

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TIERRA,
CAUSAS DEL DETERIORO Y PROTECCIÓN DE LOS CAMINOS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

EDGAR ROLANDO SAPON ORDONEZ

AL CONFERIRSELE EL TITULO
DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, OCTUBRE DE 1,996

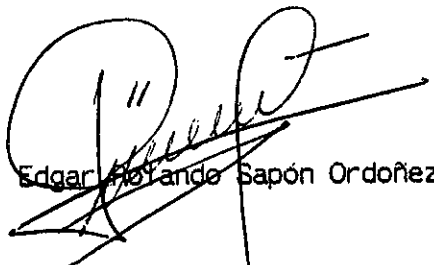
08
T (3805)
c.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado.

ESTUDIO PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TIERRA,
CAUSAS DEL DETERIORO Y PROTECCIÓN DE LOS CAMINOS

tema que me fuera asignado por el Director de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de Marzo de 1,996.



Edgar Orlando Sapón Ordoñez

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO:	Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL QUINTO:	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR:	Ing. Sergio Waldemar Valdez
EXAMINADOR:	Ing. Mario Alfredo García Escobar
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Vinicio Quiñonez de la Cruz
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala,
9 de octubre 1,996.-

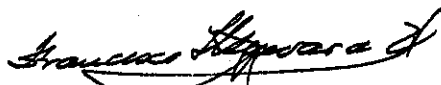
Ingeniero:
Edgar de León Maldonado,
Jefe del Area de Transportes,
Facultad de Ingenieria,
Guatemala, Ciudad.

Ingeniero de León.

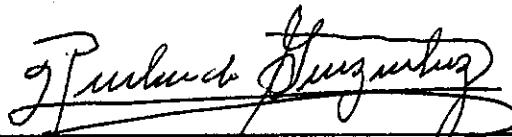
Habiendo revisado el trabajo de tesis titulado ESTUDIO PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TIERRA, CAUSAS DEL DETERIORO Y PROTECCION DE LOS CAMINOS, desarrollado por el estudiante universitario Edgar Rolando Sapón Ordoñez, informamos a usted que dicho trabajo ha llenado los requerimientos del programa dentro del cual se efectuó y por la importancia de su aplicación en el mejoramiento de caminos rurales la damos por aprobada.-

Manifestamos a usted ser responsables del contenido, conclusiones y recomendaciones externadas en la misma.-

Sin otro particular, nos suscribimos de usted.-



Ing. Francisco Luis Guevara Utrilla
Asesor



Ing. Rolando Gonzalez Galicia
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 9 de Octubre de 1,996.

Señor Director
Escuela de Ingeniería Civil
Ing. Jack Douglas Ibarra,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos
de Guatemala.

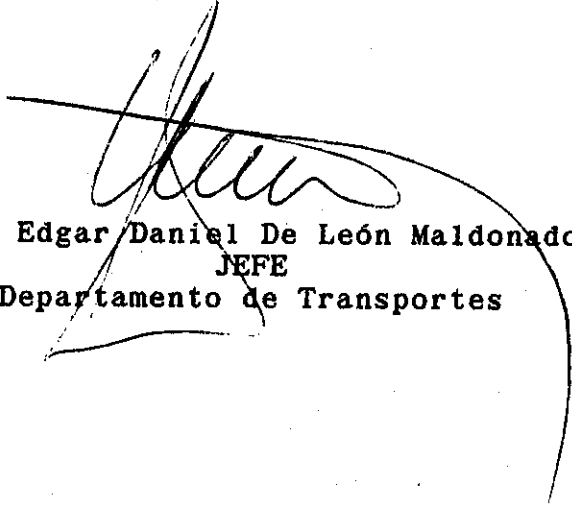
Señor Director:

Como parte de las funciones de la Jefatura de este Departamento he tenido para consideración el trabajo de tesis "ESTUDIO PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TIERRA, CAUSAS DEL DETERIORO Y PROTECCION DE LOS CAMINOS" del estudiante universitario de ingeniería civil EDGAR ROLANDO SAPON ORDONEZ, trabajo que satisface los objetivos planteados y que presenta un aporte significativo para el Area de Transportes, por lo que con aprobación respectiva la remito a esa Dirección para lo pertinente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Edgar Daniel De León Maldonado
JEFE
Departamento de Transportes

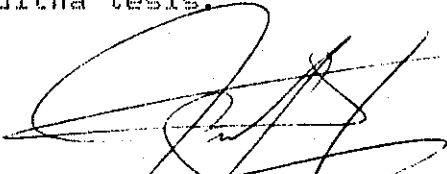


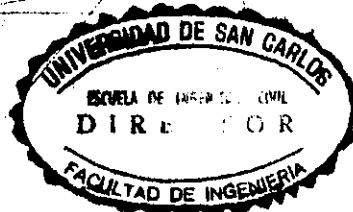
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de los Asesores Ing. Francisco Luis Guevara Utrilla y Rolando González Galicia y como Coordinador Jefe del Departamento de Transportes Ing. Edgar de León Maldonado al trabajo de tesis del estudiante Edgar Rolando Sapon Ordoñez, titulado "ESTUDIO PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TIERRA, CAUSAS DEL DETERIORO Y PROTECCION DE LOS CAMINOS", da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, octubre 1, 1996.

JDIS/isa.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

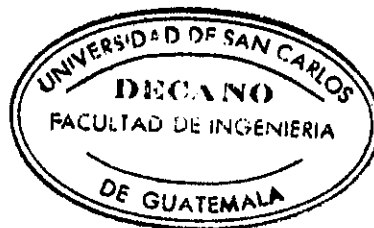
El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis **ESTUDIO PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TIERRA, CUASAS DEL DETERIORO Y PROTECCION DE LOS CAMINOS**, del estudiante Edgar Rolando Sapon Ordoñez.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO

Guatemala, octubre de 1, 996



/isa.

DEDICATORIA

A: MIS PADRES: Francisco Antonio Sapón Mazariegos
Nieves Alejandra Ordoñez de Sapón

MI ESPOSA: Rosa Amelia Portela de Sapón

LA MEMORIA DE MI HIJA: Nieves Alejandra

MIS HIJOS: Edgar Francisco y Erick Rolando

MIS HERMANOS: Josefa (Q.E.P.D.), Estela, Pedro Noé (Q.E.P.D.),
Vilma Floridalma, Nieves Alejandra

MIS TÍOS: Antonio Eliseo, Carlos Germán y Pedro

MIS FAMILIARES Y AMIGOS EN GENERAL

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Y ESPECIALMENTE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

AGRADECIMIENTO

A: DIOS: Señor de señores, fuente de toda sabiduría

MIS AMIGOS: Ing. Francisco Luis Guevara Utrilla

Ing. Rolando González Galicia

Por la confianza y apoyo en los aspectos profesionales,
así como el valioso asesoramiento en el presente trabajo
de tesis.

MI PADRE: Francisco Antonio por sus conocimientos aportados y como
reconocimiento a sus 40 años dedicados a la red vial de
nuestro país.

MIS AMIGOS: Vicente Hernández y Augusto Salazar por la colaboración
en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice de Figuras.....	I
Índice de Tablas.....	II
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
CAPITULO I	
1. Historia de los Caminos y su situación Actual.....	3
CAPITULO II	
2. Objetivos del Mantenimiento de los Caminos.....	7
CAPITULO III	
3. Conceptos Generales.....	8
3.1. Clasificación de los Caminos en Guatemala.....	10
3.2. Tipos de Mantenimiento.....	22
CAPITULO IV	
4. Tipos de Fallas y sus Soluciones.....	25
4.1. Estudio de las Fallas o Deterioro de la Capa de Rodadura.....	25
4.2. Protección de la Capa de Rodadura.....	29
4.3. Estudio de Fallas de los Taludes.....	33
4.4. Protección de Taludes.....	39
4.5. Estudio de las Fallas en el Drenaje.....	48
4.6. Protección del Drenaje.....	52
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	68
Bibliografía.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura Carretera tipo "A".....	12
Figura Carretera tipo "B".....	13
Figura Carretera tipo "C".....	14
Figura Carretera tipo "D".....	15
Figura Carretera tipo "D-1".....	16
Figura Carretera tipo "E".....	17
Figura Carretera tipo "F".....	18
Figura Carretera tipo "G".....	19
Figura Carretera tipo "H".....	20
Figura 4.1. Caminos de Agregados.....	26
Figura 4.2. Fallas Típicas.....	28
Figura 4.3. Signos de Deslizamiento Superficial.....	35
Figura 4.4. Fallas Rotacionales Típicas.....	37
Figura 4.5. Fallas Traslacionales.....	38
Figura 4.6. Falla Compuesta.....	40
Figura 4.7. Remoción de Material Inapropiado.....	40
Figura 4.8. Abatimiento de Taludes en Terrapién.....	42
Figura 4.9. Escalonamiento en Taludes.....	43
Figura 4.10. Estructuras de Retención.....	45
Figura 4.11. Contra Peso de Enrocamiento.....	46
Figura 4.12. Trinchera Estabilizadora.....	48
Figura 4.13. Cunetas Con y Sin Revestimiento.....	51
Figura 4.14. Tubería Perforada.....	57
Figura 4.15. Drenaje Francés.....	59
Figura 4.16. Contracuneta.....	61
Figura 4.17. Corte Transversal de una Acequia de Ladera....	65

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Red de Carreteras en Centroamérica 1,965.....	5
Cuadro 2 Características Geométricas.....	12
Cuadro 3 Valores Máximos de Velocidades no Erosivas en Cunetas.....	60

INTRODUCCION

En la elaboración de este trabajo de tesis se establecen las operaciones más comunes para el mantenimiento de caminos de terracería, siendo el resultado de combinar investigaciones documentales con el importante aporte de ingenieros especializados en el mantenimiento de los mismos.-

El objetivo primordial de la conservación es asegurar la continuidad del servicio, en condiciones aceptables para el tránsito, por medio de la aplicación de adecuadas técnicas que contrarresten el incremento progresivo de los daños, disminuyan los costos de reparaciones mayores y aumenten la vida útil de las obras; además, la conservación permite conocer el comportamiento de los caminos, detectando daños que pueden ser disminuidos mediante el perfeccionamiento de los diseños y la optimización de las técnicas constructivas.-

En los capítulos que conforman este trabajo se incluyen los diferentes tipos de mantenimiento, tipos de falla, protección de la capa de rodadura, estudio de fallas en los taludes, estudio de las fallas en los drenajes, así como la protección de los mismos; también se indican los problemas que pueden encontrarse y las operaciones que puedan ayudar a prevenirlos, para así cumplir con el mantenimiento adecuado.-

Este trabajo tiene la intención de indicar procedimientos que puedan influir en la conservación. El estudio persigue superar deficiencias de carácter constructivo y contribuir al mantenimiento de los caminos de terracería.-

OBJETIVOS

GENERALES: Dar a conocer los lineamientos de las diferentes actividades que se llevan a cabo para el mantenimiento de un camino, según su respectivo deterioro.-

ESPECIFICOS: Identificar los beneficios que se obtienen al dar el adecuado mantenimiento, reconocer la importancia de la conservación de los recursos naturales para poder utilizarlos en el mantenimiento y reconocer los efectos que se logran al educar a los pobladores para el cuidado de un camino.-

CAPITULO I

HISTORIA DE LOS CAMINOS Y SU SITUACION ACTUAL

Breve descripción del sistema vial de Centroamérica:

El primer intento formal de establecer un sistema regional de carreteras, fue hecho en el año de 1,955 por la Cooperación Económica Para América Latina, por encargo del comité de cooperación económica del istmo Centroamericano.-

Este sistema consistía en 10 carreteras para fines de Movimiento Internacional y servir los propósitos del Mercado Común Centroamericano. La primera reunión de autoridades centroamericanas de tránsito por carreteras (celebrada en San Salvador, en febrero de 1,957), lo modificó agregando otras rutas, los que aunque no formen parte de la red de integración regional, sí se les ha señalado como regionales por su importancia, al unir sectores de un país con el resto del área centroamericana. La integración tal como fue fijada comprendía las siguientes rutas denominadas CA y numeradas del 1 al 13.-

CA-1	Carretera Interamericana (2003 Km.)
CA-2	Carretera del litoral (662 Km.)
CA-3	Carretera del Pacífico (268 Km. El Salvador)
CA-4	Carretera Chamelecón (Honduras)-La Libertad (El Salvador) (375 Km.)
CA-5	Interoceánica (439 Km.)
CA-6	Alternativa a la Carretera Interamericana (189 Km.)
CA-7	Alternativa a la Interamericana (203 Km.)
CA-8	El Molino-La Cuchilla (149 Km.)
CA-9	Carretera del Atlántico (417 Km.)
CA-10	Río Hondo-Nueva Ocotepique (116 Km.)
CA-11	La Entrada-Vado Hondo (113 Km.)
CA-11A	Prolongación (128 Km.)
CA-12	Padre Miguel-Acajutla (136 Km.)
CA-13	Puerto Cortés-Entre Ríos (93 Km.)

El Banco Centroamericano de Integración Económica y Secretaría de Integración Económica de Centro América formularon en el año de 1,963 un plan para la terminación de esta red, cubriendo la construcción de 12 proyectos a un costo de 94 millones de pesos centroamericanos, para ser completados en dos etapas a fines de 1,969.-

Existen además de las rutas centroamericanas las otras rutas nacionales con distintos grados de recubrimiento para rodadura. A fin de darles una nomenclatura uniforme según las normas con que fueron construidas y la clase de servicio que prestan, están clasificadas de la siguiente manera:

- 1.- Camino Nivelado y Pavimentado (CNP). Camino trazado y construido ya con ciertas normas mínimas; nivelado y con drenaje completo y un pavimento permanente de cualquier tipo.-
- 2.- Camino Nivelado Revestido (CNR). Camino similar al anterior, sin pavimento permanente y que ha sido revestido con materiales selectos que permiten tránsito en todo tiempo.-
- 3.- Camino Revestido (CR). Camino existente desde hace mucho tiempo, sin diseño geométrico, ni nivelación formal; con drenaje completo o incompleto y habilitado para prestar servicio en todo tiempo mediante un revestimiento de un material selecto.-
- 4.- Camino de Tiempo Seco (CS). Camino que es utilizable sólo en la estación seca, debido a sus pobres cualidades; pero que sin embargo se le presta cierta atención aunque de poca importancia.-

El cuadro No. 1 da una idea de la magnitud de la red vial centroamericana:

Cuadro No.1

RED DE CARRETERAS EN CENTROAMERICA 1,965.-

PAIS	PAVIMENTADAS	REVESTIDAS	TERRACERIA	TOTAL
Guatemala	1368	6266	3037	10671
Salvador	1035	1399	6093	8527
Honduras	407	1858	1380	3639
Nicaragua	905	1874	3551	6330
Costa Rica	1095	2574	10808	14477
TOTALES:	4810	13965	24869	43644

Fuente: Dirección General de Caminos

En el cuadro anterior, se puede observar que aproximadamente el 11% de la red está pavimentada, el 32% está constituida por caminos revestidos y el resto lo forman caminos de tierra.-

De los 4810 Km. de carreteras pavimentadas, 3881 pertenecen al sistema vial de integración y el resto a las redes nacionales de cada país.-

El nivel de desarrollo económico, social y cultural del área rural de Guatemala, demanda llevar a cabo programas encaminados a buscar soluciones para contribuir a resolver necesidades y problemas socioeconómicos de dicha área.-

La responsabilidad para ejecutar la actividad de Caminos Rurales fue encomendada al Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, a través de la Dirección General de Caminos, en las áreas del altiplano y la región norte del país, para lo cual se estableció el Programa de Caminos Rurales.-

En 1,978 se iniciaron los trabajos de construcción de los primeros caminos: Chichicastenango-Saquiyá, Saquiyá-Xepocol y Camanibal-Xabiyaguach, ubicados en Chichicastenango, Departamento de El Quiché, dentro del área de influencia de la región I del Programa de Caminos Rurales. Posteriormente se avanzó en la

ejecución del programa y de acuerdo al plan elaborado por la Dirección General de Caminos, se establecieron otras 5 oficinas regionales para un total de 6, ubicadas en diferentes departamentos de la República.-

En 1,983 la Dirección General de Caminos, con la cooperación de la misión Ayuda Internacional del Desarrollo, inició un proyecto para dar mantenimiento a los caminos de terracería construidos en 1978 en el altiplano de Guatemala, dos años más tarde, en 1985, se inició el proyecto Caminos de Acceso de los Centros de Producción al Mercado No. 520-0332 para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de caminos rurales y el mejoramiento de caminos terciarios, incluido bajo los convenios de préstamo USAID/G-CAP No.520-T-040 respectivamente.-

En 1988 dio inicio el Componente para la Conservación del Medio Ambiente, dentro del área de influencia de los proyectos mencionados, con el propósito de mitigar el impacto ambiental que ocasiona la construcción y mantenimiento de caminos de terracería.-

El Programa de Caminos Rurales, cuenta con Ingenieros, Trabajadores Sociales, Técnicos, Personal Administrativo, personal de campo y Promotores Ambientales. Todas estas personas y la mano de obra de uso intensivo de los comunitarios, hacen posible la construcción y mantenimiento de caminos. Actualmente el programa cuenta con 10 regiones y 6 centros de mantenimiento, una oficina regional de caminos terciarios, el proyecto de circunvalación al lago de Atitlán y urbanización de Asentamientos del Triángulo Ixil, El Quiché.-

CAPITULO II

OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS

El mantenimiento de caminos tiene cinco fines principales:

- I) Preservar la inversión de capital realizada en la construcción.-
- II) Reducir el régimen de deterioro de los caminos y así prolongar su duración.-
- III) Disminuir los costos de operación de vehículos en caminos, proporcionando buenas superficies de rodado.-
- IV) Proveer niveles de servicio adecuados para la comodidad y seguridad de los usuarios.-
- V) Permitir mayor regularidad, puntualidad y seguridad de los servicios de transporte por camino de terracería.-

De lo anterior definido se puede llegar a la siguiente conclusión:

Mantenimiento Vial: Es el medio de preservar los caminos, sus estructuras y otros elementos en condiciones de funcionamiento similar a las establecidas en su construcción, y de proveer a los usuarios seguridad y comodidad en la vía.-

Una carretera es una inversión de capital importante, de la cual debería esperarse un adecuado retorno. La omisión del mantenimiento adecuado de un camino, conduce a un rápido deterioro, con aumentos consiguientes en los costos de operación de los vehículos y accidentes, resultando una costosa reconstrucción. El mantenimiento es, por lo tanto, una contribución importante y digna de consideración para el bienestar económico del país.-

CAPITULO III
CONCEPTOS GENERALES

- Alcantarilla:** Tubería para desagüe, generalmente de sección circular, puede ser de metal o de concreto.-
- Balasto:** Cualquier material adecuado para relleno de nivelación.-
- Banco de Materiales:** Lugar apropiado para la extracción de materiales naturales satisfactorios, a usarse en el mejoramiento de obras de drenaje, de estructuras y balasto.-
- Cabezal:** Estructura que protege la entrada y salida de cualquier línea de drenaje; puede estar construida de concreto reforzado, concreto ciclópeo, mampostería y muros de piedra ligada.-
- Caja:** Estructura de sección rectangular que puede ser una alcantarilla o bien una estructura para comunicar una cuneta hacia una alcantarilla.-
- Camino Rural:** El que comunica centros poblados, distritos rurales privados y públicos, siendo esencialmente una vía de comunicación para el transporte de personas y de productos hacia mercados de consumo.-
- Depresiones:** Son áreas localizadas en el pavimento, las cuales están un poco más bajas que las áreas circundantes y son causadas por un asentamiento del suelo de fundición.-

- Desplazamiento:** Es un corrimiento longitudinal permanente de un área específica de pavimento causada por las cargas de tránsito.-
- Drenaje:** Conductos contruidos para evacuar el agua de lluvia.-
- Escarificación:** Remoción de material firme sobre la calzada, calle o carretera.-
- Falla:** Son las diferentes manifestaciones de daño causado en calzadas, calles y carreteras, por razones naturales o mecánicas.-
- Huellas:** Son depresiones de la superficie, en la dirección del paso de las ruedas de los vehículos.-
- Materiales Inapropiados:** Son materiales que no sirven para la construcción de terraplenes (rellenos), especialmente los que corresponden a la capa vegetal y los suelos altamente orgánicos.-
- Ondulaciones:** Es una serie de abultamientos o levantamientos del camino poco separados uno del otro, los cuales ocurren en intervalos regulares y son causados por acción del tránsito sobre una base o pavimento inestable.-
- Talud:** Plano inclinado de la terracería que delimita los volúmenes de corte o relleno.-
- Terracería:** Es el prisma en corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.-

Terraplén: Es la estructura que se construye con los materiales que se especifican en la sección de un camino y en capas sucesivas hasta la elevación indicada en los planos.-

Zampeado de piedra: Revestimiento de una superficie, con piedra ligada con mortero o sin él.-

3.1 CLASIFICACION DE CAMINOS EN GUATEMALA

Esta se puede considerar en dos formas, bien sea por su importancia o por su diseño geométrico.-

Por su importancia:

Se consideran caminos públicos

Carreteras nacionales o de primer orden.-

Carreteras departamentales o de segundo orden.-

Carreteras municipales o de tercer orden.-

Caminos de herradura y vecinales o de cuarto orden.-

Con respecto al derecho de vía para las diversas clases de caminos, el mismo tendrá la siguiente anchura:

Carreteras nacionales	25 mts. o más (Autopistas)
Carreteras departamentales	20 mts.
Carreteras municipales	15 mts.
Caminos de herradura	6 mts.

Dentro de ese derecho de vía se construirán los caminos con la anchura que la intensidad del tránsito requiera.-

Diseño Geométrico:

Los criterios geométricos, así como otros criterios para diseñar otros caminos, dependen mucho del tipo de pista del camino y del tránsito proyectado al que se dará servicio. El tipo de

diseño se basa comúnmente en el pronóstico del volumen de tránsito en 20 años, a partir de la fecha en que termina la construcción.-

Especificaciones de Diseño Geométrico:

Las especificaciones para carreteras y puentes son las dictadas por la American Association Of State Highway and transportation officials (AASHTO), éstas tienen el propósito de servir como norma o guía para la preparación de especificaciones estatales y como referencia de ingenieros en el diseño de carreteras.-

Las especificaciones que se utilizan están basadas en características geométricas que determinan valores límites recomendados por la AASHTO y están definidas por el tipo de terreno (regiones llanas, onduladas y montañosas) y del tránsito promedio diario anual TPDA.-

Se presentan algunas características geométricas usadas en el diseño. Según cuadro No. 2 también se utiliza para el diseño "peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimos", como también el cuadro de valores de diseño para sobre anchos de calzadas en metros y velocidades en KPH. Así mismo las diferentes secciones típicas.-

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

T.P.D. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO CALZADA (M)	ANCHO DE TERRACERIA	RELLENO (M.)	DERECHO DE VIA (M.)	RADIO MÍNIMO (M.)	PENDIENTE MÁXIMA (M.)	DISTANCIA VISIB. RECOMEND.	PARADA VISIB. RECOMEND.	DISTANCIA VISIB. PASO MÍNIMA (M.)	RECOMEND (M.)
3000 A	TIPO "A"		2 x 7.20									
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
5000	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
	TIPO "B"		7.20		12	25						
1500 A	REGIONES											
	LLANAS	60					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
3000	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "C"		6.50		11	25						
	REGIONES											
900 A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
1500	TIPO "D"		6.00		10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
500 A	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "E"		5.50		8.50	25						
100 A	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
500	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
	TIPO "F"		5.50		8.50	15						
	REGIONES											
10 A	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

NOTAS :

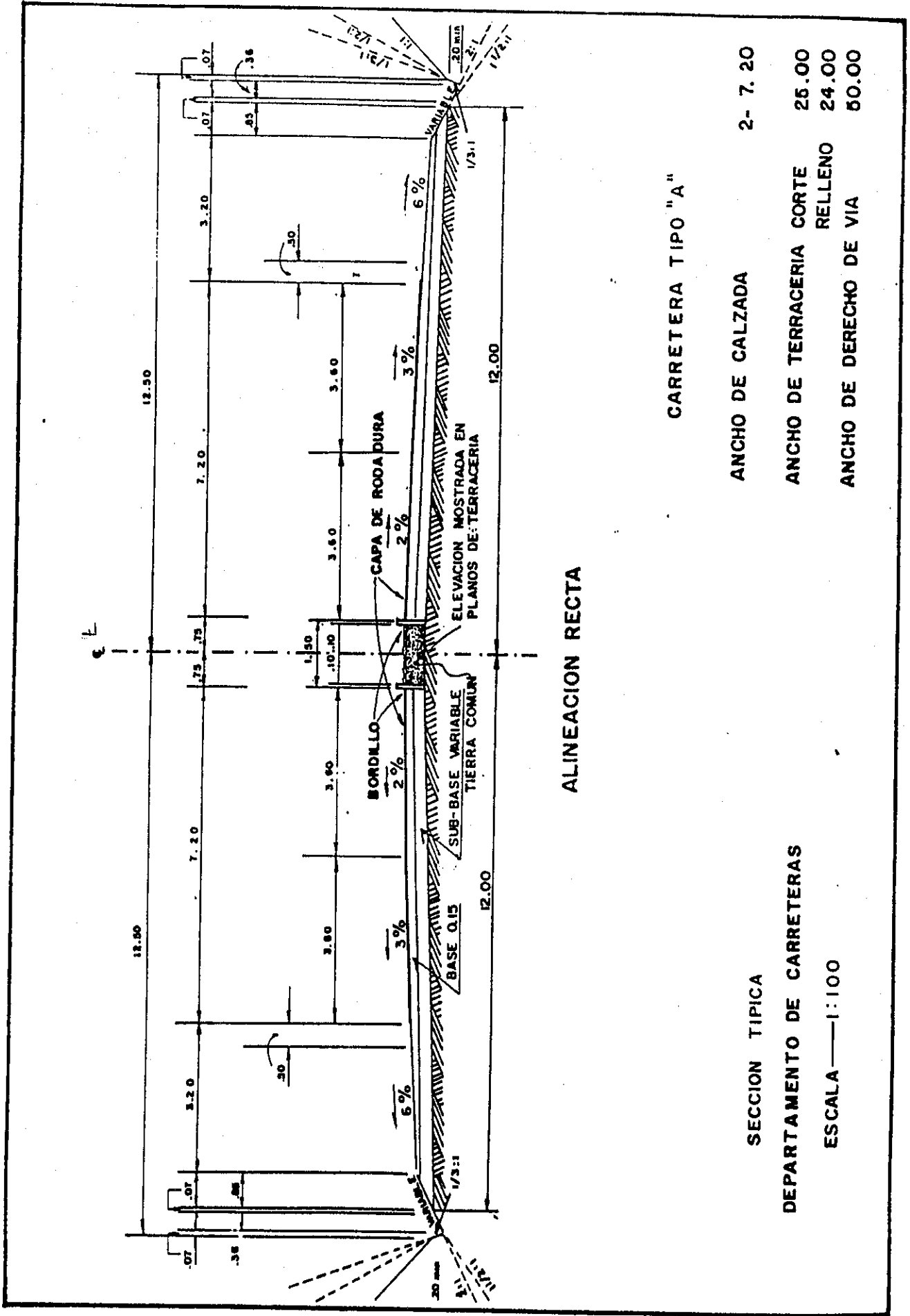
- 1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
- 2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.50 m. de ancho.
- 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la Tipo "A", en donde el ancho es doble.
- 4) La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto Asfáltico frío o caliente) o Tratamiento Superficial Multiple, para Tipo "B" y "C" Concreto Asfáltico (frío o caliente) o Tratamiento Superficial Doble, para Tipo "D"; Trat. Sup. Doble, para Tipo "E"; Trat. Superficial Simple y para Tipo "F"; recubrimiento de material selecto. Los recubrimientos para las carreteras, desde el Tipo "A" al "E", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

CARGA' H-15-S-12
 ALTURA LIBRE 4.75 m.
 ANCHO RODADURA 7.90 m.

ESFUERZOS UNITARIOS
 Concreto Clase "A" 3,000 #/D"
 Acero de Refuerzo 18,000 #/D"
 Acero Estructural 33,000 #/D"

± Distancia de visibilidad de paradas Longitud mínima de curva Vertical.

Guatemala, Marzo de 1989.



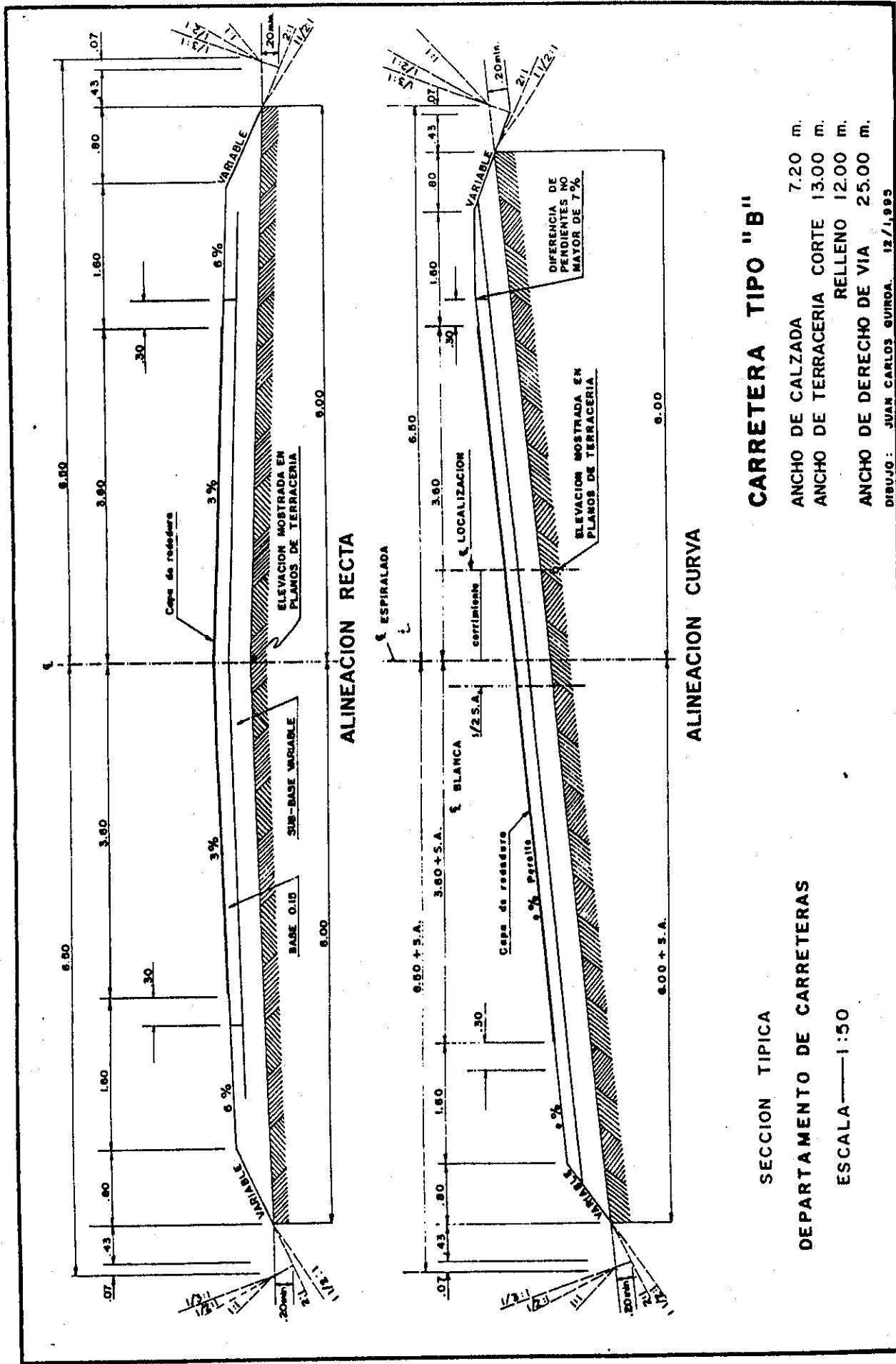
CARRETERA TIPO "A"

ANCHO DE CALZADA	2- 7. 20
ANCHO DE TERRACERIA CORTE	25.00
RELLENO	24.00
ANCHO DE DERECHO DE VIA	50.00

SECCION TIPICA

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS

ESCALA 1:100



CARRETERA TIPO "B"

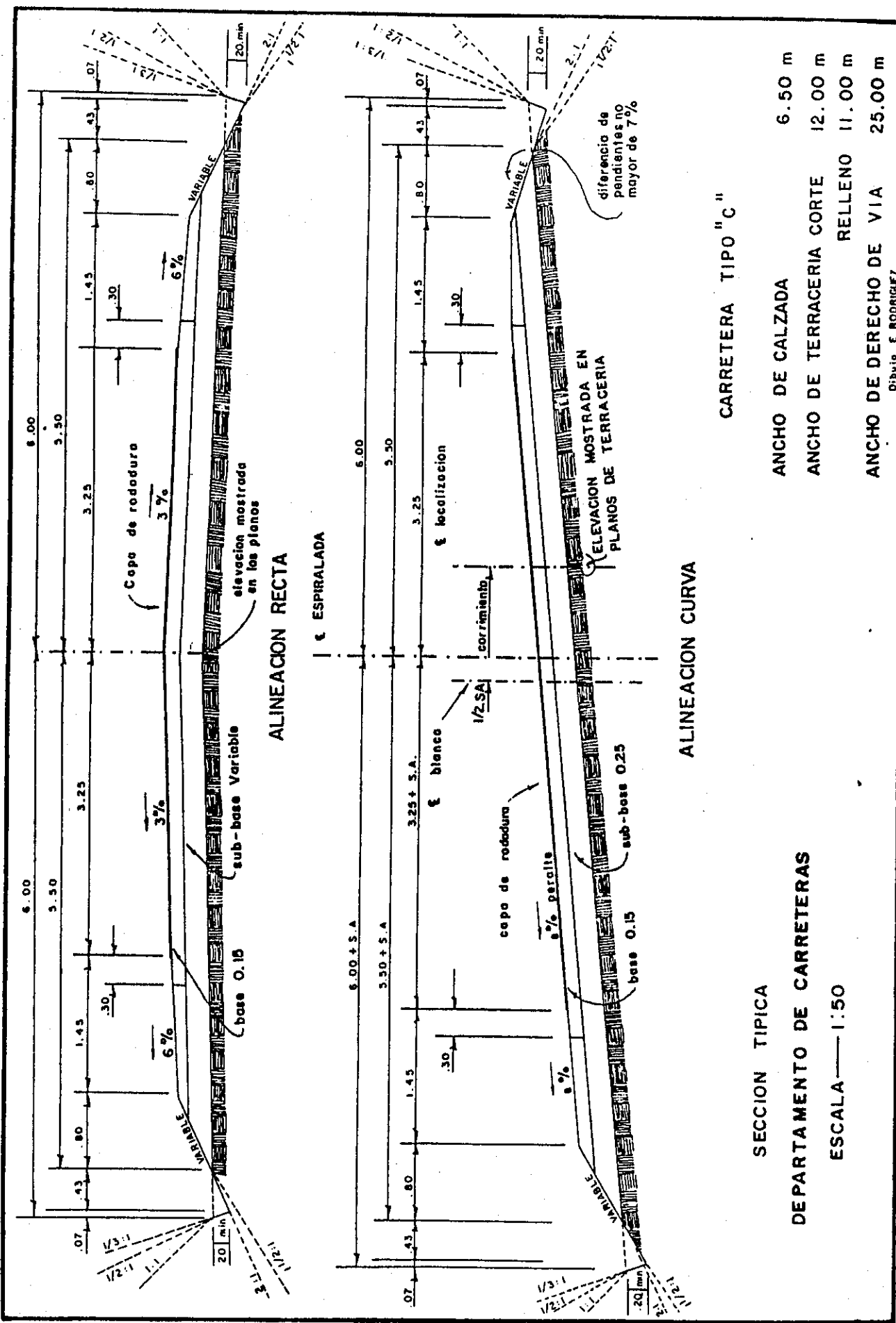
ANCHO DE CALZADA 7.20 m.
 ANCHO DE TERRACERIA CORTE 13.00 m.
 RELLENO 12.00 m.
 ANCHO DE DERECHO DE VIA 25.00 m.

DIBUJO: JUAN CARLOS GUIROA. 12/1,1993

SECCION TIPICA

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS

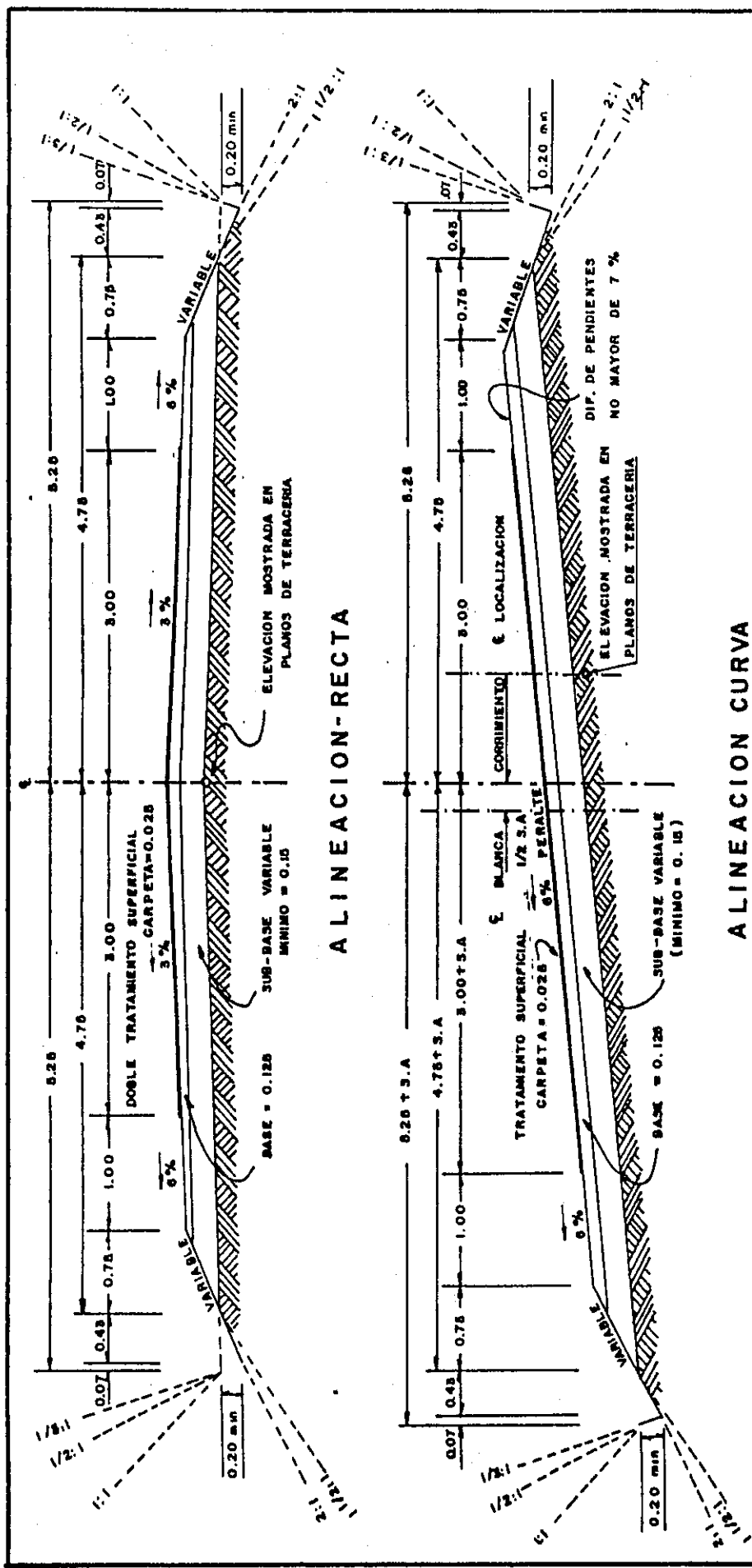
ESCALA 1:50



CARRETERA TIPO "C"

ANCHO DE CALZADA	6.50 m
ANCHO DE TERRACERIA CORTE	12.00 m
RELLENO	11.00 m
ANCHO DE DERECHO DE VIA	25.00 m

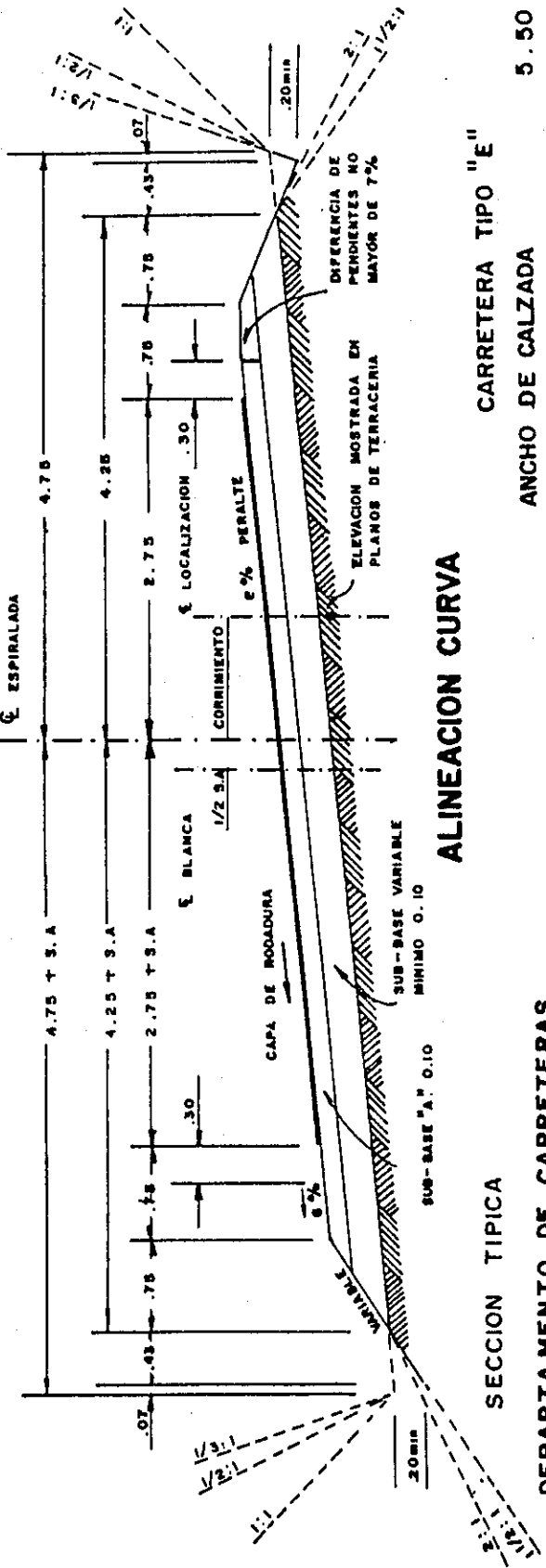
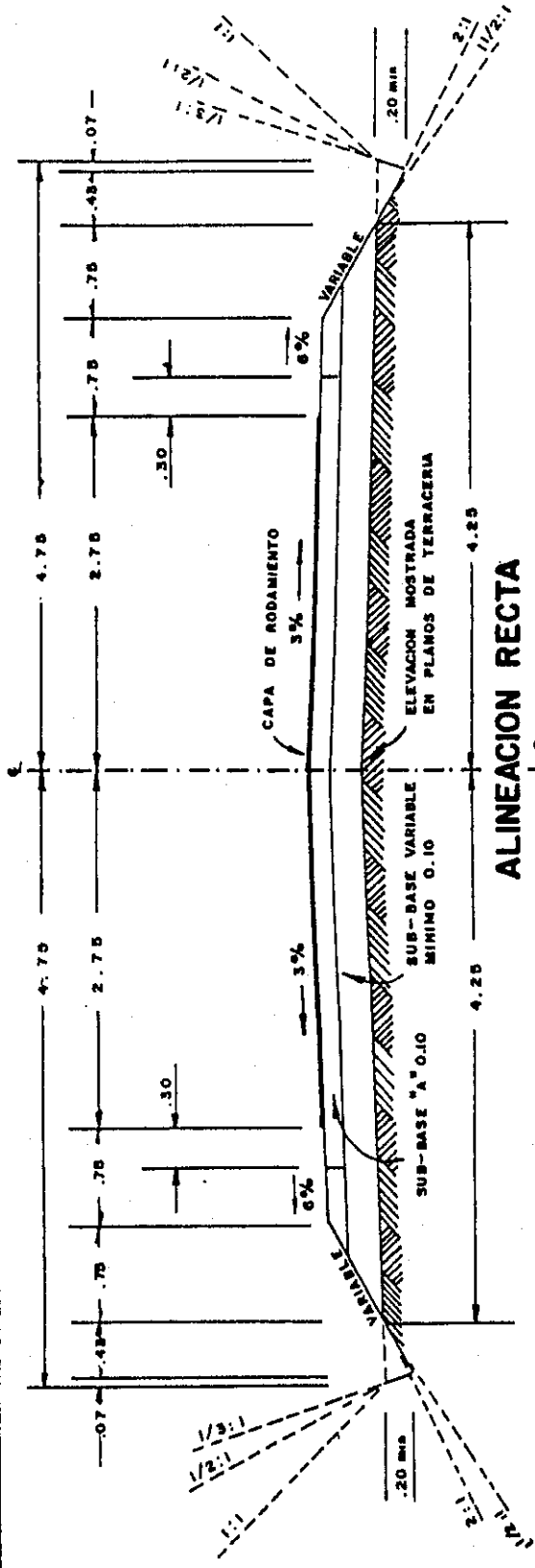
SECCION TIPICA
 DEPARTAMENTO DE CARRETERAS
 ESCALA — 1:50



CARRETERAS TIPO D-1

- ANCHO DE CALZADADA = 6.00 M
- ANCHO DE CORTE = 10.00 M
- ANCHO DE RELLENO = 9.00 M
- DERECHO DE VIA = 25.00 M
- ANCHO DE PUENTES = 7.90 M

SECCION TIPICA
 DEPARTAMENTO DE CARRETERAS
 ESCALA — 1:50



SECCION TIPICA

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS

ESCALA — 1:50

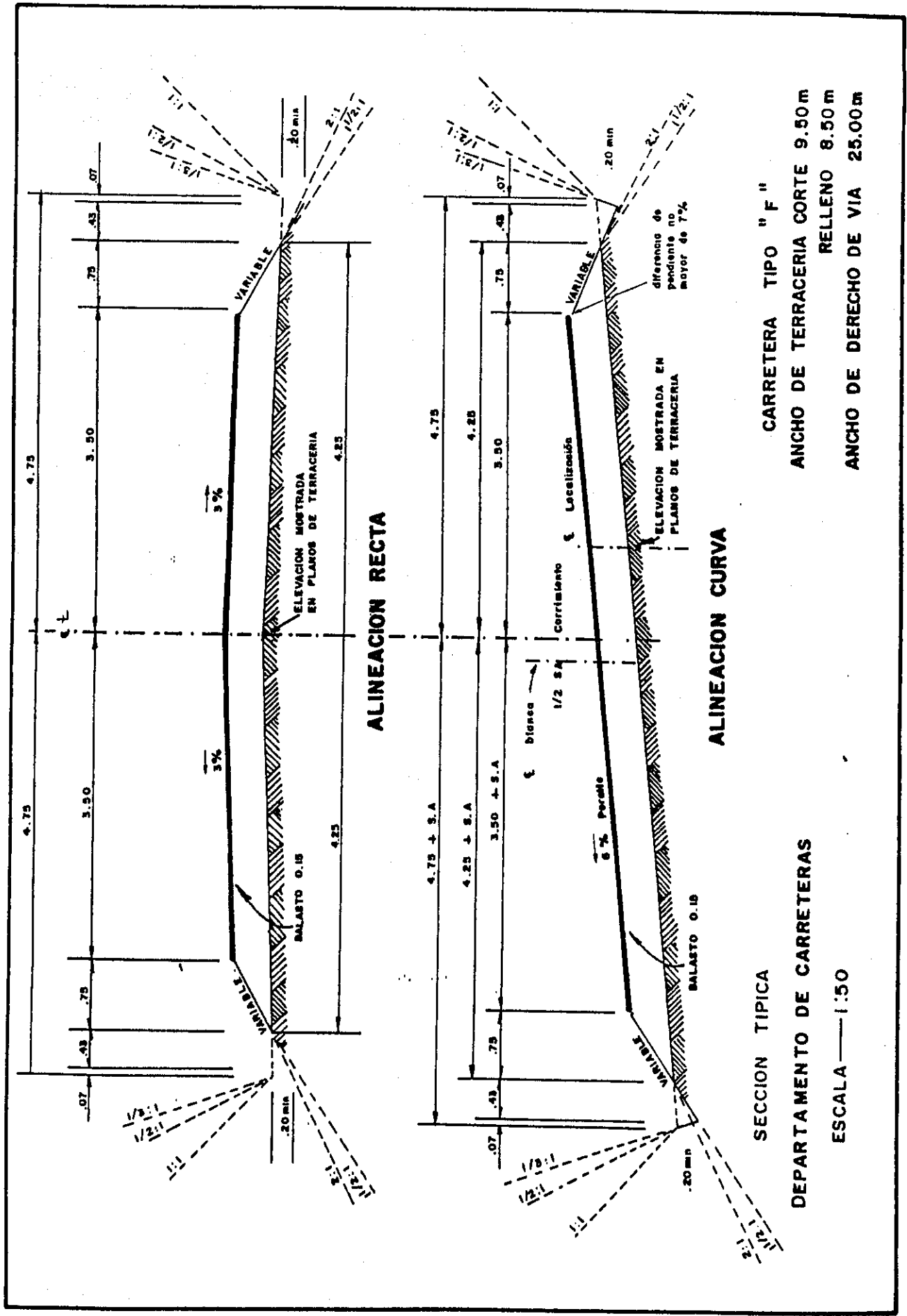
CARRETERA TIPO "E"

ANCHO DE CALZADA 5.50 m

ANCHO DE TERRACERIA CORTE 9.50 m

RELLENO 8.50 m

ANCHO DE DERECHO DE VIA 25.00 m



ALINEACION RECTA

ALINEACION CURVA

SECCION TIPICA

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS

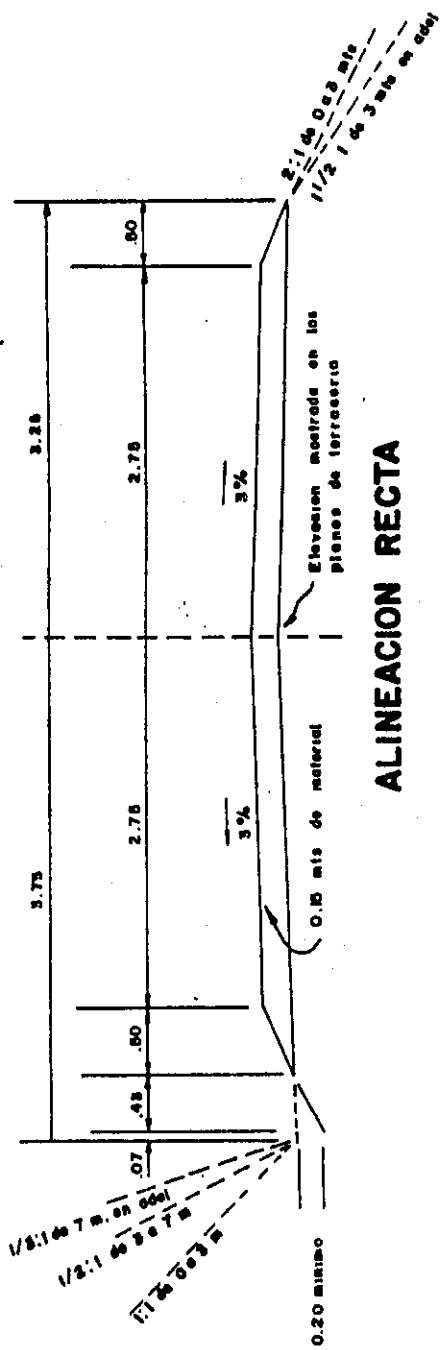
ESCALA — 1:50

CARRETERA TIPO " F "

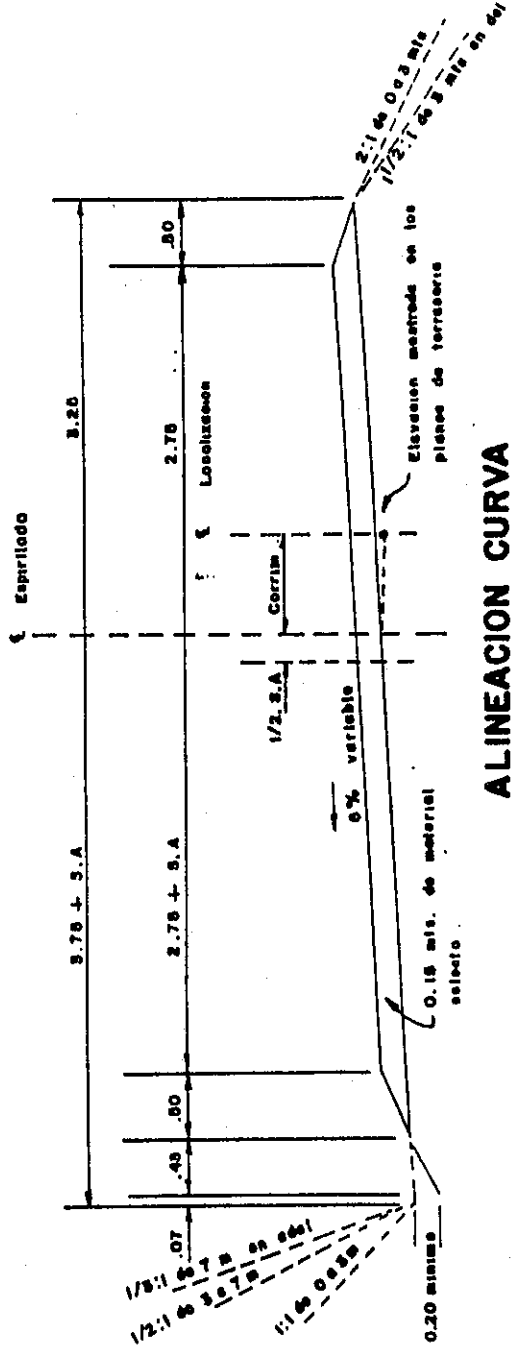
ANCHO DE TERRACERIA CORTE 9.50m

RELLENO 8.50m

ANCHO DE DERECHO DE VIA 25.00m



ALINEACION RECTA



ALINEACION CURVA

CARRETERA TIPO "G"

- ANCHO DE CALZADA 5.50 m
- ANCHO DE TERRACERIA CORTE. 7.50 m
- RELLENO 6.50 m
- ANCHO DE DERECHO DE VIA 25.00 m

SECCION TIPICA
 DEPARTAMENTO DE CARRETERAS

ESCALA — 1:50

3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Es conveniente agrupar las diferentes actividades de mantenimiento de acuerdo con la frecuencia de la operación en la siguiente forma:

- ACTIVIDADES RUTINARIAS
- ACTIVIDADES PERIODICAS
- ACTIVIDADES DE REHABILITACION Y MEJORAMIENTO
- ACTIVIDADES DE EMERGENCIA.

ACTIVIDADES RUTINARIAS:

Este es un mantenimiento normal que comprende trabajos de reparación, reacondicionamiento o reemplazo, es necesario efectuarla una o más veces en el año para preservar las carreteras y proporcionar niveles de servicio adecuados.-

Entre las actividades rutinarias se pueden mencionar algunas, como:

- Bacheo de superficies no pavimentadas
- Reconformación de superficies no pavimentadas
- Regado de agua
- Limpieza de cuneta y contracuneta revestida (a mano)
- Limpieza y reconformación de cunetas no revestidas (a mano)
- Limpieza y reconformación de cunetas (con motoniveladora)
- Limpieza de canales (a mano)
- Limpieza de alcantarillas, bóvedas y cajas
- Reparación de cabezales
- Mantenimiento de subdrenajes
- Mantenimiento de barreras y barandales de puentes
- Mantenimiento de postes delimitadores y postes de kilometraje
- Mantenimiento de señales viales (verticales)
- Inspección de puentes
- Chapeo a mano de taludes y derecho de vía
- Mantenimiento ligero de puentes de concreto, acero y madera
- Limpieza de derecho de vía

- Remoción de derrumbes pequeños (con maquinaria)
- Remoción de derrumbes pequeños (a mano)

ACTIVIDADES PERIODICAS:

Son trabajos de mayor envergadura que deben realizarse cada cierto tiempo para conservar las condiciones que tenía originalmente el camino, las cuales se pierden paulatinamente por la acción del tráfico, lluvias etc.-

A continuación una serie de actividades de este tipo:

- Reposición de balasto
- Reconformación de hombros
- Reparación menor de alcantarillas, bóvedas y cajas
- Reparación de obras de drenaje provisionales
- Reconstrucción de Subdrenajes
- Reparación de muros de concreto
- Reparación de muros de piedra ligada con mortero
- Reparación de muros de piedra sin ligar (muro seco)
- Reparación de muros de gaviones
- Reparación mayor de puentes de concreto
- Reparación mayor de puentes de acero
- Reparación mayor de puentes de madera
- Pintura de puentes de acero y madera
- Reconformación de taludes en corte
- Protección de taludes en corte y relleno contra erosión
- Prevención de derrumbes
- Reparación de badenes
- Otras actividades periódicas

ACTIVIDADES DE REHABILITACION Y MEJORAMIENTO:

Son actividades de reconstrucción total, de partes o estructuras del camino, que se planifican previo estudios especiales y que tienen por objeto restaurar la vía a su condición original, agregando nuevas características que no estaban en el diseño original, si el caso lo amerita. No son proplamente

actividades de mantenimiento, pero se incluyen porque generalmente deben ser realizadas por las mismas cuadrillas y maquinaria.-

- Capa de balasto
- Reconstrucción de base y sub-base
- Vaciados en el lecho del camino
- Reconstrucción y/o ampliación de hombros
- Reparación de hombros
- Empedrado de superficies no pavimentadas
- Construcción de cunetas revestidas
- Construcción de contra cunetas
- Alcantarillas de tubos de concreto reforzado
- Tubos de drenajes para estructuras
- Construcción de muros de retención de concreto
- Construcción de muros de retención de piedra ligada
- Construcción de muros de retención de gaviones
- Mejoramiento de diseño geométrico y ampliación de la terracería
- Construcción de caminos de penetración

ACTIVIDADES DE EMERGENCIA:

Son trabajos que urgen para eliminar peligros de la vía y para restablecer el tránsito normal cuando han ocurrido alteraciones debido a accidentes provocados por causas naturales o no naturales:

- Construcción de pasos provisionales
- Habilitar el paso y balastar atascaderos
- Encauzar corrientes de agua
- Colocación de puentes provisionales
- Remoción de derrumbes de gran volumen
- Reparación de puentes por emergencia
- Otras actividades de emergencia

CAPITULO IV

TIPOS DE FALLAS Y SUS SOLUCIONES

4.1 ESTUDIO DE LAS FALLAS O DETERIORO DE LA CAPA DE RODADURA

La capa de rodadura es la componente superficial de la estructura de un camino y, por lo tanto, es la que está en contacto directo con el tránsito. Una subrasante o una base no es posible que resista por si sola la acción de los elementos naturales, ni los efectos del tránsito; por lo que es necesaria la presencia de la capa de rodadura, que garantice un buen recubrimiento de las capas inferiores, protegiéndolas del desgaste, la erosión, la filtración y que proporcione una contextura superficial firme, uniforme, cómoda y resistente al tránsito.-

Una superficie sin pavimento es una superficie compuesta de tierra y agregados, sin ningún material aglomerante, tal como asfalto o cemento.-

Esta es una superficie de agregados de tierra sobre la tierra. La superficie, usualmente grava, forma una capa o costra cuando se usa la mezcla correcta de agregados, finos y agua. Cuando el agua se evapora, esta capa dura forma la superficie de rodamiento como se muestra en la figura No. 4.1.-

Como en el caso de cualquier pavimento, la fortaleza de estas superficie depende de la naturaleza de la base. Esta dependencia en la base es naturalmente muy intensa en el caso de una superficie sin pavimento, porque dicha superficie no tiene capacidad de arriostamiento o movimiento.-

Una variedad de factores contribuyen al deterioro de caminos sin pavimento. Un incremento en el tránsito puede desestabilizar la base del camino, en cuyo caso una rehabilitación de gran envergadura será necesaria. El efecto de fracturamiento por los

vehículos puede causar ondulaciones en la superficie. La corona de caminos de grava se deteriorará normalmente bajo tránsito moderado y necesitará alisamiento y/o reparaciones periódicas. Un clima sumamente seco o lluvioso puede poner en peligro el balance de materiales para costra dura y en áreas residenciales un clima seco también pueden inducir problemas de control de polvaredas. Las fallas típicas de caminos sin pavimento, tales como ondulaciones, carriles, puntos blandos y hoyos son discutidos con mayor detalle más adelante.-

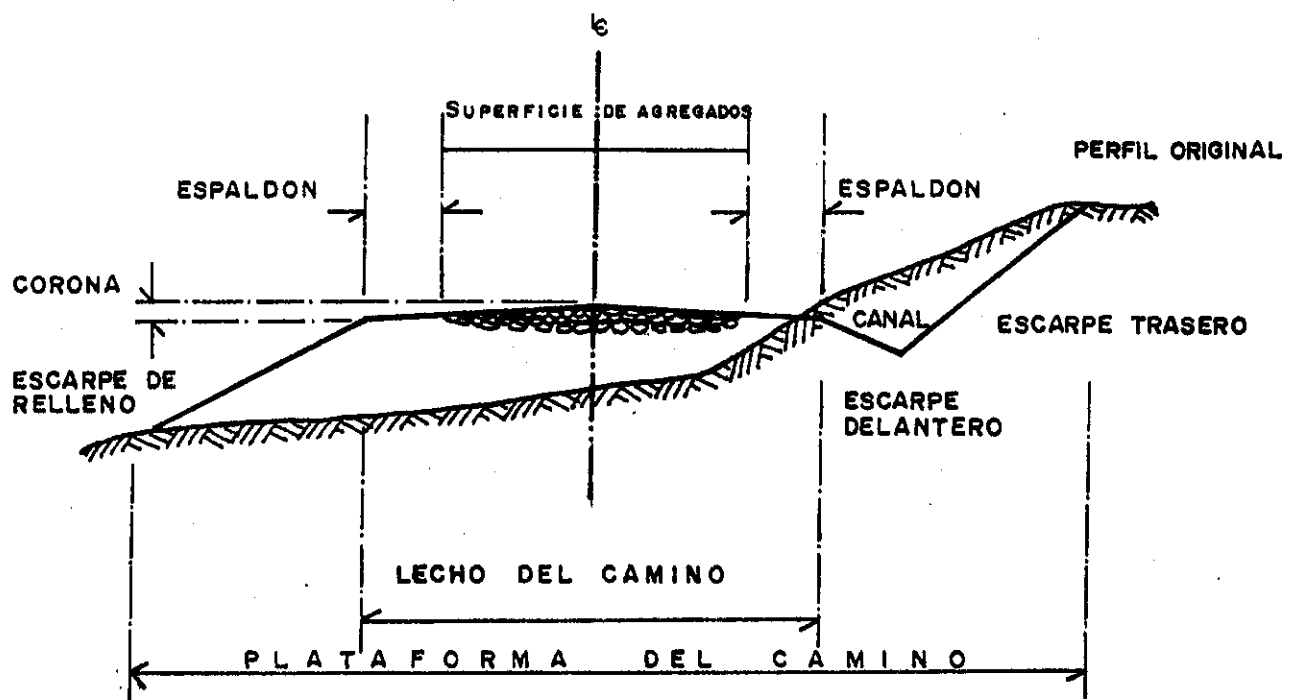


FIG. 4.1 CAMINOS DE AGREGADOS

ONDULACIONES:

Las ondulaciones son distorsiones del camino se asemejan a una tabla de lavar. Es un movimiento plástico de la superficie que causa ondulación y últimamente causa protuberancias repetitivas (ver figura No.4.2 "fallas típicas"). Las ondulaciones ocurren tanto en caminos de tierra como en caminos con superficie de agregados y son causadas usualmente por la acción de fracturamiento de las ruedas cuando los caminos desarrollan arrugas, promontorios u otros tipos de depresiones que causan un pequeño rebote al vehículo. La granulación de los agregados de la superficie puede también contribuir a la formación de ondulaciones cuando partículas grandes y redondeadas son unidas por un material aglomerante relativamente fino. Una vez comenzadas las ondulaciones empeoran y se esparcen; por lo tanto, una rápida acción de mantenimiento es necesaria.-

CARRILES:

Los carriles son depresiones continuas de la superficie del camino, a lo largo del mismo, donde pasan las ruedas. Los caminos de tierra experimentan frecuentemente este tipo de desplazamientos de los materiales de la superficie, cuando la superficie es inestable debido al exceso de agua. Los camiones pesados pueden acarrilar la superficie de agregados de una camino saturado de agua; dicha superficie no sería dañada si estuviera seca o si fuera sujeta a ruedas con cargas menos pesadas (Ver figura No.4.2 "fallas típicas", la cual muestra carriles, ondulaciones y hoyos).-

PUNTOS BLANDOS:

Puntos blandos son áreas de inestabilidad relativamente grandes en la superficie o en la subrasante. Estos ocurren tanto en caminos de tierra como en caminos con superficies de agregados. Los puntos blandos son causados frecuentemente por áreas de depresión o por falta de corona, lo cual conduce a la formación de charcos de agua. El agua estancada penetra la subrasante causando una falta de

capacidad soporte y más fallas cuando la subrasante es sujeta a cargas.-

HOYOS:

Hoyos, en caminos de superficie de agregados son pequeñas áreas en las cuales el material de la superficie ha sido arrancado por el tránsito. Ellos son causados con mayor frecuencia por el retraso de mantenimiento. Los Hoyos también resultan cuando un camino con superficie de agregados es sujeto a un alto volumen de tránsito y la subrasante falla.-

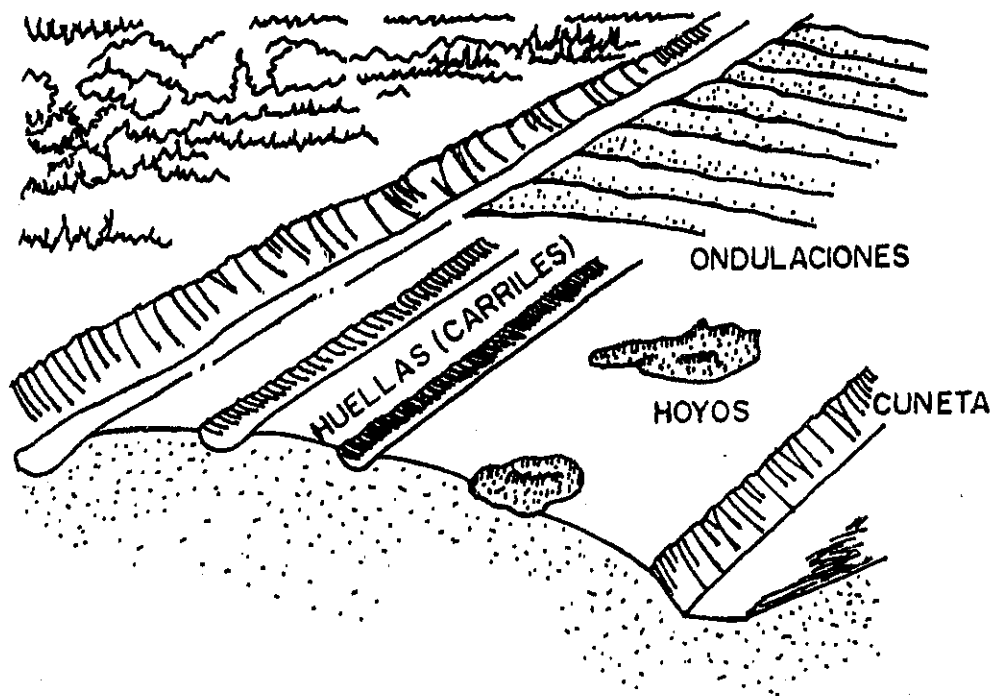


FIG. 4.2 FALLAS TÍPICAS

4.2 PROTECCION DE LA CAPA DE RODADURA

La rapidez con que se actúe para la protección de un camino es muy importante, porque si permite que aparezcan las ondulaciones, carriles, puntos blandos y/u hoyos. La reparación de un camino se complican. Un pequeño trabajo de mantenimiento que se posponga puede convertirse rápidamente en un trabajo grande de reparación. El mantenimiento debe ser programado para hacer uso ventajoso de las condiciones de humedad, por ejemplo, conviene realizar nivelaciones de superficie de tierra con cuchilla para después de una lluvia, siempre que sea posible.-

TIPOS DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO NECESARIAS

Típicamente el mantenimiento de calles sin pavimento requiere aplanamiento y dar forma de nuevo a la sección transversal, para proveer un desagüe adecuado y mantener una superficie compacta y razonablemente pareja, a una pendiente adecuada. Dicho mantenimiento incluye alisamiento, dar nueva forma a la corona, pasar la cuchilla en tiempo seco, reajustar la mezcla de agregados y finos, dar nueva forma a la superficie y prevención de polvaredas, las actividades de rehabilitación generalmente incluyen una forma de estabilización de la base utilizando cemento portland, cal o asfalto. El alisamiento de la superficie, dar nueva forma y estabilización de la base serán discutidos con más detalle a continuación.-

ESTABILIZACION DE LA BASE:

Cuando empiezan a aparecer carriles y puntos blandos en un camino sin pavimento, es una fuerte indicación de la presencia de una base inestable, esto sucede especialmente en presencia de mucho tránsito o cargas pesadas. Los materiales naturales presentes en la base pueden ser fortificados para soportar cargas más grandes mediante la adición de estabilizadores, tales como cemento, cal o asfalto. Estas bases estabilizadas pueden servir como base fuerte para pavimentos de mejor diseño que se podrían hacer necesarios cuando el volumen de tránsito aumente.-

ESTABILIZACION CON CEMENTO:

La adición de cemento a suelos en o cerca del sitio de construcción para formar "base tratada con cemento", "tierra estabilizada con cemento" ó "tierra con cemento", ha estado en uso desde principios de la década de 1,920. Muchos miles de kilómetros de pavimento de tierra con cemento han sido construidos desde entonces con buenos resultados.-

Tres factores básicos controlan la construcción de tierra con cemento:

- 1- Una cantidad adecuada de cemento
- 2- Un control apropiado de humedad
- 3- Compactación adecuada

Para obtener una estabilización efectiva es imperativo hacer varios exámenes al material que será utilizado. Estos exámenes incluyen un análisis de cedazo de la tierra, un examen de densidad y de humedad de la mezcla, determinación de la cantidad de cemento a usarse y exámenes de fortaleza de compresión.-

Cuando se coloca el cemento, la tierra y el agua, pueden ser mezclados en la obra, usando una mezcladora móvil o bien una planta mezcladora central. A continuación una lista de actividades necesarias in situ

- Dar forma al área a coronar y nivelar
- Si es necesario, escarificar, pulverizar y premojar la tierra
- Dar forma para coronar y nivelar
- Desparramar el cemento y mezclar
- Aplicar agua y mezclar
- Compactar
- Darle un acabado
- Curar

ESTABILIZACION CON CAL:

El suelo tratado con cal también ha sido usado con éxito como sub-base, base y material de superficie. Los suelos de granos finos

tales como los que contiene un mínimo del 10% de arcilla responden muy favorablemente. Estos suelos reactivos experimentan un aumento substancial de resistencia después de curados.-

La mayoría de los suelos de grano fino pueden ser estabilizados efectivamente en un rango del 3% al 10% de cal (por peso de tierra seca). La profundidad mínima de estabilización es de 6 pulgadas (15.2 cms.). Un 1% de cal corresponde a 5 lbs./yds² (2.7 kgs/mt²), 2% sería 10 lbs/yd² (5.4 kg/mts²), etc.-

Cuando se coloca la cal, se ponen las mezclas con un rodillo de eje transversal auto-impulsado y se toman los siguientes pasos:

- Escarificar si es necesario. Esto es aplicable para arcillas duras.-
- La cal seca se desparrama uniformemente en montones o por bolsas colocadas sistemáticamente en el camino. Para prevenir perdidas debido al tiempo o la lluvia, la cal debe estar cubierta o mezclada con la tierra dentro de 4 horas después de la aplicación.-
- Rociar la superficie con agua y después pasar la mezcladora sobre toda la superficie para distribuir la cal uniformemente y a la profundidad correcta; durante el mezclado se agrega agua para mantener la cantidad de humedad óptima.-
- La mezcla de tierra y cal es oreada de 24 a 48 horas; puede ser necesario añadir agua para mantener la humedad óptima.-
- Mezclar y pulverizar el material hasta que se quiebre y pueda pasar por un cedazo de una pulgada.-
- La mezcla es compactada con un cilindro dentado vibratorio o con un rodillo de llantas neumáticas, hasta un 95% de la densidad máxima. Esto puede ser realizado por una niveladora.-
- La superficie debe ser curada de 5 a 7 días, teniendo cuidado que la cantidad de humedad sea suficiente para evitar que se seque.-

SUMARIO DE CANTIDADES NECESARIAS PARA LA REPARACION DE SUPERFICIES SIN PAVIMENTO

- Necesidades de agregados: determinar la cantidad de agregados que se necesita para obtener la mezcla.-
- Control de tránsito: colocar aparatos de control de tránsito en la zona de trabajo.-
- Acarreo de agregados: acarrear y desparramar los agregados como sea necesario.-
- Pasando la cuchilla: pasar la cuchilla de un lado a otro y repetir la operación hasta lograr una mezcla uniforme.-
- Añadiendo agua: si la humedad natural no es suficiente para la compactación, añadir agua usando un camión tanque.-
- Desparrame: desparramar el material hasta obtener la corona deseada.-
- Compactación: después de dar forma a la superficie y de establecer la costra, cilindrar la superficie antes de que se seque el material.-
- Control de polvo: Aplicar un mitigador del polvo si el caso lo amerite.-
- Control de tránsito: recoger todos los aparatos de tránsito de la zona de trabajo.-

4.3 ESTUDIO DE FALLAS DE LOS TALUDES

En este apartado se consideran tanto los taludes naturales o laderas, como los taludes artificiales, o sea, los taludes contruidos por el hombre, en la construcción de una vía terrestre, la importancia del estudio de la prevención de movimientos y fallas en taludes, estriba en que al suceder, éstos provocan serios inconvenientes en la capacidad de servicios de la vía y elevan considerablemente los costos de mantenimiento de la misma.-

FACTORES:

De los factores que dependen de la estabilidad de taludes, se pueden mencionar los siguientes:

A. Factores Geomorfológicos:

A.1 Topografía de los alrededores y geometría del talud.

A.2 Distribución de las discontinuidades y estratificaciones.

B. Factores Internos:

B.1 Propiedades mecánicas de los suelos constituyentes.

B.2 Estado de esfuerzos actuantes.

C. Factores Climáticos con Existencia de Agua Superficial y Subterránea

FALLAS:

A continuación se presentan las diferentes fallas que pueden darse tanto en taludes naturales como artificiales, considerando también las fallas que ocurren en aquellos suelos o materiales que han sido transportados y han sufrido proceso de compactación durante su colocación en obra.-

FALLAS LIGADAS A LA ESTABILIDAD DE LADERAS NATURALES:

Se tratará aquel tipo de fallas que se manifiestan, típicamente en laderas naturales, no incluyendo taludes artificiales.-

DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL ASOCIADO A FALTA DE RESISTENCIA POR BAJA PRESION DE CONFINAMIENTO:

El deslizamiento es una falla que se presenta en forma lenta pero continua, ladera abajo y superficialmente. Este puede ser causado por una combinación de las acciones de la fuerza de gravedad y otros varios agentes. Según la teoría de TERZAGHI, existen dos tipos de deslizamiento: el deslizamiento estacional y el deslizamiento masivo.

DESLIZAMIENTO ESTACIONAL:

Afecta sólo la corteza superficial de la ladera y es ocasionado por cambios climáticos que afectan a los suelos en forma de expansión o contracción, humedecimiento o secado de los suelos; por esta razón el deslizamiento estacional que es continuo puede tener variaciones en su ocurrencia según la época del año.

DESLIZAMIENTO MASIVO:

Este afecta a las capas profundas que no están al alcance de los elementos ambientales, por lo que su ocurrencia es debida únicamente a las fuerzas gravitacionales.-

Los movimientos por los deslizamientos se pueden producir bajo niveles de esfuerzos bajos muy inferiores a los que corresponden a la máxima resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, esto pudo comprobarse por la experiencia de GRIGGS y BISHOP⁽¹⁾, al efectuar pruebas triaxiales sobre arcilla. En un deslizamiento la velocidad de movimiento de ladera es máxima en la superficie y va disminuyendo con la profundidad, conforme va aumentando la restricción al movimiento.-

Al realizarse el deslizamiento se van manifestando agrietamiento, escalonamientos, roturas de bordas, muros, etc.-

(1) referencia: libro de Mecánica de Suelos, autor SINGER 4ta. edición.

SIGNOS DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL

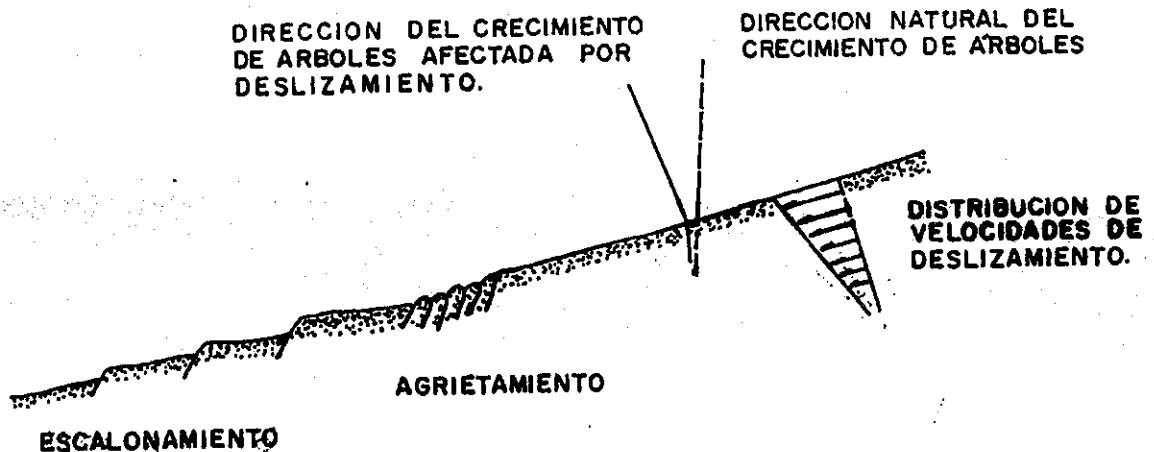
FLUJO:

Este tipo de falla se manifiesta como un movimiento rígido de una parte de la ladera, en forma similar al compartamiento de un líquido viscoso en su distribución de velocidades y desplazamiento. Es frecuente que la zona de contacto entre la parte móvil y las partes fijas de la ladera sea una zona de flujo plástico.-

El material que tiende a fluir, puede ser cualquier material sin consolidar, tal como fragmentos de roca, suelos granulares finos y arcillas francas; son frecuentes los flujos de lodo.-

Los flujos pueden ser clasificados en dos grupos, clasificación que se basa en la cantidad relativa de agua que posee.-

- 1- Flujo de materiales relativamente secos.-
- 2- Flujo de materiales relativamente húmedos.-



SIGNOS DE DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL.

FIG. 4.3

FLUJO DE MATERIALES RELATIVAMENTE SECOS:

Los flujos secos pueden estar constituidos por fragmentos de roca, arenas uniformes y limos. Estos flujos pueden ser ocasionados por un contacto plástico entre los fragmentos de roca; para que se origine un flujo de los mismos es necesario que estas laderas arriba, existan en depósitos de gran espesor y volumen muy considerado. Los flujos secos se caracterizan por no presentar grietas sobre el escarpe principal y no tienen pie definido.-

FLUJO DE MATERIALES RELATIVAMENTE HUMEDOS:

Este tipo de flujos se da en materiales que tienen una cantidad considerable de agua; el agua contenida en el suelo es la principal causa del flujo. Dependiendo de la cantidad de agua contenida en el suelo, puede clasificarse en flujo de tierras o flujo de lodos. También se habla de flujos de DETRITUS, refiriéndose a los materiales que contienen alto porcentaje de grava fragmentos de roca incrustados en un cuerpo de suelo fino.-

Por lo general, este tipo de falla puede ir aumentando conforme aumente el contenido de humedad de los materiales, por la disminución de la resistencia al esfuerzo cortante debida a la degradación estructural o por la deformación de los flujos húmedos.-

Se caracterizan por su longitud, "por su pendiente de escurrimiento uniforme" y por la ausencia de grietas.-

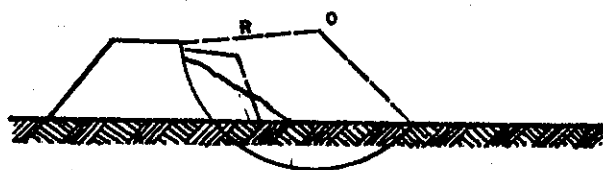
FALLAS LIGADAS A LA ESTABILIDAD DE TALUDES ARTIFICIALES

FALLA ROTACIONAL:

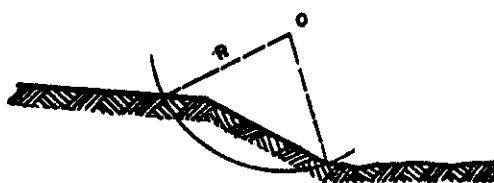
Es un deslizamiento a lo largo de una superficie de falla curva, que se desarrolla en el interior del cuerpo del talud. Este tipo de falla produce movimientos rápidos y prácticamente instantáneos y que afecta profundas capas del talud.-

Es ocasionada por esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia del material del talud.-

La falla de tipo rotacional en los movimientos típicos de una carretera pueden producirse a lo largo de superficies de falla de forma cilíndrica, forma que resulta muy conveniente para realizar un modelo matemático que facilite el análisis de la falla.-



SUPERFICIE DE FALLA



SUPERFICIE DE FALLA

FIG.4.4 FALLAS ROTACIONALES TIPICAS

FALLA TRASLACIONAL:

Consiste este tipo de falla en movimientos traslacionales importantes del cuerpo del talud sobre superficies de falla básicamente plana, debido a la presencia de estratos pocos resistentes, localizados a poca profundidad en el talud. La superficie de falla se desarrolla en forma paralela a la posición del estrato débil y por lo general está formado por grietas.-

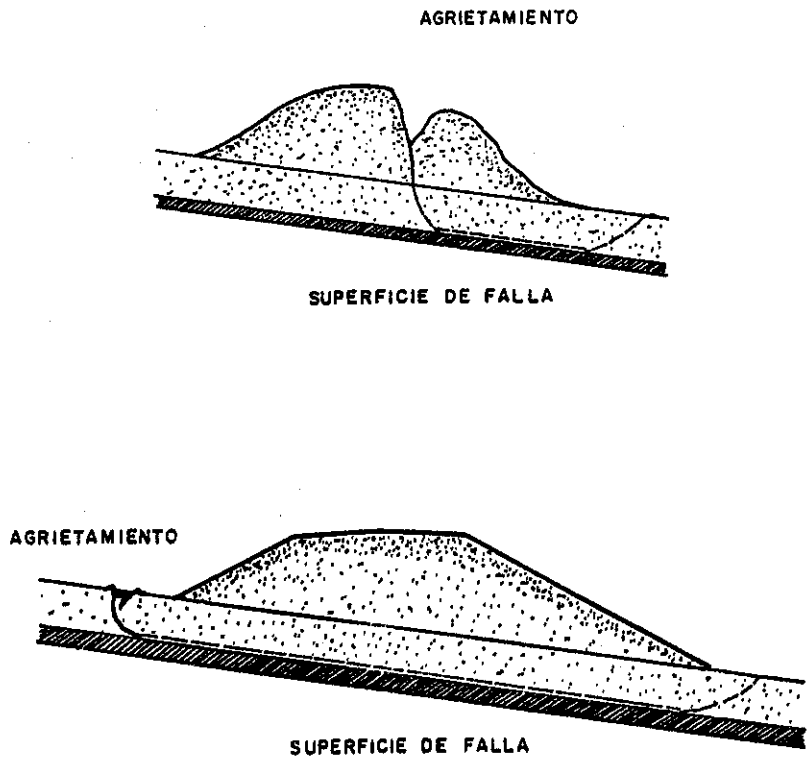


FIG. 4.5 FALLAS TRASLACIONALES

La falla traslacional se ve favorecida por todos aquellos suelos conformados por arcillas blandas, arenas finas o limos no plásticos sueltos. La debilidad en el estrato es debida muchas veces a elevadas presiones del poro en el agua contenida en las arcillas, o por fenómenos de elevación de presión de agua en estratos de arena.-

Las fallas de traslación como las de rotación pueden presentarse simultáneamente, dando lugar a superficies de falla compuesta, en las que se desarrollan zonas planas a la vez que tramos curvos. En general, estas formas de falla combinada se presentan en superficies predeterminadas por la presencia de heterogeneidades dentro del talud.-

DERRUMBES CAIDOS:

Por lo general, este tipo de falla consiste en desprendimientos locales de fragmentos de material, el desprendimiento suele estar predeterminado por las discontinuidades que se dan en la construcción de un corte y cuyo frente quede sin confinamiento lateral, lo que da lugar a un aflojamiento de los fragmentos; actúan presiones hidrostáticas de agua acumulada y muchos otros efectos que son indeseables para la estabilidad de los taludes.-

4.4 PROTECCION DE TALUDES

La prevención y corrección de los tipos de derrumbe, se puede lograr mediante la aplicación de métodos que tienen por finalidad la reducción de las fuerzas cortantes y el aumento de las fuerzas resistentes. Entre los métodos más usados se encuentran los siguientes:

METODO DE EXCAVACION:

Este método consiste en la remoción del material inestable tanto en la cabeza del talud, como en el cuerpo de mismo. Es un método que se puede aplicar en fallas ya manifestadas. Las

remociones en las cabezas buscan reducir las fuerzas motoras y balancear la falla. Cuando se hace la remoción total del material se consigue cortar el mal por la raíz, lo que sí se debe tener en cuenta son las nuevas solicitudes de drenaje que presenta el material a emplear.-

Se puede usar, prácticamente, en todo tipo de deslizamiento, pero es más eficiente, sobre todo, en fallas de tipo rotacional.-

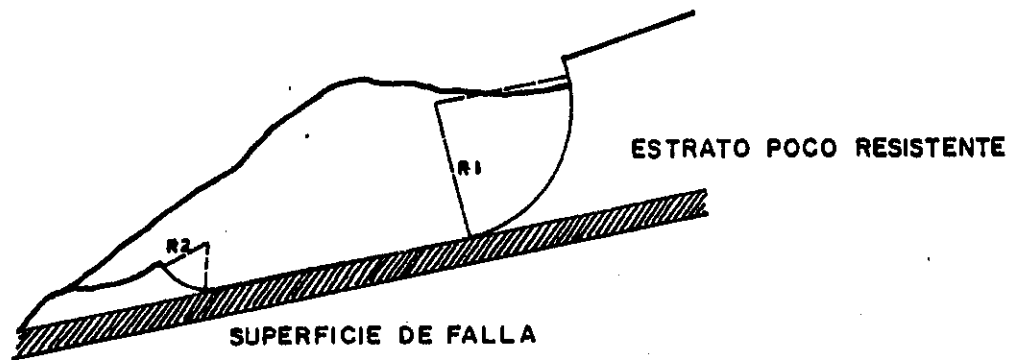


FIG. 4.6 FALLA COMPUESTA

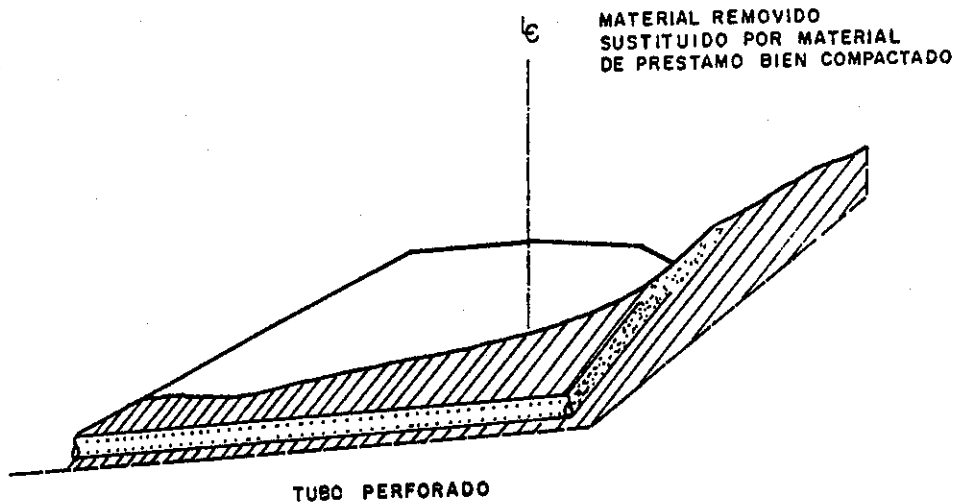


FIG. 4.7 REMOCION DE MATERIAL INAPROPIADO

ABATIMIENTO DE TALUDES

Este método se basa en el deslizamiento del cuerpo del talud. En los suelos en que sea importante la componente friccionante de la resistencia, abatir los taludes tiende a ser eficiente.-

En suelos cohesivos, serán más eficientes otros métodos, en la figura 4.8 se muestra el mecanismo de abatimiento para incrementar la estabilidad del talud. La superficie, marcada como L-1, es la superficie de falla del terraplén original, al abatir el talud se obtiene una nueva superficie de falla marcada L-2. En este caso, el abatimiento probable tiende a alargar la superficie de falla, aumentando las fuerzas resistentes al actuar la resistencia del suelo en mayor área.-

Es posible también que al abatir el talud, el círculo crítico de éste sea más profundo que el círculo trazado por el talud original, situación en la cual se aumenta la resistencia del esfuerzo cortante del suelo.-

La cuña de relleno para lograr el abatimiento del talud, además de aumentar la resistencia, también aumenta el momento motor y un correspondiente deterioro en las condiciones de estabilidad.-

Por lo anterior expresado, será necesaria una ponderación entre la magnitud de las fuerzas resistentes y los momentos motores para fijar un factor de seguridad que haga realizable la corrección de este tipo.-

Cuando se utiliza el método de abatimiento en taludes de corte, el análisis es análogo al abatimiento en terrapienes, con la diferencia que se llega al abatimiento por excavación y no por relleno, lo cual se puede tomar como más favorable; pues con la excavación se logra una reducción de las fuerzas motoras. El uso de abatimiento en taludes debe consistir en un análisis muy cuidadoso, pues, un error en la construcción del abatimiento

produciría la pérdida de cualquier beneficio mecánico que pueda obtenerse con este tipo de solución.-

Por estas razones, el abatimiento debe ser objeto de un proyecto previo, que incluya el correspondiente cálculo de la construcción. El abatimiento debe hacerse de abajo para arriba, compactando lo necesario los rellenos y ligando la nueva parte del talud con la original.-

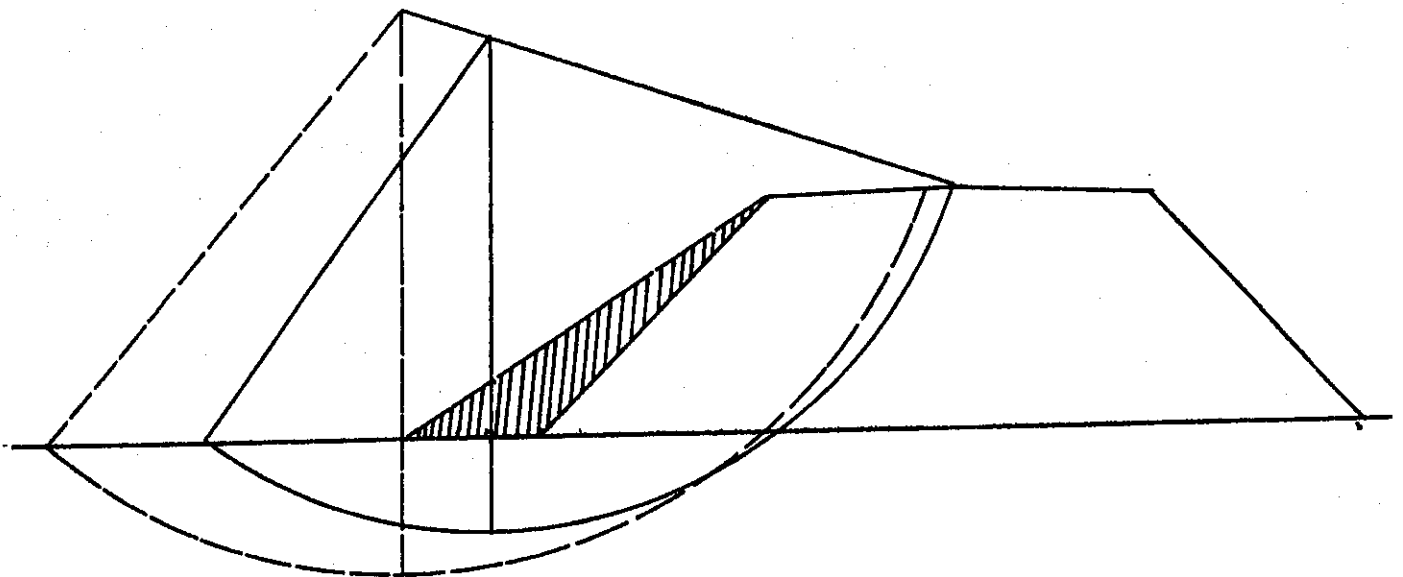


FIG.4.8 ABATIMIENTO DE TALUDES EN TERRAPLEN

EMPLEO DE BERMAS Y ESCALONAMIENTO:

Se conoce con el nombre de bermas a la masa, generalmente, del mismo material que el del talud y que se adosan a éste para darle estabilidad. La utilización de bermas para estabilidad de taludes tiene un efecto similar al uso de abatimientos de taludes, ya que éste aumenta las fuerzas resistentes por tener un círculo crítico más profundo que el círculo crítico original.-

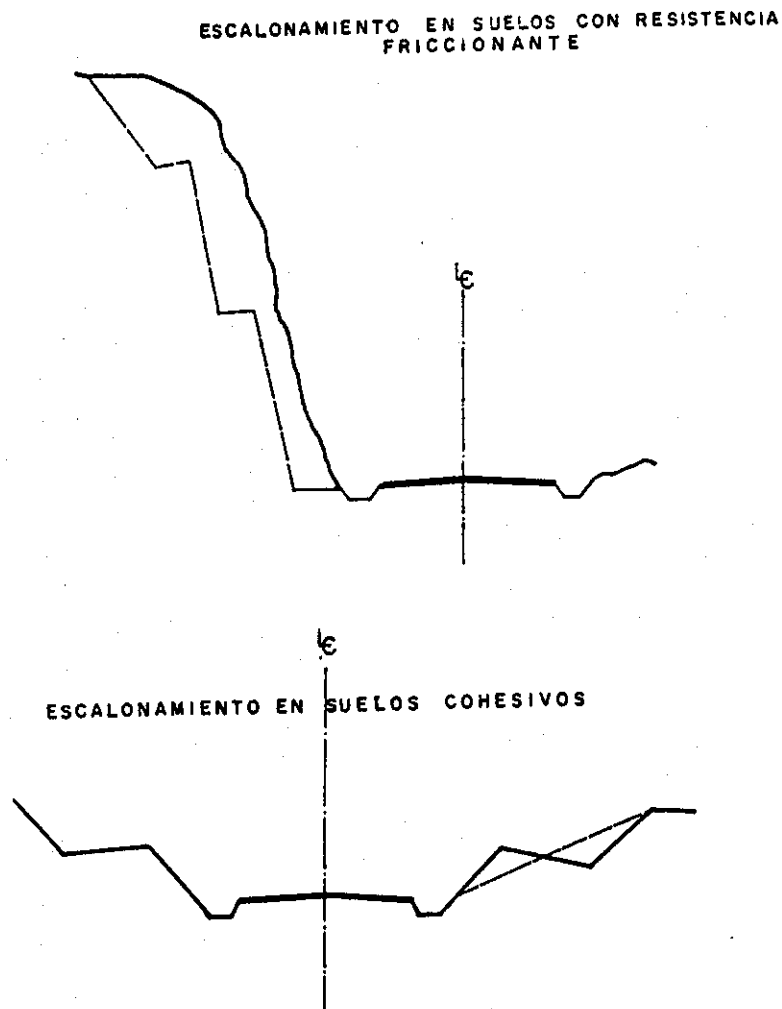


FIG.4.9 ESCALONAMIENTO EN TALUDES

El escalonamiento de taludes constituye una solución similar a las bermas. Es importante la función del escalonamiento para proteger los taludes de corte en contra de la erosión del agua superficial, pues reduce la velocidad ladera abajo.-

El escalonamiento cumple también la función de detener pequeños derrumbes caídos que pueden presentarse en los diferentes taludes.-

EMPLEO DE MATERIALES ESTABILIZANTES:

Este tipo de solución consiste en añadir al suelo una sustancia que mejore sus características de resistencia; este tipo de solución tiene más aplicación en terraplenes.-

Un método de endurecimiento de suelos consiste en inyectar lechadas de cemento; este método es muy usado y puede aplicarse en cortes y terraplenes de arcilla. El efecto de la inyección es desplazar el agua de las fisuras y rellenarlas con mortero de cemento, lo que forma un buen nexo de unión entre los bloques.-

También se han usado como materiales de inyección en los taludes, emulsiones asfálticas, con las que se logra mayor penetración que con la lechada de cemento, por su menor viscosidad.-

EMPLEO DE ESTRUCTURAS DE RETENCION:

El uso de estructuras de retención es muy común en zonas donde han ocurrido o se prevé que habrá un derrumbe.-

Debe tomarse en cuenta que la estructura de retención debe contener a la superficie de falla formada, pues si la superficie de falla contiene al muro, todo beneficio mecánico de la estructura será nulo. Las estructuras de retención se construyen por lo general al pie de los taludes de terraplén, que no pueden ligarse convenientemente con el terreno de cimentación, y al pie de cortes

para disminuir la altura de cortes en materiales cuya resistencia sea predominante o puramente cohesiva. Entre las estructuras de sostenimiento se pueden mencionar:

- Muros de Contención de Concreto Ciclópeo o Concreto Armado.-
- Tablestacas de Acero o Concreto.-
- Gaviones.-

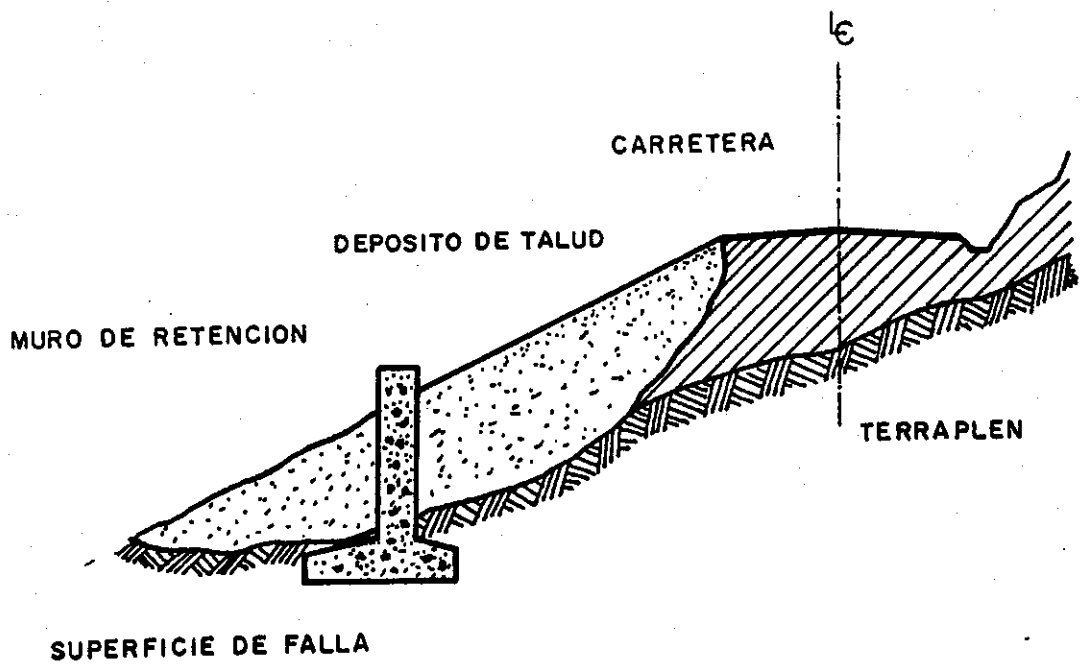


FIG. 4.10 ESTRUCTURAS DE RETENCION

EMPLEO DE CONTRAPESO AL PIE DE TALUD:

Esta solución busca balancear el efecto de las fuerzas motoras en la cabeza de la falla, en forma similar a como actúa una berma y aumentar la resistencia al esfuerzo cortante, cuando éste es de naturaleza friccionante. El método consiste en colocar un peso suficiente de suelo o roca en la zona situada al pie de la falla.-

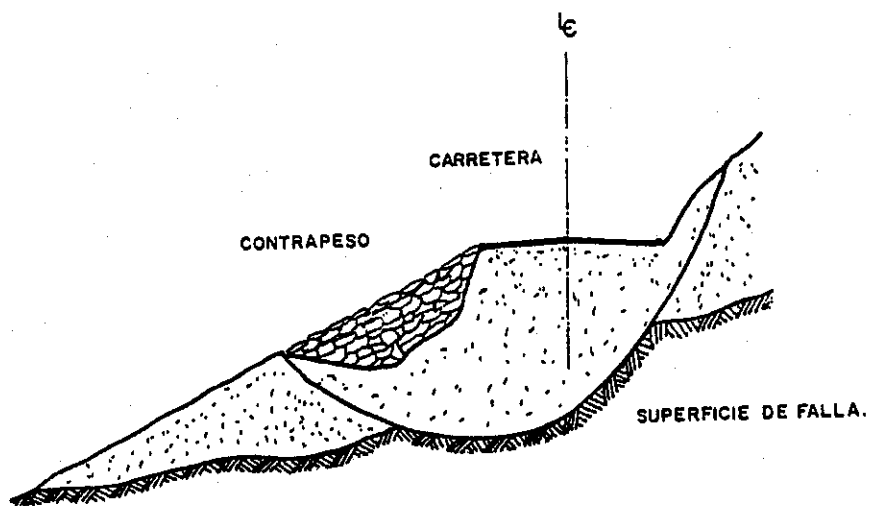


FIG. 4.11 CONTRAPESO DE ENROCAMIENTO

EMPLEO DE VEGETACION:

Se trata de un método preventivo y correctivo de falla por erosión. Con el uso de vegetación en los taludes se logra una disminución del agua que contiene el talud y se proporciona un entramado mecánico, por medio de sus raíces, que da consistencia al talud, por lo cual es importante la buena selección del vegetal a utilizar para estas funciones. Es más efectivo el uso de pastos y plantas herbáceas que la utilización de matas en forma aislada. En terraplenes muy altos resulta conveniente la plantación de arbustos en hileras, pues el pasto evita la formación de grietas por contracción.-

EMPLEO DE DRENAJES:

La inclusión de drenajes en los taludes es de primer orden ya que la presencia de agua en el cuerpo del talud es contraproducente. Es conveniente que la capa de material permeable esté provista de una tubería perforada para permitir rápidamente la salida del agua.-

TRINCHERAS ESTABILIZADORAS:

Cuando en una ladera existe flujo de agua y está formada por espesores de materiales cuya estabilidad se ve amenazada por la saturación la remoción y sustitución de los materiales malos por materiales de buena calidad resulta bastante difícil.-

Para estos casos, si sobre la ladera ha de construirse un terraplén, se recurre a la construcción de una trinchera estabilizadora, la cual consiste de una excavación dotada en su talud, aguas arriba, de una capa drenante de material de filtro y un sistema de recolección y eliminación de agua en su fondo, el cual debe ir conectado para su desagüe.-

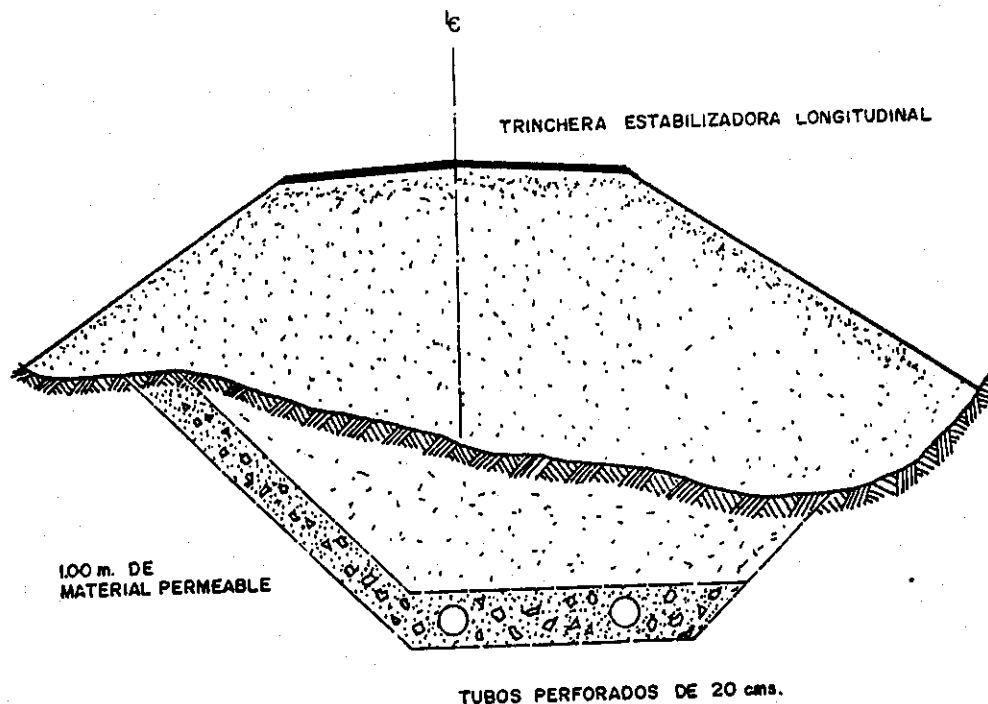


FIG. 4.12 TRINCHERA ESTABILIZADORA

4.5 ESTUDIO DE LAS FALLAS EN EL DRENAJE:

Se ha mencionado en capítulos anteriores la importancia que reviste el fenómeno de controlar debidamente el agua que por una u otra razón fluye en un camino de terracería, un sistema eficiente de drenaje es la mejor protección que debe darse a la misma. Un sistema eficiente de drenaje es aquel que tiene las características hidráulicas tales que hagan capaz de captar un caudal de agua previsto, conduciéndolo en forma rápida y sin causar daños en los alrededores de la vía. Todas las fallas, en estructuras hidráulicas, posiblemente en gran porcentaje se deban a razones hidráulicas y no a debilidad estructural; esto es debido a que la teoría estructural de diseño es más completa, mejor comprendida y porque toma factores de seguridad más altos que los permisibles en cálculos hidráulicos, debido a los requerimientos económicos del diseño.-

El término drenaje de un camino de terracería comprende elementos que hay que tratar separadamente y van desde la pendiente transversal o bombeo y pendiente longitudinal, hasta estructuras tales como: cajas, tuberías, cunetas, contracunetas, bóvedas y puentes.-

ELIMINACION DEL AGUA SUPERFICIAL DEL CAMINO DE TERRACERIA:

Es necesario eliminar el agua superficial del camino, pues ésta crea peligro para el tránsito, además de causar erosión e infiltrarse a la subrasante del camino, ocasionando grandes gastos de mantenimiento.-

La eliminación del agua superficial puede ser efectuada por medio de estructuras de drenajes tales como: alcantarillas, lavaderos, cunetas y contracunetas.-

En todos aquellos lugares donde el agua de escurrimiento superficial se concentre en un cauce natural de funcionamiento estacional o permanente, será preciso disponer de una estructura de paso del agua por debajo del camino; estas estructuras pueden ser las alcantarillas. El problema básico de las alcantarillas es el hidráulico; pues, una alcantarilla, generalmente reduce el área del cauce natural, ocasionando embalse en la entrada y un aumento de velocidad dentro y a la salida de la obra; debido a dicha situación se provoca la erosión.-

La profundidad del embalse y el aumento de velocidad depende del diseño hidráulico; son factores muy importantes para condicionar al mismo, si el embalse es alto y duradero, puede llegar a causar problemas por erosión interna, si rebasa la altura del terraplén producirá una falla tal que podría llegar al colapso total del camino, arrastrándolo; pues naturalmente, esta obra no está diseñada para tal condición.-

El agua conducida por alcantarillas o cunetas puede ser transportada hasta lugares lejanos de los terraplenes, por medio de bajadas o lavaderos, los cuales son canales que se conectan a los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, tratando con estas estructuras de proteger el talud de la erosión.-

El agua superficial que fluye ladera abajo desde mayores alturas, es interceptada por las contracunetas, las cuales son canales que se localizan aguas arriba de los taludes de corte, con la presencia de las contracunetas, se evita la erosión del talud y el congestionamiento de las cunetas por el agua y el material de arrastre. Cuando las contracunetas son construidas sin recubrimiento o con poca capacidad, sufre rebalse y se asientan sobre suelos arcillosos permeables o suelos constituidos por mezclas propensas a humedecerse; Estos factores permitirán la entrada de agua hasta el cuerpo de corte provocando un eventual derrumbe.-

El agua de origen pluvial que escurre por el talud de corte, en el área comprendida entre el coronamiento del corte y la contracuneta, como también el agua que escurre debido al bombeo del camino es captada por las cunetas, las cuales son canales que se adosan a los lados de la corona del camino y se disponen en el extremo del acotamiento, en contacto directo con el corte.-

La capacidad hidráulica de la cuneta como canal, define principalmente la posibilidad de cumplir su función de canalizar y eliminar con rapidez el agua que colecte. Estas pueden ser revestidas o no. El hecho de revestirlas es para evitar que el agua que conduce se filtre y cause humedecimiento e inestabilidad en el camino de terracería.-

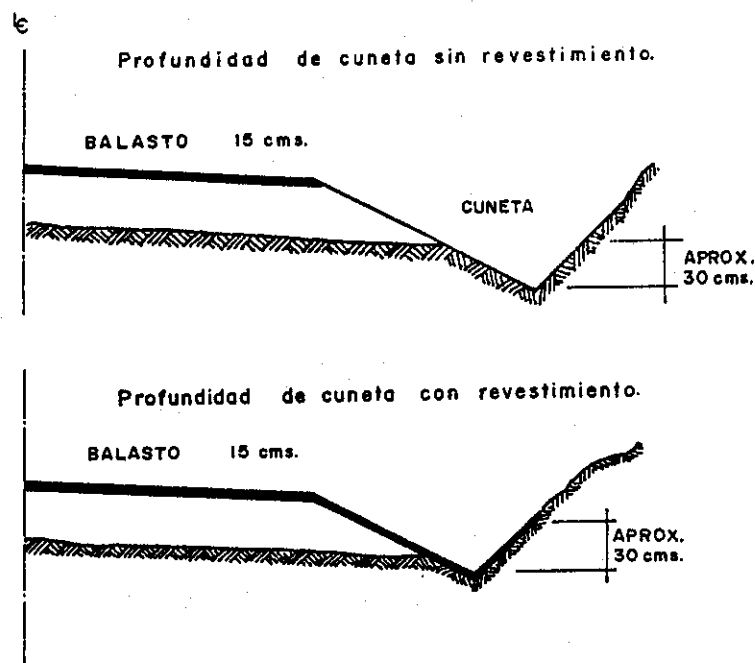


FIG. 4.13 CUNETAS CON Y SIN REVESTIMIENTO.

Es importante la relación de niveles entre la lámina de agua en la cuneta y las capas del camino de terracería. La función drenante de la base hace necesario que la frontera superior de la lámina de agua en la cuneta quede por debajo del lecho inferior de la base; pero cuando la cuneta no está revestida, sería necesario que la lámina de agua de referencia quede, inclusive bajo el lecho inferior de la sub-base para evitar el hundimiento de esta. Si la cuneta está revestida y debidamente impermeabilizada, no será necesario profundizarla tanto.-

ESTUDIO DE DETERIORO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

El diseño hidráulico tiene que ver mucho con el deterioro de las estructuras usadas en drenajes y el caso de las cunetas y contracunetas que, por su función de captar y conducir el agua, se encuentran constantemente sometidas a la acción de la erosión, situación que se complica bastante con el hecho de que dichas obras complementarias de drenaje se efectúen en proyectos donde es predominante la existencia de suelos limosos y erosionables que son susceptibles de introducir importante gasto sólido.-

4.6 PROTECCION DEL DRENAJE

El agua de origen pluvial no toda se desplaza superficialmente, sino que, parte de la misma se infiltra al subsuelo y se desplaza en éste por medio de sus poros; el hecho de controlar este movimiento del agua subterránea es de vital importancia en el proyecto de caminos de terracería, pues hay que considerarlos por el agua proveniente de los niveles y la acción capilar.-

Estas aguas producen cambios de volumen perjudiciales a la estructura, causando en éste, hundimientos, levantamientos, agrietamientos, desplazamientos, etc.-

ESTUDIO DE DETERIORO DEL DRENAJE MENOR:

Los problemas más frecuentes que sufre una estructura de drenaje menor son los siguientes:

- a) Cargas excesivas de cualquier clase, tales como impacto y socavación.-
- b) Esfuerzos longitudinales que tienden a dislocar la estructura.-
- c) Corrosión, oxidación, desintegración y otras acciones químicas.-
- d) Erosión o acción abrasiva debido a la corriente hidráulica.-

Estas estructuras son cargadas verticalmente por el peso de vehículo (carga viva) y la tierra sobre ella (carga muerta), horizontalmente soportan las presiones pasivas y activas del suelo, tanto del que soportan sobre ella como sobre el que se asientan y la intensidad de tránsito. El estudio de los esfuerzos a los que se encuentra sometida una estructura es muy complicado, debido a que, estas son estructuras indeterminadas, sujetas a cargas complejas y el análisis depende de las condiciones de apoyo de la estructura.-

Las cargas vivas tienen gran importancia cuando se colocan en terraplenes o rellenos de poca altura; es recomendable como valor mínimo de la altura abajo de la subrasante 0.60 m. y que la condición óptima entre carga muerta y carga viva se dá a una altura de 1.20 m. A valores inferiores de 0.60 m. la estructura se verá sometida a la desintegración por recibir esta carga una que excede a su resistencia; éste es un caso típico en las estructuras de conductos rígidos, en donde con una sólo aplicación de carga mayor para la que fueron diseñadas, el conducto sufrirá falla total.-

Las estructuras de tubería de metal corrugado, actualmente muy usadas en Guatemala, son muy flexibles y, a la vez, toleran deformaciones bajo carga considerable. La carga muerta que es ocasionada por el peso propio del material colocado sobre el tubo, se ha establecido, por estudios hechos al respecto, que puede ser igual o menor a la del volumen de tierra sobre la estructura; tal situación responde al hecho de que en el comportamiento interno del suelo se generan esfuerzos cortantes que pueden contrarrestar el peso del material sobre la estructura flexible.-

Las estructuras bajo terraplenes están sometidas a presiones transversales, es decir, un ángulo recto con el eje de la vía o en dirección del conducto mismo, estas presiones que son más frecuentes en estructuras de tuberías de acero corrugado, se aprecian claramente cuando se presenta el dislocamiento de la estructura, también en una tendencia del volteo de los muros de

sostenimiento, como en la ruptura según los planos transversales de la estructura monolítica que se agrietan por cargas, las presiones transversales se pueden atribuir a la acción de la gravedad o el peso de las cargas y se manifiestan por la tendencia del suelo a moverse hacia abajo y hacia afuera buscando su equilibrio y su ángulo de reposo.-

Las estructuras se ven sujetas a deterioro por los agentes atmosféricos, composición de los suelos que se asientan y por la presencia de sustancias químicas y acciones electrolíticas.-

Todos estos tipos de deterioro se manifiestan en corrosión, y aunque exista una gran variedad de elementos químicos en el suelo, mucho se habla de combinados en compuestos difícilmente solubles, que ejercen poca influencia sobre la corrosión. Por lo general, los suelos abundantes en sales en solución, son los más corrosivos, aunque la corrosión externa causada por el suelo es menos perjudicial que la producida por la corriente hidráulica, ya que el agua se desplaza por la superficie y corre a través de estas estructuras, adquiere generalmente constituyentes químicos en solución provenientes de los suelos por sobre los cuales pasa.-

En este sentido, se pueden mencionar, como aguas que contribuyen al deterioro por medio de corrosión, las siguientes:

AGUAS MINERALES:

Las aguas provenientes de minas de carbón, con contenido de azufre y ciertos trabajos de minería, especialmente de cobre o zinc, producen aguas corrosivas para casi todos los materiales usados en alcantarillas, si un análisis de agua acusa la presencia de concentraciones de ácido sulfúrico o la presencia del radical SO_4 en el agua, es recomendable la protección de la estructura.-

AGUAS ACIDAS:

Estas se refieren a aguas contaminadas por ácidos orgánicos presentes en los pantanos, lagunas y otras regiones, en donde exista gran variedad de material vegetal en descomposición.-

AGUAS Y SUELOS QUE CONTIENEN SALES DE METALES ALCALINOS:

Las zonas alcalinas se clasifican de dos formas: blancas y negras. Las primeras contienen, comunmente sulfato o carbonato, los cuales dejan un depósito blanco sobre el suelo al evaporarse el agua; las negras contienen carbonato de sodio.-

Los álcalis blancos deterioran el hormigón muy rápidamente, este álcalis también ataca la estructura de acero galvanizado más rápidamente que los suelos comunes.-

Los álcalis negros atacan todos los conductos enterrados, tanto metálicos como de concreto, aunque este tipo de suelos es menos común que los alcalis blancos.-

SALES Y MARISMAS:

Los cloruros son los principales responsables de la corrosión de los metales sujetos a la acción de agua de mar.-

La falla en alcantarillas es relativamente, sistemática y una de las causas más frecuentes es la insuficiente capacidad hidráulica: relacionado muchas veces con arrastre de sólidos y sedimentación, aún cuando los problemas hidráulicos son más destacados y frecuentes en el comportamiento de las alcantarillas. Son también de primera categoría los relacionados con socavación, erosión y en entubado en terrapienes, la compactación del colchón de la tubería, la mala ubicación de la tubería con relación al cauce que drena.-

Lo primero a estimar es darle el diámetro a la tubería, pues un diámetro inadecuado produce socavación, ya que la alcantarilla

reduciría el cauce natural provocando embalses, turbulencia erosiva y filtraciones al terraplén, dejando inestable a la estructura. Otra causa de los problemas anteriores es la obstrucción de la tubería o asolvamiento debido a sedimentación y arrastre de sólidos. Con respecto a la ubicación de la alcantarilla se puede decir que otro de los factores a tomar en cuenta para evitar la destrucción de la misma, es que la entrada de la tubería se encuentre en el nivel del cauce natural; pues, de lo contrario, el agua circulará con problemas por el conducto, manifestando cambios bruscos de dirección o de pendiente, que pueden socavar y erosionar la alcantarilla, creando de esta manera una zona de depósito e infiltración.

Entre los sistemas más usados, para el control y alejamiento del agua subterránea pueden mencionarse los siguientes:

- A) **Subdrenaje Longitudinal:** Este tipo de estructura consiste en una zanja de profundidad adecuada, que puede fluctuar de 1 hasta 4 metros, según sea el caso, provista de un tubo perforado al fondo y relleno de material filtrante; en laderas inclinadas es común que el agua subterránea fluya según la inclinación de la superficie, guardando el nivel freático una configuración similar.-

Este flujo de agua puede ser interceptado por un dren longitudinal de zanja. Este sirve de protección para la estructura del camino debido a que evita la saturación de la cama del talud de corte y, gracias a estas instalaciones se logra, dejar el camino por encima del nivel freático, pues de otra manera, se alejaría. En esta situación, más que funcionar como interceptante el dren, funciona para abatir el nivel freático, protegiendo así el camino.-

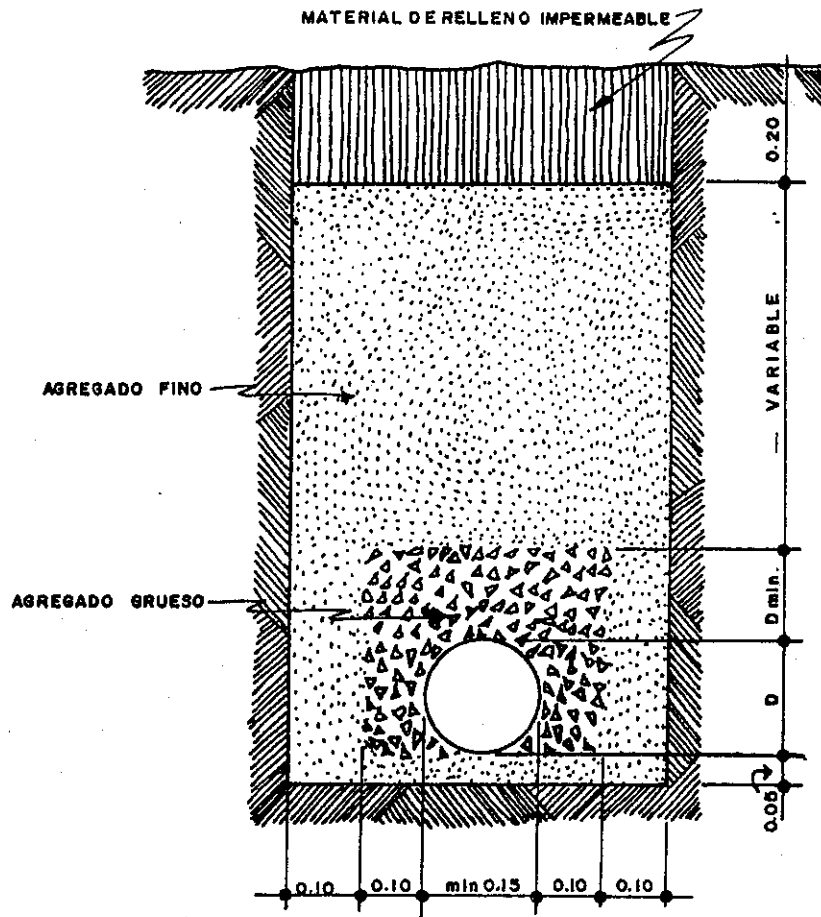


FIG. 4.14 TUBERIA PERFORADA

NOTAS

- 1.- LOS SUB-DRENAJES DEBEN SER CONSTRUIDOS EN LOS LUGARES INDICADOS POR EL DELEGADO RESIDENTE
- 2.- LA CONSTRUCCION Y MATERIALES EMPLEADOS DEBEN AJUSTARSE A LA SECCION E-3 DE LAS ESPECIFICACIONES.
- 3.- LA PENDIENTE MINIMA DE LOS SUB-DRENAJES DEBE SER DE 0.2 %
- 4.- NO DEBE COLOCARSE EL AGREGADO GRUESO EN CONTACTO CON LAS PAREDES DE LA ZANJA PARA EVITAR EL ARRASTRE DE PARTICULAS FINAS DEL SUELO.

- B) **Subdrenajes Interceptores Transversales:** Este tipo de instalaciones es similar a los tratados anteriormente y su función es la misma. Lo que distingue de los drenes longitudinales el hecho de que éstos se instalan en posición normal al eje del camino.-
- C) **Drenes de Penetración Transversal:** Los drenes de penetración transversal son instalaciones de drenaje que responden específicamente a la necesidad de abatir, en el interior de los taludes de corte, las presiones generadas por el agua, que sean susceptibles de provocar falla, por la inestabilidad que la presencia de agua origina.-
- D) **Drenaje Francés:** Este tipo de drenaje consiste en una zanja interceptora de agua subterránea, la cual está constituida por diferentes clases de materiales de distinta graduación, los cuales van comenzando en el fondo de la siguiente manera: Primera capa que contiene piedra grande con un ancho no menor del 33% del ancho de la zanja. Segunda capa formada por piedras de tamaño de ancho no menor del 50% del ancho de la zanja. Tercera capa, piedras con un máximo del 30% y mínimo del 20% del ancho de la zanja.-

Luego se le agrega una capa de agregado fino seguida en la superficie de un material de relleno que sea impermeable

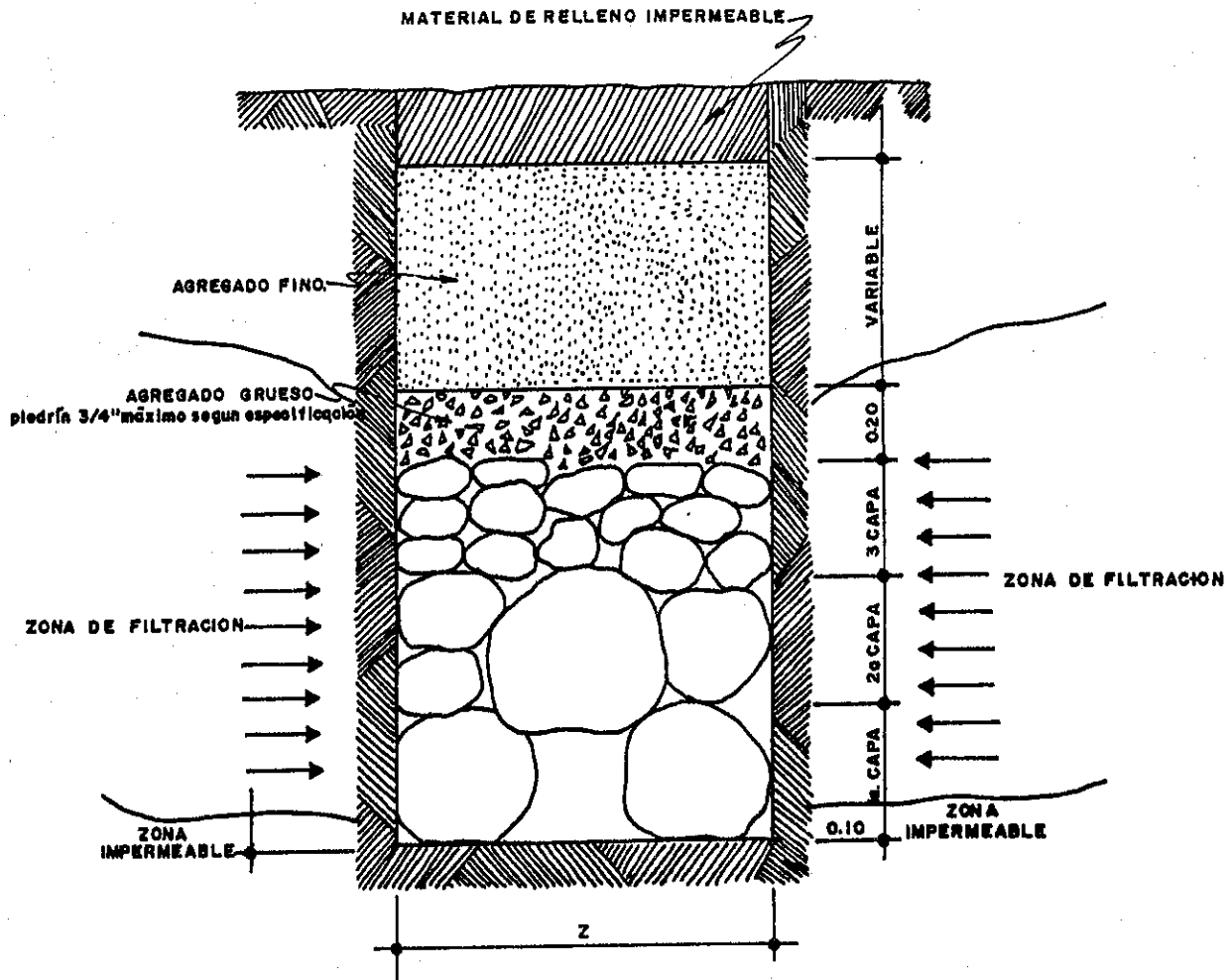


FIG. 4.15 DRENAJE FRANCES

NOTAS

- 1.- PIEDRAS PRIMERA CAPA DE ANCHO NO MENOR AL 33% DEL ANCHO DE LA ZANJA
- 2.- PIEDRA CENTRAL SEGUNDA CAPA; DE ANCHO NO MENOR AL 50% DEL ANCHO DE LA ZANJA.
- 3.- EL RESTO DE PIEDRAS DE LA SEGUNDA CAPA, TENDRAN UN ANCHO MAXIMO DEL 30% Y UN MINIMO DEL 20% DEL ANCHO DE LA ZANJA.
EL ALTO DE AMBAS CAPAS NO MENOR DEL 70% DEL ANCHO DE LA ZANJA, CON UN MAXIMO IGUAL AL ANCHO DE LA ZANJA
- 4.- LA TERCERA CAPA DE PIEDRAS; DE ANCHO ENTRE 10% Y 30% DEL ANCHO DE LA ZANJA.

PROTECCION DEL DRENAJE SUPERFICIAL

La conservación de las cunetas y contracunetas, merece consideración especial, pues no es raro verlas con deterioro muy grave; la pendiente longitudinal mínima que debe existir en éstas es del 0.5% y la velocidad con que circule el agua en ellas debe quedar entre los límites indeseables de depósito y erosión. A continuación se presenta una tabla que proporciona los siguientes datos de velocidades no erosivas.-

TABLA No. 3.

VALORES MAXIMOS DE VELOCIDADES NO EROSIVAS EN CUNETAS

MATERIAL	VELOCIDAD(m/segs.)
Arenas finas y limos	0.40 - 0.60
Arcilla arenosa	0.50 - 0.75
Arcilla	0.75 - 1.00
Arcilla firme	1.00 - 1.50
Grava limosa	1.00 - 1.50
Grava fina	1.50 - 2.00
Pizarras suaves	1.50 - 2.00
Grava Gruesa	2.00 - 3.50
Zampeados	3.00 - 4.50
Rocas sanas y concreto	4.50 - 7.50

Fuente: Dirección General de Caminos

En sí, la mejor protección que puede dársele a una cuneta o contracuneta es revestirla; pero, muchas veces por razones de tipo económico no se hace tal trabajo, dejando éstas expuestas a la acción deteriorante del agua; el revestimiento de estas obras va desde lo más sencillo que son las gramíneas u otro tipo de sembradillos que evitan la erosión, hasta revestimiento de piedra, con mortero de cemento y planchas de concreto hidráulico. Por razones económicas, revestir las cunetas con vegetación puede ser una magnífica protección si las velocidades no son altas (1.00 a

1.50 m/seg), aunque la capacidad hidráulica de la cuneta se ve reducida por el correspondiente aumento del coeficiente de rugosidad.-

En el caso que se recubra con mampostería, una relación de 1:4, es muy efectiva (90 kgs-m³ de mampostería).-

Las contracunetas presentan el caso especial de sus condiciones extremas, de muy fuerte pendiente, por lo que el hecho de revestirlas resulta más urgente. Además, la inspección se dificulta mucho por su posición y no es posible establecer el grado de erosión que han sufrido, existiendo la posibilidad de filtración a las masas de corte con consecuencias lamentables, en algunos casos, vale la pena meditar el hecho de la necesidad de hacer estas estructuras sin revestirlas, pues, causaría menos daño hacerlas sin protección.-

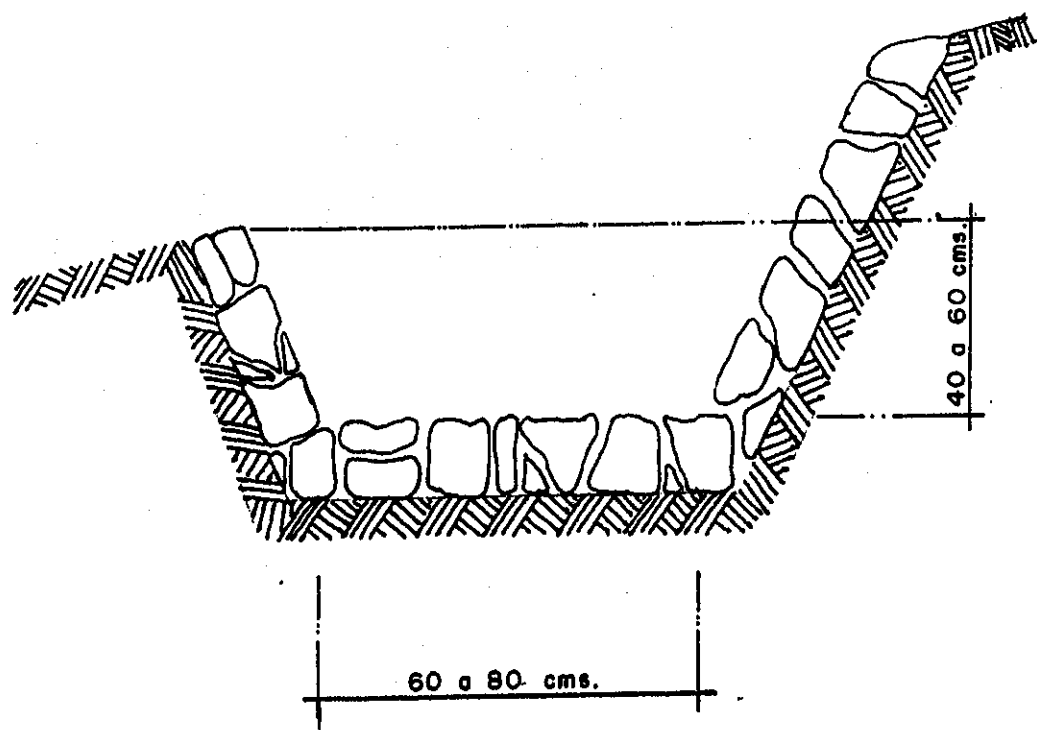


FIG. 4.16 CONTRACUNETA

PROTECCION DEL DRENAJE MENOR

Para proteger este tipo de estructuras de la acción del agua; es esencial que esta cuente con el diámetro adecuado, así como proveerlas de estructuras auxiliares de protección tales como: Dentellones o dientes, muros cabezales, gabachas, zampeados de piedra, disipadores de energía etc.-

Un factor importante en el mecanismo de erosión es la velocidad con que circule el agua, tanto en la entrada como en la salida de la alcantarilla, la misma es un factor que está íntimamente ligado a la pendiente y a la ubicación de la estructura, de tal manera que toda el agua pueda circular a través del conducto sin cambios de dirección ni pendiente, alineando en lo que sea posible a la estructura con el cauce natural del agua.-

Cuando en la instalación de la tubería en el terreno natural resulta una pendiente mayor que la adecuada para estos conductos, es posible suavizar esta pendiente usando terraplén debajo de la tubería, protegiendo la salida de ésta con bajada o un disipador de energía. Si no se puede realizar el acomodamiento de la pendiente de la tubería a la adecuada, entonces, será necesario reforzar el conducto en su parte inferior donde circula el agua ya sea incrementando el calibre o dando un recubrimiento con un producto bituminoso.-

También es necesario el uso de gabachas en la entrada y salida de las mismas para evitar la infiltración del agua por debajo de la estructura, dichas gabachas están provistas de un diente, cuya función es evitar el deslizamiento de la estructura en condiciones críticas.-

Los muros cabezales son de necesidad esencial y los motivos principales para su uso son los siguientes:

- **Prevención contra la erosión y la socavación**
Una corriente precipitada puede causar daño en el talud, esto puede evitarse con la construcción de un muro cabezal.-
- **Prevención de filtraciones:**
Cuando hay rellenos porosos alrededor de la alcantarilla, se favorecen las filtraciones, por lo que la construcción de un muro cabezal evitaría dicha filtración.-
- **Anclaje de las alcantarillas**
La construcción de muros cabezales proporciona apoyo y evita el desplazamiento de la estructura.-

Para proteger a las estructuras de la acción química y electrolítica, se acostumbra recubrir o calzar los conductos con sustancias adecuadas para el tipo de elemento que está afectando a la tubería, de los cuales se pueden mencionar:

A) Recubrimiento Galvanizado

Debido a su efectividad, la práctica corriente de proteger los conductos para alcantarillas ha sido galvanizarlos, para proteger el acero o el hierro de la corrosión; una tubería galvanizada puede tener una duración de 10 años o más. Un revestimiento no metálico como protección adicional contra la corrosión es posible; por ejemplo el uso del revestimiento bituminoso, tales revestimientos para ser más efectivos deben adherirse perfectamente al galvanizado. Entre los materiales para recubrimiento no metálico se pueden mencionar, el alquitrán, el caucho asfalto, etc.-

B) Protección Catódica

Siendo la corrosión un fenómeno electro-químico, puede ser neutralizado por un ánodo para desviar la corrosión de la

estructura que se quiera proteger. Es posible hacer esta protección por medio de un método galvánico que funcione como un efecto natural acumulado entre metales, basado en sus posiciones relativas en la serie electroquímica, el otro basado en una corriente eléctrica de protección, el cual necesitará una fuente de energía externa.-

PROTECCION DE ESTRUCTURAS CONTRA ASOLVAMIENTOS

La protección contra asolvamiento es importante debido a los graves daños que pueda producir éste, incluyendo hasta el colapso total de la estructura. El agua en su recorrido acarrea materiales de considerable tamaño y, para evitar la obstrucción por éstos, se han desarrollado una serie de artificios para control de dichos materiales, deteniéndolos agua arriba y removiéndolos después de cada torrentada; estos artificios consisten en poner cribas de alambre, madera, rieles de acero y otros materiales.-

PROTECCION DE CARCAVAS

Una de la forma más notable de la erosión por el agua es llamada erosión en zanjones o cárcavas; ocurre cuando la escorrentía se concentra en depresiones mal protegidas y el agua fluye por largos períodos, en forma de caudales voluminosos que adquieren gran velocidad.-

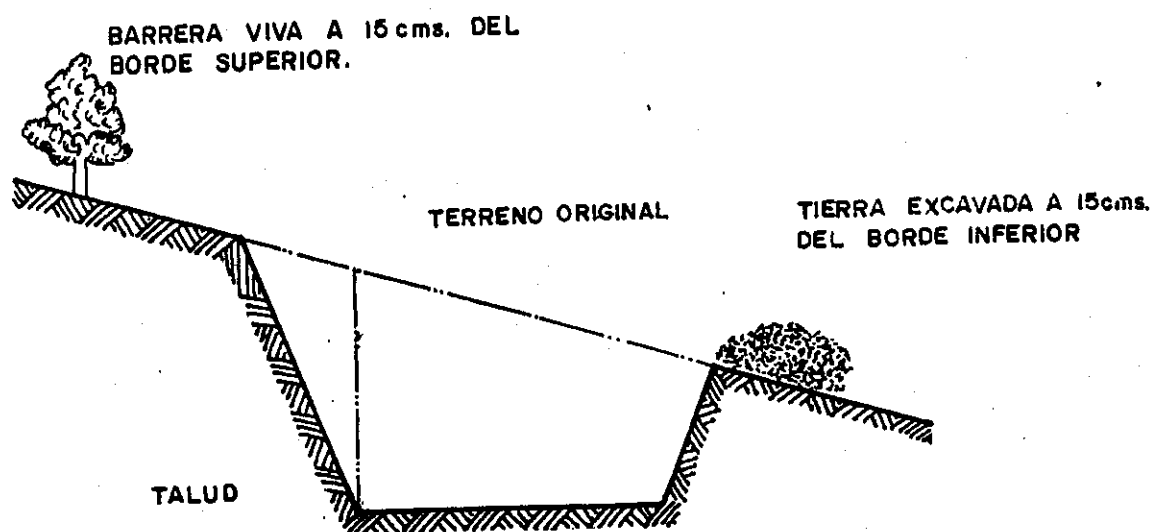
A medida que esta acción progresa, los zanjones van teniendo mayor tamaño. El control de cárcavas para evitar la erosión de los suelos y con ello el eventual arrastre de sólidos y las velocidades excesivas en el agua de escorrentía, se efectúa a través de la construcción de obras tales como el trazo de curvas de nivel, construcción de acéquias de ladera, diques de contención, estanques de absorción, pozos de infiltración, canales de desviación, zanjas de desague, zanjas de absorción, etc.-

TRAZO DE CURVAS DE NIVEL:

El trazo de curvas de nivel en el terreno es importante, pues éstas, sirven de guía para efectuar barreras vivas (siembra de vegetales), barreras muertas, tales como estructuras mecánicas, terrazas, acéquias, diques de contención, etc. que repiten el manejo adecuado de las aguas de lluvia, la separación de curvas de nivel se seleccionará tomando en cuenta la relación de pendientes, tratando de evitar las muy pronunciadas y por lo tanto difíciles de trabajar.-

CONSTRUCCION DE ACEQUIAS DE LADERA:

Son estructuras mecánicas utilizadas especialmente en regiones de mucha lluvia y en terrenos con pendientes entre 2% y 30%, donde no es posible construir terrazas de ala ancha; consisten en canales de 30 cms. de ancho en el fondo, con taludes de 1:1, de profundidad y desnivel variable. Se construyen a distancias regulares, de acuerdo con la pendiente, siguiendo una curva de nivel. A 15 cm. del borde superior de la acéquia y a todo lo largo de ella se siembra una barrera viva con el objeto de filtrar el agua que llegue al canal y en esa forma atrapar cierta cantidad de material de arrastre.-



POZOS DE ABSORCION Y FILTRACION:

Siempre deben ir asociados con la protección de cárcavas y la construcción de canales de desviación o acéquias de ladera. Los trabajos hechos con el propósito de proteger los suelos por sí solos no cumplen a cabalidad su función, si no se realizan las prácticas necesarias para llevar a sitios seguros el agua de escorrentía, estos sitios pueden ser pozos de absorción o de filtración, se trata pues de evitar la erosión y almacenar en el suelo la mayor cantidad de agua. Los pozos de absorción irán localizados hacia los extremos de las acéquias.-

DIQUES DE CONTENCION:

Son estructuras que se construyen en las cárcavas o zanjones y se usan para ayudar a la vegetación, se arraigan a ellas para proteger permanentemente aquellos lugares donde ninguna otra práctica puede ser eficaz. Sirven por lo tanto para controlar las grandes escorrentías y se colocan en forma transversal a la dirección de la corriente de agua.-

En resumen, este tipo de estructuras para el control de cárcavas se empleará en aquellos puntos donde la escorrentía presente velocidades erosivas que pueden dañar las tuberías, haciéndolas insuficientes por el caudal que lleven o por el gasto sólido que arrastren.-

TRABAJOS A REALIZAR PARA LA PROTECCION Y CONTROL DE CARCAVAS:

- Hacer canales de desviación.-
- Sembrar una faja de 10 ó 15 cms., de ancho arriba del canal con pasto denso y perenne.-
- Hacer pozos de absorción en cada uno de los canales.-
- Construir los diques de contención que sean necesarios, de acuerdo con la pendiente.-
- Suavizar el talud de la cárcava.-

CONCLUSIONES

- 1.- Un pequeño trabajo de mantenimiento que se posponga puede convertirse rápidamente en un trabajo grande de reparación.-
- 2.- Cuando empiezan a aparecer carriles y puntos blandos en un camino de terracería, es una fuerte indicación de la presencia de una base inestable.-
- 3.- El factor más importante para la permanencia o duración de un camino es el drenaje. El agua, si no se elimina rápidamente, bajo control estricto, disminuirá la habilidad de soporte del material de la subrasante.-
- 4.- El mantenimiento de cualquier tipo de camino, carretera y calzada comienza en el momento de la finalización de su construcción, siendo determinante para la funcionabilidad y transitabilidad de los mismos.-
- 5.- Las inspecciones de drenaje se deben realizar con mayor frecuencia en época lluviosa.-

RECOMENDACIONES

- 1.- Es necesario programar el mantenimiento por muy pequeño que este sea, se recomienda hacer uso ventajoso de las condiciones de humedad, como nivelar la superficie de tierra con cuchilla para después de una lluvia siempre que sea posible.-
- 2.- Los materiales naturales presentes en la base pueden ser fortificados para cargas más grandes mediante la adición de estabilizadores. Estas bases estabilizadas pueden servir como base fuerte para pavimentos de mayor diseño, al que se podría requerir cuando el volumen de tránsito aumente.-
- 3.- Es necesario evitar que el agua sature la subrasante, ya sea mediante la corrección por drenajes subterráneos o por medio de un sistema de drenaje que funcione correctamente, éstas acciones protegen la inversión realizada en el camino contra la pérdida prematura.-
- 4.- Es muy importante darle mantenimiento periódico a un camino, ya que reduce costos de operación.-
- 5.- El mejor momento para inspeccionar las instalaciones de drenaje es durante una tormenta. Es fácil entonces ver donde se forman charcos de agua y donde se inundan las instalaciones de drenaje.-

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

- Manual de Mantenimiento de Calles y Carreteras, American Public Works Association, Texas U.S.A. 1,985 tomo II.-
- Manual de Mantenimiento de Caminos, Dirección General de Caminos, 1,957 Guatemala.-
- Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Alcantarillas y Puentes, Guatemala, Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (SIECA), 1,974.-
- Quiñonez López, Jorge Augusto. Estudio de Deterioro y Metodología para la Construcción de Obras de Ingeniería Usadas en Carreteras. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 1,986.-
- Serrano Ocaña, Mario Antonio. Mantenimiento de Calzadas de Tierra, con Pavimento Flexible y con Pavimento Rígido. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Junio de 1,988.-
- Manual de Educación Ambiental para Maestros de Escuela Rural, Dirección General de Caminos, Programa de Caminos Rurales, Componente de Conservación del Medio Ambiente 1,995.-
- Manual de Mantenimiento para Capataces, Dirección General de Transporte Terrestre. República del Perú, Marzo de 1,977.-