ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
0587 – 03

Muro de gaviones. Vía Bogotá – Villavicencio. K 90+810

MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE TRANSPORTE
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

OCTUBRE DE 2006
BOGOTÁ D.C.

ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
0587-03

MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN

VOLUMEN 1 DE 1

CONTROL DEL DOCUMENTO		
ELABORADO POR: Grupo Técnico – Convenio 587 de 2003		
REVISADO POR: Ing. Gustavo Andrés Patiño López Coordinador Técnico Ing. Fidel Alonso Ovalles Camargo Subdirector General	FECHA: Octubre de 2006 Octubre de 2006	FIRMA: _____ _____
APROBADO POR: Ing. Francisco Alberto Gutiérrez Toledo Director General	FECHA: Octubre de 2006	FIRMA: _____

CONTROL DE COPIAS	
COPIA No	DESTINO
1	Instituto Nacional de Vías - INVIAS
2	Archivos Convenio UN – INVIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE TRANSPORTE
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN

GLOSARIO

1. ESTABILIDAD DE TALUDES 1

1.1 SEÑALES DEL MOVIMIENTO 1

1.1.1 Grietas de tracción en carreteras o en los taludes. 1
1.1.2 Hundimiento de subrasante 1
1.1.3 Detritos en la vía 2
1.1.4 Abultamiento sobre o bajo la carretera 2
1.1.5 Cambios de forma 2
1.1.6 Deformación de estructuras adyacentes 2
1.1.7 Drenaje deficiente de agua superficial 3
1.1.8 Drenaje deficiente de agua subsuperficial 4
1.1.9 Erosión 4

1.2 TIPOS DE MOVIMIENTO 4

1.2.1 Caídas. 4
1.2.2 Volcamientos 4
1.2.3 Deslizamiento 4
1.2.4 Flujos 6
1.2.5 Movimientos complejos 7

1.3 PARTICULARIDADES DE LA INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS 7

2. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN 9

2.1 RECONFORMACIÓN 9

2.1.1 Tendido del talud 9
2.1.2 Construcción de bermas de suelo y roca en la pata del talud 9
2.1.3 Construcción de trincheras estabilizantes 10
2.1.4 Terraceo 11

2.2 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 11

2.2.1 Diques en tierra o roca 12

2.2.2 Muros de gaviones 12
2.2.3 Muros de gravedad en concreto 15
2.2.4 Muros de encofrado o de cribas 15
2.2.5 Muros de tierra reforzada 16
2.2.6 Muros de concreto reforzado 17
2.2.7 Muros anclados 19

2.3 ANCLAJES EN SUELO Y ROCA 20

2.3.1 Anclajes en roca 20
2.3.2 Pantallas ancladas 20
2.3.3 Suelo empernado o sistema de clavetaje (“soil nailings”) 21
2.3.4 Pilotes y caissons 21

2.4 REVESTIMIENTOS DE TALUDES 22

2.4.1 Con vegetación 22
2.4.2 Flexibles 23
2.4.3 Rígidos livianos 23
2.4.4 Rígidos pesados 23

2.5 ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN DE ROCAS 23

2.5.1 Escudos contra caídas de rocas 23
2.5.3 Cercados y redes de contención en malla de alambre 23
2.5.4 Muros de contención 23

3. REGISTRO DE DAÑOS 25

3.1 RECONFORMACIÓN 25

3.2 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 28

3.2.1 Muros de gaviones 29
3.2.2 Muros de gravedad de concreto y muros de concreto reforzado 30
3.2.3 Muros de tierra reforzada 31
3.2.4 Anclajes 31

4. REPORTE DE DAÑOS 32

5. BIBLIOGRAFÍA 34

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Hundimientos de la subrasante....1
Figura 2. Abultamiento en alguno de los elementos de la carretera....2
Figura 3. Postes inclinados debido a movimientos del terreno....2
Figura 4. Ejemplos de estructuras deformadas por la acción de la inestabilidad del terreno....3
Figura 5. Fractura de cunetas revestidas....3
Figura 6. Ejemplos de problemas de drenaje de aguas subsuperficiales....4
Figura 7. Caídas....5
Figura 8. Volcamiento....5
Figura 9. Deslizamiento rotacional....5
Figura 10. Deslizamiento traslacional....5
Figura 11. Tipos de flujos....6
Figura 12. Corte transversal de una vía en montaña.....7
Figura 13. Tendido de un talud sobreempinado cerca de la pata....9
Figura 14. Tendido del talud de corte en materiales meteorizados y depósitos de ladera....9
Figura 15. Componentes de las bermas....10
Figura 16. Sección transversal de drenaje interno por trincheras con relleno de piedra....10
Figura 17. Terraceo de un talud inestable....11
Figura 18. Muro de gravedad en roca....12
Figura 19. Principales componentes de un muro de gaviones....13
Figura 20. Muro en concreto sin refuerzo....15
Figura 21. Componente principales de un muro de cribas....16
Figura 22. Componentes principales de un muro en tierra reforzada....17
Figura 23. Tipos de muro de contención en concreto armado....18
Figura 24. Componentes de un muro anclado....19
Figura 25. Tipos de falla en un muro anclado....20
Figura 26. Anclajes en roca....20
Figura 27. Componentes de un muro de suelo empernado....21
Figura 28. Uso de pilotes y caissons para control de deslizamientos....22
Figura 29. Obras para retención de rocas....24
Figura 30. Formato de registro de daños. Primera página. Secciones para diligenciamiento....26
Figura 31. Formato de registro de daños. Segunda página. Secciones para diligenciamiento....27
Figura 32. Fotografía general y detalle de daños en el pavimento y esquema del daño en formato de campo....32

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Factores inherentes a la estabilidad de taludes....1
Tabla 2. Dimensiones de los tipos de gaviones más empleados en nuestro medio....13
Tabla 3. Reporte de daños - Ejemplo....33

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Formato para el registro de los daños en campo

INTRODUCCIÓN

El presente documento es una recopilación bibliográfica y de la experiencia acumulada en el desarrollo del Convenio Interadministrativo 587 de 2003 entre la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS con respecto a la inspección y al reporte de los daños que se pueden encontrar en las obras de estabilización. Junto a esta recopilación se presentan como anexo, los formatos de captura de información en campo para la evaluación del estado de esas obras y la explicación de la metodología para su utilización.

El documento está compuesto por 5 capítulos, el primero corresponde al marco conceptual con respecto a los procesos de inestabilidad, en el segundo, una descripción de los diferentes tipos de estructuras diseñadas para la estabilización del terreno y los principales elementos a considerar durante su inspección, posteriormente en el tercer capítulo se describe el procedimiento para el registro de daños en el cual se expone detalladamente el formato de campo, el cuarto capítulo hace referencia a la metodología recomendada para hacer el reporte de daños y finalmente, en el quinto se encuentra la bibliografía consultada para el desarrollo de este trabajo.

El presente documento es una guía de inspección de obras de estabilización para aquellas personas con formación profesional en ingeniería y cuyo compromiso contractual con el INVIAS sea el de revisar el estado de las obras ejecutadas mediante contratos celebrados con la entidad. Contiene un resumen de las características y los elementos importantes que requieren atención en la evaluación de la estabilidad y calidad de las estructuras, enfocado a los aspectos prácticos de la inspección.

GLOSARIO

Asentamientos: Es el desplazamiento vertical relativo del suelo ante la imposición de cargas, la disipación de presiones, la acción del drenaje, etc. Los asentamientos afectan de manera grave la estabilidad de las estructuras.

Capacidad portante: Es la capacidad del suelo de fundación de soportar las cargas sin que se produzca la falla de este.

Caissons: Cimentación profunda que tiene como función transmitir las cargas a estratos con buena capacidad portante por medio de la punta. La sección transversal de estas estructuras es considerable con respecto a otros tipos de cimentación profunda como los pilotes.

Coluvión: Depósito de materiales transportados por la acción de diferentes mecanismos como la gravedad, el agua y el viento, o una combinación de ellos.

Diaclasa: Discontinuidad de la roca originada por fuerzas tectónicas, que no implica desplazamientos significantes.

Energía Cinética: Es la energía que posee un cuerpo en movimiento. La cantidad de energía depende de la masa del cuerpo en movimiento y de su velocidad.

Estabilidad al volcamiento: Es la capacidad de una estructura de resistir las fuerzas que podrían originar una rotación de ésta con respecto a un punto de giro, localizado en la parte inferior de la estructura de contención.

Estabilidad al deslizamiento: Es la capacidad de una estructura de resistir las fuerzas que podrían originar un movimiento horizontal de ésta.

Estratificación: Estructura de una roca sedimentaria originada por el depósito de las diferentes capas de sedimentos que la conforman.

Llaves o espolones: Elementos de los muros de contención construidos debajo de la placa de cimentación para mejorar la resistencia al deslizamiento de la estructura.

Lloraderos: Tuberías instaladas en las estructuras de contención, para drenar las aguas de infiltración y disipar los excesos de presión que puedan generar esta aguas en la masa de suelo contenida.

Meteorización: Proceso de degradación de una roca debido a la acción de factores físicos, químicos o biológicos.

Pilotes: Cimentación profunda que tiene como función la transmisión de cargas a estratos competentes por medio de fricción o punta o la combinación de los dos. Son elementos esbeltos con diversas formas de sección transversal.

Suelo Residual: Es el material resultante de la meteorización de la roca sin que haya a lugar ningún mecanismo de transporte. Sobre este tipo de suelo se pueden definir claramente varios horizontes, que indican el grado de degradación de la roca parental.

1. ESTABILIDAD DE TALUDES

Para abordar los aspectos relacionados con las obras de contención empleadas en la estabilización de taludes, es necesario precisar un marco conceptual de los factores que intervienen en los procesos de inestabilidad.

Estos factores pueden clasificarse inicialmente como internos y externos; dentro de los internos se encuentran aquellas características que definen la susceptibilidad de la ladera y dentro de los externos, aquellos elementos relacionados con los agentes detonantes. Sin embargo, los factores externos pueden eventualmente constituirse como agentes contribuyentes. La Tabla 1 presenta la clasificación general de estos factores.

Tabla 1. Factores inherentes a la estabilidad de taludes

Factores Internos	Geológicos
	Geomorfológicos
	Geotécnicos
	Vegetación
Factores Externos	Climatológicos
	Sismicos
	Antropogénicos

NOTA: Tomado de Rodríguez, 2006.

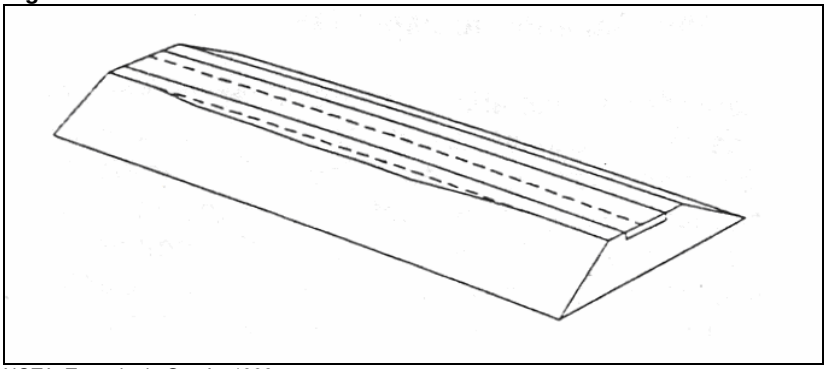
Una vez considerados estos elementos, es posible tener un marco conceptual a partir del cual el inspector cuente con criterios adicionales para evaluar los factores condicionantes de la estabilidad del terreno. Asimismo se deberán atender las señales de movimiento; García (1996) sugiere considerar las evidencias de deslizamiento que se mencionan a continuación:

1.1 SEÑALES DEL MOVIMIENTO

1.1.1 Grietas de tracción en carreteras o en los taludes. Permiten la infiltración de agua y por consiguiente favorecen la reducción de la resistencia a lo largo del plano de falla debido a la generación de presiones de poros adicionales. Indican que la ladera o el talud se encuentran en las primeras etapas de su movimiento.

1.1.2 **Hundimiento de subrasante.** Desplazamientos verticales de la calzada pueden indicar movimientos de reptación de la ladera o el desarrollo de un proceso de inestabilidad en el talud inferior. Sin embargo, estos movimientos pueden estar asociados con el asentamiento del relleno alrededor de alcantarillas (Figura 1).

Figura 1. Hundimientos de la subrasante

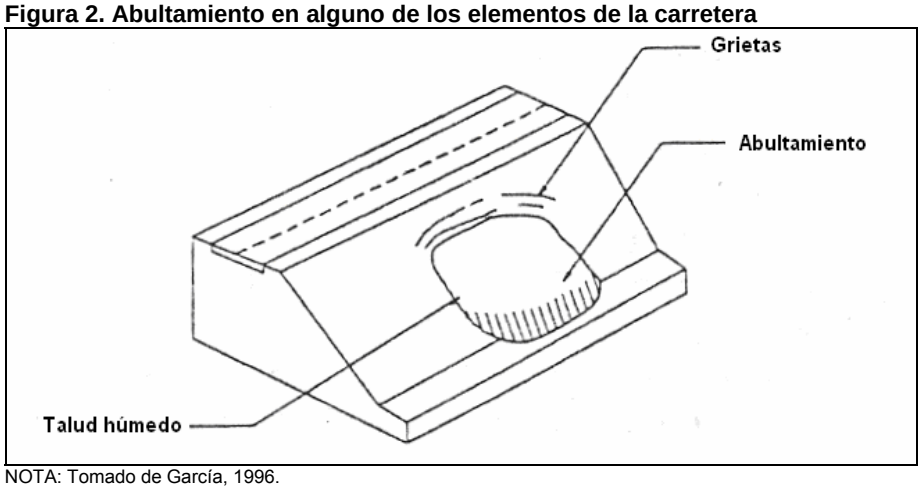


NOTA: Tomado de García, 1996.

1.1.3 Detritos en la vía. Los detritos pueden generarse directamente en el sitio de desintegración de la roca, o ser transportados y depositados en otros sitios por las corrientes de agua. Estos detritos pueden ser un antecedente a una caída masiva de rocas o de un deslizamiento.

1.1.4 Abultamiento sobre o bajo la carretera. Muchos deslizamientos de masas de suelo pueden presentar un abultamiento hacia la pata del talud, en el que la masa deslizada se ha acumulado (Figura 2).

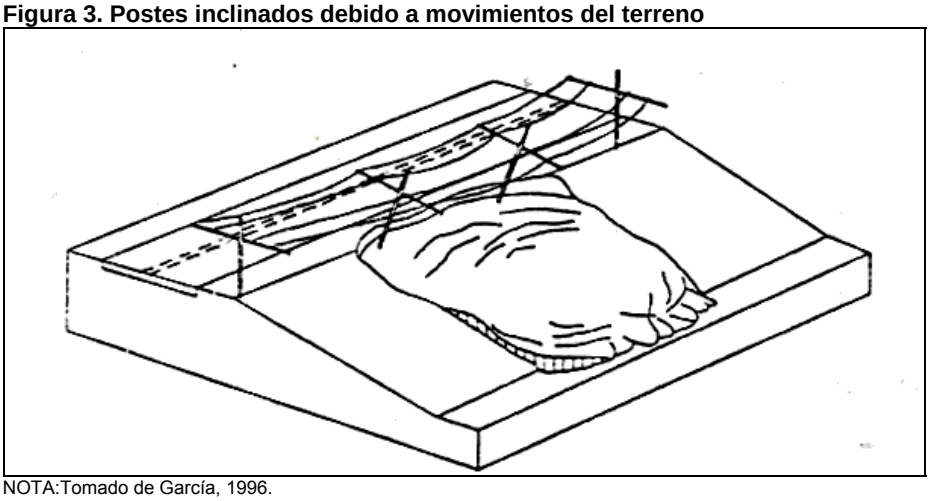
Figura 2. Abultamiento en alguno de los elementos de la carretera



NOTA: Tomado de García, 1996.

1.1.5 Cambios de forma. Desviaciones en árboles, líneas eléctricas, postes de teléfono y cercados tensionados o inclinados son indicadores de movimientos del terreno (Figura 3).

Figura 3. Postes inclinados debido a movimientos del terreno

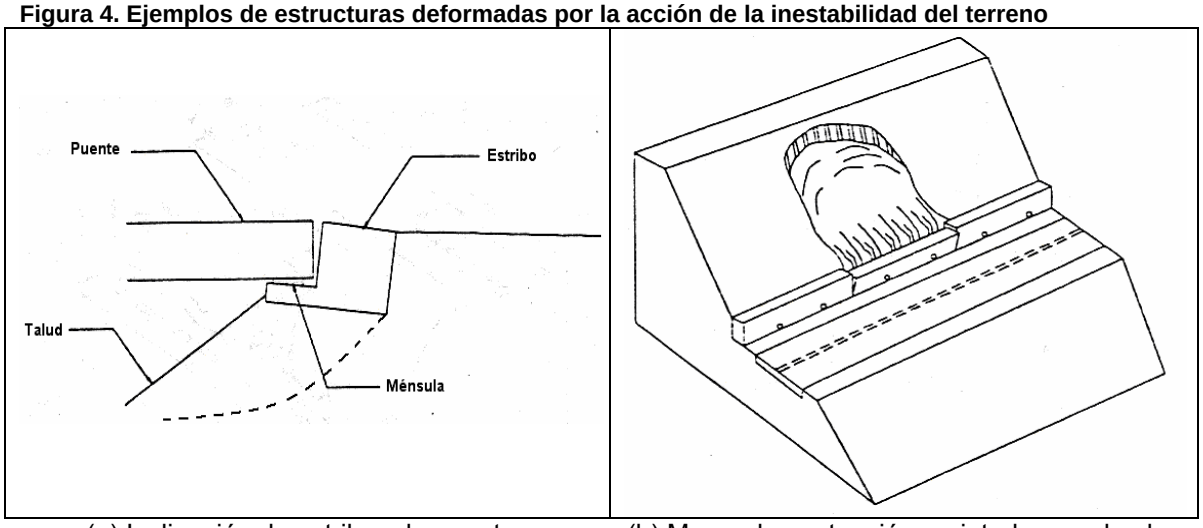


NOTA:Tomado de García, 1996.

1.1.6 Deformación de estructuras adyacentes. Se refiere a la afectación de estructuras como puentes, edificaciones o muros de contención. En puentes deberá prestarse atención especial a inclinaciones de los estribos o asentamientos de las losas de aproximación, debido a que pueden estar relacionadas con movimientos de flujo plástico (reptamiento o creep). En edificaciones, dependiendo de su ubicación con respecto a la masa deslizada, puede presentarse

el agrietamiento de muros de mampostería, cimentaciones, levantamientos o hundimientos. Finalmente, en estructuras de contención puede observarse una pérdida de verticalidad o algún tipo de agrietamiento debido a los empujes de la masa deslizada. En la Figura 4 se presentan algunos esquemas de estas señales.

Figura 4. Ejemplos de estructuras deformadas por la acción de la inestabilidad del terreno



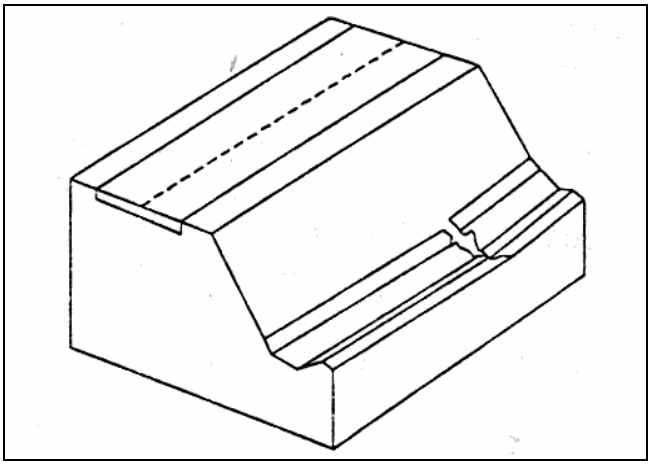
(a) Inclinación de estribos de puentes (b) Muros de contención agrietados o volcados

NOTA: Tomado de García, 1996.

A continuación se describen tres elementos adicionales, que a pesar de no ser evidencias del movimiento del terreno, representan condiciones que podían eventualmente favorecer la generación este:

1.1.7 Drenaje deficiente de agua superficial. Incluye aquellas situaciones en las que se ha favorecido el estancamiento de aguas, conformando fuentes de infiltración. Dentro de éstas se encuentran las alcantarillas bloqueadas, el agrietamiento de cunetas o las descargas de flujos hacia zonas desprotegidas de los taludes (Figura 5).

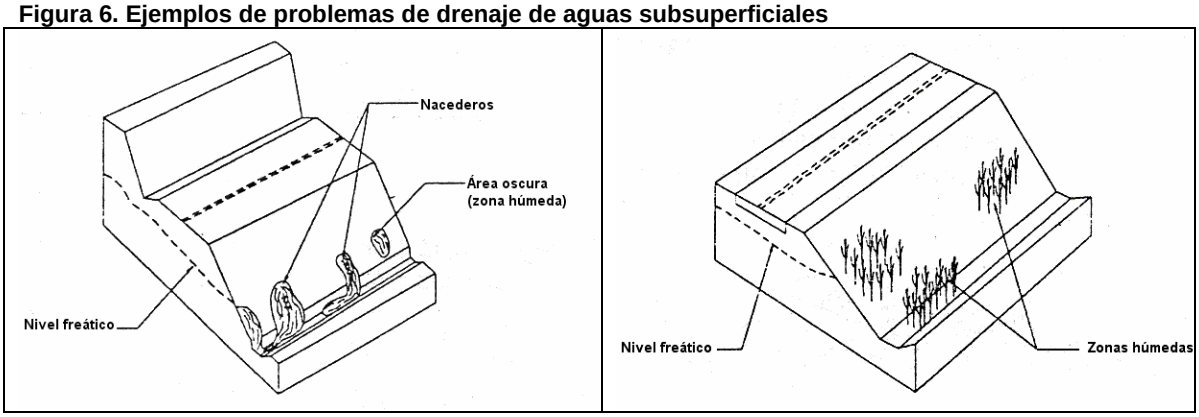
Figura 5. Fractura de cunetas revestidas



NOTA: Tomado de García, 1996.

1.1.8 Drenaje deficiente de agua subsuperficial. Se refiere a la presencia de nacimientos en o hacia la pata de los taludes, cambios de color en el suelo, indicando cambios en el contenido de humedad, zonas de terreno blando, tipo y crecimiento de la vegetación como evidencia de flujo subsuperficial (Figura 6).

Figura 6. Ejemplos de problemas de drenaje de aguas subsuperficiales



(a) Nacederos cerca de la pata del talud (b) Crecimiento y tipo de vegetación

NOTA: Tomado de García, 1996.

1.1.9 Erosión. Encierra los problemas de socavación ocasionados por defectos en las entregas de las estructuras de drenaje en la pata de los terraplenes o taludes de corte.

En el caso de identificar alguna evidencia de inestabilidad, es pertinente apropiar alguna metodología de clasificación de deslizamientos. En términos generales, estas clasificaciones consideran factores tales como las propiedades del material no movilizado, atributos geomórficos, geometría del deslizamiento, tipo de movimiento, clima, humedad, velocidad del movimiento y mecanismo de disparo.

1.2 TIPOS DE MOVIMIENTO

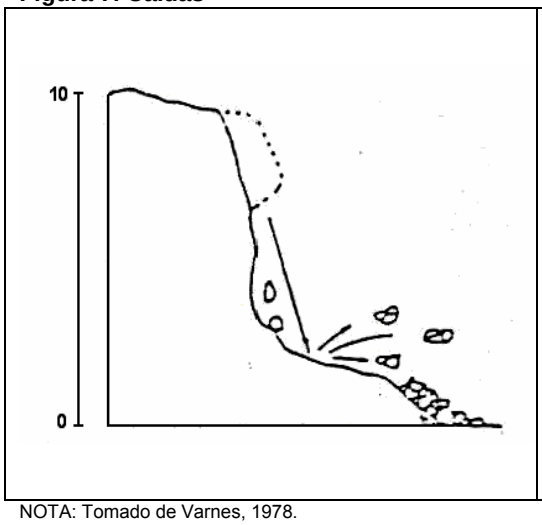
De igual forma, Varnes (1978) dividió los tipos de movimientos de falla en taludes en los siguientes grupos:

1.2.1 Caídas. En este tipo de movimiento una masa rocosa de cualquier tamaño se desprende de un talud empinado o un acantilado, a lo largo de una superficie sobre la cual ocurre muy poco o ningún desplazamiento, descendiendo principalmente a través del aire por caída libre, a saltos, rodando, etc. (Figura 7).

1.2.2 Volcamientos. Consiste en la rotación hacia adelante de una unidad o varias, con respecto a un punto en su parte inferior, por acción de la gravedad y de fuerzas ejercidas por unidades adyacentes o por fluidos en las grietas (Figura 8).

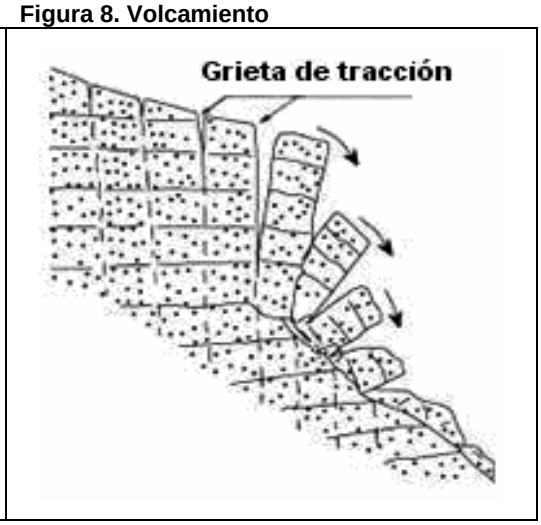
1.2.3 Deslizamiento. Este movimiento consiste en deformación por corte y desplazamientos, a lo largo de una o varias superficies que son visibles o pueden inferirse razonablemente. Este grupo se divide en deslizamientos rotacionales y traslacionales.

Figura 7. Caídas



NOTA: Tomado de Varnes, 1978.

Figura 8. Volcamiento

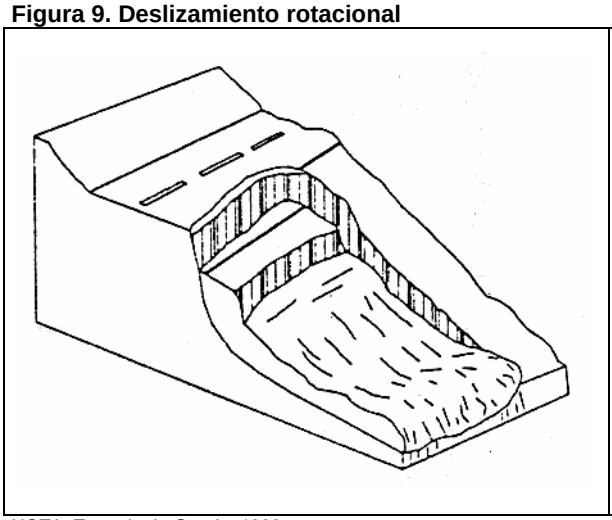


NOTA: Tomado de Margielewski, 2006.

- Movimientos rotacionales o hundimientos: Son deslizamientos de masas de suelo, a lo largo de una superficie cóncava bien definida. El movimiento es en esencia de rotación alrededor de un eje paralelo al talud, y es por lo general profundo en suelos cohesivos relativamente homogéneos de gran espesor, como en coluviones, capas arcillosas gruesas, rellenos, terraplenes y botaderos, aunque pueden ser superficiales en los mantos de suelo residual (Figura 9).

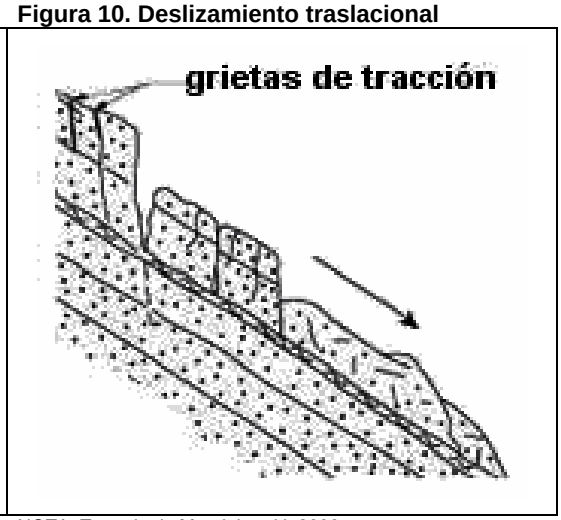
- Deslizamientos trasnacionales: Consiste en el movimiento de cualquier tipo de material a lo largo de superficies casi planas, conformadas por discontinuidades de cualquier tipo, ya sea estratificación, diaclasamiento, perfil de meteorización, o cualquier cambio en las propiedades mecánicas o en la continuidad del material. Es más común en taludes en roca, o en perfiles de meteorización (Figura 10).

Figura 9. Deslizamiento rotacional



NOTA: Tomado de García, 1996.

Figura 10. Deslizamiento traslacional



NOTA: Tomado de Margielewski, 2006.

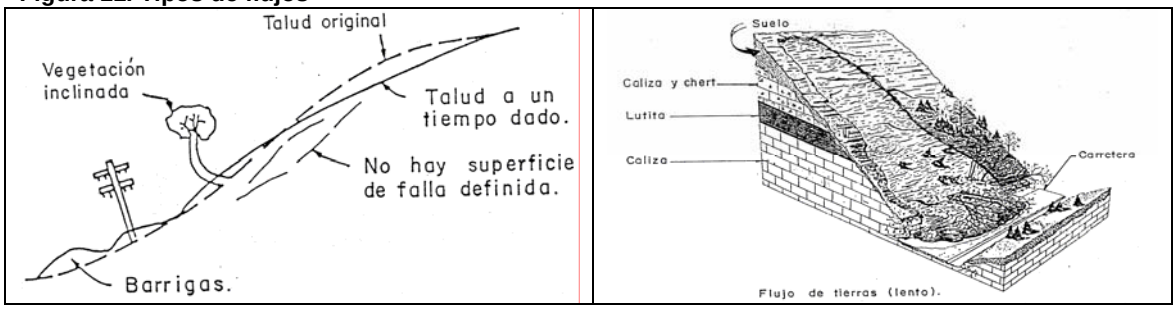
1.2.4 Flujos. De acuerdo con Varnes (1978), un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que la distribución de velocidades dentro de la masa se asemeja a la de un líquido viscoso; el límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie a lo largo de la cual tiene lugar un movimiento diferencial considerable o una zona alterada de gran espesor. A continuación se describen los principales tipos de flujos[1] (Figura 11).

- Movimientos lentos, de reptación o flujo plástico: Se manifiestan como un desplazamiento muy lento de la parte superficial del terreno, aún en taludes con pendiente moderada y con cobertura vegetal. El movimiento llega a evidenciarse por la deformación del terreno, la formación de pliegues en las formaciones rocosas o de arrugas y escalones en las masas de suelo, la inclinación de árboles, la separación del suelo en contacto con grandes rocas, la migración de éstas, el corrimiento de líneas férreas y carreteras, el tensionamiento de cercas y raíces de árboles, etc.

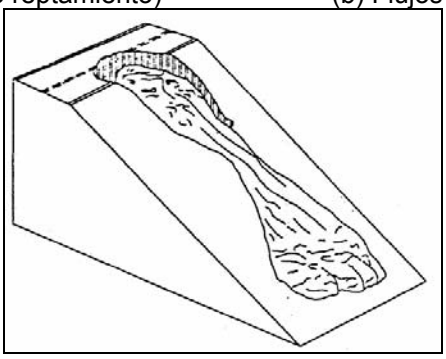
- Flujos de detritos y flujos de tierra: Se forman en suelos o materiales provenientes de meteorización de las rocas, que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua, originando desplazamientos con formas alargadas, lobuladas en su extremo inferior, también se pueden desarrollar a partir del cuerpo de otros tipos de deslizamiento, conformando movimientos complejos.

- Flujos de lodo: Se forman cuando una masa de detritos pierde resistencia por acción del agua hasta tener una consistencia blanda y fluida, generándose movimientos rápidos, dependiendo de la intensidad y duración de las lluvias y de la pendiente del terreno. El movimiento de los flujos de lodo es debido por completo a la gravedad y su velocidad depende en alto grado de la pendiente del terreno sobre el cual se mueven y de la viscosidad del lodo, con influencia de las dimensiones y la rugosidad del canal.

Figura 11. Tipos de flujos



(a) Flujo plástico (creep o reptamiento) (b) Flujos de detritos y de tierra



(c) Flujo de lodos

NOTA: Tomado de García, 1996.

[1] GARCÍA LÓPEZ, Manuel. Manual de estabilidad de taludes. Instituto Nacional de Vías. 1996.

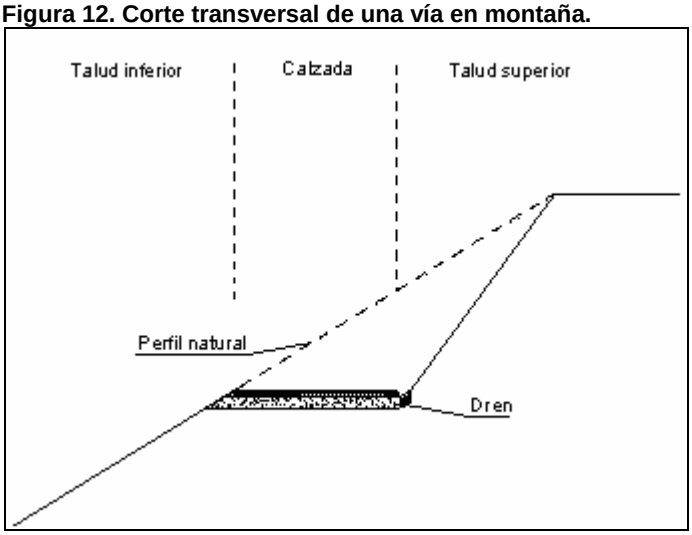
1.2.5 Movimientos complejos. Es posible que ocurra una combinación de los tipos básicos de movimiento. De acuerdo con García, (1996), en Colombia son comunes el hundimiento-flujo de tierras y la caída de rocas-avalancha de detritos. Los primeros se presentan casi siempre en deslizamientos rotacionales que adquieren una componente traslacional, en los cuales la masa se deforma y disgrega bastante por el corrimiento. El segundo tipo se presenta cuando lajas o bloques de roca se desprenden de laderas muy empinadas; estos bloques se desintegran al caer, arrastrando a su paso material alterado y vegetación, evolucionando en avalanchas debido a su alta energía cinética y a la pendiente del terreno.

1.3 PARTICULARIDADES DE LA INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS

En el desarrollo de cualquier obra lineal, los taludes representan un elemento fundamental para la selección tanto del alineamiento como de las estructuras complementarias necesarias para mantener la estabilidad del conjunto.

En el caso de las carreteras, los taludes afectan el comportamiento de la estructura del pavimento, ya sea por las condiciones de los esfuerzos que impone a la subrasante, y más en particular, por las características del flujo de agua que influyen durante la operación de la carretera. En la Figura 12 se muestra un corte transversal típico de una carretera en zona montañosa.

Figura 12. Corte transversal de una vía en montaña.



Para la evaluación de los taludes y su influencia sobre el pavimento, es importante definir los siguientes elementos característicos:

- Material: los taludes pueden ser en roca, en suelo o en una combinación de ambos.
- Discontinuidades: se refiere a planos de debilidad, que para el caso de las rocas pueden ser las diaclasas o la estratificación, en el caso de suelos transportados puede ser el contacto del suelo con la roca.
- Pendiente: corresponde a la inclinación del talud, medida en grados [°].
- Cobertura: recubrimiento de la superficie del talud que determina las condiciones de flujo superficial (potencial de erosión) y de infiltración.
- Corona: parte superior del talud.
- Pata: parte inferior del talud.

Durante la revisión del pavimento, siempre que se encuentre un daño, es importante observar el entorno, y en particular el de los taludes, con el fin de identificar posibles factores contribuyentes o directamente responsables del daño. En este sentido, siempre se trata de reconocer dos características determinantes, a saber, los esfuerzos inducidos y las condiciones de flujo.

Los esfuerzos inducidos se observan en la superficie del talud. La aparición de grietas es un indicio de inestabilidad o movimiento del terreno debido a la insuficiente resistencia por parte del material para sostener su propio peso. Cuando hay movimiento, los esfuerzos podrían llegar a transferirse a la calzada. Las ondulaciones también señalan una inestabilidad potencial del talud. Las señales de movimiento del numeral 1.1 son aplicables a la identificación de posibles esfuerzos inducidos sobre la obra lineal.

Por otro lado, el flujo de agua está controlado por la cobertura y la estructura del talud. La cobertura determina el caudal de infiltración y el potencial de er-osión ante el flujo superficial. La estructura del talud determina el patrón de flujo, ya sea a través de diaclasas, estratos, contactos entre materiales (por ejemplo. coluvión - roca), estructuras heredadas en suelos residuales. Si la cobertura del talud es vegetal, del color de la misma se puede inferir la alta o baja concentración de agua en el talud.

Una buen estimativo cualitativo de la cantidad de agua, es observar el caudal de entrega de los drenes longitudinales en las cajas de las alcantarillas. Es muy frecuente, que los drenes se colmaten y se aprecie una vegetación verde en el talud que permita inferir problemas de humedad en la estructura del pavimento.

2. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN

Identificados los agentes que contribuyen con la generación de los eventos de inestabilidad, se acometen obras que propenden por la recuperación de las condiciones de estabilidad y la mitigación de los efectos adversos que la materialización de la amenaza puede acarrear sobre otro tipo de estructuras y los usuarios.

Considerando aquellas obras de estabilización que han sido identificadas durante el desarrollo del Convenio, a continuación se describirán sus principales características y los criterios a considerar durante su inspección.

2.1 RECONFORMACIÓN

Teniendo en cuenta que la inestabilidad de los taludes se debe en muchos casos a la imposibilidad del terreno para soportar las cargas inducidas por las fuerzas de cuerpo (gravitacionales y sísmicas, entre otras), el cambio en la geometría del talud pretende remover el material que puede generar la inestabilidad. A continuación se presentan las principales técnicas de reconformación:

2.1.1 Tendido del talud. Empleado para reparar deslizamientos pequeños que por lo general abarcan los materiales más meteorizados. También se emplea en excavaciones de cortes nuevos, con un carácter preventivo, o como correctivo de deslizamientos incipientes. Sin embargo, puede resultar inconveniente si no se acompañan de las medidas de protección pertinentes para proteger los materiales que quedan expuestos (Figura 13 y Figura 14).

Figura 13. Tendido de un talud sobreempinado cerca de la pata

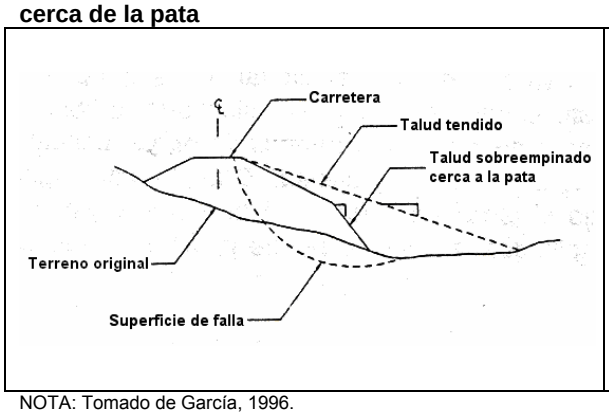
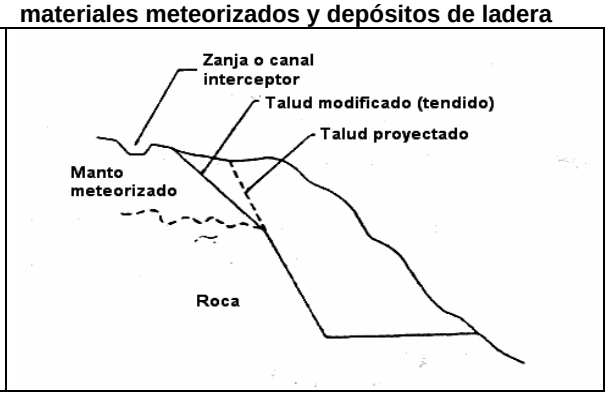


Figura 14. Tendido del talud de corte en materiales meteorizados y depósitos de ladera



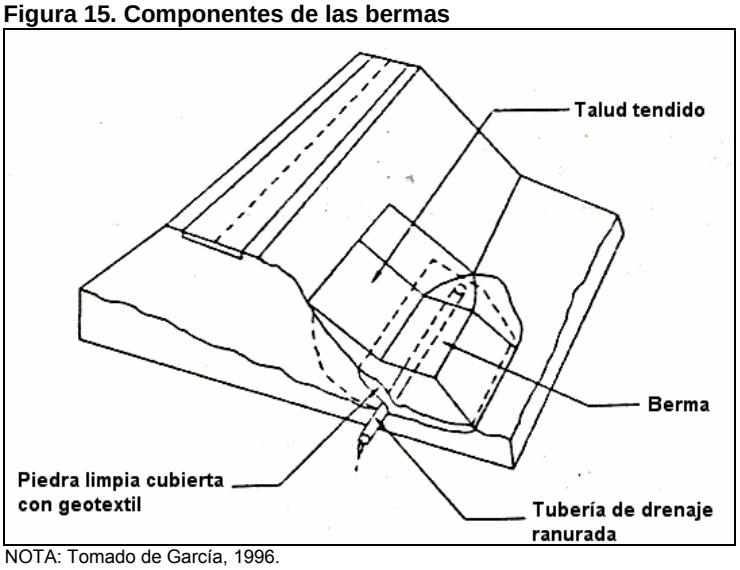
NOTA: Tomado de García, 1996.

2.1.2 Construcción de bermas de suelo y roca en la pata del talud. Se utilizan para proporcionar contrapeso en la pata del talud fallado. Son efectivos en la corrección de fallas rotacionales profundas para reparar pequeños deslizamientos en los que la pata esté sobre empinada.

En el caso de emplearse bermas, deberá revisarse tanto la estabilidad general como la estabilidad de cada uno de los taludes entre las bermas (Figura 15). Una de las principales ventajas de las bermas intermedias, es la reducción en volumen y velocidad de la escorrentía sobre la cara del talud y por consiguiente, la reducción en erosión e infiltración. Las bermas amplias pueden atrapar

rocas desprendidas de partes más altas, reduciendo el daño en las estructuras construidas en el pie del talud; sin embargo, pueden ocasionar una mayor infiltración cuándo no se adelantan las actividades de mantenimiento de los drenajes y de la protección superficial.

Figura 15. Componentes de las bermas

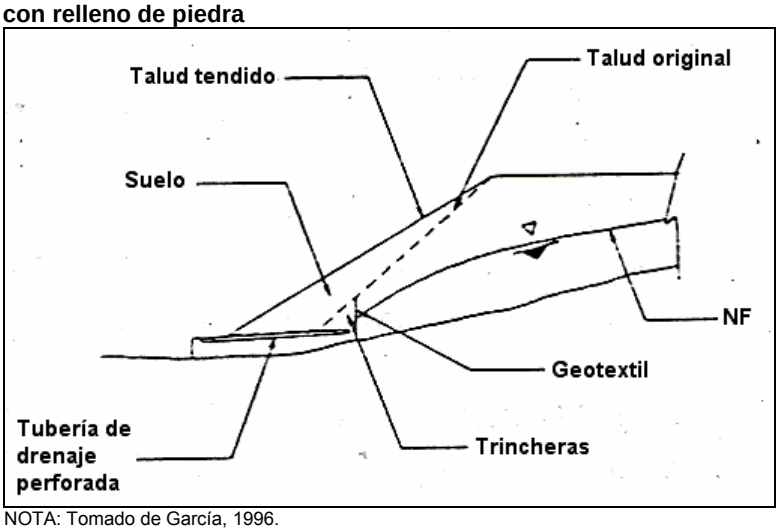


NOTA: Tomado de García, 1996.

2.1.3 Construcción de trincheras estabilizantes. Este tipo de obras mejoran las condiciones de estabilidad del terreno y frecuentemente son un buen complemento a los taludes tendidos y las bermas (Figura 16).

Después de excavar el material inestable, se abren zanjas, las paredes y el fondo se cubren con geotextil, se rellena la trinchera y se coloca nuevamente geotextil en la parte superior antes de colocar el suelo del talud. Las trincheras deben extenderse sobre toda la longitud de falla y deben ser llevadas hasta la roca o terreno firme por debajo de la zona inestable. Como relleno debe emplearse roca no degradable, la cual debe compactarse en espesores máximos de 0.6 m y no debe contener más del 5% de material que pasa tamiz 200, en caso que se emplee como capa drenante.

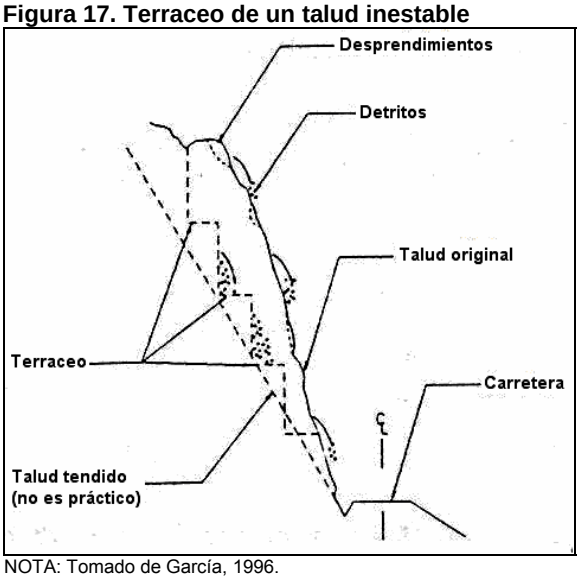
Figura 16. Sección transversal de drenaje interno por trincheras con relleno de piedra



NOTA: Tomado de García, 1996.

2.1.4 Terraceo. Se aplica a taludes empinados en los que el tendido resulte complicado, ayudando a controlar la erosión y a retener detritos provenientes de pequeños deslizamientos. El talud debe reconformarse de manera que el agua de escorrentía sea recolectada y conducida fuera del área potencialmente inestable (Figura 17).

Figura 17. Terraceo de un talud inestable



NOTA: Tomado de García, 1996.

Funciones

- Prevenir problemas de estabilidad y corregir deslizamientos.
- Minimiza la carga o el peso sobre la ladera. Disminuye la longitud y el grado de la pendiente disminuyendo el poder erosivo de escorrentía.

Aplicaciones

- Deslizamientos rotacionales en rocas y suelos.
- Retención de deslizamientos pequeños de detritos.
- Control de la erosión por flujo superficial en laderas (erosión laminar).

2.2 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Las estructuras de contención se utilizan para corregir fallas de taludes en obras lineales, incrementando las fuerzas resistentes. También se utilizan en la pata de la masa deslizada en el caso de pequeñas masas en movimiento; debe dotárseles de un buen drenaje (filtros gradados, tubería colectora, lloraderos) y cimentarlos donde no haya posibilidad de remoción del suelo de fundación. Según García (1996), las funciones de las estructuras de contención son las siguientes:

- Controlar deslizamientos de pequeñas dimensiones en la dirección del movimiento.
- Controlar deslizamientos en la pata de taludes empinados.
- Disminuir la extensión de la falla en grandes masas.
- Soporte inicial en taludes tendidos o de rellenos para bermas.
- Limitar el derecho de vía o los sitios de préstamo de materiales.

La inspección de estructuras de contención, de manera general, incluye la observación de:

- Señales de movimiento en el talud, según lo expuesto en el numeral 1.1.

- Estabilidad al volcamiento, deslizamiento, capacidad portante y general.
- Condición de flujo de agua en el muro, ya sea a través de lloraderos o desagües de filtros; de manera que el caudal de salida sea consecuente con las condiciones de humedad del talud.

A continuación se describen algunas estructuras de contención:

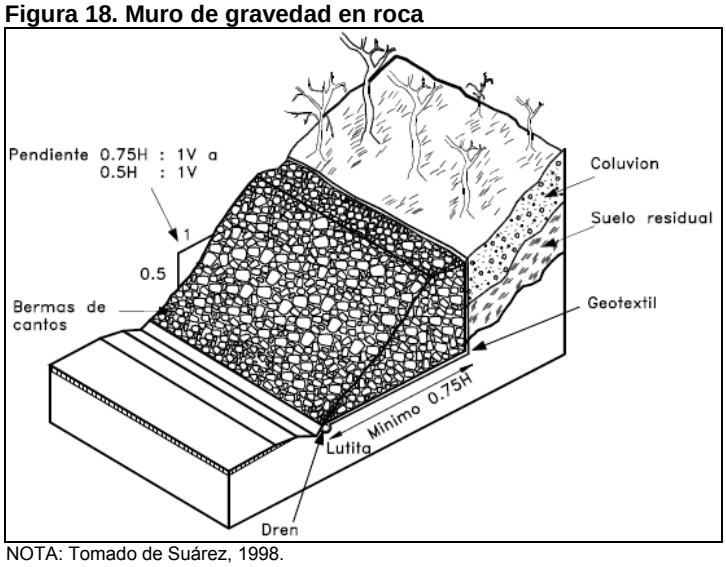
2.2.1 Diques en tierra o roca. Son estructuras que soportan las presiones de tierra por medio de su propio peso (alrededor de la mitad o la cuarta parte de la masa deslizada) (Figura 18)**.**

Según García (1996), se pueden conformar contrapesos con taludes de inclinaciones cercanas a 1:1 si se utiliza un relleno de roca no degradable, sin finos y se proporciona un sistema de intercepción del agua para evitar su ingreso al contrapeso. Los taludes de contrapeso formados por tierra o suelo (mezcla de suelo y roca) no pueden ser superiores al 2H: 1V y la cantidad de finos en la mezcla debe limitarse a un máximo del 20%. Si el material llenante del talud fallado contiene suelos de grano fino, se debe colocar un agregado filtrante o un filtro de geotextil antes de colocar el contrapeso de suelo o roca.

Función
Proveer soporte a una masa de suelo o roca, que ha sido cortada o para ser rellenada. Estas estructuras pueden cumplir funciones como la de retención de suelo y roca, sistema de soporte a excavaciones.

Aplicaciones
- Retención de masas de tierra.
- Soporte a excavaciones.
- En la corrección de deslizamientos rotacionales en suelos y rocas de poca altura (<4 metros) por causas como la litología débil, y en suelos como arcillas, □rasnacion y suelos residuales.
- En la corrección de deslizamientos □rasnacionales de tipo laminar en suelos, involucrando materiales como arcillas y □rasnacion.

Figura 18. Muro de gravedad en roca



NOTA: Tomado de Suárez, 1998.

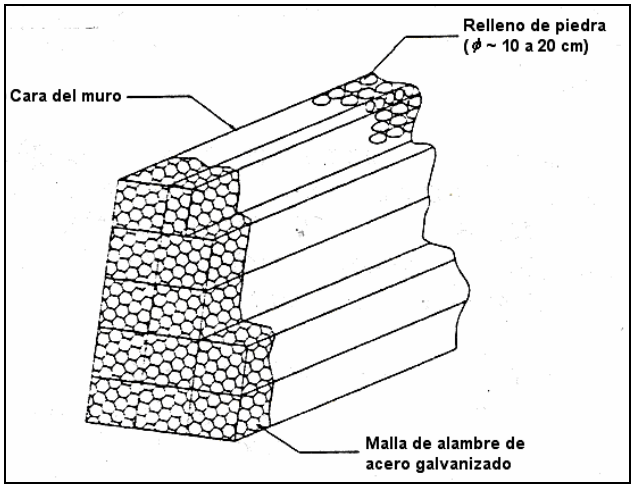
2.2.2 Muros de gaviones. Consiste en unidades de forma paralelepípeda en malla de alambre galvanizado, que se llena con fragmentos de roca dura. Los gaviones deben comportarse como estructuras flexibles para soportar grandes deformaciones sin perder su capacidad estructural o

sus funciones de revestimiento[2]. Los factores que influyen en la flexibilidad de estas estructuras son:

- Geometría y dimensiones de la malla.
- Propiedades mecánicas del alambre.
- Tamaño y forma de las piedras de relleno.
- Número de tirantes y diafragmas.
- Dimensiones del gavión.

Según García (1996), los muros en gaviones son efectivos en situaciones donde es importante el control de erosión, y deben considerarse como parte de los diseños de bermas y taludes tendidos adyacentes a ríos y corrientes. Los principales componentes de un muro de gaviones se muestran en la Figura 19:

Figura 19. Principales componentes de un muro de gaviones



NOTA: Tomado de García, 1996.

De acuerdo con la Sociedad Colombiana de Geotecnia (2000), los tipos de gaviones más empleados en Colombia son los siguientes:

Tabla 2. Dimensiones de los tipos de gaviones más empleados en nuestro medio

TIPO	LONGITUD [m]	ANCHO [m]	ALTURA [m]
Gaviones de base	2.0	1.0	0.5
Gaviones de cuerpo	2.0	1.0	1.0
Colchonetas	4.0	2.0	0.15 a 0.30

NOTA: Tomado de Sociedad Colombiana de Geotecnia, 2000.

Materiales

A continuación se enuncian las principales características de los elementos que conforman los gaviones (Alambre, mallas y material de relleno), de acuerdo con lo sugerido por la SCG (2000)

[2] SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA. Diseño de estructuras de gaviones: Muros y recubrimientos. Especificaciones técnicas básicas para la construcción de estructuras de gaviones. Santafé de Bogotá. Agosto de 2000.

Alambre: Acero dulce recocido, galvanizado en caliente con zinc puro y exento de escamas, grietas, corrosión u otros defectos. Debido a que el zinc es resistente a la corrosión ante aguas con pH entre 6 y 12.5, en aquellos casos en los que las obras estén en contacto con aguas negras o aguas ácidas, puede contemplarse un revestimiento adicional de asfalto o P.V.C. De igual forma, pueden considerarse recubrimientos en concreto en aquellas zonas del gavión expuestas a aguas negras u otro agente contaminante, y particularmente cuando se requiere protección contra la abrasión producida por corrientes de agua.

Los alambres utilizados en el cosido de los gaviones, los tirantes inferiores y las uniones entre unidades, deben ser del mismo diámetro y calidad que el alambre de la malla. El alambre utilizado en las aristas o bordes del gavión debe tener un diámetro mayor, se recomienda que éste sea un calibre inmediatamente superior al del alambre empleado para la malla.

Mallas: Para la construcción de las canastas de gaviones se emplean los siguientes tipos de malla:

- Malla hexagonal de triple torsión.
- Malla hexagonal de doble torsión.
- Malla de eslabonado simple.
- Malla electrosoldada.

Se recomienda el uso de mallas hexagonales de triple torsión debido a que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin producirse rotura. Asimismo, no se abre completamente la malla en el caso de roturas en alambres individuales, tal como sucede en las mallas eslabonadas, además de no presentar los inconvenientes de las zonas de soldadura en las mallas electrosoldadas.

Material de relleno: La dimensión de cada fragmento de roca debe estar entre 0.1 y 0.3 m, se recomienda evitar la utilización de fragmentos de lutita, arcillolita o pizarra, a menos que éstos cumplan con los siguientes requisitos de durabilidad y resistencia:

Índice de desleimiento – durabilidad mayor o igual al 90%, desgaste en la máquina de los Ángeles menor al 50% y la resistencia a la carga puntual debe ser mayor a 10 veces el nivel de esfuerzos al que va a estar sometida la estructura de gaviones.

El relleno debe efectuarse de manera que los fragmentos más pequeños queden en la parte central del gavión, y los fragmentos más grandes queden dispuestos en contacto con la canasta. Para reducir la deformación del gavión, deben colocarse tirantes horizontales en los tercios medios de la altura en los gaviones de cuerpo y en la mitad de los gaviones de base; estos tirantes deben estar espaciados cada 0.5 m en sentido horizontal procurando alternar la posición de las hiladas.

En los gaviones de base, se deben colocar tirantes verticales que unan la tapa con la base. Adicionalmente, pueden colocarse tirantes diagonales en las esquinas de los gaviones que ocupan los extremos de cada hilera.

Función

- Oponerse al movimiento de la masa fallada al inmovilizar la pata del deslizamiento.
- Como muros de contención de tierras y rellenos.
- Proteger las orillas o el lecho de los ríos ante la socavación.

Aplicaciones

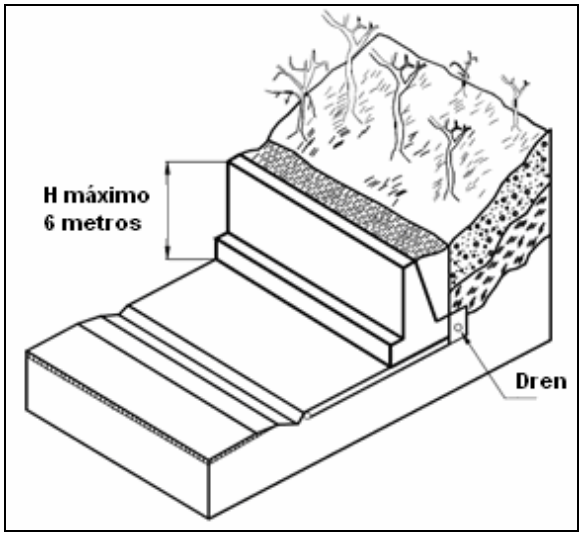
- Como medida correctiva en deslizamientos rotacionales en suelos y materiales residuales.
- Como elementos de corrección de deslizamientos traslacionales ocasionados por pérdida de soporte de la ladera y por los incrementos de esfuerzos o presión de poros.

- Como medida preventiva en caídas de rocas y suelos.

2.2.3 Muros de gravedad en concreto. Son masas relativamente grandes de concreto o concreto con piedra, las cuales trabajan como estructuras rígidas (Figura 20). Actúan como estructuras de peso o gravedad pero no se recomienda su uso en alturas superiores a 6 m, debido al aumento de costos y a la generación de esfuerzos de flexión que no pueden ser resistidos por el concreto simple; generando roturas a flexión en la parte inferior del muro o dentro del cimiento[3].

Los muros de concreto en todos los casos, deben tener un sistema de drenaje para eliminar la posibilidad de presiones de agua. Se deben construir juntas de contracción o expansión a distancias en ningún caso superiores a 20 m. Si los materiales utilizados presentan altas dilataciones por cambio de temperatura, las juntas deben colocarse cada 8 m.

Figura 20. Muro en concreto sin refuerzo



NOTA: Tomado de Suárez, 1996.

Los muros de concreto deben cimentarse por debajo de la superficie de falla con el objeto de obtener fuerzas de reacción por fuera del movimiento que aporten estabilidad del muro y del deslizamiento.

Muros de Concreto Ciclópeo: Son una mezcla de concreto con cantos o bloques de roca dura. Generalmente, se utilizan mezclas de 60% de concreto y 40% de volumen de piedra. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a mayor cantidad de piedra existe mayor posibilidad de agrietamiento del muro por presencia de zonas de debilidad estructural interna.

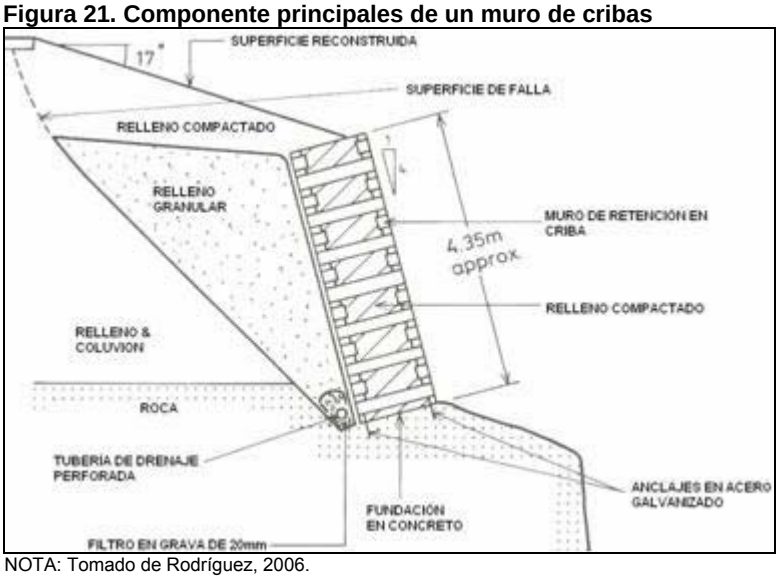
El diseño de un muro de concreto ciclópeo es muy similar al de los muros de concreto simple rígidos y masivos, en ocasiones se le colocan refuerzos de varilla de acero para mejorar su resistencia interna

2.2.4 Muros de encofrado o de cribas. Es una estructura apropiada para reparar pequeños deslizamientos (menos de 6 m de altura) y para prevenir la socavación de la pata de los taludes. Está formada por la unión de un número de celdas juntas y llenas con suelo o roca para obtener

[3] SUÁREZ D, J. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. 1998.
http://albatros.uis.edu.co/~pagina/profesores/planta/jsuarez/publicaciones/librotaludes

resistencia y peso como un muro de retención de gravedad, tiene la ventaja de permitir asentamientos diferenciales importantes. En la Figura 21 se presentan sus partes principales.

Figura 21. Componente principales de un muro de cribas



NOTA: Tomado de Rodríguez, 2006.

El relleno debe estar compuesto por materiales granulares (menores de 0.3 m), por esta razón, el espacio entre largueros se limita a un máximo de 0.25 m. Adicionalmente, el relleno debe ser permeable y resistente a los agentes atmosféricos.

Aplicaciones

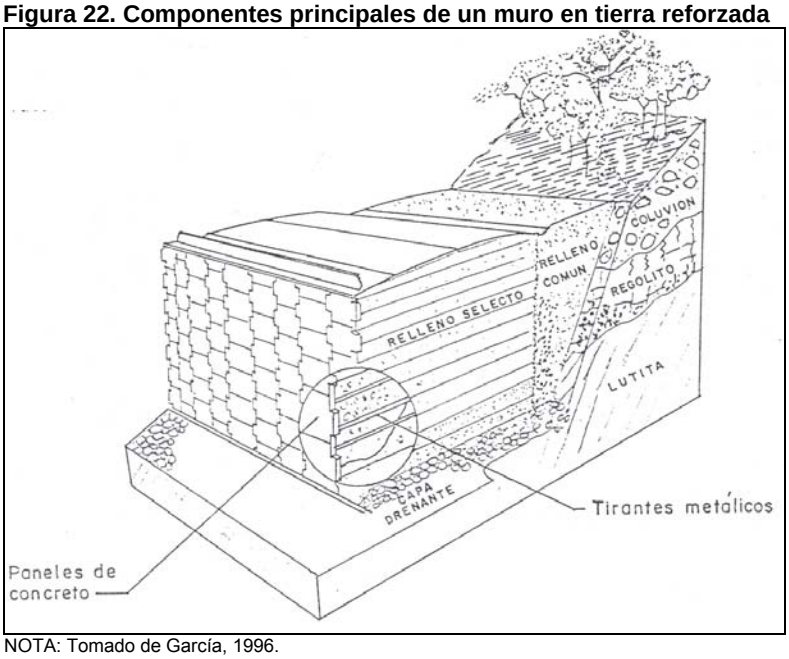
- Como muro flexible de retención de masas de tierra.
- En la corrección de deslizamientos rotacionales en suelos y rocas de poca altura (< 9 m) por causas como la litología débil, y en suelos como arcillas, □rasnacion y suelos residuales.
- En la corrección de deslizamientos □rasnacionales de tipo laminar en suelos, involucrando materiales como arcillas y □rasnacion.
- Como prevención de socavación en la pata de taludes.

2.2.5 Muros de tierra reforzada. El muro o talud se reconstruye alternando las capas de suelo y las de material de refuerzo (Figura 22); este refuerzo está dado por capas de bandas metálicas o geosintéticos que sostienen elementos prefabricados que constituyen la cara de la estructura.

El sistema más popular de muros de tierra reforzada es el refuerzo de terraplenes con geotextiles[4], en el cual el mecanismo de transmisión de esfuerzos es predominantemente de fricción. Un problema importante de los geotextiles es su deterioro con la luz ultravioleta del sol y por esto se requiere que este material permanezca cubierto, con concreto emulsión asfáltica o suelo con vegetación.

[4] SUÁREZ D, J. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. 1998.
http://albatros.uis.edu.co/~pagina/profesores/planta/jsuarez/publicaciones/librotaludes

Figura 22. Componentes principales de un muro en tierra reforzada



NOTA: Tomado de García, 1996.

En su diseño debe considerarse un análisis de estabilidad tanto del conjunto estructura-deslizamiento como de la estructura interna. Los elementos principales de estas estructuras son:

- **Material de relleno:** Debe ser un material capaz de desarrollar fricción, no debe contener materiales orgánicos o perecederos tales como vegetación o residuos indeseados. Cuando se utiliza piedra triturada debe verificarse que el refuerzo no sea fracturado por los bordes angulosos del triturado.
  El material debe compactarse a una densidad tal que garantice la estabilidad del relleno en cuanto a resistencia y compresibilidad, comúnmente se exigen densidades superiores al 95% de la densidad máxima Proctor modificado. El proceso de compactación debe realizarse teniendo cuidado de no romper o deteriorar los elementos de refuerzo. Cuando se emplee refuerzo metálico, el pH del relleno debe ser superior a seis para impedir la corrosión acelerada del acero.
- **Mallas de refuerzo:** Mallas largas, anchas y delgadas de acero galvanizado, fibra de vidrio, etc, con alta resistencia a la tensión y una superficie rugosa
- **Pared exterior del muro:** Elementos prefabricados de concreto reforzado en láminas de acero, o geotextiles recubiertos con concreto lanzado o protecciones vegetales.
- **Conectores:** El material utilizado para conectar las paredes del muro con los anclajes y las paredes debe ser de material electrolíticamente compatible para evitar la corrosión.

Aplicaciones

- Relleno de contra fuerte.
- Como terraplén reforzado.
- Como estructura de retención de tierras.

2.2.6 Muros de concreto reforzado. Una estructura de concreto reforzado resiste los movimientos debidos a la presión de la tierra sobre el muro. El muro a su vez se apoya en una cimentación por fuera de la masa inestable.

Existen los siguientes tipos de muro reforzado (Figura 23)[5]:

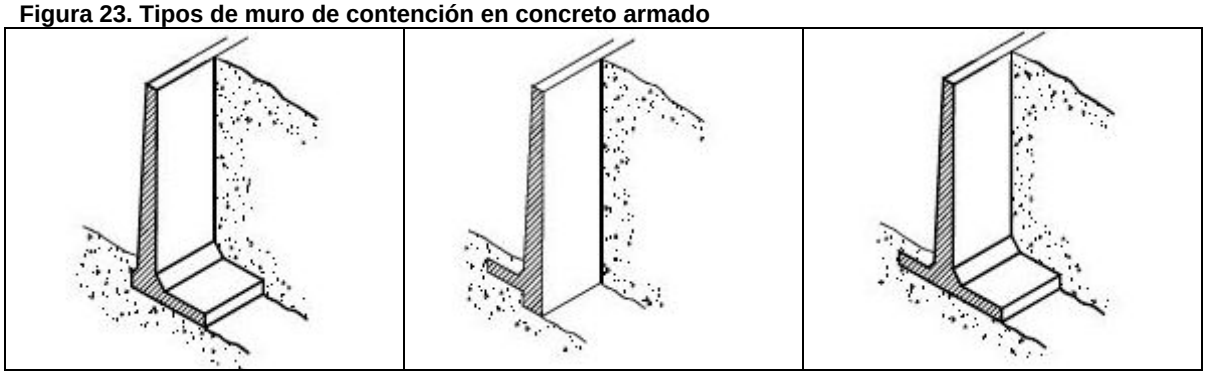
- Muros empotrados o en voladizo: construidos en forma de L o T invertida, compuestos por una placa monolítica semivertical o inclinada con otra placa en la base (Figura 23 (a, c)).
- Muros con contrafuertes: son aquellos en los que la placa vertical está soportada por contrafuertes monolíticos que le dan rigidez y ayudan a transmitir la carga a la placa de cimentación (Figura 23 (e)).
- Muros con estribos: adicionalmente a la placa vertical, la placa de cimentación, los contrafuertes, tienen una placa superior sub-horizontal que aumentan la rigidez y capacidad para soportar momentos (Figura 23 (f)).

En la mayoría de los casos se colocan llaves o espolones de concreto debajo de la placa de cimentación para mejorar la resistencia al deslizamiento (Figura 23 (b, d)).

En todos los casos los muros de concreto armado debe contener un sistema de drenaje detrás de su pared vertical o un sistema de lloraderos o salidas para el agua represada detrás del muro. Debe considerarse que en suelos completamente secos, la presencia del muro puede inducir el represamiento de pequeñas cantidades de agua de infiltración.

Para evitar fisuras o grietas relacionadas con cambios de temperatura debe preverse la construcción de juntas estructurales.

Figura 23. Tipos de muro de contención en concreto armado



(a) En L (b) L reversa con llave (c) T invertida

(d) T invertida con llave (e) Con contrafuertes (f) Con estribos

NOTA: Tomado de Suárez, 1998.

[5] SUÁREZ D, J. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. 1998.
http://albatros.uis.edu.co/~pagina/profesores/planta/jsuarez/publicaciones/librotaludes/

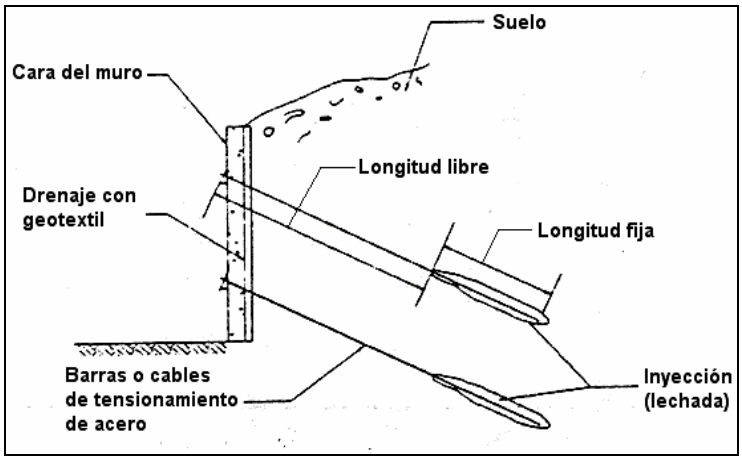
Aplicaciones

- Como estructura de contención, retención de tierras y soporte a excavaciones en laderas.
- En la corrección de deslizamientos rotacionales de poca altura (<8 metros) en suelos y deslizamientos traslacionales en suelos; involucrando materiales como arcillas y coluviones.
- Como estructura hidráulica en aliviaderos y en la delimitación de canales.

2.2.7 Muros anclados. Los anclajes de tierra son elementos estructurales que se introducen en la masa de suelo o roca y actúan restringiendo el movimiento del muro de contención. Los componentes principales de un muro anclado son[6] (Figura 24):

- Acero preesforzado: Tensores de alambre o barras, sencillos o múltiples.
- Longitud de anclaje: la porción del acero preesforzado que se fija a la lechada inicial.
- Longitud no anclada: La porción del acero preesforzado que no se fija o se entraba.
- Cabezal de anclaje: Tuerca plana y roscada que permite el preesfuerzo del acero.

Figura 24. Componentes de un muro anclado



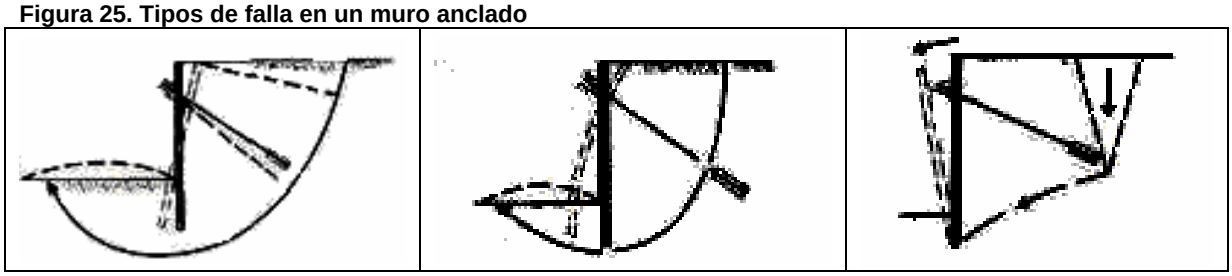
NOTA: Tomado de García, 1996.

En la Figura 25 se muestran mecanismos de falla típicos:

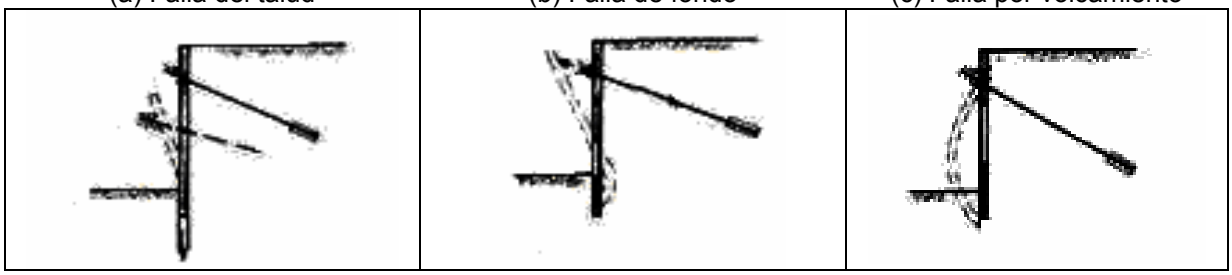
- Falla de talud: El muro se desplaza completamente dentro de la cuña movilizada, cuyas dimensiones superan la profundidad de anclaje y de cimentación
- Falla de fondo: Se identifican desplazamientos de la base del muro y del suelo por delante de éste, sin que la cuña generada supere la profundidad de anclaje
- Falla por volcamiento: El bloque movilizado supera la profundidad de anclaje y la geometría de la cuña de falla favorece el volteo de la estructura.
- Punzonamiento: las fuerzas verticales ejercidas por el muro superan la capacidad portante de suelo de fundación, produciéndose un desplazamiento vertical.
- Falla de anclaje: La capacidad de carga de los anclajes no es suficiente ante las fuerzas ejercidas, permitiendo el movimiento del muro.
- Falla de muro: Ocurre debido a una deficiencia estructural generalizada del muro, el cual se deforma por encima de límites admisibles, debido a las presiones ejercidas por el terreno.

[6] GARCÍA LÓPEZ, Manuel. Manual de estabilidad de taludes. Instituto Nacional de Vías. 1996.

Figura 25. Tipos de falla en un muro anclado



(a) Falla del talud (b) Falla de fondo (c) Falla por volcamiento



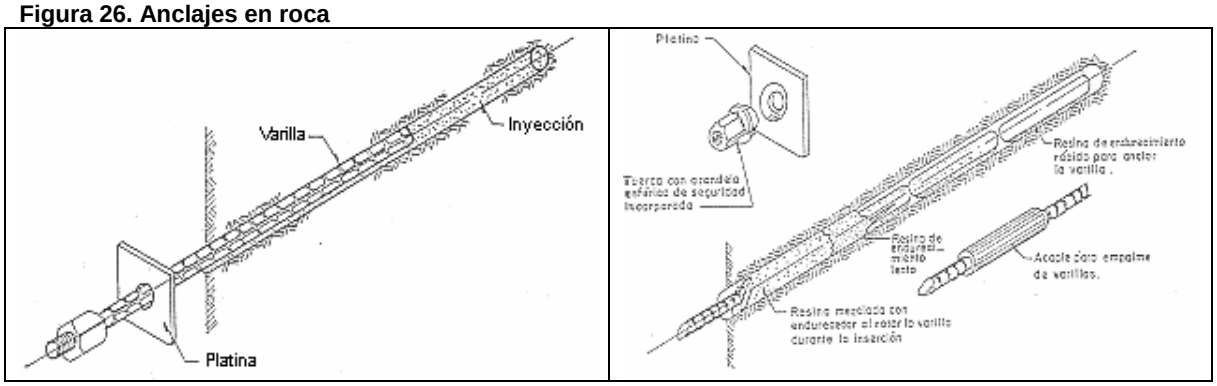
(d) Punzonamiento (e) Falla del anclaje (f) Falla del muro

2.3 ANCLAJES EN SUELO Y ROCA

Se refiere a anclajes o tensores, pre-esforzados o no, que se emplean solos o en conjunto con estructuras de contención como las citadas anteriormente. Entre los puntos que deben considerarse en este caso, se cuentan el de permitir alguna tolerancia por excesos temporales de presión de poros y la correspondiente consolidación bajo las losas, pantallas o paredes ancladas y las pérdidas de tensión de anclaje.

2.3.1 Anclajes en roca. Se emplea en el control de deslizamientos en roca. Para fijar losas de espesor moderado, se pueden utilizar anclajes pasivos tales como pernos de roca inyectados en toda su longitud (Figura 26). Otra aplicación consiste en asegurar grandes bloques en taludes de suelos residuales o en coluviales densos que se pueden amarrar con varillas, cables o cadenas aseguradas a pernos o anclajes.

Figura 26. Anclajes en roca



(a) Perno en roca, no tensionado (b) Varilla corrugada postensada con relleno de arcilla

NOTA: Tomado de García, 1996.

2.3.2 Pantallas ancladas. Son muros de concreto vaciado directamente sobre la cara del talud, con formaleta frontal, o construidos con elementos prefabricados. Obtienen su capacidad de

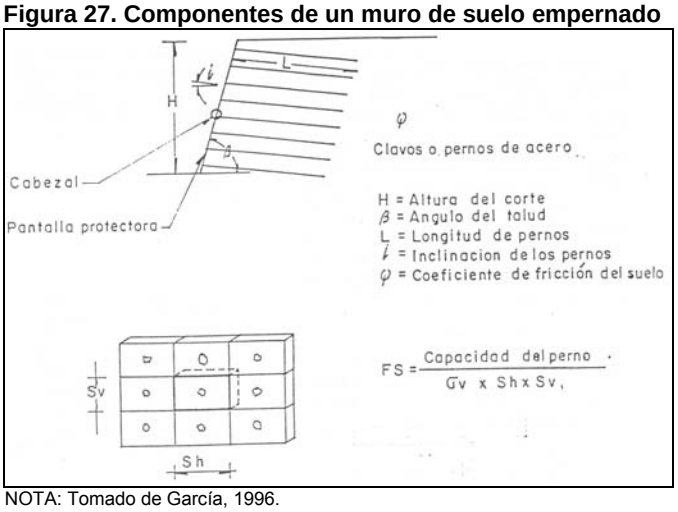
contención de una serie de cables o barras pre o postensadas colocadas en perforaciones realizadas previamente y ancladas a terreno firme detrás de la superficie de falla por medio de inyecciones de mortero.

De García (1996) se extraen algunos factores de diseño y construcción que deben ser considerados durante la inspección; estos son:

- El área transversal mínima del elemento a tracción debe ser una barra única o un conjunto de alambres, debe ser de más de 2,25 cm² para anclajes provisionales y 3,0 m² en permanentes.
- La protección contra corrosión es esencial en anclajes permanentes
- Drenajes eficientes

2.3.3 Suelo empernado o sistema de clavetaje ("soil nailings"). Consiste en reforzar el suelo en el sitio con la intrusión de barras o perfiles de acero hincados o barrenados e inyectados con lechada de cemento o mortero en toda su longitud. Uno de sus extremos se conecta a un recubrimiento estructural del talud formado generalmente con malla de refuerzo y concreto lanzado. Los componentes principales de este tipo de estructuras se muestran en la Figura 27.

Figura 27. Componentes de un muro de suelo empernado



NOTA: Tomado de García, 1996.

Clavos o pernos: Consisten en barras de acero estructural ordinario (típicamente No. 8), cuya separación es entre 1,0 m y 1,5 m con el propósito de lograr un refuerzo uniforme.

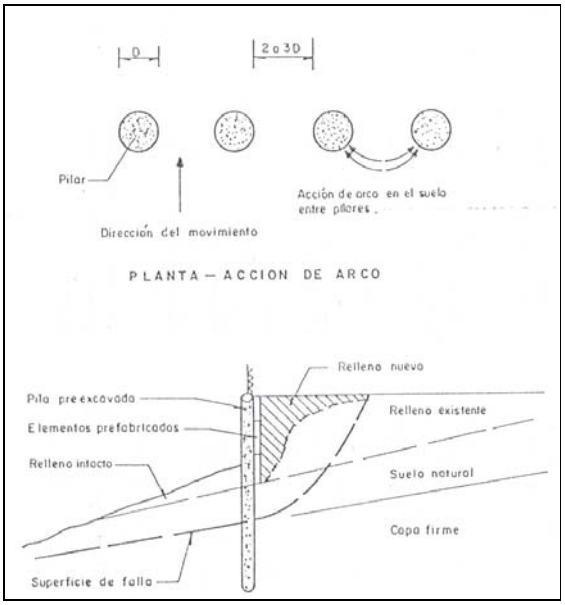
Pantalla protectora: Consiste en un acabado para proteger la superficie del terreno de los agentes erosivos, generalmente conformado por una losa de concreto proyectado, reforzado con una malla de acero electrosoldado.

Cabezal: En este tipo de obras, la transferencia de fuerzas entre terreno y refuerzo se produce principalmente por adherencia sobre la barra de refuerzo, por lo que los cabezales no generan fuerzas concentradas significativas que ameriten el chequeo de la losa por punzonamiento.

2.3.4 Pilotes y caissons. Deslizamientos poco profundos pueden estabilizarse con un sistema de contención con pilotes hincados en forma continua o poco espaciados. Los pilotes deben empotrarse en suelo firme y competente para evitar su arrancamiento o inclinación. Es común la utilización de estructuras de concreto armado, uniendo las cabezas de los pilotes para mejorar su rigidez y comportamiento en general.

En deslizamientos más profundos se han empleado tablestacados anclados con pilotes excavados o con caissons actuando en voladizo. (Figura 28).

Figura 28. Uso de pilotes y caissons para control de deslizamientos



NOTA: Tomado de García, 1996.

De García (1996) se extraen algunos lineamientos a considerar durante la inspección, estos son:

- El espaciamiento entre pilas deben impedir el flujo de suelo entre ellos
- La resistencia a la flexión o al pandeo de las pilas debe ser suficiente para evitar el movimiento del talud, siendo un factor crítico que restringe su uso a deslizamientos pequeños
- Movimientos excesivos pueden indicar que la pila no llegó debajo de la superficie de falla o que la profundidad no fue suficiente para garantizar la estabilidad.

2.4 REVESTIMIENTOS DE TALUDES

La protección con elementos estructurales como bloques de concreto o piedra pegada con mortero puede emplearse cuando el material que conforma el talud no es apropiado para el crecimiento de la vegetación, cuando ésta no puede garantizar la estabilidad a largo plazo o cuando el talud es susceptible de sufrir caídas de roca y deslizamiento de detritos. En este tipo de obras debe evitarse la generación de presiones hidrostáticas detrás del revestimiento, esto se logra mediante el uso de geotextiles o capas de material granular entre el terreno natural y el revestimiento. Adicionalmente, estas obras deben complementarse con desagües en la base del talud.

Estos revestimientos pueden ser de cuatro tipos:

2.4.1 Con vegetación. Se emplea vegetación que puede fijarse con geomallas mientras germina o enraiza. También pueden colocarse cespedones de pasto asegurados al talud con estacas de madera.

2.4.2 Flexibles. Se utilizan para evitar la caída de roca, están formados por mallas metálicas ancladas al talud con pernos para roca o con varillas insertadas en las discontinuidades. En algunos casos se emplean para controlar (no evitar) la caída de bloques, extendiendo la malla a lo largo del talud y dejando los amarres muy espaciados, con el propósito que la malla atrape los bloques desprendidos y reduzca su energía.

2.4.3 Rígidos livianos. Consisten en la colocación de mallas metálicas y aplicación de concreto lanzado. El talud debe ser alisado, uniformizado o escalonado para mejorar el anclaje de la malla.

2.4.4 Rígidos pesados. Incluye los entramados de concreto prefabricados o fundidos en sitio, los bloques de concreto y las pantallas de concreto.

2.5 ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN DE ROCAS

Este tipo de obras buscan reducir la amenaza generada por la ocurrencia de eventos de caída de rocas controlando la distancia y la dirección de la trayectoria de caída. Además de las obras ya descritas en el numeral anterior, a continuación se enumeran otros tipos de estructuras de retención:

2.5.1 Escudos contra caídas de rocas. Son estructuras fuertes de concreto reforzado, concreto pre-esforzado o metálicas que cubren un tramo de carretera para protección contra la caída de roca, absorbiendo el impacto de los bloques desprendidos y cambiando la trayectoria de su movimiento (Figura 29 (a, b)). Encima de los escudos se acostumbra colocar una capa de arena de 0.9 m de espesor para amortiguar los impactos.

2.5.2 Cunetas, bermas y trincheras de intercepción. Se construyen para recoger los bloques caídos y evitar que lleguen a la carretera (Figura 29 (c, d)).

2.5.3 Cercados y redes de contención en malla de alambre. Se colocan entre el espaldón de la carretera y el tope del talud. En general, se diseñan para detener bloques de hasta 0.6 m de diámetro. (Figura 29(e)).

2.5.4 Muros de contención. Se utilizan para evitar el ingreso de los bloques desprendidos a la carretera y para su almacenamiento. Se construyen en concreto reforzado, gaviones, rieles y travesaños metálicos, postes y cables, vigas de perfil en I, y en maderos y postes (Figura 29(f)).

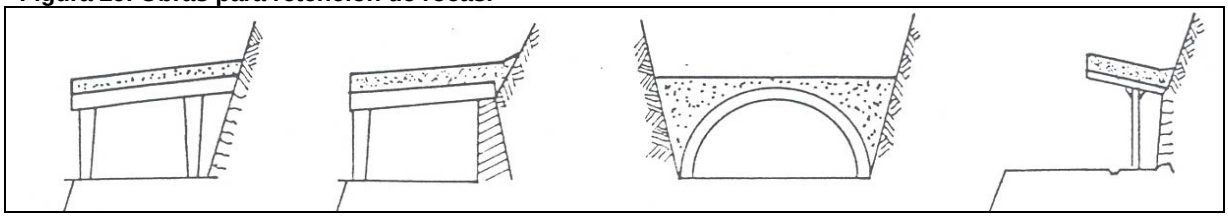
Función

- Detener el movimiento y absorber de la energía producida por impacto de rocas.
- Desviar la trayectoria del movimiento de las rocas para que no ocurran daños en zonas específicas.

Aplicaciones

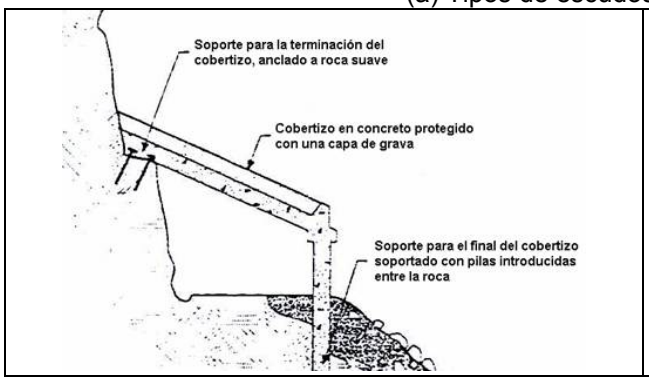
- Flujos de rocas con partículas menores a 2 m de diámetro.
- Impactos con energía cinética menor a 1 M-J (Mega joules), para este propósito se diseñan muros de contención rígidos.

Figura 29. Obras para retención de rocas.

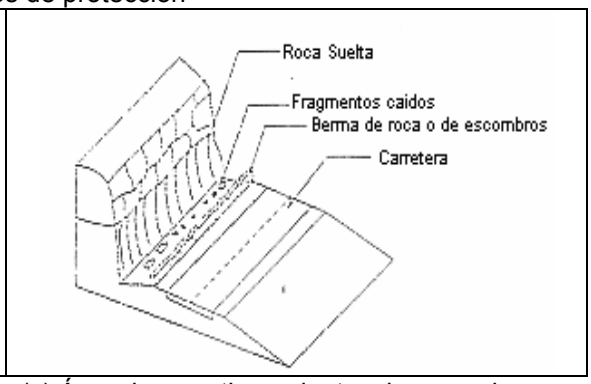


(1) Tipo puerta (2) Con muro de contención (3) En arco (4) En alero

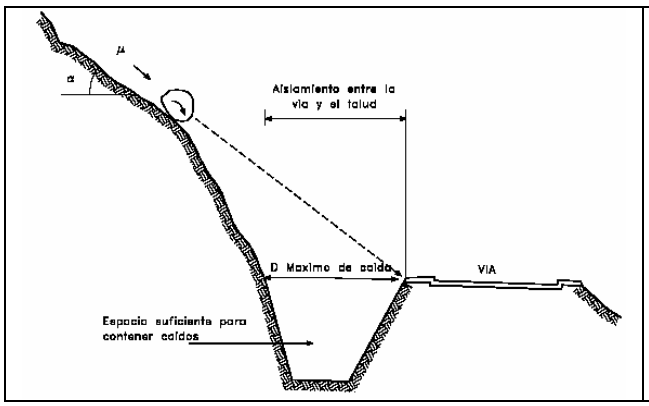
(a) Tipos de escudos de protección



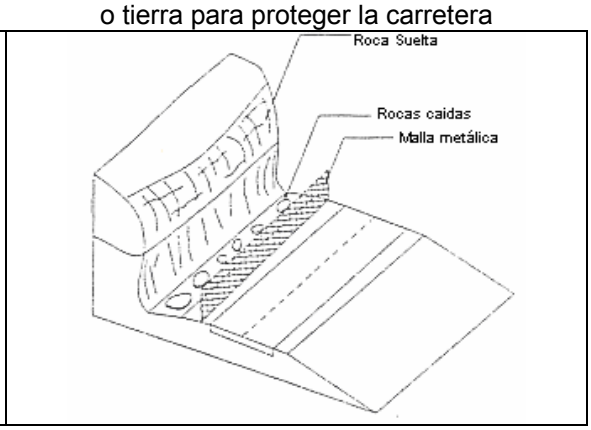
(b) Partes de un escudo de protección



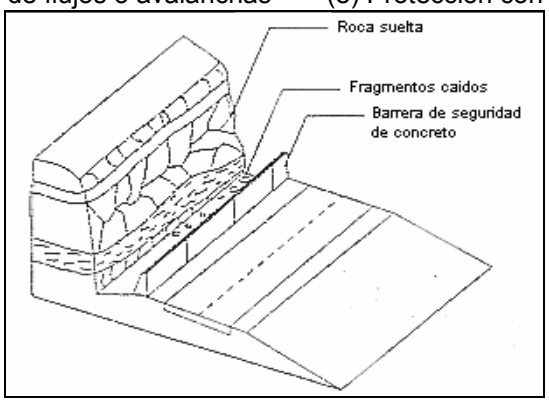
(c) Área de amortiguamiento y bermas de roca o tierra para proteger la carretera



(d) Trincheras para control de flujos o avalanchas*



(e) Protección con defensa de malla metálica



(f) Muros de contención como barrera de protección.

NOTAS: Tomado de García, 1996 y *Tomado de Suárez, 1998.

3. REGISTRO DE DAÑOS

Para el registro de información de campo se proponen los formatos presentados en la Figura 30 y la Figura 31. En la Figura 30 se presenta la primera página del formato, la cual tiene cuatro secciones que serán descritas a continuación:

En la Sección 1 se recopilan los datos generales; dentro de éstos se encuentra el código de la territorial, la fecha de inspección de la obra, el nombre del inspector y el número de hojas diligenciadas.

En la sección 2 se registra nombre de la vía, nombre del sector, contrato (identificando número y año), código de la vía y si la obra pertenece a una concesión, un Corredor de mantenimiento integral o si está a cargo de Administradores viales, en cuyo caso, deberá indicarse el número de grupo. A continuación se deberá indicar la ubicación de la obra (PR inicial y final, costado de la vía), el tipo de obra (de acuerdo con la tipología de obras establecida en el reverso del formato), sus dimensiones generales y por último, un espacio para la aclaración del tipo de obra en caso que esta no haya sido incluida en la tipología.

En aquellos casos en los que se identifique un problema de inestabilidad del terreno deberá emplearse la sección 3, en esta sección se deben acoger las definiciones dadas en el Capítulo 1 y llenar el formato marcando con una 'X' el tipo de movimiento observado y su estado, distribución y estilo de la actividad del movimiento, adicionalmente deberá tomarse la longitud de calzada afectada, en caso que el daño esté asociado con la vía.

En las dos primeras columnas de la sección 4 se presentan los daños considerados como generales, los cuales podrían eventualmente ser útiles en la descripción de daños típicos en cualquier tipo de estructura de contención. Posteriormente se agrupan los daños típicos para los demás tipos de obras descritas en el Capítulo 2, los cuales pueden complementar las patologías definidas como generales. Por último, en las siguientes columnas deberá registrarse las dimensiones de la patología identificada, la fotografía correspondiente y las observaciones que se consideren necesarias.

De igual forma, el reverso del formato se dividió en tres secciones (Figura 31). En la primera sección se encuentra la tipología de obras a considerar en la sección 2 de la Figura 30; allí se indican los números con los cuales se identificará el tipo de obra inspeccionada. En la sección 3, se encuentra un espacio para esquematizar la geometría de la obra, detalles adicionales del entorno geológico-geotécnico y cualquier otro esquema que se considere pertinente para mostrar las patologías identificadas. Finalmente, en la sección 3 se previó un espacio para redactar algún tipo de aclaración que el inspector considere necesaria en el momento de la visita.

3.1 RECONFORMACIÓN

Debido a que las obras de reconformación lo que pretenden es redistribuir las cargas gravitacionales quitando material en unas zonas y colocando más material en otras de manera que el factor de seguridad sea mayor, además de controlar el flujo superficial de agua; en estas obras la inspección se concentra en las deformaciones superficiales que puedan existir en las obras ejecutadas (ondulaciones, escalonamientos) y que el agua superficial escurra por las estructuras dispuestas para ello.

De esta forma, en la sección 2 se debe anotar todo lo referente a la localización de la obra. Las dimensiones de las reconformaciones corresponden a las dimensiones totales del talud, medido en metros. Si la reconformación está acompañada de una estructura de contención, se anotaran las dimensiones de la estructura, y se dejará constancia de la presencia de reconformación como parte de la solución de estabilización.

Si no hay ninguna deformación apreciable, no hay nada que deba registrarse en la sección 3. En caso de haber manifestaciones de una inestabilidad del talud, hay que definir el tipo de movimiento, según lo expuesto en el capítulo 1.2.

Figura 30. Formato de registro de daños. Primera página. Secciones para diligenciamiento

ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
Convenio Interadministrativo 0587 de 2003

1

REGIONAL: ☐☐ - _____ FECHA: ☐☐ - ☐☐ - ☐☐☐☐
LEVANTÓ: _____ HOJA: ☐☐ DE: ☐☐

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ

INSPECCIÓN DE TALUDES Y OBRAS DE CONTENCIÓN CONTRATO: _____

NOMBRE DE LA VIA: _____ NOMBRE DEL SECTOR: _____

CODIGO DE LA VIA: _____ CONCESIÓN: ☐ MANTENIMIENTO INTEGRAL: ☐ SECTOR DE ADMON. VIAL Nº : ☐

IDENTIFICACIÓN

2

1. Ubicación
PR inicial: _____ PR final: _____
Costado: _____

2. Características de la obra
Tipo de obra No. (ver reverso) _____ Otra: _____
Longitud: _____ m Altura: _____ m Ancho: _____ m No. de Secciones: _____

ESTABILIDAD DE TALUDES

a. Tipo de movimiento

3

Caída ☐ Volcamiento ☐
Deslizamientos: Rotacionales ☐ Traslacionales ☐
Flujos: Flujo plástico (creep) ☐ Flujos de detritos ☐ Flujos de lodos ☐

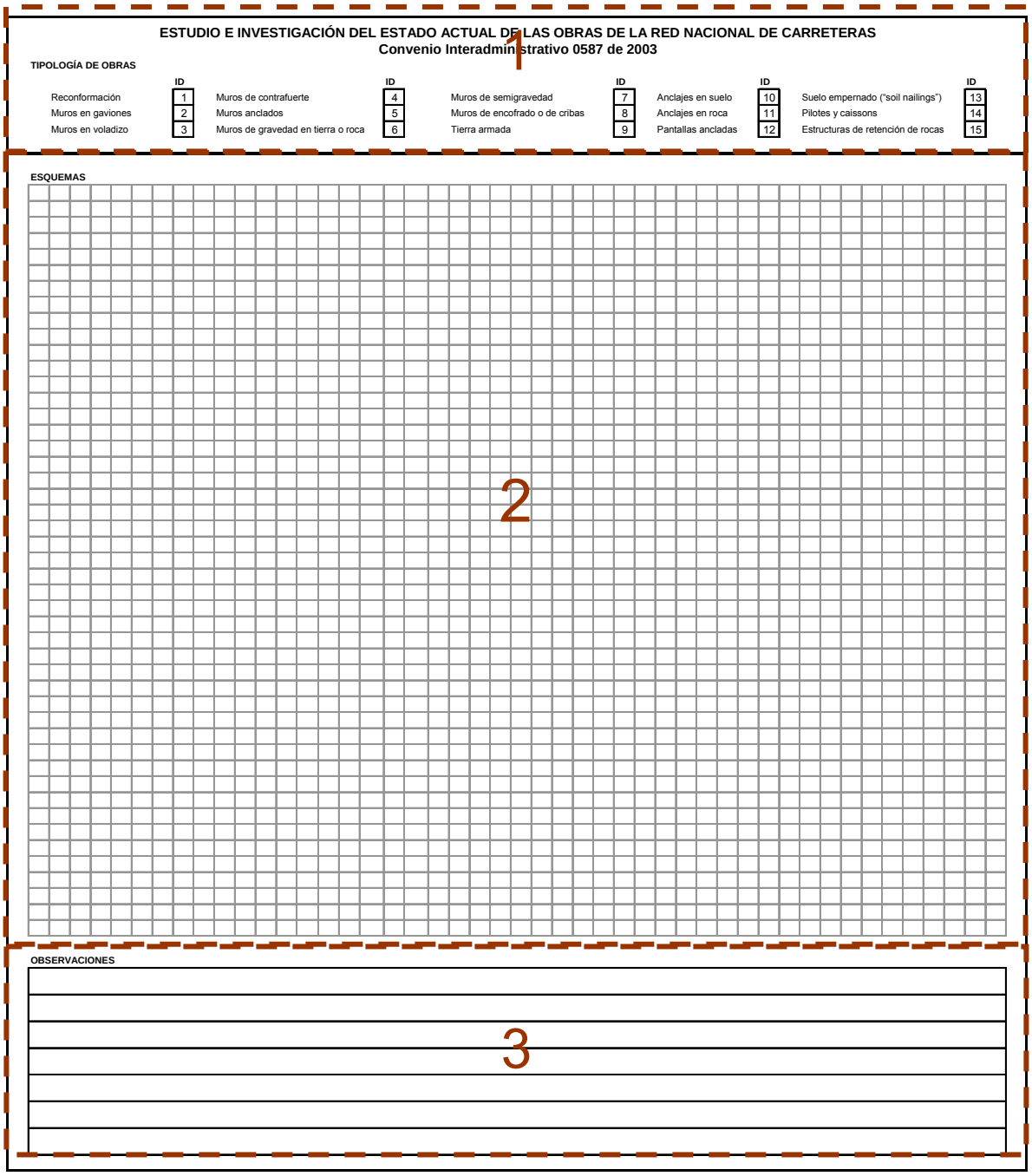
b. Longitud de calzada afectada _____ m

OBRAS DE CONTENCIÓN

4

Obras	Tipo de daño	Dimensiones	No. Foto	Observaciones
General	Socavación			
	Asentamientos			
	Giros			
	Desplome			
	Volcamiento			
	Fisuras			
	Grietas			
	Fracturamiento			
	Filtraciones			
	Vegetación			
	Drenajes insuficientes			
	Drenajes obstruidos			
Reconformación	Obstrucción de bermas			
	Flujos			
	Inestabilidad del terreno			
Muros en concreto	Juntas frías			
	Refuerzo expuesto			
	Segregación			
	Hormigueros			
	Eflorescencias			
	Carbonatación			
	Contaminación del concreto			
Anclajes	Punzonamiento			
	Pérdida de pernos			
	Fisuramiento de placa			
Muros de tierra reforzada	Paneles			
	Asentamiento			
	Exposición del refuerzo			
Gaviones	**Malla**			
	Corrosión			
	Rotura de la malla			
	Perdida del recubrimiento			
	Agregados			
	Meteorización			
	Tamaño inadecuado			

Figura 31. Formato de registro de daños. Segunda página. Secciones para diligenciamiento



En la sección 4 se debe anotar la existencia de asentamientos, grietas, filtración, vegetación y drenajes. Los asentamientos, en caso de haber alguna referencia, anotar la magnitud del mismo. De las grietas se debe anotar la longitud, la abertura, la profundidad y el material de relleno en lo posible. La vegetación y el drenaje dan una idea de la funcionalidad de las estructuras de control del flujo de agua. Vegetaciones con una coloración fuerte en contraste con las laderas aledañas son indicio de una alta humedad. Además se debe verificar si los drenajes entregan agua a las alcantarillas. Estas anotaciones se deben registrar en la columna de 'Observaciones'.

En la sección 1 del reverso se debe registrar reconformación y cualquier otra estructura que adicional. El esquema se debe dibujar en la sección 2, con una vista de planta y otra de corte, debidamente acotados por las dimensiones medidas en campo.

Cualquier información adicional que el inspector desee consignar, hay un espacaio ampli en la sección 3.

3.2 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

En cuanto a las estructuras de contención, el formato contiene una parte general inherente a todas estas, y otra más específica que varía según el tipo de estructura.

En la sección 2 se debe consignar las dimensiones características de la estructura: longitud, altura y ancho. Esta información debe ser complementada por el dibujo esquemático de la forma de la estructura y sus dimensiones. Para la inspección de estructuras de contención es importante conocer a priori las dimensiones y formas, con el fin de establecer cambios como giros y asentamientos, en particular. La sección 3 se diligenciará como fue expuesto en el capítulo 3.1.

En el primer grupo de filas de la sección 4, que corresponde a las consideraciones 'Generales' de cualquier estructura de contención, se identificará el daño existente entre los siguientes: socavación, asentamientos, giros, volcamiento, grietas, fracturamiento, filtraciones, vegetación, drenaje.

- **Socavación:** se debe registrar la profundidad, el ancho y la longitud afectada. Si hay posibilidad de conocer el material de fundación, anotar en las observaciones el tipo de material, en particular respecto a la gradación aparente.

- **Asentamientos:** no son fáciles de establecer, a menos que haya un punto de referencia que permita obtener una medición de los mismos. Sin embargo, los asentamientos diferenciales si son fáciles de observar, cuando se nota una inclinación de la superficie de la estructura de contención. La magnitud del asentamiento debe anotarse, y, si es diferencial, se debe registrar también la longitud en la que se presenta dicha diferencia. En las observaciones debe anotarse cualquier factor adicional que permita establecer posibles causas del asentamiento, ya sea por material blando, diferencia en la humedad del suelo/roca a lo largo de la estructura, etc.

- **Volcamientos:** es importante definir el ángulo de la inclinación. Si no se tiene una brújula que permita hacerlo, se puede utilizar una plomada para establecer los catetos que forman el ángulo, o sea, la altura y la diferencia horizontal.

- **Giros:** son rotaciones respecto a un eje vertical. Se pueden apreciar fácilmente, ya que generalmente producen ondulaciones superficiales y agrietamientos en los muros de gravedad o reforzados. El giro no necesariamente tiene que ser de toda la estructura, puede ser solo una porción de la misma. Por tal motivo, en la columna 'Dimensiones' se anotará la longitud de la estructura que presenta giro, y el ángulo de giro, o en su defecto, el desplazamiento máximo ocurrido. En las 'Observaciones' se registrará la dirección del giro.

- **Grietas o fisuras:** son producidas generalmente por esfuerzos de flexión en muros de gravedad y reforzados. De estos daños se debe reportar la longitud, la profundidad y la abertura en la columna 'Dimensiones'. Características del relleno y de la rugosidad deben ser anotadas en la columna 'Observaciones', además de exposición de hierros en caso que sea un muro reforzado. Es importante registrar en el esquema la orientación y localización de las grietas en la estructura y respecto al talud.

- **Fracturamientos:** corresponden al desprendimiento de fragmentos de la estructura de contención, producto del impacto de algún objeto con el muro, o de la unión de 2 o más grietas formando bloques individuales. En la columna 'Dimensiones', se debe anotar la altura, la profundidad y longitud, con el fin de establecer el volumen de muro que presenta fracturamiento, además de dibujar la localización relativa del daño respecto al muro y cualquier característica particular influyente del talud (p. ej. rocas que hayan impactado.)

- **Filtraciones:** Cualquier tipo de afloramiento de agua en el talud, ya sea a través de orificios o grietas, debe ser anotado. El origen de la filtración será consignado en la columna 'Observaciones' con alguna anotación al menos cualitativa del caudal, y la coloración de la estructura en el afloramiento.

- **Vegetación:** las características de cobertura del talud en términos de vegetación son fundamentales para establecer patrones de erosión e infiltración que complementen el panorama general respecto a la ladera. En la columna 'Dimensiones' se anota el porcentaje de cobertura vegetal del talud, y en las 'Observaciones' características cualitativas de coloración (p. ej. verde claro, verde oscuro, verde intenso) y tipo de vegetación (p. ej. arbustos, árboles, pasto).

- **Drenajes:** con el fin de establecer la posibilidad que tiene el talud de eliminar el agua subsuperficial, se construyen filtros, que entregan las aguas a alcantarillas o lloraderos. La única observación es respecto a su funcionamiento. Si no hay entrega de caudal, estando húmedo el talud, se debe anotar en 'Observaciones'.

3.2.1 Muros de gaviones. Las estructuras de gaviones son diseñadas como muros de gravedad. Su integridad está relacionada con las características de los agregados, la malla, y las deformaciones presentes. Respecto a la malla, debe anotarse en 'Observaciones el tipo (hexagonal de triple torsión, hexagonal de doble torsión, eslabonada simple o electrosoldada). En cuanto a las características de la malla:

- **Corrosión:** las dimensiones de la corrosión se miden en área. En 'Observaciones' se registra si la corrosión es parcial o total, y el agente corrosivo que precipitó el daño (humedad ambiental, fluidos corrosivos, etc.).

- **Rotura de la malla:** las dimensiones se miden en área de malla afectada. En 'Observaciones' se anota si hay deformaciones importantes que impidan 'coser' la malla, o si la reparación requiere una reconformación del gavión. En cualquier caso, anotar el número de gaviones involucrados, y en el esquema dibujar la forma como esta localizada la rotura de la malla.

- **Pérdida del recubrimiento:** en el caso en que los gaviones sean parcial o totalmente recubiertos, se debe anotar en 'Observaciones' el tipo de recubrimiento, y en 'Dimensiones' el área afectada por el desprendimiento.

La conformación de los gaviones tiene ciertos aspectos en cuanto a las características de los agregados. En este caso se va a valorar solo la calidad del material:

- **Meteorización:** en el formato se consignará en la columna de 'Observaciones' una descripción cualitativa de la calidad del agregado, y su susceptibilidad a la erosión. Esto se nota por la presencia de polvillo de residuo o escamas en el agregado.

- **Tamaño inadecuado:** El tamaño mínimo del agregado debe ser, en todo caso, superior a la abertura de la malla. Tamaños similares o inferiores deben ser reportados en las

'Observaciones'. Si el comportamiento es general, referenciarlo, sino, anotar cuantos gaviones presentan esta deficiencia.

3.2.2 Muros de gravedad de concreto y muros de concreto reforzado. En la sección 4 del formato de registro de daños, existe un espacio destinado al reporte de las afectaciones propias de estas estructuras. La inspección debe incluir:

- **Juntas frías:** Se generan por el vaciado de concreto en diferentes etapas y cuando no son tratadas correctamente, permiten el ingreso de agua y de agentes nocivos para el concreto y para el acero de refuerzo, en caso de existir. El reporte de este daño se hace en metros lineales de la longitud afectada, especificando en lo posible si el acero de refuerzo se encuentra expuesto o puede estar siendo afectado por el daño; también debe señalarse dentro del esquema en la sección 2 del reverso del formato de registro. Si existen varias juntas frías, debe hacerse el reporte de cada una por separado, señalando los aspectos mencionados.

- **Refuerzo expuesto:** Este daño se genera por la pérdida del recubrimiento de concreto del acero de refuerzo; el acero entonces queda expuesto al ambiente y se presentan problemas de corrosión. Su reporte debe realizarse en área (m2) y debe señalarse en el respectivo esquema en la sección 2 del reverso del formato de registro.

- **Segregación:** Este daño consiste en la distribución inadecuada de los componentes de la mezcla. Su reporte se debe realizar cuantificando el área afectada (m2) y mencionado, en lo posible, si el acero de refuerzo se encuentra expuesto o con corrosión derivada de este daño. Debe señalarse en el esquema al respaldo del formato de registro.

- **Hormigueros:** Se generan por varias causas entre las que se destacan la falta de vibrado, la práctica inapropiada en la colocación del concreto en zonas con alta densidad de refuerzo y la dosificación inadecuada de mezclas de concreto. El reporte de los daños se debe realizar consignando el área afectada (m2) y se debe señalar en el esquema en la sección 2 del reverso del formato de registro.

- **Eflorescencias:** Son depósitos de sales en la superficie del concreto. Su reporte se realiza cuantificando el área afectada (m2). (Ver Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones, numeral 3.3.1).

- **Carbonatación:** Es la reacción que se presenta entre el dióxido de carbono (CO_2) del aire atmosférico o del suelo con los componentes alcalinos del concreto $Ca(OH)_2$. Puede generar corrosión del acero de refuerzo. El reporte de este daño se debe realizar consignado el área afectada (m2). (Ver Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones, numeral 3.3.2).

- **Contaminación del concreto:** Consiste en la afectación del concreto principalmente por ataques químicos de sustancias producidas por la presencia de microorganismos o de vegetación en la superficie de las estructuras. Estos ataques químicos pueden aumentar la permeabilidad del concreto, transformar los compuestos del cemento, generar cambios de color en el concreto, entre otros (Ver Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones, numeral 3.3.2). Los daños se reportan cuantificando el área (m2) afectada y debe señalarse en el esquema.

3.2.3 Muros de tierra reforzada. Estas estructuras funcionan como muros de gravedad, y la resistencia al corte está dada por la intercalación de capas de tierra compactada y geotextil. Principalmente, lo que se revisa en estas estructuras son las deformaciones y la condición del drenaje. En algunos casos tienen unos módulos de recubrimiento frontal o paneles, otras veces están cubiertas de vegetación.

- **Paneles:** se debe verificar si están fracturados o desprendidos, y en todo caso, colocar la cantidad de paneles afectados en la columna 'Dimensiones'. En observaciones se registra las características del material expuesto.

- **Asentamiento:** el relleno puede tener inconvenientes de compresibilidad, en particular cuando hace parte de la banca. Cualquier tipo de asentamiento se manifiesta en la superficie. Se debe anotar la magnitud del asentamiento, en caso de tener un punto de referencia, y el área donde se presenta, acompañado de la localización en el esquema de los daños. En 'Observaciones', anotar si hay posibilidad de evolución.

- **Exposición del refuerzo:** en caso que esté a la vista el geotextil, se debe anotar el área superficial afectada por este daño.

3.2.4 Anclajes. Al igual que los muros de concreto reforzado y los muros de gravedad, los anclajes tienen un espacio propio dentro de la sección 4 del formato de registro de daños. Los aspectos a reportar son:

- **Punzonamiento:** Es la concentración de las cargas en el dado de anclaje y en una pequeña área alrededor este. Se caracteriza por la aparición de fisuras en el dado y en su área circundante. En el reporte se debe consignar la abertura, profundidad la longitud de las fisuras y la profundidad de penetración del dado en la superficie; y en el esquema se debe ilustrar la distribución de éstas dentro del dado y a su alrededor.

- **Pérdida de pernos:** Esta situación se presenta en los prensa-cables que sostienen la tensión del anclaje. Se debe consignar en la columna 'Dimensiones' la cantidad de pernos perdidos, respecto al total (p. ej. 1/3 para significar que se ha perdido un perno de tres necesarios).

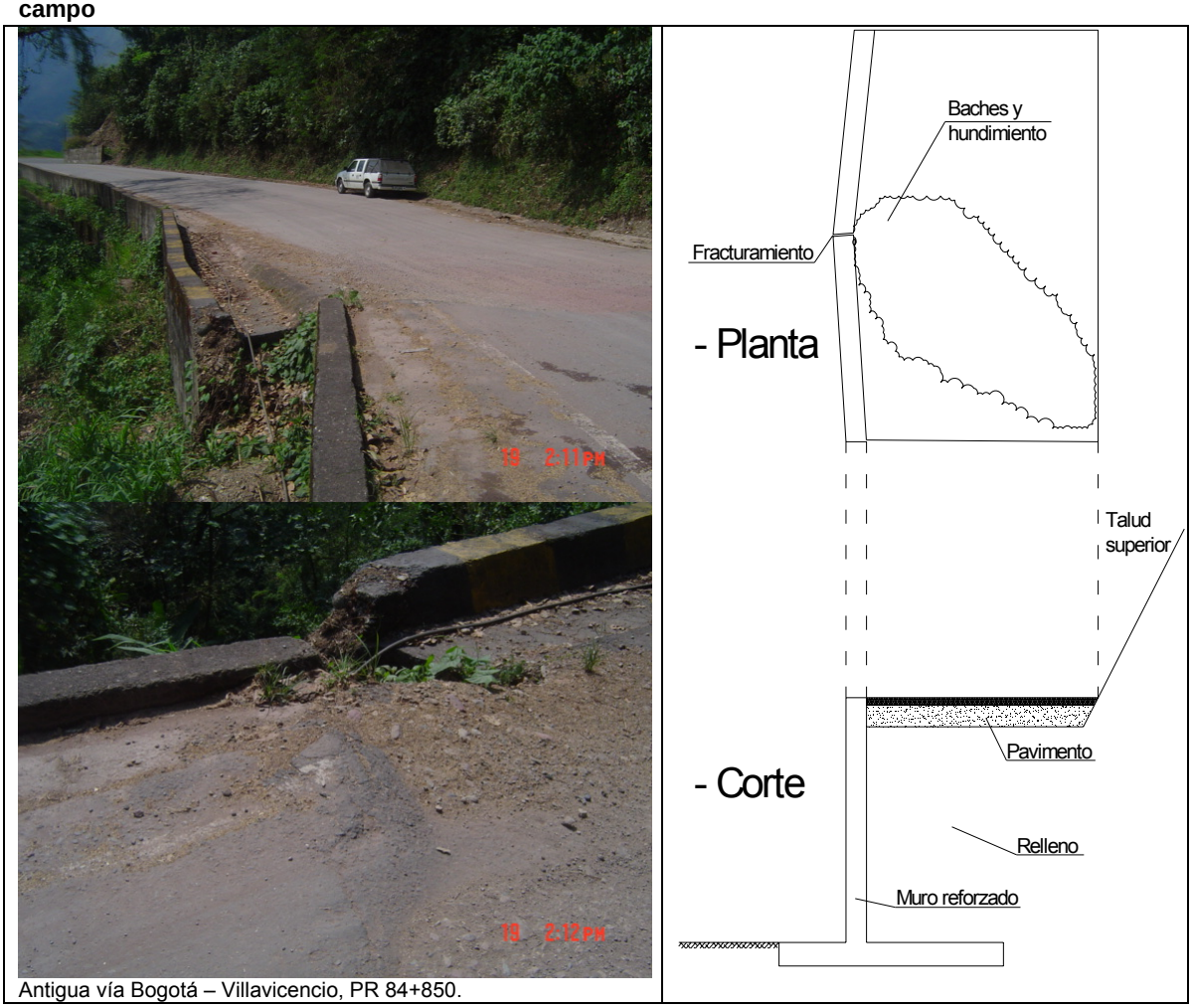
- **Fisuramiento de placa:** un patrón de fisuras en la placa que sostiene al anclaje. El proceso de registro es equivalente al indicado en el capítulo 3.2.

4. REPORTE DE DAÑOS

Para el reporte de daños, es importante relacionar el registro fotográfico con los comentarios y las observaciones de campo respecto al estado de la estructura, y un esquema del entorno de la obra con los daños presentes.

Para las estructuras de contención, es importante asociar en las observaciones las evidencias de movimiento del talud que contiene la estructura, con los movimientos y fracturamientos presentes en la obra de contención. Para un caso en el que la estructura de contención vincula al pavimento, a continuación se presenta un registro fotográfico acompañado de un esquema (Figura 32).

Figura 32. Fotografía general y detalle de daños en el pavimento y esquema del daño en formato de campo



Antigua vía Bogotá – Villavicencio, PR 84+850.

Entre las características importantes que deben quedar registradas, se encuentran el tipo de material que contiene la estructura y las condiciones de flujo, cualquier afloramiento de agua, y si es posible, una fotografía de las emisiones de los filtros y la cobertura del talud.

En los anexos se debe incluir el formato de campo debidamente diligenciado. Aunque no todas las fotografías sean introducidas en el informe, todo el registro fotográfico debe anexarse con una lista que contenga 5 columnas (Tabla 3):

Columna 1: Contiene el número del contrato que ejecuto la obra de la fotografía.
Columna 2: Identificación de la carretera donde se tomó la fotografía.
Columna 3: El número de la fotografía, tal como aparece en el archivo magnético.
Columna 4: Abscisa donde se encuentra localizada la obra.
Columna 5: Observaciones de lo que se quiere mostrar en la fotografía, y cualquier comentario adicional.

Tabla 3. Reporte de daños - Ejemplo

Construcción	Tramo	Foto	Abscisa	Observación
OJ-768-1999	Duitama - La Palmera	1430	K3+000	Fisura longitudinal placa en steel-deck.
		1431	K3+000	Oxidación de la baranda en las uniones soldadas
		1432	K3+000	Fisura longitudinal rampa de acceso
		1433	K3+000	Oxidación uniones soldadas en la estructura de soporte
		1434	K3+000	Vista general del puente
		1435	K3+000	Estado general de las columnas. Pernos oxidados. Manchas en el concreto.
501-2001		1436	K3+300	Bacheo de alta intensidad.
		1437	K3+300	Desgaste superficial de intensidad media.
RB-0086-2000		1438	K4+700	Desgaste superficial en la berma de intensidad alta.
		1439	K5+315	Desgaste superficial en la cuneta de intensidad alta
		1440	K5+350	Piel de cocodrilo de intensidad alta en el carril derecho
		1441	K5+380	Piel de cocodrilo de intensidad alta en el carril izquierdo
		1442	K9+000	Daño de cunetas. Fisuras transversales.
		1443	K9+510	Bordillo de cuneta fracturado
		1444	K9+742	Fisuras longitudinales
		1445	K9+742	Vista general de la vía
		1446	K9+867	Fallas en bloque de intensidad media
		1447	K9+940	Cunetas deterioradas. Fisuras transversales y longitudinales
		1448	K10+195	Piel de cocodrilo de intensidad media
		1449	K10+299	Fisuras transversales de baja intensidad
		1450	K10+299	Vista general de la vía.
		1451	K13+285	Piel de cocodrilo de intensidad media, con bacheo de intensidad alta
		1452	K13+350	Fisura longitudinal, Piel de cocodrilo y desgaste superficial
		1453	K13+670	Fisura longitudinal, hombros caídos
		1454	K14+300	Muro de contención en buen estado. Faltan barandas metálicas de protección
		1455	K14+300	Muro de contención en buen estado. Faltan barandas metálicas de protección
		1456	K14+360	Piel de cocodrilo de intensidad baja

5. BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA LÓPEZ, Manuel. Manual de estabilidad de taludes. Instituto Nacional de Vías. 1996.

- MARGIELEWSKI, włodzimierz. Structural control and types of movements of rock mass in anisotropic rocks: case studies in the polish Flysch Carpathians. Geomorphology. 3 January 2006

- PAUL D. Passe. Mechanically stabilized earth wall inspector's handbook. Department of transportation. State of Florida. 2000.
  http://www.vulcanhammer.net/download/retaining.php.

- RODRÍGUEZ PINEDA, Carlos Eduardo. Apuntes curso de estabilidad de taludes. Maestría en geotecnia. Universidad Nacional de Colombia. Semestre I-2006.

- SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA. Diseño de estructuras de gaviones: Muros y recubrimientos. Especificaciones técnicas básicas para la construcción de estructuras de gaviones. Santafé de Bogotá, agosto de 2000.

- SUÁREZ D, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. ediciones UIS. Bucaramanga. Colombia. 1998.
  http://albatros.uis.edu.co/~pagina/profesores/planta/jsuarez/publicaciones/librotaludes/

ANEXO A

Formato para el registro de los daños en campo