de material (planta trituradora o cantera de préstamo), uno o más cargadores frontales de manera a asegurar un equilibrio entre las capacidades de carga y de transporte.
4. El número de camiones volquete o de volteo que se asignará al trabajo, dependerá de la distancia de transporte y de la velocidad con que pueda esparcirse y compactarse el material sobre la superficie. Siempre que sea posible, se colocará el material con una caja esparcidora (Figura 34), para reducir al mínimo la segregación. En este caso, el disponer de muy pocos camiones, demorará el avance de la obra; pero, demasiados camiones causarán demoras ineficientes du-

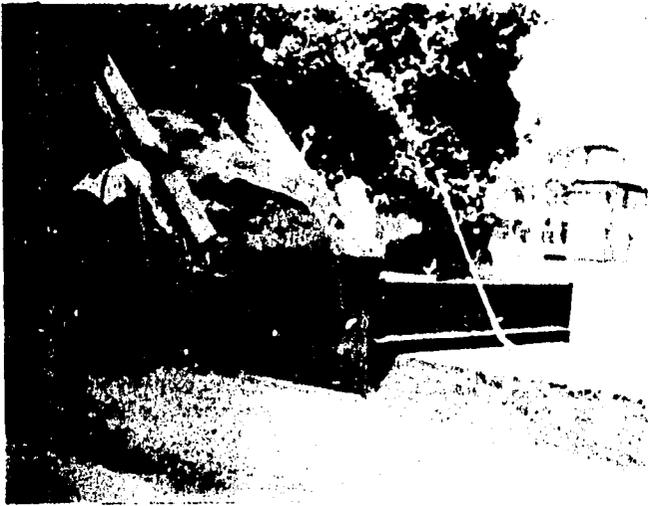


Figura 34. Caja Esparcidora (reimpreso con permiso de John Wiley & Sons, Inc.)

rante la descarga. Si se extiende el material con una motoniveladora, se podrá epositar el material sobre la carretera durante un corto período de tiempo, antes de extenderlo.

5. El nuevo material de revestimiento podrá extenderse en una o más capas, que deberán compactarse de preferencia con un rodillo neumático. Si el material está seco, se deberá agregar agua con un camion cisterna, para hacer que el material esté cerca a su óptimo contenido de humedad. La decisión sobre el número de capas, depende de la disponibilidad y peso del equipo de compactación.

Los procedimientos anteriores reflejan las prácticas más deseables en revestimientos para conservación. Cuando no se dispone de equipo, algunos métodos alternativos podrían incluir: (1) uso de material aceptable de los lados del camino, (2) uso de carretas y carretillas para el acarreo, (3) extendido con herramientas manuales y rastras, y (4) compactación con el tráfico.

Se pueden tomar algunas medidas para reducir la frecuencia del revestimiento. Cuando la humedad relativa se alta, el uso de paliativos del polvo durante la estación seca, puede reducir la cantidad de material que se pierde como tal. La aplicación de un ligero tratamiento superficial bituminoso (llamado algunas veces lubricante de polvo), puede reducir tanto la pérdida de polvo como las de erosión por agua superficial. La interrogante es si el ahorro en revestimiento será mayor que el costo de las acciones preventivas. Puede dar lugar a economías en algunos de los caminos importantes de mayor volumen de tráfico, pero es improbable que resulten económicamente efectivas en muchos caminos sin pavimentar de bajo volumen de tráfico. Más aún, sellando bien la superficie se impide la evaporación de la humedad y podría originar la formación de baches graves. El Compendio 7, *Gravas* (Transportation Research Board, 1979), da información más detallada sobre bacheo.

## DRENAJE

El agua sin control puede ser una de las fuerzas más destructivas de los caminos rurales. Por esta razón, los diseñadores de caminos nuevos fijan cuidadosamente el tamaño y la

ubicación de alcantarillas y cunetas de drenaje para asegurar el flujo controlado del agua superficial, de modo de evitar daños en el camino o interrupciones en el movimiento de tráfico.

En áreas urbanas, los sistemas de drenaje pueden incluir desagües pluviales subterráneos con cajas de entrada, sumideros, pozos de visita y otros aditamentos. Dado que esta síntesis se interesa principalmente por los caminos rurales, la exposición se limita principalmente a alcantarillas y cunetas. A falta de una conservación adecuada, podrían presentarse los siguientes problemas:

1. La cantidad de agua que puede fluir a través de una alcantarilla para drenaje transversal se reducirá, si la alcantarilla llega a obstruirse parcialmente con escombros (Figura 35). El agua podrá regresar hasta la entrada de la alcantarilla e inundar eventualmente el camino. Esta inundación, con suficiente volumen de agua, puede hacer desaparecer toda una sección de la vía.
2. Las cuentas laterales tienen por objeto transportar a lo largo del camino, el agua que interceptan, descargándola en alcantarillas transversales o en canales de descarga. Si se obstruyeran las cunetas, el agua retrocederá (Figura 36). Después de un período de tiempo, el



Figura 35. Limpiando una Alcantarilla Obstruída (Indonesia)



Figura 36. Agua Estancada en una Cuneta Lateral (Honduras).

agua estancada saturará la plataforma del camino y disminuirá tanto su resistencia como su estabilidad.

3. Las cunetas de descarga tienen por objeto canalizar el agua fuera de la plataforma de la vía. Cuando se obstruye el flujo por la vegetación y los escombros, el agua retrocede y satura la plataforma y posiblemente, incluso su superficie.

Los países en desarrollo tienen a menudo otra clase especial de problema de drenaje. Muchos de los caminos nunca fueron realmente diseñados, simplemente se formaron a través del uso y de un desarrollo mínimo. Se instalaron obras de drenaje sin la necesaria ayuda técnica en cuanto a ubicación, capacidad y tamaño. Surgieron entonces los problemas, debido a las inadecuadas instalaciones originales más que a la falta de conservación. Estas situaciones sólo pueden corregirse, mejorando las instalaciones de drenaje con los trabajos requeridos. A menudo, esto implica aumentar la altura de la plataforma.

En las siguientes secciones, se describen métodos de trabajo para operaciones más comunes de conservación del drenaje.

### Limpieza y reparación de alcantarillas

El término "alcantarillas" incluye tuberías circulares, metálicas o de concreto, así como cajas de madera o de concreto, de forma rectangular. La limpieza de alcantarillas es básicamente una operación manual con herramientas manuales.

La clave para una buena conservación de drenaje, es una inspección programada regularmente, acompañada de actividades de limpieza. Deberán programarse tres tipos de inspección:

1. inspección y limpieza minuciosa de todas las alcantarillas, justo antes del inicio de cada estación lluviosa;
2. observación ocasional de la operación de las alcantarillas, así como de sus cajas de entrada y bocas de descarga durante la estación de lluvias, para identificar las áreas con problemas potenciales;
3. inspección detallada después de la estación de lluvias para localizar cualquier daño, de modo de poder programar los trabajos de reparación durante la estación seca.

Generalmente se presenta acumulación de basura y escombros en la entrada de las tuberías, dentro de ellas, y a corta distancia de la caja de entrada (Figura 37). Rara vez se obstruye la boca de descarga de una alcantarilla, a menos que la línea de embalse de la boca de descarga esté a un nivel muy bajo, que la gradiente de la alcantarilla sea muy pronunciada, o que la cuneta de descarga llegue a obstruirse.

Cuando las alcantarillas son lo suficientemente grandes como para que un hombre pueda caminar de pie o agachado dentro de ellas, se puede efectuar la limpieza con palas, escobas y otras herramientas manuales (Figura 38). Para alcantarillas de diámetro pequeño, será necesario aumentar la longitud de los mangos de las herramientas, para poder alcanzar y arrastrar el material. Este, luego de la limpieza, es cargado en carretillas y eliminado. Se deberá colocar la basura en lugares desde donde no pueda ser arrastrada nuevamente hasta obstruir la entrada de la alcantarilla. Podrá usarse tierra y el material granular para rellenar las áreas cercanas erosionadas en los taludes, pero es generalmente inadecuado emplearlo para operaciones de bacheo.



Figura 37. Limpiando la Caja de Entrada de una Alcantarilla (Indonesia).



Figura 38. Limpieza dentro de una Alcantarilla de Concreto (Honduras).

En el momento de la limpieza, debe inspeccionarse la alcantarilla para detectar cualquier daño posible en ella. Deberán programarse las reparaciones tan pronto como sea posible. Los daños típicos que deben observarse, son:

1. secciones terminales rotas o dañadas;
2. desalineamiento y posibles roturas en tramos o uniones de tubería, causados por asentamientos o hinchamientos (Figura 39);
3. corrosión de la solera o fondo de la tubería de metal o concreto; y
4. erosión de los materiales debajo de los extremos de la tubería, que hace peligrar su estabilidad.

La mayoría de los trabajos de reparación se hacen manualmente, empleando herramientas manuales. Se pueden reparar las juntas rotas con mortero de cemento o grampas de metal. Un mortero de cemento o un cemento asfáltico pueden usarse para sellar el fondo de tuberías corroídas, extendiendo así su vida de servicio. Se pueden reemplazar los tramos rotos de tuberías de pequeño diámetro por otros tramos nuevos (Figura 40). Debido al peso de las tuberías de diámetro grande, es difícil reemplazar los tramos de tuberías dañadas sin emplear algún tipo de equipo capaz de levantarlos, trasladarlos y bajarlos. Se pueden reparar las áreas erosionadas en los extremos de las alcantarillas, con rocas y

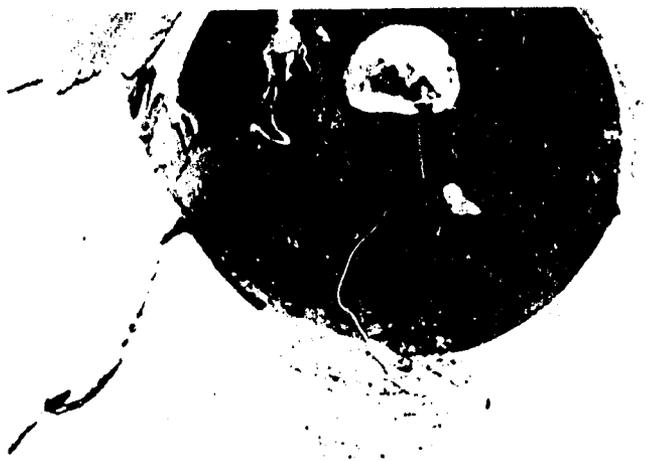


Figura 39. Sección Rota de una Alcantarilla (Honduras).

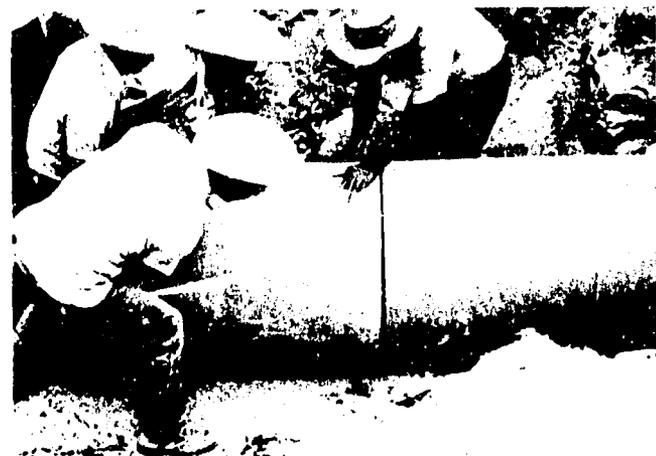


Figura 40. Reemplazo de un Tramo de Alcantarilla (Honduras).

material granular apisonado a mano, según se describe en la siguiente sección sobre control de erosión.

La limpieza de la caja de entrada y cuneta de descarga, debe hacerse conjuntamente con la limpieza de la alcantarilla.

### Limpeza a mano de cunetas

Hay dos tipos de canales de drenaje que necesitan limpieza y perfilado periódico: (1) cunetas construidas adyacentes y paralelas al camino (Figura 41), para interceptar el agua superficial y llevarla a lugares donde puede ser descargada en canales naturales, y (2) cajas de captación y canales de descarga en alcantarillas (Figura 42) hasta donde llega el agua en canales naturales ubicados debajo de la carretera.

Se requiere de limpieza y perfilado, porque el flujo de agua puede reducir su velocidad u obstruirse, debido al crecimiento de vegetación y a la acumulación de basura, rocas, deslizamientos de tierra y a la erosión de los taludes.

Deben limpiarse todas las cunetas, por lo menos una vez al año. Debe completarse este trabajo antes del inicio de la estación de lluvias.

Algunos organismos viales emplean equipo mecánico para la limpieza y perfilado, pero el trabajo se adapta al empleo de mano de obra y de herramientas manuales en países en desarrollo. Las herramientas que se requieren, son machetes y algunos tipos de cuchillas para cortar el pasto y la maleza, así como picos, palas, rastrillos y carretillas. Las Figuras 43 y 44 muestran algunas operaciones típicas de limpieza de cunetas con herramientas manuales.

En áreas relativamente planas, puede sacarse totalmente la vegetación de las cunetas para evitar que vuelva a crecer muy rápido. Cuando los canales laterales al camino sean bastante empinados, es mejor cortar la vegetación y conservarla para ayudar a evitar la erosión. En este caso, podría ser necesario cortar la vegetación varias veces al año.

La forma de los canales laterales es muy importante, tanto desde el punto de vista de un drenaje eficiente como para facilitar la conservación. Comúnmente se han construido las cunetas en forma de V, con taludes laterales bastante empinados. Cuando se presenta erosión en una cuneta en forma de V, las cuadrillas de conservación tienen la tendencia de profundizar la cuneta y empinar más los taludes. Este no es



Figura 41. Canal Lateral Típico (Sierra Leone).

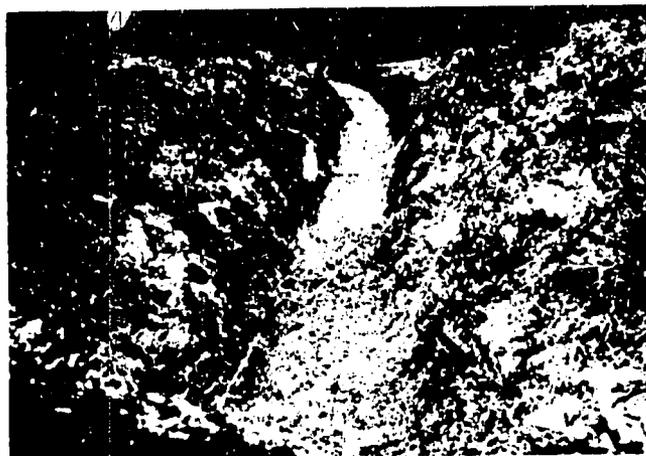


Figura 42. Cuneta Típica de Descarga de una Alcantarilla (Honduras).



Figura 43. Operación Típica con Mano de Obra Intensiva para Limpieza de Cunetas (Ghana).



Figura 44. Operación Típica con Mano de Obra Intensiva para Limpieza de Cunetas (Ghana).

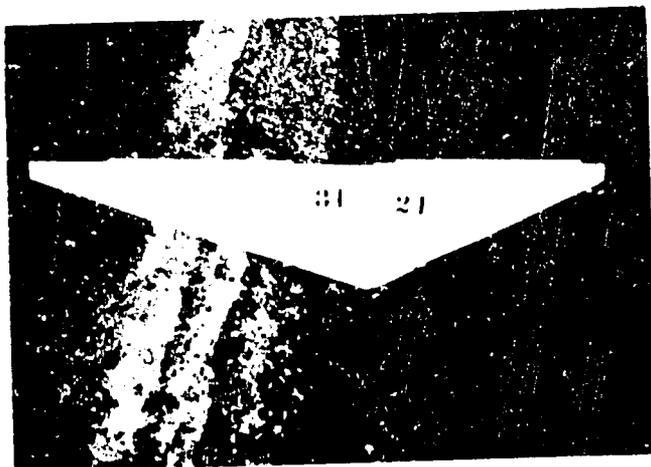


Figura 45. Taludes Deseables de Cunetas (Ghana).

un método recomendable. Deberá mantenerse el nivel original de la línea de flujo de la cuneta, y los taludes tan tendidos como sea posible. En la Figura 45 se muestran los taludes deseables de cunetas, para que las cuadrillas de conservación puedan cortar la vegetación y limpiar las cunetas con más facilidad. Las cunetas de lados profundos y taludes pronunciados pueden ser extremadamente peligrosos para los conductores, así como inefectivos para el drenaje. La Figura 46 muestra una cuneta lateral con taludes bien perfilados y con buena pendiente.

Cuando deben moverse cantidades considerables de material en el proceso de limpieza y reperfilado de cunetas, se puede facilitar el trabajo con una escarificadora simple tirada por animales. Esta escarificadora, guiada por un obrero, puede cortar a la profundidad y forma deseadas, y transportar el material hasta donde pueda ser depositado o cargado en camiones o carretillas para ser eliminado.

### Limpieza mecánica de cunetas

A menudo los países en desarrollo comprueban que el empleo de mano de obra y herramientas manuales, es el método más apropiado para la limpieza y perfilado de cunetas. Sin embargo, puede ejecutarse el trabajo de manera efectiva empleando diversos tipos de equipo.

Probablemente la motoniveladora es el equipo más comúnmente empleado para el reperfilado de cunetas laterales. Se logra flexibilidad, graduando el ángulo y posición de la cuchilla para acondicionarla a los taludes y a la profundidad de cuneta deseados. La Figura 47 muestra una operación típica de limpieza y perfilado de cunetas con motoniveladora.

Cuando la cuneta está seca, se colocan las llantas delantera y trasera dentro de la cuneta y se inclina verticalmente la cuchilla, de manera que el material se esparza desde el centro de la cuchilla, dejando un camellón entre las llantas posteriores. En terreno húmedo, deben colocarse las llantas traseras sobre terreno firme, con la cuchilla inclinada, de tal manera que las llantas delanteras estén dentro de las cunetas, seguidas por el extremo inferior de la cuchilla.

Es importante mantener el nivel de la cuneta a la cota original de construcción. Debe comprobarse el fondo de la cuneta, para asegurarse de que no hayan depresiones donde pueda acumularse el agua (Figura 48). Desplazando lateralmente y girando la cuchilla, se puede depositar una parte del material de los camellones en las zonas bajas de la cuneta en las siguientes pasadas de la motoniveladora. Generalmente, después de esta operación quedará algún material excedente en los camellones. Este material se eliminará con carretillas, carretas o camiones. Un pequeño número de obreros con palas y rastrillos pueden encargarse del acabado final y carguo de los materiales.

De estar disponible, se puede emplear en forma efectiva para la limpieza y perfilado de cunetas, el equipo denominado "Gradall" que se muestra en la Figura 49, y que permite cargar directamente sobre los camiones grandes cantidades de material. También se pueden emplear cargadores frontales para remover el material excedente, pero no son muy efectivos para el reperfilado de cunetas.

La limpieza de cunetas grandes y canales secos, se puede efectuar mejor con tractores, escarificadoras o cargadores frontales y camiones. Cuando existan aguas estancadas,



Figura 46. Ejemplo de Buenos Taludes y Alineamientos (Ghana).



Figura 49. Limpieza de Cunetas con "Gradall".

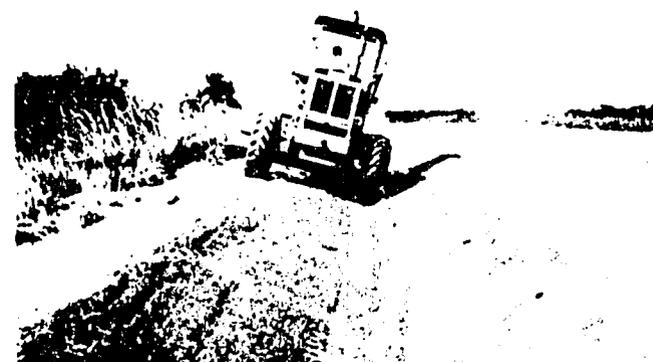


Figura 47. Perfilado Mecánico de Cunetas con Motoniveladora (Ghana).



Figura 48. Comprobando la Línea de Flujo en Busca de Depresiones. (República Dominicana).

podrían necesitarse grúas con cucharón de arrastre o de almejas. Siempre que sea posible, se depositará el material formando una berma o banqueteta a lo largo del canal. En caso contrario, se le eliminará y trasladará a otro lugar.

## CONSERVACION DE LAS AREAS LATERALES

Dentro del derecho de vía se requiere normalmente de varias operaciones de conservación, además de las que se relacionan directamente con la superficie del camino o con el drenaje. Estas operaciones incluyen: el control de vegetación, corrección y prevención de la erosión y, en algunos casos, recojo de basura.

### Control de vegetación

La vegetación, que es responsabilidad del personal de conservación, incluye grama, ramas, malezas y árboles (Figuras 50 y 51).

En los países más desarrollados, la conservación del césped es algunas veces una partida muy importante. A menudo se le planta, riega, estimula y corta frecuentemente, por razones estéticas. Las operaciones de corte son altamente mecanizadas. Para caminos de bajo volumen en países en desarrollo, el corte se ejecuta normalmente con herramientas manuales tan simples como segadoras, guadañas y machetes.

En climas tropicales, los organismos viales tienen a menudo problemas con tipos de vegetación que crecen muy rápidamente. Estos problemas se deben a que la vegetación usurpa el derecho de vía e interfiere con el drenaje normal, oscurece las señales, reduce la distancia de visibilidad del motorista y, aún, interfiere con la operación vehicular.

La frecuencia para programar el corte de malezas y la poda de árboles, depende principalmente de su ritmo de crecimiento. La mayoría de los organismos planifican el corte por lo menos una vez al año y algunas veces, con más



Figura 50. Cortando Pasto y Maleza a los Lados de un Camino en Indonesia.



Figura 51. Cortando Malezas (Ghana).

frecuencia. Los supervisores de conservación deben inspeccionar el sistema vial periódicamente, para identificar los sitios donde el crecimiento de vegetación está creando problemas. Deben seguir las políticas establecidas que especifican el ancho, a cada lado de la carretera, que debe mantenerse limpio de vegetación.

El corte de malezas y la poda de árboles se hacen casi totalmente a mano, empleando hachas, machetes y serruchos manuales. En algunos casos podría ser económico equipar cuadrillas especiales con sierras de cadena sostenidas manualmente. Cuando lo permitan las condiciones, se acumula y quema al lado de la carretera el material que se ha cortado. Cuando esto no sea práctico, se emplearán camiones o carretas para transportar el material a lugares adecuados para quemarlo.

### Control de erosión

El control de erosión incluye tanto la reparación de sitios erosionados, como las acciones para prevenir la erosión futura. Las secciones previas trataron sobre la reparación de canales laterales mediante limpieza y reperfilado, y la reparación de erosiones en los extremos de alcantarillas.

Otros lugares donde ocurre comúnmente erosión, son los rellenos de carreteras y los taludes de corte. Una vez que

comienza la erosión, ésta llega gradualmente a ser más seria mientras no se la repare. Estas reparaciones consisten en la colocación y compactación manual de algún tipo de material granular en los canales erosionados. Pero ello será sólo una solución temporal, a menos que se corrijan las condiciones que causaron la erosión.

En el caso de taludes de corte erosionados, una de las mejores medidas correctivas, es la construcción de una pequeña cuneta de intercepción ligeramente encima de la parte superior del talud. Una pequeña cuneta en V con una banquetta en la parte baja del cerro, funciona bien. Intercepta el escurrimiento superficial y lo transporta paralelamente a la parte superior del talud de corte, hacia la cuneta lateral o hacia un canal de drenaje natural, desviando el agua del talud donde creaba un problema de erosión.

Se puede emplear un método similar, para prevenir la erosión en los taludes de relleno del camino. Se construye una pequeña banquetta o dique a lo largo de la berma para desviar el escurrimiento superficial, hasta un punto donde se le pueda descargar sin causar daño. Los puntos de descarga pueden estar a lo largo del nivel natural del terreno o en canales descendentes intermedios revestidos con roca o mortero (Figuras 52 y 53).

Algunos organismos viales controlan eficazmente la erosión en taludes de corte y relleno, introduciendo una cubierta vegetativa sobre los taludes. Generalmente la vegetación es algún tipo de césped nativo colocado mediante sembrío o engramado. Se permite que el agua de escurrimiento superficial baje por los taludes, pero la vegetación y el sistema de raíces establecido previenen daños serios.

La erosión repetida de cunetas, indica que debe tomarse alguna medida preventiva. Un método consiste en recubrir con piedra el fondo de la cuneta, de preferencia piedra con lechada de mortero de cemento. Otra forma de prevenir la erosión de cunetas en pendientes pronunciadas (más de 3 por ciento), es construyendo una serie de pequeñas represas de control en el fondo de la cuneta. Ellas pueden ser de troncos, madera o láminas de metal de desecho, revestidas



Figura 52. Canal Descendente Revestido de Piedra (Indonesia).



Figura 53. Canal Descendente de Piedra y Mortero (Honduras).

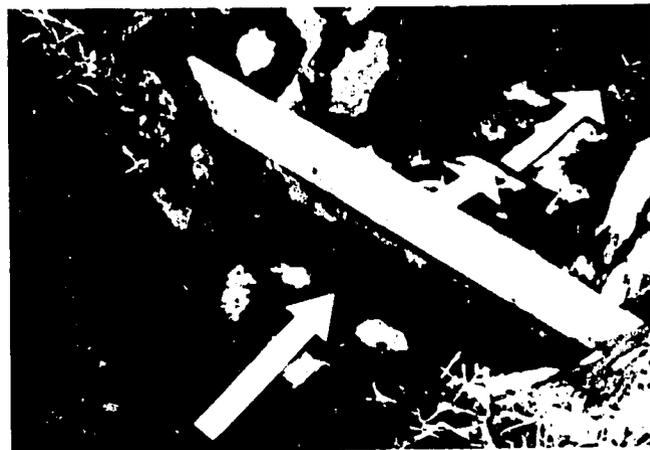


Figura 54. Comprobación de la Cuneta.



Figura 55. Revestimiento de la Descarga de una Alcantarilla (Honduras).

con piedras sueltas aguas abajo, para prevenir la erosión cuando el agua traspase la barrera (Figura 54). El propósito es reducir la velocidad del agua y permitir su descenso por la cuneta sobre una serie de pequeños escalones.

Las cajas de entrada y los puntos de descarga de las alcantarillas, parecen ser especialmente susceptibles a la erosión. Los aleros y empedrado o revestimiento de rocas sueltas, son las protecciones más comunes. Generalmente los puntos de descarga son los que dan más problemas. El agua, al salir de la alcantarilla, puede erosionar y formar un hoyo en la cuneta, y aún socavar la alcantarilla misma. Es importante en ese caso, colocar algún tipo de concreto o revestimiento de piedra (Figura 55).

Los rellenos de caminos adyacentes a corrientes de agua, están a menudo sujetos a erosión— algunas veces tan seriamente, que toda la carretera podría llegar a desaparecer. La corrección y prevención más simple es depositar piedras de revestimiento. Puede usarse roca colocada en canastas de alambre (denominadas gabiones), o sacos de enrocado con hormigón, si no se dispone de piedras naturales grandes.

Muchas de estas medidas de control de erosión pueden fácilmente ejecutarse con mano de obra y herramientas manuales. Sin embargo se requerirán camiones, si hubiera una distancia considerable para el transporte de piedra u otro material.

Para prevenir más daños se deben programar trabajos de control de erosión, tan pronto como se encuentren las áreas con problemas. Probablemente se requiera en la estación lluviosa hacer algunas reparaciones de emergencia. La mayoría de los problemas de erosión pueden ser descubiertos durante la inspección de alcantarillas que se efectúa luego de la estación lluviosa. En ese momento, deberá planearse y programar medidas preventivas, que deberán ser ejecutadas antes de la próxima estación de lluvias.

### Recojo de escombros

Los escombros o basura a los lados del camino, no representarán normalmente un problema en los caminos rurales de países en desarrollo. Sin embargo, podría ser una política atinada programar la limpieza periódica de basura y material de desecho, que se acumulan a menudo a los lados de caminos adyacentes a ciudades y pueblos. Algunos organismos reservan una semana anual para limpieza. En áreas densamente pobladas, podría requerirse de una limpieza más frecuente.

Los miembros de la cuadrilla de limpieza llevan unas bolsas grandes. Recorren a pie por ambos lados del camino, recogiendo la basura y escombros, y colocándolos en las bolsas. Según sea necesario, las bolsas se colocan en un camión o en una carreta tirada por animales, que acompañan a la cuadrilla.

Además de estas limpiezas programadas formalmente, todo el personal de conservación debe vigilar constantemente y recoger cualquier objeto grande o animal muerto que encuentre en la plataforma o en las bermas. Esos objetos son peligrosos para las personas que utilizan la vía.

### CONSERVACION DE PUENTES

Las operaciones de conservación de puentes requieren generalmente de algún conocimiento especial, habilidad y equipo. Por esta razón, muchos organismos forman una o

más cuadrillas especializadas en puentes, para operar en el departamento o en todo el país. Estas cuadrillas están bajo la dirección y supervisión general de un experimentado ingeniero de puentes, y son responsables de todas las reparaciones importantes.

Los obreros locales ayudan a menudo a estas cuadrillas especiales. Algunos trabajos menos técnicos pueden ser iniciados o ejecutados sólo con las cuadrillas locales.

Esta sección incluye las actividades de la conservación de puentes y la forma de programarlas y ejecutarlas, pero sólo en términos generales, dado que casi toda la conservación de puentes requiere de la atención de un ingeniero.

### Inspección de puentes

Los organismos viales deben establecer un sistema de mantenimiento de registros de todos los puentes del sistema vial. La información registrada debe incluir la fecha de construcción, tipo de construcción, dimensiones, planos de construcción, y las fechas y descripción de cualquier conservación y reparación importante que se hayan ejecutado.

Los ingenieros de puentes del plantel central, deben ser responsables de mantener los registros de puentes y de conducir inspecciones periódicas de campo de todos los puentes, para evaluar su condición e identificar las reparaciones necesarias. Una razón principal para llevar los registros históricos, es ayudar a los ingenieros cuando hagan sus evaluaciones.

Cuando existe un gran número de puentes en un sistema, es difícil conducir una inspección y evaluación técnica anual de todos los puentes, ni aún en un período de varios años. Por esta razón, los supervisores de conservación en las áreas locales deberán ser los responsables de la inspección anual de todos los puentes dentro de su área, para (1) observar y registrar las condiciones existentes, (2) identificar las operaciones de conservación rutinaria que puedan ejecutar las cuadrillas locales, y (3) identificar cualquier condición excepcional que deba llevarse a la atención de los ingenieros de puentes para su evaluación técnica.

Para facilitar esta inspección regular al nivel local, debe establecerse una lista de comprobación de inspecciones formales, que se pondrá a disposición del supervisor. Debe dejarse espacio para que en cada partida a comprobar se marquen las columnas apropiadas, tales como "Condición Satisfactoria", "Necesita Reparación", o "Necesita Estudio de Ingeniería". Debe también dejarse espacio para comentarios especiales del inspector. La Figura 56 muestra una lista ilustrativa.

Los ingenieros deben ser informados de los problemas que necesiten de estudios de ingeniería. En la oficina local se mantendrán copias de estas listas de comprobación, para guiarlos en la programación del trabajo de conservación de puentes.

### Señalización y accesos

El siguiente trabajo puede ser ejecutado generalmente por cuadrillas locales, con herramientas manuales:

1. instalar nuevas señales donde sean necesarias, tales como puente angosto, puente velocidad límite, reducir velocidad más adelante, límites de carga, luz vertical, delineadores que conducen a puente angosto, o cualquier otra señal necesaria;

PUENTE					
LISTA DE COMPROBACION PARA CONSERVACION PREVENTIVA					
Puente No. _____		Ruta No. _____		Fecha _____	
Rfo _____		Capataz _____			
PARTIDA	Condición Satisfactoria	Necesita Reparación	Necesita Estudios de Ingeniería	COMENTARIOS	Fecha del Informe
<b>SERIALIZACION</b>					
Preventiva					
Límite de Carga					
Delineación					
<b>VIAS ACUATICAS</b>					
Escombros en la Corriente					
Barandal			X		
Islas o Bancos de Arena			X		
Erosión o Socavación					
Banquetas					
Empedrado Suelto					
<b>ACCESOS</b>					
Pendiente Fuerte					
Escabroso					
Asentamiento o Elevación					
<b>SUBESTRUCTURAS</b>					
Estribos					
Pilares					
Pilotaje					
Cabezal					
Bases del Puente					
Descostre (Estribos)			X		
Pintura (Pilares)			X		
<b>SUPERESTRUCTURAS</b>					
Armadura Rota			X		
Armadura Doblada			X		
Armadura Oxidada			X		
Largueros (Madera)					
Largueros (Acero)					
Vigas de Acero			X		
Vigas de Concreto			X		
Apoyos					
Dispositivos de Expansión					
Juntas de Expansión			X		
<b>PISOS</b>					
Madera					
Concreto					
Acero					
Bordillos					
Aceras					
Barandas					
<b>LIMPIEZA</b>					
<b>PINTURA</b>					

Figura 56. Lista de Comprobación Ilustrativa para Conservación Preventiva de Puentes.

2. limpiar y reparar las señales existentes, de modo que los postes estén derechos y los mensajes sean legibles;
3. retirar los matorrales, pasto, malezas y ramas de árboles que oscurecen las señales; y
4. reparar y pintar los parapetos en los extremos del puente.

Debe obtenerse ayuda de los ingenieros de puentes, para uniformar y emplear palabras coherentes en los mensajes de las señales y en sus ubicaciones.

### Vías acuáticas

Las cuadrillas locales deben retirar los escombros (árboles, troncos y malezas) que se introducen en el canal o se ubican cerca a los pilares. Deben retirarse esos escombros de las orillas de los ríos, y quemarlos de modo que no sean recogidos nuevamente por la próxima marea alta.

Deberán repararse y reforzarse con revestimientos de piedras sueltas, las áreas erosionadas de las orillas y estribos.

Cualquier limpieza importante o cambios del canal bajo los puentes, requieren generalmente de equipo especial grande y deben ser ejecutados por cuadrillas especiales bajo la dirección de un ingeniero. El profundizar o efectuar cambios inadecuados en el canal podría empeorar las condiciones de socavación y erosión.

Las socavaciones severas alrededor de los pilares pueden originar asentamientos y fallas estructurales. Deben colocarse piedras pesadas sueltas alrededor de los pilares para corregir la situación y prevenir socavaciones futuras.

Esto podría ser difícil en aguas profundas. Debido a la seriedad de esta situación, deberán asesorarse de un ingeniero de puentes, para que planifique y dirija el trabajo.

## Subestructuras

Casi todas las operaciones de conservación y reparación de subestructuras de puentes, requieren conocimientos, herramientas y equipos especiales. El trabajo debe ser planificado por ingenieros y ejecutado por cuadrillas especiales o por contratistas.

Los problemas típicos que deben observarse y corregirse, son los siguientes:

1. Descostrado y deterioro del concreto, especialmente en el nivel de agua, que ocurren tanto en pilares como en pilotes de concreto y que pueden corregirse, construyendo un encofrado alrededor del área dañada y vaciando un anillo de concreto debidamente reforzado y anclado.
2. Rajaduras en estribos y pilares de concreto pueden ser parchados con mortero, aunque ésta sería una media tempora. Las rajaduras que continúen aumentando de tamaño, indican puntos débiles y probablemente requieran ser reconstruidos.
3. Los pilotes dañados pueden ser cortados debajo del punto dañado, y se pueden empalmar nuevos tramos al resto del tramo original, o se pueden hincar pilotes nuevos adyacentes al pilote roto.
4. Puede repararse el pilotaje dañado de acero, cortando el tramo dañado y soldando al resto un nuevo tramo.
5. Las coronas dañadas de pilotes de madera rotos pueden ser empalmadas, y pueden reemplazarse los contravientos de pilotes de madera que estuvieran rotos.

Los supervisores de conservación del área local deben estar atentos a estos problemas y solicitar ayuda técnica para hacer las reparaciones.

## Superestructuras

Las superestructuras de puentes de armadura continua, pueden ser reparadas algunas veces reemplazando los miembros dañados o reforzando los débiles con placas soldadas de acero. Esto sólo debe intentar hacerse bajo un planeamiento y dirección técnicos.

Las vigas dañadas de madera, podrían repararse con pernos en U colocados alrededor de la viga y atravesando el tablero del piso, o pueden atarse nuevas vigas a lo largo de la viga dañada.

Las vigas de acero son rara vez reemplazadas. Se pueden hacer reparaciones generalmente, soldando placas a las áreas dañadas. Las áreas astilladas o rotas de vigas de concreto, deben ser limpiadas y parchadas con mortero o concreto cuidadosamente diseñados y proporcionados.

## Tableros del piso

Dado que en muchos casos se necesita poco conocimiento y experiencia técnica especial, los trabajos de conservación y reparación de tableros de puentes pueden estar a cargo de cuadrillas locales. Deberán disponer de algunas herramien-

tas y materiales. De no ser así, debe programarse el trabajo para que sea ejecutado por cuadrillas de puentes especialmente equipadas.

Los pisos de madera se reparan fácilmente reemplazando los tableros rotos, gastados o carcomidos (Figuras 57, 58 y 59). Se pueden reparar áreas astilladas de pisos de concreto eliminando todo el material dañado, limpiando el acero de refuerzo expuesto y rellenando el hueco con concreto. El acero de refuerzo no debe ser cortado ni dañado.

Se deben reemplazar los bordillos de madera rota o carcomida. Los bordillos deteriorados de concreto pueden ser reparados sacando el material defectuoso, tratándolo con lechada de cemento y reemplazando el concreto.

Las barandas de madera deben ser de material bueno, asegurado firmemente. La Figura 60 muestra una baranda de puente que necesita reparación. Las reparaciones pueden requerir nuevos postes o tableros de barandas. Los pernos y tuercas que falten, deben ser reemplazados. Se deben pintar los montantes y barandas de madera sin tratar.



Figura 57. Tablero de Puente de Madera Deteriorado (Sierra Leone).



Figura 58. Ejecución de Reparación de Tableros de Piso (Sierra Leone).



Figura 59. Reparación Terminada de un Tablero de Puente (Sierra Leone).

Se reparan las barandas de concreto de igual manera que los tableros y bordillos. Las barandas de acero deben mantenerse pintadas para protegerlas contra la corrosión.

### Limpieza y pintura

Las estructuras de concreto y madera no son pintadas normalmente, excepto por la pintura de bordillos, barandas y parantes de barandas.

Las estructuras de acero se pintan primeramente para proteger el metal contra la corrosión. Se derivan algunos beneficios de seguridad a través de una mejor visibilidad, cuando se usan pinturas de colores claros. La frecuencia de la pintura necesaria depende del tipo de estructuras, de las condiciones climáticas y de la calidad de la pintura.

La limpieza cuidadosa de la estructura, es un primer paso esencial. Debe eliminarse la suciedad, oxidación, sedimentos, pigmentos de pintura gredosa y otros materiales extraños. Es útil emplear agua a alta presión o un chorro de aire



Figura 60. Baranda de Puente que Necesita Repararse.

comprimido, seguido por una limpieza con raspadores o cepillos de mano o con un equipo de pistola de arena. La primera capa de pintura debe aplicarse sobre áreas descubiertas de metal. La pintura debe aplicarse, sea con brocha o con pulverizador.

Debido al equipo especial que se emplea, la limpieza y pintura deben ser ejecutadas por una cuadrilla especial de conservación de puentes.

### CONSERVACION DE SERVICIOS DE TRAFICO

Se considera generalmente que el mantenimiento de servicios de tráfico, incluye partidas relacionadas con señales, semáforos, marcas en el pavimento y luces de calles; esto es, los dispositivos que existen principalmente para la seguridad y conveniencia de los conductores. El siguiente análisis está limitado al mantenimiento y reparación de señales, que parecen ser la única función de tráfico que está asociada con caminos rurales sin pavimentar.

Hay varias categorías de señales:

1. *señales preventivas*, para curvas, puentes angostos, no pasar, cruce de ferrocarril, etc.;
2. *señales regulatorias*, para límites de velocidad, límites de peso, pare y ceda el paso; y
3. *señales informativas*, para direcciones y distancias.

Es importante colocar adecuadamente estas señales y mantenerlas en buenas condiciones. Algunas veces se diseña y coloca la señalización como una parte de los contratos de construcción de caminos. A veces se compran las señales o las fabrica el organismo vial y las instala el personal de conservación. En cualquier caso, el organismo vial necesita tener una fuente de postes y señales fácilmente accesible, para reparar y reemplazar las señales dañadas, sea que se trate de su propio taller de señales o de un abastecedor comercial.

Debe establecerse a nivel de plantel central, las políticas generales sobre tipo de señales y su colocación, para asegurar un criterio uniforme en todo el país. Se han desarrollado normas internacionales para guiar a los organismos individuales. Debe emplearse esas normas como referencia, para asegurar una cierta uniformidad.

### Operaciones de mantenimiento de señales

Se describe a continuación las condiciones que dan lugar a la necesidad de mantener las señales, conjuntamente con una descripción del trabajo a ejecutar.

Las señales sirven de muy poco, a menos que puedan ser observadas fácilmente por los conductores. Algunas veces al crecer las ramas de árboles, los matorrales y la maleza, obstaculizan la visión de las señales. Debe comprobarse periódicamente la visibilidad y debe cortarse cualquier vegetación que esté obstruyendo la visión.

A menudo, las señales se ensucian con la tierra y el barro. Debe establecerse un programa regular para limpiar periódicamente las señales con agua. Con el tiempo la pintura puede pelarse o deteriorarse, de manera que el mensaje ya no es claramente legible. Estas caras dañadas deberán repintarse o reemplazarse.

Las señales y los postes pueden dañarse como resultado de accidentes; además, las señales y postes de madera son susceptibles de podrirse. Los supervisores de conservación

deben vigilar estos casos y reemplazar o reparar las señales, tan pronto como les sea posible.

Si cambiaran las condiciones originales, podrían necesitarse señales donde actualmente no existe ninguna. Por ejemplo, puede construirse una nueva intersección y se necesitaría señales de pare; o el número de accidentes podría mostrar un lugar peligroso, donde deberán instalarse señales preventivas especiales. Los ingenieros de tráfico del plantel central o del nivel departamental, deberán autorizar que las cuadrillas especiales de señales o el personal de conservación del área local se encarguen de instalarlas.

### Seguridad de tráfico en áreas de trabajo

Otra importante operación del servicio de tráfico es asegurar la seguridad, tanto de los conductores como de las cuadrillas de conservación durante el desarrollo de los trabajos. El tráfico es un peligro para la cuadrilla de conservación, como también lo son para los conductores, los equipos de conservación y reparación de caminos. El peligro aumenta con mayores volúmenes y velocidades de tráfico.

El primer paso en toda norma de trabajo de conservación, deberá ser el establecimiento de dispositivos adecuados de seguridad de tráfico, tales como:

1. señales preventivas anticipadas colocadas unos 400 metros antes del área de trabajo, con mensajes tales como "Reduzca la Velocidad — Trabajos de Reparación más Adelante";
2. señales preventivas adicionales, colocadas unos 100 metros antes del lugar de la obra;
3. barreras, para separar del tráfico a la cuadrilla y al equipo, o para desviar a los conductores fuera de las áreas de excavación; y
4. portabanderas, para dirigir y controlar el tráfico a cada lado del área de trabajo.

Las señales deben colocarse donde puedan ser vistas fácilmente por los conductores, esto es, a 1,50 metros sobre el nivel de la carretera y, por lo menos, a 0,50 metros fuera de la berma. Deben ser ubicados justamente delante, y no más lejos, de una curva ciega o de la cumbre de un cerro. Para trabajos en progreso, deberán desplazarse ocasionalmente las señales a medida que avanzan las cuadrillas. Cuando no se termine el trabajo durante el día, deben colocarse luces preventivas en la noche, para proteger a los conductores de las zonas excavadas o del material acumulado.

Siempre deben retirarse las señales preventivas, cuando ya no sean necesarias. Cuando los motoristas ven frecuentemente señales preventivas sin que se estén ejecutando trabajos, hay una tendencia gradual a ignorarlas en el futuro.

## REHABILITACION Y MEJORAMIENTO

Como se menciona en el Capítulo II, a los trabajos de rehabilitación y mejoramiento, no se les considera generalmente como de conservación. Pueden más bien identificarse como construcciones menores. Pero muy a menudo, el trabajo es ejecutado por cuadrillas regulares de conservación y financiado con fondos de conservación. Normalmente, el planeamiento, programación y financiación de este trabajo son partes del programa total de conservación.

### Propósito

Cuando se ha abandonado la conservación durante un largo período de tiempo, se pueden deteriorar los tramos de ca-

mino en forma tan extensa, que no se puede mejorar adecuadamente el nivel de servicio mediante operaciones normales de conservación. La Rehabilitación tiene el propósito de restaurar estas secciones a su estado original luego de su construcción, e incluye generalmente trabajos en todos los sectores del camino, incluyendo pavimento, drenaje, cunetas y taludes.

El trabajo de Mejoramiento sirve para mejorar algunos o todos los elementos de un tramo de carretera, a niveles más altos que los obtenidos en la construcción original. El trabajo puede cubrir extensas secciones de la vía o estar limitado a puntos aislados. A menudo se requiere mejorar el camino, cuando los volúmenes de tráfico han aumentado en forma significativa desde la construcción de la vía, o cuando el diseño original fue inadecuado. Los mejoramientos son una forma de construcción por etapas y son analizados en mayor detalle en la Síntesis 2, *Construcción por Etapas*, que será publicada en 1980 por el Transportation Research Board.

### Planeamiento

Los trabajos de rehabilitación y mejoramiento deben ser catalogados como proyectos especiales particulares. Durante el inventario y evaluación anual del sistema vial, se registran los proyectos potenciales. Se establecen las prioridades, basándose en los costos y beneficios estimados de las mejoras específicas a ejecutar.

Luego de haber seleccionado los proyectos para un programa de trabajo anual, se debe decidir qué proyectos serán ejecutados por personal de conservación y cuáles estarán a cargo de contratistas. En cualquier caso, se prepararán algunos planos simples que muestren claramente los límites del proyecto, las secciones transversales típicas, los materiales de revestimiento, las características del drenaje y cualquier cambio en la rasante y en el trazo horizontal. Deben estimarse las cantidades de las partidas y materiales de obra, así como el costo, preparados en la misma forma que en un proyecto de construcción.

Cuando el trabajo de rehabilitación y conservación sea una parte continua y regular de los programas anuales de trabajo, los organismos viales deben formar una o más cuadrillas especiales, conformadas y equipadas para efectuar estos trabajos de mayor envergadura. Debido a que el trabajo se parece más a construcción que a conservación, el equipo deseable incluye equipos tales como camiones, cargadores frontales, motoniveladoras, tractores, rodillos pesados, y aún escarificadoras grandes si hubiera que mover una considerable cantidad de tierra.

Si se dispone de contratistas privados, podría ser más económico para el organismo vial ejecutar por contrato el trabajo de mejoramiento, en lugar de emplear su propio personal y equipo. El poseer, operar y mantener unidades grandes de equipo especializado, viene a resultar bastante costoso si el nivel de utilización no es consistentemente alto durante todo el año.

Algunos proyectos pequeños de mejoramiento, tales como mejorar o colocar nuevas alcantarillas de tubo y cunetas de drenaje, pueden ser ejecutados de manera efectiva con obreros y herramientas manuales. Es muy difícil ejecutar proyectos que involucren grandes cantidades de movimiento de tierra y de materiales de revestimiento, sin el empleo en algún grado de equipo mecánico.

## Tipos de mejoramiento

Algunos de los tipos de mejoramientos que deben considerarse para complementar el programa regular de conservación, son los siguientes:

1. *Ensanche de la vía*. Algunos tramos, construidos originalmente o desarrollados como caminos de un solo carril, pueden tener ahora volúmenes de tráfico que justifiquen dos carriles, para seguridad y conveniencia. Se requerirá de movimiento de tierras para ensanchar la plataforma, y de la construcción de nuevas cunetas laterales. Además se tendrá que aumentar la longitud de las cunetas de drenaje. Se deberá colocar nuevo material de revestimiento sobre las bermas ensanchadas. Generalmente, es una buena idea revestir todo el ancho del camino como parte de esta operación.
2. *Cotas de rasante*. Las cotas de la superficie de la vía deben estar por lo menos medio metro encima del terreno adyacente, a fin de asegurar un drenaje adecuado y una subrasante estable. Deberá elevarse la plataforma en los tramos que fueron construidos muy bajos o que se hayan erosionado gradualmente hasta llegar a estar por debajo de la cota del terreno natural. El trabajo involucrará transportar material o ensanchar las cunetas laterales, para obtener el material necesario para elevar la plataforma.
3. *Ampliación de curvas*. Algunos tramos tienen un trazo generalmente aceptable, pero pueden incluir varias curvas cerradas que son peligrosas y que limitan el movimiento del tráfico. Puede mejorarse la vía reconstruyendo estos segmentos y aumentando el radio de curvatura.
4. *Distancia de visibilidad*. A menudo se presentan distancias inseguras de visibilidad en la cresta de curvas verticales muy agudas. Puede mejorarse la seguridad, reduciendo la altura de la cresta y usando el material excavado para levantar los tramos en relleno, a ambos lados de la cresta.
5. *Drenaje*. Pueden atribuirse problemas graves de drenaje, a la falta de alcantarillas en lugares esenciales o a la existencia de alcantarillas muy pequeñas. Los proyectos de mejoramiento pueden incluir la elevación del nivel de la plataforma, la instalación de nuevas alcantarillas y el reemplazo de alcantarillas inadecuadas, conjuntamente con la construcción de las cajas de captación y cunetas de descarga necesarias.
6. *Mejoramiento de la superficie*. Debe mejorarse las superficies de tierra existentes, reemplazándolas por una superficie de grava triturada cuidadosamente graduada y estabilizada. Las superficies existentes de grava pueden ser mejoradas con un tratamiento superficial bituminoso, cuando los volúmenes de tráfico hayan aumentado en forma significativa.
7. *Ensanche de puentes*. Los puentes angostos representan un serio peligro, especialmente en puentes de una sola vía que conectan tramos principales de carretera de dos carriles con un volumen considerable de tráfico. El ensanche de estas estructuras puede ser una parte importante del programa de mejoramiento.

Los tipos de trabajos de rehabilitación y mejoramiento que se han tratado, no son trabajos de conservación. Tampoco se les puede considerar totalmente como nuevos proyectos de construcción. Sin embargo, estas operaciones proporcionan una solución realista y económica para mejorar los niveles de servicio en un grado mayor que el que se consigue con una conservación normal.

# Referencias Seleccionadas

La siguiente lista de referencias incluye todas las publicaciones que se han mencionado en el texto de esta síntesis. También incluye referencias de otras publicaciones cuyo contenido está íntimamente relacionado con los asuntos tratados en esta síntesis. Se presenta la lista en orden alfabético, de acuerdo a los nombres de los editores. Se incluyen las direcciones, para comodidad de los lectores que desearan hacer preguntas o pedidos a los respectivos editores. Las varias referencias bajo el nombre de un mismo editor han sido agrupadas en el orden cronológico de sus respectivas fechas de publicación.

**Aveling-Barford, Ltd., Technical Publications Department, Invicta Works, Houghton Road, Grantham NG316JE, U.K.**

*Grading Illustrated*, Publicación TP 549, (1976)

**American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, anteriormente AASHO), 444 North Capitol Street, NW, Suite 225, Washington, DC 20001**

*Policy on Maintenance of Roadway Surfaces* (1948)

*Manual of Uniform Highway Accounting Procedures* (1958-1960)

*An Informational Guide for Maintenance of Roadsides* (1965)

*An Informational Guide for Maintenance of Drainage* (1966)

*An Informational Guide for Physical Maintenance* (1971)

*AASHTO Maintenance Manual* (1976)

*AASHTO Manual for Bridge Maintenance* (1976)

**Caterpillar Tractor Co., Market Development Division, Peoria, IL**

*Equipment Economics*, Publicación AE 036932 (1974)

**Eyrolles, Editions, 61 Blvd. Saint-Germain, 75 Paris 5e, Francia**

*Maintenance of Dirt Roads in Tropical Zones*, Mellier, G. (1966)

*Earth Roads - Structures and Maintenance*, Mellier, G. (1978)

**Highway Users Federation for Safety and Mobility, 1776 Massachusetts Avenue, NW Washington, DC 20036**

*Maintenance and Highway Safety Handbook* (1970)

**International Bank for Reconstruction and Development (World Bank), Transportation Department, 1818 H Street, NW, Washington, DC 20433**

*The Highway Maintenance Problem* (1979)

**International Labour Office, CH-1211 Ginebra 22, Suiza**

*Manual on the Planning of Labour-Intensive Road Construction*, Allal, M. y Edmonds, G.A., en colaboración con Bhalla, A.S. (1977)

**McGraw-Hill Book Company, 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020**

*Construction Equipment Policy*, Douglas, James (1975)

**National Association of Australian State Road Authorities, P.O. Box J141, Brickfield Hill, NSW 2000, Australia**

*Road Maintenance Practices* (1975)

**National Association of Counties, 1735 New York Avenue, NW, Washington, DC 20006**

*Maintenance Management*, NACE Action Guide Series (1972)

*Blading Aggregate Surfaces*, NACE Training Guide Series (1974)

*Maintaining Bridges After Inspection*, NACE Training Guide Series (1974)

*Improving Traffic Maintenance*, NACE Training Guide Series (1974)

**Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire RG116AU, U.K.**

*Corrugations on Earth and Gravel Roads, Their Formation, Treatment and Prevention*, Tanner, J.S., Overseas Bulletin No. 6 (1969)

*Maintenance of Roads - Organization and Methods*, Onduto, B.M. y Gjos, T., Pan African Conference on Highway Maintenance and Rehabilitation, Accra, Ghana (1977)

*Theoretical and Practical Considerations Which Influence the Planning of Road Rehabilitation*, Gandy, J.J. y Viapree, R.J. Pan African Conference on Highway Maintenance and Rehabilitation, Accra, Ghana (1977)

**Transportation Research Board (TRB, anteriormente HRB), 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC 20418**

*Low-Cost Improved Roads - Maintenance Methods and Equipment*, Van Duzer, W.A., HRB Proceedings, Vol 7, Part 2 (1927)

*Report of Committee on Highway Maintenance Equipment*, Dennis, T.H., HRB Proceedings, Vol 22 (1942)

*Performance Study of Calcium-Chloride Treated Roads*, HRB Proceedings, Vol 31 (1952)

*Highway Maintenance Costs - A Consideration for Developing Areas*, Betz, Mathew J., Highway Research Record No. 94 (1965)

*Cost Effectiveness As a Measure for Setting Maintenance Levels and Priorities*, Oglesby, C.H., HRB Special Report No. 100 (1968)

*Economics of Design Standards for Low-Volume Rural Roads*, Oglesby, C.H. y Altenhofen, M.J., NCHRP Report No. 63, Appendix C (Maintenance Costs) (1969)

*Definition of Terms Relating to Maintenance Equipment, Highway Research Circular 124 (1971)*

*Recruiting, Training and Retaining Maintenance and Equipment Personnel, NCHRP Synthesis of Highway Practice No. 10 (1972)*

*Performance Budgeting System for Highway Maintenance Management, Roy Jorgensen Associates, Inc., NCHRP Report No. 131 (1972)*

*Maintenance Costing Method for Low-Volume Roads, Bauman, Richard D. y Betz, Mathew, J., Highway Research Record No. 451 (1973)*

*Sudan Road Survey: The Field Inventory and Its Suggested Maintenance of Low-Volume Tracks, Hall, K.M., Highway Research Record No. 451 (1973)*

*A Proposed Approach to Setting Road Maintenance Levels for Forest Roads, Gomez, J.F. y Oglesby, C.H., TRB Special Report No. 160 (1975)*

*Transportation Technology Support for Developing Countries. Vea en la parte interior de la cubierta posterior, los compendios y síntesis publicados en 1978-1979 ó que están programados para publicarse en 1980.*

## **PUBLICACIONES DEL PROYECTO**

Las publicaciones aquí indicadas, han sido producidas por el Transportation Technology Support for Developing Countries (Apoyo de Tecnología de Transporte para Países en Desarrollo) y pueden ser solicitadas al TRB a los precios aquí indicados, que incluyen el valor del porte marítimo. Dirigir los pedidos a

*Transportation Research Board  
National Research Council  
2101 Constitution Avenue, N.W.  
Washington, DC 20418 U.S.A.*

---

Síntesis 1: Conservación de caminos sin pavimentar. \$6.00  
Síntesis 2: Construcción por etapas. \$6.00  
Síntesis 3: Construcción y conservación de caminos de bajo volumen con uso de mano de obra. \$6.00

Compendio 1: Normas de diseño geométrico para caminos de bajo volumen. \$12.00  
Compendio 2: Consideraciones de drenaje y geológicas en la ubicación de carreteras. \$12.00  
Compendio 3: Pequeñas estructuras de drenaje. \$12.00  
Compendio 4: Travesías de agua de bajo costo. \$9.00  
Compendio 5: Drenaje del borde de la carretera. \$9.00  
Compendio 6: Investigación y desarrollo de recursos de materiales. \$10.50  
Compendio 7: Gravas. \$9.00  
Compendio 8: Estabilización química de suelos. \$10.50

### **NOTA**

1. Las Síntesis 1,2,3 han sido impresas separadamente en inglés, español y francés.
2. Los Compendios 1 a 8 tienen una introducción en los tres idiomas, aunque el texto está sólo en inglés.