

MANUAL DE GESTIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES EN CARRETERAS

PROCEDIMIENTO V
OBRAS DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

ABC
JICA

CONTENIDO

PROCEDIMIENTO V OBRAS DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

- 1 CONCEPTO BÁSICO
- 2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES
- 3 OBRAS DE DRENAJE
- 4 OBRAS DE REVESTIMIENTO DE RÍOS
- 5 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA FLUJO DE ESCOMBROS
- 6 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

- V1-1 SELECCIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS
- V1-2 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA DERRUMBE DE TALUD
- V1-3 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA CAÍDA DE ROCAS
- V1-4 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA FALLA DE MASA ROCOSA
- V1-5 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA DESLIZAMIENTO
- V1-6 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA DERRUMBE DE TERRAPLEN

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

- V2-1 CONCEPTO BÁSICO DE INVESTIGACIÓN
- V2-2 RECONOCIMIENTO DEL SITIO
- V2-3 INVESTIGACIÓN PARA DESLIZAMIENTO
- V2-4 INVESTIGACIÓN PARA FLUJO DE ESCOMBROS
- V2-5 OTRAS INVESTIGACIONES

LÍNEAS GENERALES

Este es un procedimiento para el diseño e investigación de medidas preventivas.

A continuación se describen los principales métodos para medidas preventivas. Han habido muchos desastres de carreteras relacionados con agua en Bolivia, por consiguiente se recomiendan los métodos de tratamiento de agua como trabajos de medida simples, incluso se introducen en este procedimiento algunas medidas de prevención grandes. La pendiente normal de corte de talud y las medidas de prevención simples también son mencionadas en este procedimiento. Estas medidas de prevención simples son recomendables para las secciones de control de alto riesgo con preferencia a las otras secciones. Con el presupuesto limitado, la atención a los lugares que requieren de medidas de prevención deberá ser limitada en el mismo año. Los lugares de medidas de prevención deberán ser seleccionados deliberadamente por la Oficina Central de la ABC tomando en cuenta las carreteras dentro de sus propias condiciones.

La metodología de la investigación se ordena en un plan detallado. Están incluidos la investigación, instrumentos, sistemas de monitoreo y protección de equipo.

El contenido de las Secciones 1.2, 1.3 y el Capítulo 2 de este Procedimiento son extraídas de las siguientes publicaciones.

1) Instituto de Investigación de Trabajos Públicos Japón, 2004.

Manual para Terraplenes de Carretera en Japón

2) JICA, 2002.

Procedimiento III: Procedimiento de Alerta Temprana e Investigación de Sitio. El Estudio sobre Gestión de Desastres en Taludes para Carreteras Federales en Malasia



Figura 0.1 Contenido del Procedimiento V

1 CONCEPTO BÁSICO

El concepto básico de medida de prevención será eliminar el factor primario y el factor contribuyente.

El factor primario (constitución) es la condición general adecuada de la tierra, sobre todo la habilidad de la tierra de seguir siendo esTabla. Estos componentes de la tierra, pueden ser, geológico o características geomórfológicas.

El factor contribuyente es causa directa de deslizamientos. Este es un fenómeno natural como ser la lluvia fuerte, terremotos, o factores artificiales como los trabajos de construcción.

Factor primario

- (a) Características del Material
- (b) Características de la Masa de Suelo
- (c) Reducción de la Resistencia al Corte

Factor Contribuyente

- (a) Remoción del Soporte
- (b) Imposición de Subcargas
- (c) Tensiones Transitorias (Variación de Tensiones)

El concepto de diseño de medidas de prevención de desastres es;-

- Primero : Eliminar el factor primario y el factor contribuyente
- Segundo : Eliminar el factor primario y el factor contribuyente.
(mayormente el factor contribuyente)
- Tercero : Si es difícil eliminar ya sea el factor primario o el factor contribuyente, controlar por la fuerza
- Cuarto : Si es difícil eliminar ambos factores y utilizar la fuerza, librar el peligro (desviación)).

En Bolivia, las carreteras en taludes en áreas montañosas, las estructuras de estratos geológicos o la vegetación pobre en las áreas secas son los factores primarios, y la lluvia y terremotos son los factores contribuyentes. Hay muchos casos en Bolivia en que la dirección inapropiada del agua de lluvia que fluye por la superficie del suelo (el agua de la superficie) son dispositivos activadores de las fallas de talud. Los factores contribuyentes podrían quitarse y los desastres de carreteras podrían reducirse, si el agua de la superficie se manejara apropiadamente. La preparación de drenajes de carreteras como cunetas, drenaje transversal, manejo apropiado del agua superficial en los taludes de corte, el tamaño apropiado de secciones transversales en cruces de quebrada, revestimiento contra el flanco del río y las medidas de protecciones pequeñas podrían mantener seguro el tráfico en Bolivia.

Estas medidas de prevención simples no pueden prevenir todos los desastres de carreteras en Bolivia, sin embargo, podrían ser eficaces y podrían mitigar los mismos.

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

2.1 DRENAJE

Los siguientes cuatro tipos de desastres son comunes en Bolivia. La mayoría de estos desastres son causados por un tratamiento inapropiado del agua superficial en las carreteras, taludes o canales transversales.

- (a) derrumbe de las bermas
- (b) derrumbe (derrumbe superficial)
- (c) derrumbe grande en las bermas
- (d) flujo de escombros

Causa principal: erosión por el agua superficial que fluye por la superficie de la carretera

Medidas Preventivas: drenajes en las fajas laterales, drenajes transversales, y drenaje apropiado

(a) Derrumbe de las Bermas

El drenaje es un problema crítico para las carreteras. La infiltración del agua de lluvia y/o agua subterránea en la sub-rasante o en la capa base, puede ser un factor mayor para el daño de la superficie de la carretera, mientras la erosión del talud debida al agua de lluvia o falla de talud debido a filtración del agua desestabiliza el relleno de tierra de un terraplén.



Drenaje Superficial deficiente

Esta erosión pudo ocurrir debido a un drenaje superficial deficiente (Ruta 3)

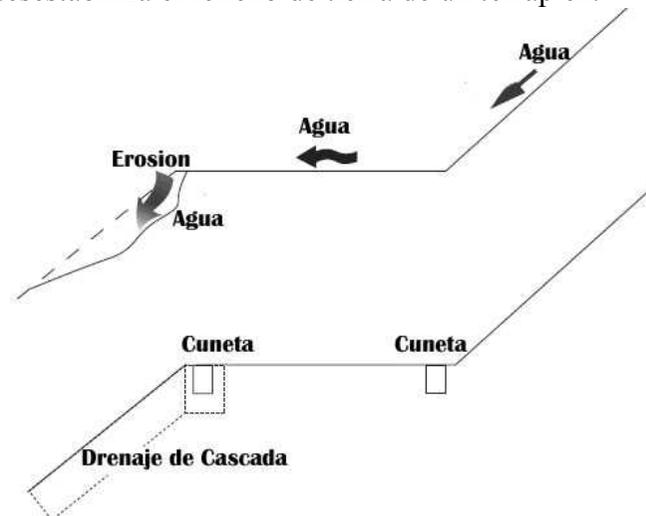


Figura 2.1 Erosión de Berma de Carretera (arriba) y Medidas Preventivas (abajo)

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

(b) Derrumbe (Derrumbe Superficial)

Se diseñan elementos de drenaje superficiales para reducir la cantidad de agua que corre hacia abajo en los taludes y de ese modo prevenir la erosión del talud por agua superficial y prevenir la infiltración de agua de la superficie hacia el talud. Los elementos pertinentes incluyen una cuneta para el drenaje en la cima del talud, una cuneta de drenaje vertical y una cuneta para el drenaje en la berma.

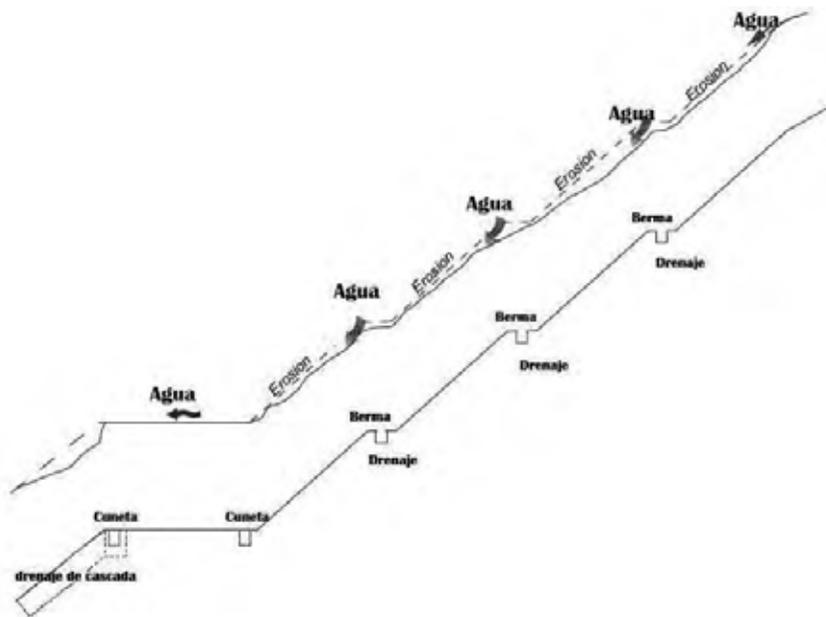


Figura 2.2 El agua erosiona el Talud de Corte (arriba) y Medidas Preventivas (abajo)

*Causa principal: erosión de quebrada causada por el agua superficial (lluvia) desarrolla y causa un derrumbe.
Medidas Preventivas: Pendiente apropiada en el corte de talud, berma y drenaje (en berma y drenaje tipo cascada)*

	<p>Drenaje Superficial deficiente</p> <p>Si en este talud existieran drenajes apropiados, se podría prevenir la erosión superficial.</p>
	<p>Drenaje Superficial deficiente</p> <p>Si en este talud existieran drenajes apropiados, se podría prevenir la erosión superficial.</p>
	<p>Drenaje Superficial deficiente</p> <p>Este talud ha sido cortado con un ángulo adecuado y además tiene banquinas. Sin embargo no existe un drenaje adecuado en las banquinas.</p>

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

(c) Derrumbe en la Berma de la Carretera (Gran Escala)

El daño más prominente en las carreteras nacionales que se desarrollan a lo largo del río ocurre cuando la base del talud bajo el camino es erosionada por los ríos. Cuando el pie del talud se daña, los derrumbes del talud pueden progresar hasta las carreteras.

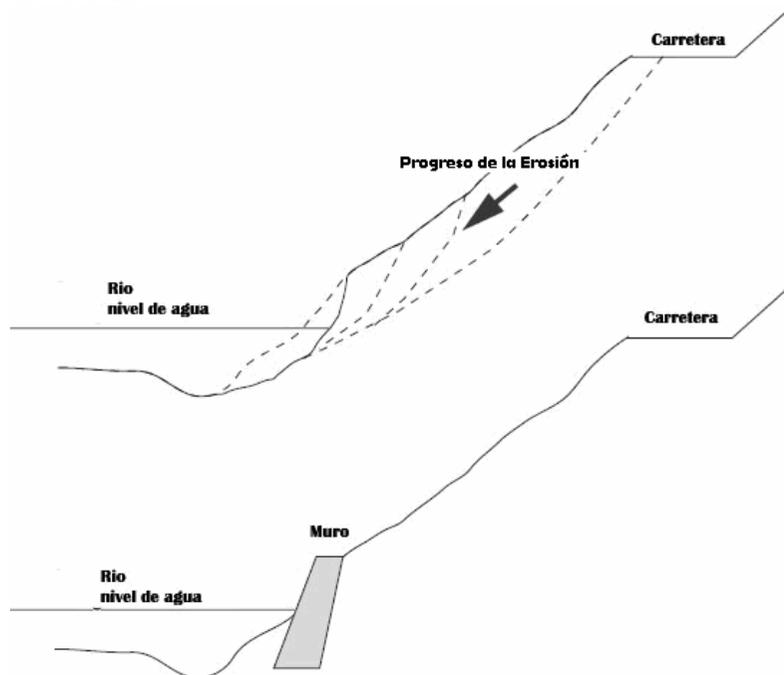


Figura 2.3 Medidas Preventivas para Falla de Terraplén
Causa Principal: erosionado por el río, Medidas Preventivas: trabajos de revestimiento de río

	<p>Taludes Erosionados por el río</p> <p>El talud a orillas del río erosionado por el agua del río, a pesar de los trabajos temporales de protección.</p>
	<p>Erosión de la Base del Muro de Encauzamiento</p> <p>La base del muro de encauzamiento fue erosionada</p>
	<p>Buen ejemplo</p> <p>La base del muro fue construida adecuadamente</p>

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

(d) Flujo de escombros

En Bolivia, cuando una carretera cruza un área donde se ha originado un flujo de escombros (mazamorra) o cruza a lo largo de una quebrada de montaña susceptible a flujo de escombros, ni en el diseño ni en la construcción de las carreteras transversales se han previsto drenajes transversales con una suficiente sección transversal o un puente con suficiente espacio libre. En el caso de una quebrada de montaña dónde existe escombros a alta velocidad se espera que ocurra, con una alta frecuencia, un flujo de escombros, por tanto una carretera que cruza un área donde se ha originado un flujo de escombros o cruza una quebrada de montaña susceptible a flujo de escombros debe ser preferiblemente provista de un puente con suficiente espacio libre para que pase el flujo de escombros, una cobertura para flujo de escombros o un túnel.

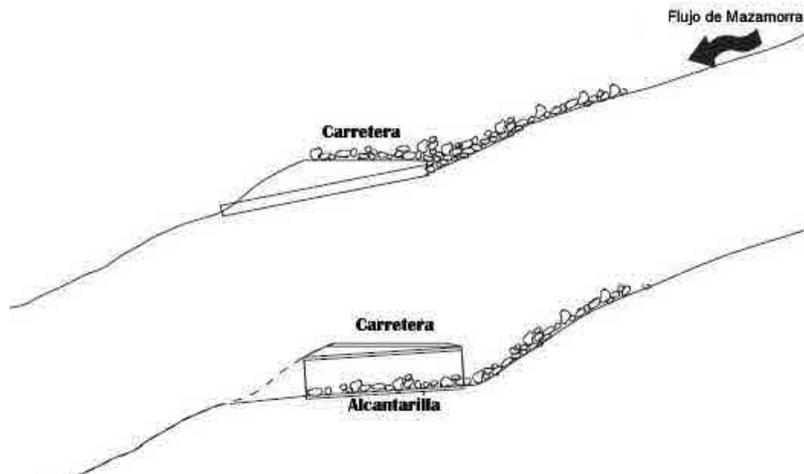


Figura 2.4 Medidas Preventivas para Flujo de Escombros
 Causa principal: la sección transversal de los elementos que Cruzan la carretera no es suficiente
 Medidas preventivas: otorgsr suficiente sección transversal a los elementos de la carretera

	<p>Pequeño Drenaje Transversal</p> <p>Debido a la capacidad limitada del drenaje transversal, la escombros se extiende hacia la carretera</p>
	<p>Pequeño Drenaje Transversal</p> <p>Debido a la capacidad limitada del drenaje transversal, los escombros se extienden hacia la carretera.</p>
	<p>Drenaje Angosto</p> <p>Debido a la capacidad limitada del drenaje longitudinal, los escombros se extienden hacia la carretera.</p>

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

2.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

Las siguientes medidas no son comunes en Bolivia, pero ellas son eficaces en lo que se refiere a protección de vehículos que circulan en las carreteras.

- (a) pendiente apropiada con banquetas en taludes de corte
- (b) mortero proyectado (Shotcrete) en taludes naturales
- (c) muro de sujeción de roca

(a) Pendiente Apropriada con Banquinas en Taludes de Corte

La masa rocosa y la capa de tierra que forman el suelo existente pueden ser clasificadas desde los puntos de vista de la dificultad de la excavación y estabilidad del talud. Se aplican los estándares de las pendientes de talud empíricamente establecidas para la clasificación de suelos, asumiendo un “no tratamiento”, colocado de tepes o un simple trabajo de protección como una malla, para determinar la pendiente del talud y la forma de la tierra correspondiente y propiedades de la roca, y la altura de corte.



Figura 2.5 Ejemplo de la Pendiente en Talud de Corte



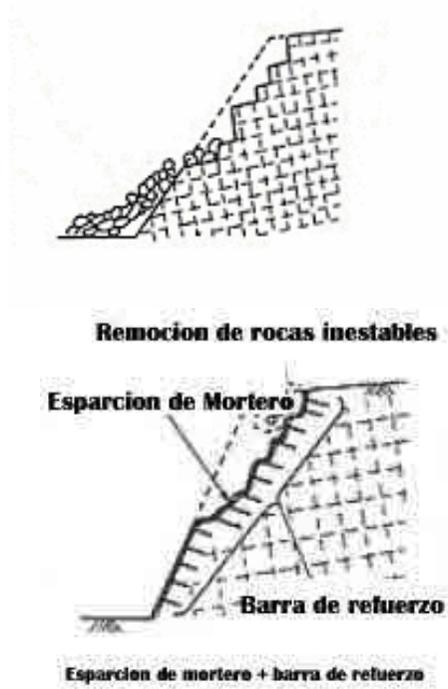
Talud Empinado

En este talud se requiere un corte con un ángulo apropiado y realización de banquetas.

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

(b) Mortero Projectado (Shotcrete) en Taludes Naturales

Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) incluyen mortero y concreto proyectado. Ellos normalmente se usan favorablemente en los taludes empinados con alta meteorización o rocas con muchas juntas en las cuales la vegetación no crece. Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) son usados principalmente para prevenir la meteorización y erosión de la superficie, y en algunos casos, para controlar las caídas de rocas en pequeña escala.



Talud Empinado con Cara Rocosa

Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) son útiles para taludes que están formados por rocas duras, como este talud, para prevenir pequeña caída de rocas y meteorización.



Talud Empinado con Cara Rocosa

Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) son útiles para taludes que están formados por rocas duras, como este talud, para prevenir pequeña caída de rocas y meteorización.

Figura 2.6 Derrumbe Superficial en Talud de Roca (arriba) y Mortero Projectado (Shotcrete) (abajo)

2 OBRAS DE PREVENCIÓN RECOMENDABLES

(c) Muro de Sujeción de Rocas

Un muro de contención para protección de caída de rocas se usa como trabajo de protección para prevenir que las rocas caigan hacia la carretera y se usa a menudo en sitios dónde la pendiente del talud en la parte de atrás es moderada o sitios dónde hay amplio espacio en la orilla de la carretera.



muro de gavión también es efectivo

Figura 2.7 Medidas de Prevención contra Caída de Rocas y Derrumbe

	<p>Muro sin bolsón</p> <p>No existe bolsón detrás del muro, pero el ancho del muro es suficiente comparado con la altura del talud.</p>
	<p>ejemplo de un muro con bolsón</p> <p>la mayoría de las rocas que han estado cayendo son detenidas por el muro</p>
	<p>muros de hormigón con bolsones</p> <p>el volumen de los bolsones del muro no es suficiente. Muchos escombros se extienden a través del muro.</p>

	<p>bolsón demasiado pequeño detrás del muro</p> <p>escombros y muchas rocas se extienden hacia la carretera a través del muro</p>
--	---

3 OBRAS DE DRENAJE

3.1 ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

Los daños a la carretera debidos al agua pueden dividirse tentativamente en: erosión superficial debida al agua superficial de talud y fallas debido al incremento de presión de poros o decremento de la tensión de corte de la tierra que forma el talud por escurrimiento e infiltración de agua. La Figura 1.8 muestra Los elementos de drenaje en los taludes de las fajas laterales de la carretera.

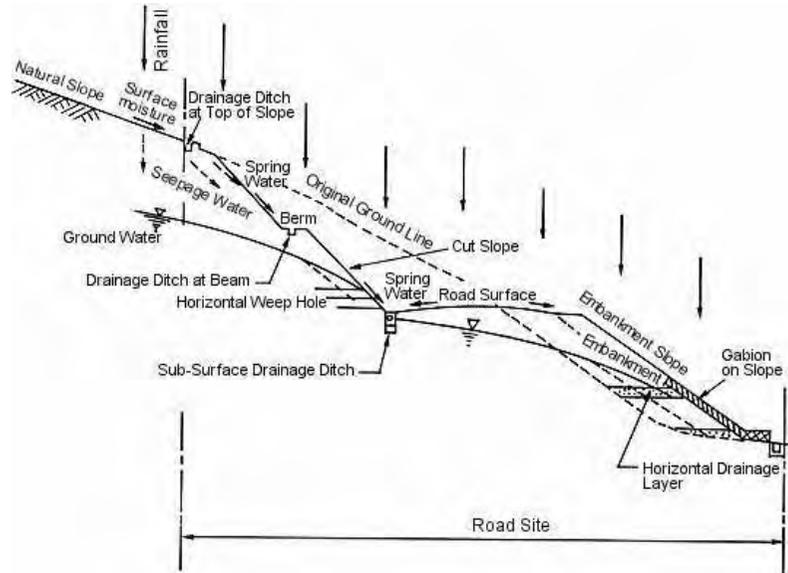


Figura 3.1 Talud de Carretera y Flujo de Agua

3.2 DRENAJE DE CARRETERA

El drenaje es una necesidad primordial para las carreteras. La infiltración del agua de lluvia y/o el agua subterránea en la sub rasante o en la capa base puede ser un gran factor para daños del pavimento. Se erosiona el talud debido al agua que corre o falla de talud debido a la infiltración de agua en el terraplén. Hay muchos tipos de daños que están directa o indirectamente

causados por el agua, incluyendo la falla de corte de talud y daños a muros de contención y otras estructuras debido a la erosión por agua de lluvia.

Aunque el agua no sea la causante de ningún daño estructural a la carretera, un drenaje deficiente para la superficie de la carretera puede causar congestión vehicular o accidentes por deslizamiento debido al agua estancada y también puede ser un inconveniente para los peatones y la gente que vive a lo largo de las carreteras.

Hay muchas clases de sistemas de drenaje como se muestran en la Figura 1.9. Dependiendo de la forma de escurrimiento del agua, estos se clasifican básicamente en drenaje superficial, drenaje subterráneo, drenaje de talud, drenaje de la parte de relleno.

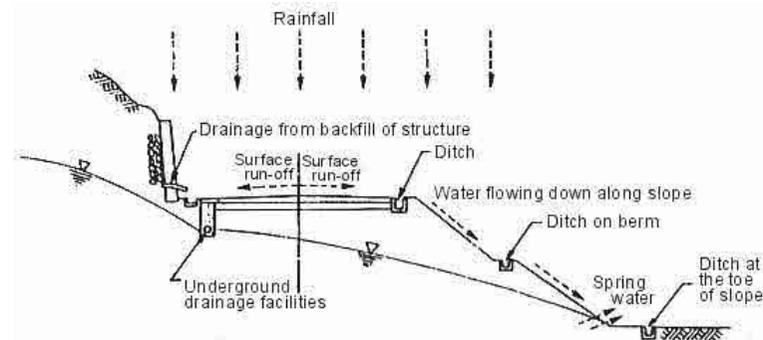


Figura 3.2 Tipo de Drenaje

Según el ejemplo de fallas de terraplén en la carretera después de la finalización del terraplén en Japón, se requiere precaución como se muestra en los siguientes casos.

i) Lugares donde se recolecta el agua de lluvia

En caso de una sección curva de la carretera donde la pendiente de cruce tenga una gran elevación, donde el escurrimiento superficial sobre la carretera se concentra en los lugares A y B

3 OBRAS DE DRENAJE

como se muestra en la Figura 3.3 y corre hacia fuera del camino cuando el volumen de agua excede la capacidad de drenaje en las bocatomas A y B por tanto a veces resulta en una erosión de la superficie del talud.



Figura 3.3 Concentración de Agua en la Superficie de una Sección Curva

ii) Mitad de terraplén y mitad de sección de corte

El agua de lluvia que cae en el lado del corte de talud tal vez no sea drenada hacia la cuneta longitudinal de la base del talud y puede cruzar la carretera y correr por debajo del talud del terraplén, causando una socavación.

iii) Lugares con Elementos de drenaje transversal a través de la carretera

Un derrumbe de talud mayor o un completo lavado del material del terraplén pueden ocurrir debido a un derrame de material, en una curva, causado por un excesivo volumen de corriente de agua que supera la capacidad del drenaje que cruza la carretera (alcantarilla) y/o debido a un taponamiento de la entrada con maderas y/o sedimentos.

iv) Terraplén en el sitio con pobre drenaje subterráneo en un área montañosa

Cuando la pendiente del terreno es relativamente empinada y la filtración de agua al suelo no es bien drenada, puede ocurrir una falla profunda.

3.3 DRENAJE SUBTERRÁNEO

Los elementos de drenaje usados como drenaje subterráneo incluyen canales de drenaje subterráneos, sub drenes transversales y una capa impermeable. Cuando el agua subterránea fluye de un solo lado de la carretera a un lugar más bajo, se debe introducir una cuneta de drenaje subterráneo es introducido en el lado de la carretera cercano a la montaña como se muestra en la Figura 3.4-(b). Cuando el espejo del agua subterránea es virtualmente plana (en una planicie), se debe introducir una cuneta revestida de drenaje subterráneo a ambos lados de la carretera (Figura 3.4-(a)). Un drenaje subterráneo adicional es requerido al medio cuando el ancho de la carretera es muy grande (Figura 3.4-(c)). Esto parecería como si el drenaje subterráneo estuviera diseñado basado en un trabajo previo el cual toma lugar en sitios con similares condiciones en vez de realizar nuevos cálculos. De todas formas, la investigación del flujo de infiltración basado en los datos de estudio es necesaria para los elementos de drenaje importantes.

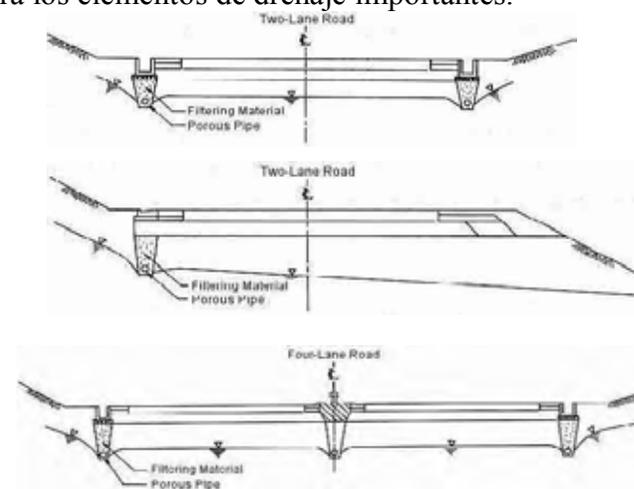


Figura 3.4 Canal de Drenaje Subterráneo

3 OBRAS DE DRENAJE

En áreas particularmente con abundante agua subterránea, un solo drenaje subterráneo no es suficiente. Una capa impermeable horizontal es, por lo tanto, introducida en el límite entre la sub rasante y la base o dentro de la sub rasante rellena en el subsuelo para guiar el flujo de infiltración hacia una cuneta de drenes subterráneos.

En el caso en el que sea necesario reducir el afluente del agua subterránea al terraplén, que es causada por mucha infiltración de agua por corte del talud, en medio terraplén o en media sección de corte de una carretera o en el límite longitudinal entre la sección de corte y la sección de relleno de una carretera, la cuneta de drenaje subterráneo mostrada en la Figura 1.8 deberá ser introducida.

En muchos casos, una profundidad de 1.0 – 2.0 m requiere una cuneta de drenaje subterráneo en la parte lateral de la carretera. De todas formas, el actual requerimiento varía dependiendo de las condiciones de la topografía, geología y del nivel del agua subterránea. En principio, un tubo de drenaje debe ser instalado en la base de una cuneta de drenaje subterráneo (Figura 3.5). Si bien es muy común el uso de un tubo con perforaciones como tubo de drenaje, otros tipos como ser un tubo permeable, pueden ser usados para adaptarse a las condiciones específicas de cada sitio.

La protección del tubo permeable con una buena calidad de material de filtro es necesaria para prevenir la introducción de tierra dentro del tubo. Es esencial que el material de relleno para la cuneta de drenaje que sea altamente permeable de tal forma que sea capaz de prevenir la afluencia de granos finos de ambos lados de la cuneta.

Se requiere materiales de filtro de alta estabilidad de grano para resistir los procesos de meteorización o la disolución dentro del agua y un tamaño de partícula apropiado de acuerdo a una curva granulométrica. La curva granulométrica requerida, debe estar

indicada como el material de filtro para prevenir el atasco de material de la sub rasante en el tubo permeable. Por tanto es necesario que los materiales filtrantes cumplan con las siguientes condiciones.

$$\frac{D_{15}(\text{material filtrante})}{D_{85}(\text{suelo de la subrasante})} < 5$$

$$\frac{D_{15}(\text{material filtrante})}{D_{15}(\text{suelo de la subrasante})} > 5$$

$$\frac{D_{85}(\text{material filtrante})}{D(\text{diametro de poro})} > 2$$

Aquí, D_{15} y D_{85} son el tamaño de las partículas correspondientes al 15% y al 85% del porcentaje en peso que pasa en la curva granulométrica.

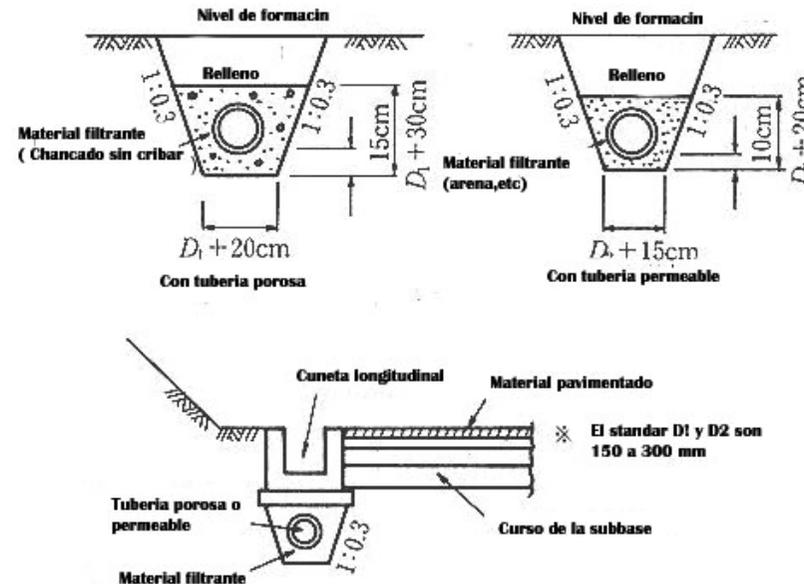


Figura 3.5 Ejemplo de Canal de Drenaje Subterráneo

3 OBRAS DE DRENAJE

3.4 ELEMENTOS DE DRENAJE EN EL TALUD DE CORTE

Los elementos de drenajes a ejecutarse para estabilizar taludes, así como para drenar agua superficial, infiltraciones de agua, aguas subterráneas y los casos más importantes están listados en la Tabla 3.1.

Los elementos de drenaje superficial en taludes están diseñados para reducir la cantidad de agua que se escurre hacia abajo del talud, prevenir la erosión por agua superficial y para prevenir la infiltración de agua superficial hacia el talud. Los elementos más importantes incluyen una cuneta de drenaje en la cima del talud (Figura 3.6), y una cuneta vertical de drenaje y una cuneta en la banquina. Adicionalmente, como una consideración extra, como introducción de un sistema de corriente descendente en la berma, es necesario prevenir la concentración de agua superficial en la banquina para crear otro sistema de corriente descendente de agua superficial en la superficie del talud por debajo de la banquina.

La destrucción de los elementos de drenaje de talud es causada principalmente por la socavación por debajo del drenaje subterráneo por agua que no ha podido escurrirse por el mismo. Estos elementos de drenaje cuyo propósito es el recolectar el agua superficial deben tener una profundidad suficiente hacia el suelo original para recibir fácilmente el escurrimiento de agua. Además, el relleno deberá ser cuidadosamente conducido usando materiales impermeables. En lugares donde un flujo rápido es anticipado, la introducción de métodos adecuados es necesaria. Esto incluye el uso de una cubierta para prevenir que el agua salpique fuera de la cuneta de drenaje usando césped o revestimiento de piedra.

En el caso donde el escurrimiento del agua de manantial se observe en un talud, una idea buena es cavar orificios como se muestra en la Figura 3.7 para posteriormente introducir una tubería porosa en estos orificios. La longitud de estas perforaciones debería ser generalmente al menos 2 mt.

Tabla 3.1 Tipos de Drenaje de Talud

Propósito	Tipo de Trabajos de Drenaje	Función
Drenaje superficial (drenaje para la superficie de la carretera, áreas adyacentes y superficie del talud)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Canal de drenaje en la cima del talud ▪ Canal de drenaje vertical ▪ Canal de drenaje en la berma 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevención del descenso del agua superficial a la superficie del talud ▪ Guiar el agua de lluvia de la superficie del talud a una cuneta de drenaje vertical ▪ Guiar el agua a una cuneta de drenaje en la cima del talud y a un drenaje en la berma en la base del talud
Drenaje subterráneo (drenaje para agua de infiltración y agua subterráneas para la superficie del talud)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Canal de drenaje subterráneo ▪ Trabajos de gavión ▪ Orificio de drenaje lateral ▪ Orificio de drenaje vertical ▪ Capa de drenaje horizontal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drenar el agua subterránea y agua de infiltración de la superficie del talud ▪ Reforzar a lo largo de la base del talud con una cuneta de drenaje superficial ▪ Drenar el afloramiento de agua de la superficie del talud ▪ Drenar el agua de infiltración de la superficie del talud a un buen drenaje ▪ Drenar el agua de un terraplén o el agua de infiltración de material de un terraplén

3 OBRAS DE DRENAJE

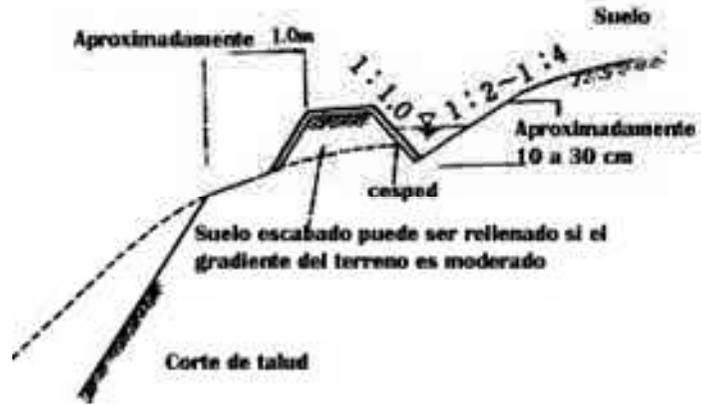


Figura 3.6 Cuneta sin Apoyo

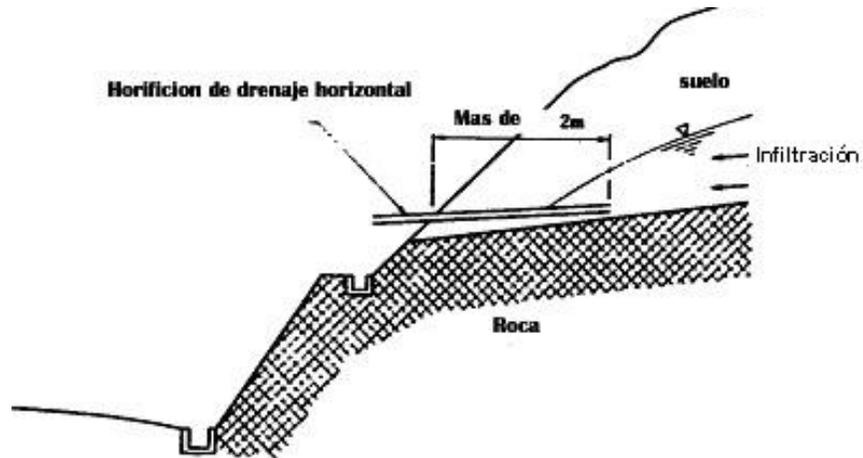


Figura 3.7 Orificios de Drenaje Horizontal

4 OBRAS DE REVESTIMIENTO DE RÍOS

4.2 OBRAS DE PROTECCIÓN DE TALUD

Como los trabajos de protección de talud son la parte estructural dominante de los trabajos de revestimiento, el diseño debe asegurar una estructura estable contra las aguas que fluyen y las maderas que acarrea presión de la tierra y otras fuerzas, tomando la ecología y el paisaje en consideración. A pesar de que los orificios de drenaje no son generalmente introducidos como trabajos de protección de terraplén, tal vez sean requeridos para combatir una alta presión residual en algunos casos.

Materiales seleccionados son usados para prevenir la socavación del suelo de relleno usado en los orificios de los trabajos de protección de talud cuando el agua residual escapa por detrás de los trabajos de protección de terraplén, o cuando un flujo de agua con gran velocidad actúe sobre los trabajos de protección del terraplén.

4.3 OBRAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUNDACIONES Y DE PIE

El daño más prominente ocurre cuando la fundación y los trabajos de protección del talud son dañados por el levantamiento de las fundaciones como resultado de socavación del lecho del río debido a una inundación. Cuando las fundaciones están dañadas, puede ocurrir que la socavación del suelo de relleno, de cómo resultado un daño mucho más grande. Por este motivo, la decisión para definir la profundidad de las fundaciones (recubrimiento profundo) es el aspecto más importante en el diseño de la fundación.

El levantamiento de la fundación debe ser decidido por la evaluación de la cota más profunda del lecho del río basado en observación de resultados anteriores así como el levantamiento/investigación de resultados relevantes; así este levantamiento de las fundaciones en los trabajos de

revestimiento no ocurrirá debido a una inundación. Cuando la profundidad del recubrimiento requerido sea muy elevada, el levantamiento de las fundaciones puede ser elevado mediante la introducción de trabajos de protección de pie.

El tipo de fundaciones debe contemplar fundaciones aisladas en el caso de un buen suelo. Pilotes o tablestacas son normalmente usados para suelos suaves. Las tablestacas son a veces usadas en sitios con un nivel ordinario alto de agua y en sitios donde se debe tener en consideración la ocurrencia de socavación.

Los trabajos de protección de pie se usan para reducir la velocidad del flujo de agua de lluvia y también para mitigar la rápida socavación cubriendo directamente el lecho del río. De esta manera los trabajos de protección de pie son introducidos en sitios con alta velocidad de agua de río, peso suficiente para dimitir la fuerza del fluido, suficiente volumen para prevenir la socavación de la parte frontal de las fundaciones o trabajos de revestimiento, un alto nivel de durabilidad y una estructura flexible para seguir los cambios del lecho del río requeridos. A continuación se muestran casos típicos de protecciones de pie en la Figura 4.2.

4 OBRAS DE REVESTIMIENTO DE RÍOS

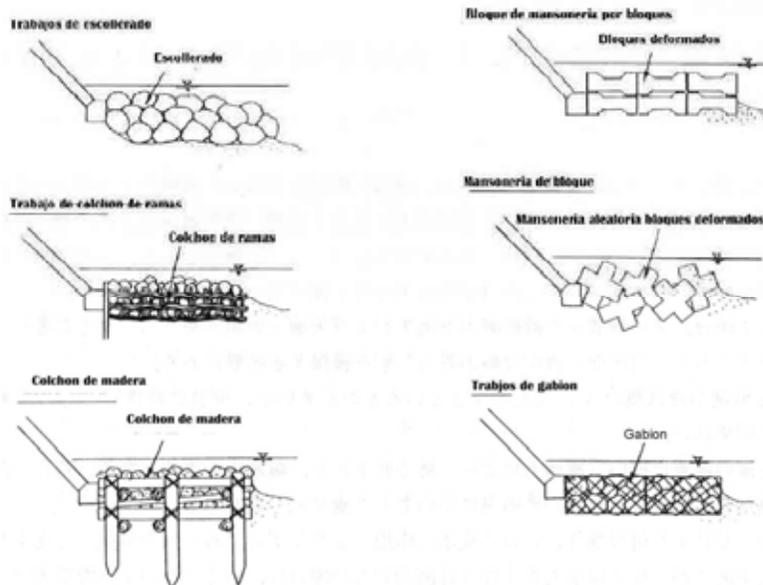


Figura 4.2 Ejemplos Típicos de Trabajos de Protección de Pie

5 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA FLUJO DE ESCOMBROS

5.1 SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS PARA FLUJO DE ESCOMBROS (MASAMORRAS)

Para la selección de las medidas preventivas para evitar el flujo de escombros, se debe considerar en primer lugar el tipo de flujo esperado (flujo de lodos o flujo de gravas) y la frecuencia del flujo de escombros. En general, cuando un camino cruza el punto de origen o el área de paso del flujo de escombros en una quebrada de montaña susceptible a dicho flujo; el cruce, en principio, debe ser previsto por una alcantarilla con un área con suficiente sección transversal o un puente con suficiente luz. En el caso de una quebrada de montaña se tiene flujos de lodo de alta velocidad se espera que ocurran al pie de un volcán o de una quebrada de montaña con una alta frecuencia, un camino que cruce los orígenes de un área de paso del flujo de escombros debe preferiblemente ser provista de un puente con el suficiente espacio para que cruce el flujo de escombros.

En un sitio donde la pendiente de una sección, aguas arriba de quebrada de la sedimentación del flujo de escombros, es de 3° - 10°, causa la considerable fluctuación del lecho de la quebrada. Por consiguiente no es deseable el planificar que la ruta pase a través de tales sitios y esta debe ser cambiada hacia arriba de la quebrada o hacia debajo de la quebrada y el cruce previsto por un puente con suficiente luz (Figura 5.1).

Cuando la superficie del camino no es mas alta que el lecho de la quebrada, la introducción de un badén (cruce de bajo nivel) debe ser considerado. Cuando la superficie del camino es mas baja que el lecho de la quebrada, la introducción de un vertedero para flujo de escombros debe ser considerado.

Si el cambio de ruta o medidas preventivas no es estimado a ser suficiente, será necesario a considerar la construcción de un dique para el control del flujo de escombros. En el caso de esta opción, será necesario un proyecto de control de erosión en el área.

Para los tramos de camino que incluyen el origen o área de paso del flujo de escombros, el control de paso debe ser introducido de acuerdo a las necesidades, siempre que el nivel de precipitación pluvial es suficiente para causar el flujo de escombros previsto.

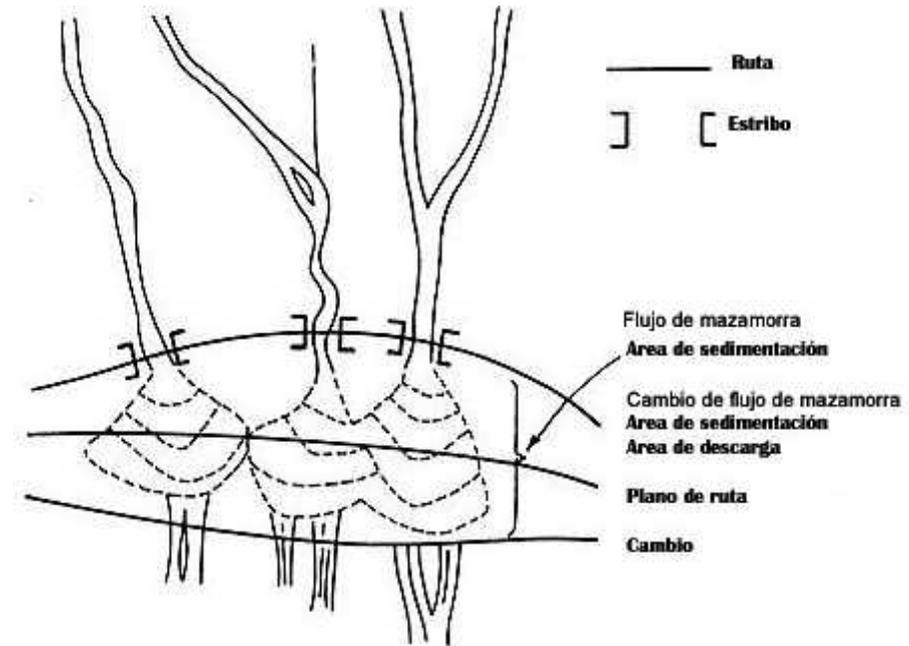


Figura 5.1 Cambio Menor en un Área de Sedimentación de Flujo de Escombros

5 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA FLUJO DE ESCOMBROS

5.2 ALCANTARILLAS

La sección transversal planificada de una alcantarilla debe permitir el paso del pico de descarga del flujo de escombros y tanto la altura como el ancho horizontal deben exceder el doble del tamaño máximo de las gravas contenidas en el flujo de escombros. El eje de una alcantarilla, incluyendo la cuneta de aguas, río arriba, debe ser lo más recta posible para coincidir con la dirección del flujo de escombros. Se debe dar especial atención a la sección transversal y a la pendiente de la cuneta de aguas abajo más que a aquellas alcantarillas.

Toda atención posterior debe ser dada para evitar el posible estancamiento de material en la alcantarilla debido al material flotante. Cuando se conoce el derrame de una gran cantidad de material flotante, es necesario colocar una(s) barrera(s) de protección aguas arriba (Figura 5.2).

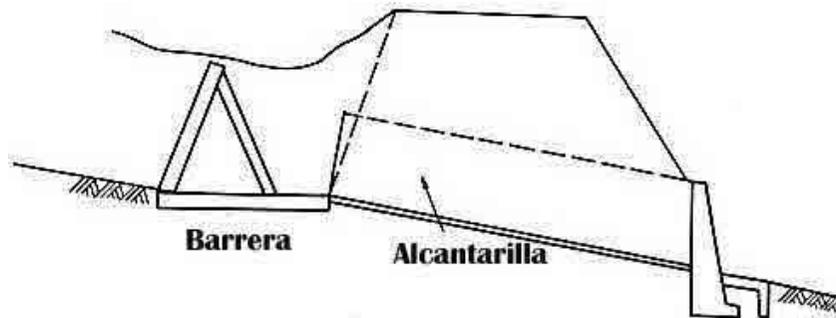


Figura 5.2 Alcantarilla y Barrera

5.3 PUENTE

La planificación de la sección transversal de un puente debe permitir el paso del pico de descarga del flujo de escombros. El alto de la viga maestra del puente es determinado por la adición de una luz suficiente para el paso de la altura de onda de flujo pico. Es preferible no ubicar cimientos del puente en el lecho de la quebrada. Se debe prestar especial atención para evitar el estrechamiento del ancho de la cuneta en el sitio del puente. Aunque si es necesario colocar cimientos en el lecho del río, sus posiciones deben evitar la sección central de la cuneta para que el flujo de escombros no destruya los cimientos del puente.

5.4 BADÉN

Cuando hay una pequeña guía entre el lecho de la quebrada y la superficie del camino en un área de origen o paso de flujo de escombros, el camino debe tener una estructura (Badén) la cual no debe ser destruida por el paso del flujo de escombros sobre la superficie del camino (Figura 5.3).

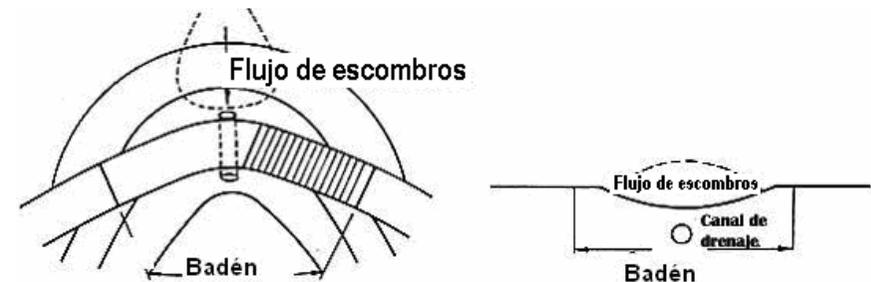


Figura 5.3 Badén

5 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA FLUJO DE ESCOMBROS

5.5 TÚNEL FALSO CONTRA FLUJO DE ESCOMBROS

La estructura de un protector de flujo de escombros debe ser similar al de uno para protección de rocas. La pendiente longitudinal a lo largo de la dirección de flujo en la cuneta, debe en principio, ser similar a la pendiente del lecho de la quebrada río arriba de esta manera no habrá deposición de suelo sobre la protección. El ancho del área de flujo debe ser idéntico a el ancho del lecho del río aguas arriba.

El lado del muro debe tener una altura equivalente de la altura de la onda del flujo de escombros más un margen de altura y debe ser diseñado para guiar el flujo de escombros de la quebrada de montaña al túnel falso.

5.6 CAPTURA DEL SUELO DE DESCARGA CON UN DIQUE Y CERCO

Uno de los varios diques o muros puede ser usado para capturar un flujo de escombros completo o rocas grandes y materiales de manera que solamente el suelo y agua, que pueden ser drenados por las instalaciones del drenaje río abajo, son permitidos fluir hacia abajo. El diseño de la pendiente de sedimentación debe tener la mitad de la actual pendiente del lecho de la quebrada. Diques y muros de cerco de concreto o acero permeable son usados para reducir el volumen de sedimentación durante un flujo ordinario. El tamaño de las aperturas debe ser menor que 1.5 veces el máximo diámetro de las gravas grandes para poder capturar el flujo de escombros (Figura 5.4).

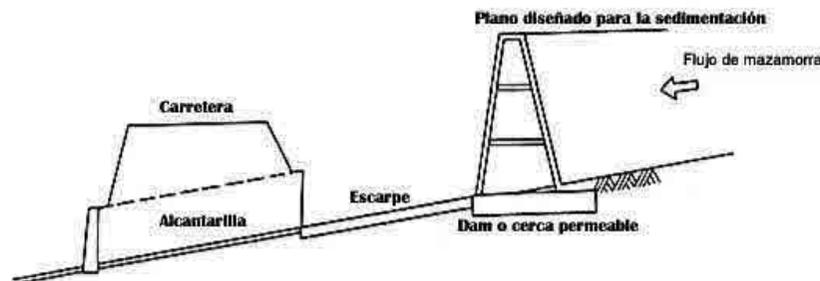


Figura 5.4 Captura del Suelo de Descarga con un Dique y Cerco

5.7 ESTIMACIÓN DE LA ESCALA DEL FLUJO DE ESCOMBROS

Para el diseño de medidas preventivas para flujo de escombros se debe estimar, el volumen del sedimento, descarga máxima, velocidad de flujo, nivel de agua (altura de la ola), peso de la unidad de volumen y máximo tamaño de partículas de los escombros anteriores, si es necesario, basados en los resultados del estudio para cada quebrada de montaña.

1) Descarga Máxima

Cuando un flujo de escombros se presenta debido a la desestabilización del sedimento depositado en el lecho del río, el pico de descarga del flujo de escombros puede ser estimado usando la siguiente formula.

$$Q_{sp} = C_* / (C_* - C_d) \cdot Q_p \dots \dots \dots (1.1)$$

Donde.

Q_{sp} : pico de descarga del flujo de escombros (m³/seg)

Q_p : pico de descarga solo del agua (m³/seg)

5 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA FLUJO DE ESCOMBROS

- C_* : volumen de sedimento, densidad de sedimento depositado en el lecho de la quebrada ($= 1 - n$; n : relación de vacíos o porosidad)
- C_d : densidad del flujo de escombros en movimiento

Mientras tanto, el equilibrio de la densidad del sedimento del flujo de escombros esta dada por la siguiente formula.

$$C_d = \frac{\gamma_w \tan \theta}{(\gamma_s - \gamma_w)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots\dots\dots (1.2)$$

Donde,

- γ_s : peso por unidad de volumen del sedimento (kN/m^3 (tf/m^3))
- γ_w : peso por unidad de volumen del agua (kN/m^3 (tf/m^3))
- ϕ : ángulo de fricción del sedimento depositado en el lecho de la quebrada (°)
- θ : pendiente del lecho de la quebrada (°)

La descarga máxima del agua Q_p es calculado por la siguiente formula para la precipitación critica causante de un flujo de escombros.

$$Q_p = \frac{1}{3} \cdot f \cdot r_e \cdot A \dots\dots\dots (1.3)$$

Donde,

- f : índice pico de flujo
- r_e : intensidad de precipitación media en tiempo de concentración de inundación (mm/hr)
- A : área inundación (km^2)

2) Velocidad y Nivel Máximo de Agua (Altura de Ola)
Una formula tipo Manning de flujo uniforme es usada para la velocidad del flujo basado en la observación de resultados del flujo de escombros en el Japón.

$$v = \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \dots\dots\dots (1.4)$$

Donde,

- v : velocidad media del flujo de escombros ($m/seg.$)
- h : altura de onda del flujo de escombros (m)
- El coeficiente de rugosidad n a ser usado es aproximadamente 0.03 para una cuneta de lecho de agua fijo y 0.1 para un flujo variable.

El mayor nivel de agua puede ser calculado usando el pico de descarga, una formula para la velocidad y altura de la ola y el ancho del lecho de la quebrada en el área de paso del flujo de escombros.

6 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

Como el terreno natural es generalmente complicado y sus propiedades no son uniformes, la masa de roca y las capas de suelo que forman el terreno existente deben estar clasificadas desde el punto de vista de la dificultad de excavación y estabilidad de talud. Las pendientes estándar de talud empíricamente establecidas son aplicadas a la clasificación del suelo, asumiendo que no existe tratamiento, re vegetación o un simple trabajo de protección como ser una malla, para determinar la pendiente del talud y forma correspondiente al suelo y las propiedades de la roca, y altura de corte.

6.1 PENDIENTE ESTÁNDAR DE TALUD

Los terrenos naturales son extremadamente complicados y no tienen propiedades uniformes, y el corte del talud tiende gradualmente a ser inestable. Una estimación completa debe ser hecha mediante un cálculo completo de los requerimientos para la estabilidad descrita en referencia a las pendientes estándar de estabilidad listado en la Tabla 6.1. La Tabla indica los valores normales de la pendiente del talud y se han establecido como siempre basados empíricamente en los trabajos como ser protecciones, enmallado o sin protección. Las pendientes a las que nos referimos aquí son para los taludes individuales que no tienen banquetas.

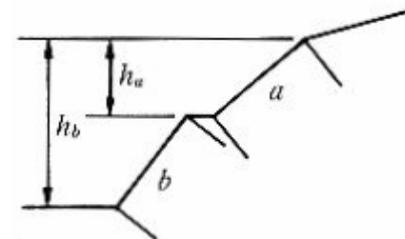
La diferencia entre rocas suaves y duras se juzga en base al grado de dificultad de excavación, y es principalmente gobernado por la fuerza /masa de la rocas y la cantidad de grietas o fracturas de la roca. El rango de valores normales mostrados en la Tabla 6.1 es más amplio que la de valores normales para terraplenes descritos anteriormente, para que la determinación de la pendiente del talud roca en base a estos valores normales parezca ser difícil porque hay tantos factores involucrados.

Tabla 6.1 Pendiente Estándar para Corte de Talud

Clasificación de Roca y Suelo		Clasificación de Roca y Suelo	Pendiente
Roca dura	Roca dura		1:0.3 - 1:0.8
Roca suave	Roca suave		1:0.5 - 1:1.2
Arena	Arena		1:1.5 -
Suelo arenoso	Suelo arenoso	< 5m	1:0.8 - 1:1.0
		5 - 10m	1:1.0 - 1:1.2
		< 5m	1:1.0 - 1:1.2
		5 - 10m	1:1.2 - 1:1.5
Suelo arenoso mezclado con grava o masas rocosas	Suelo arenoso mezclado con grava o masas rocosas	< 10m	1:0.8 - 1:1.0
		10 - 15m	1:1.0 - 1:1.2
		< 10m	1:1.0 - 1:1.2
		10 - 15m	1:1.2 - 1:1.5
Suelo arcilloso	Suelo arcilloso	0 - 15m	1:0.8 - 1:1.2
Suelo arcilloso mezclado con masas rocosas o conglomerados	Suelo arcilloso mezclado con masas rocosas o conglomerados	< 5m	1:1.0 - 1:1.2
		5 - 10m	1:1.2 - 1:1.5

Notas

- ha:* altura de corte de talud para superficie de talud a
- hb:* altura de corte de talud para superficie de talud b



- La pendiente no incluye la berma.
- El corte de talud en relación a la pendiente significa la altura total de corte de talud cubriendo el corte de talud total por encima del corte de talud en cuestión.

6 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

- 1) *La altura de corte de talud y la pendiente, cuando no se opta por una pendiente simple debido a la condición del suelo y otras razones, debe estar basado en las ideas mostradas a continuación.*
- 2) *Los acarrees serán clasificados dentro de suelo arcilloso.*
- 3) *La Tabla no se aplica a suelos que no están incluidos en la Tabla anterior.*
- 4) *En planificación de la siembra en el talud, también debe ser considerada la aptitud de la pendiente para siembra.*

Las pendientes de talud estándar mostrados en la Tabla 1.3 pueden no ser aplicados a ciertos casos como sigue, y debe usarse una pendiente más moderada con otras medidas de prevención.

- 1) Cortes en Depósitos Coluviales o Taludes Fuertemente Meteorizados
- 2) Cortes en Suelo Fácilmente Erosionable como ser Suelo Arenoso.
- 3) Cortes en Rocas Rápidamente Meteorizadas como ser Esquistos de Barro, Tufa y Serpentina
- 4) Cortes en Rocas con Muchas Fisuras
- 5) Cortes en Estructuras de Talud Buzados con Fisuras
- 6) Cortes donde está presente mucha Agua Subterránea
- 7) Taludes de Gran Escala

FORMA DEL TALUD

Como se muestra en la Figura 6.1, la pendiente del talud varia dependiendo de los suelos, las rocas, y las bermas están provistas en muchos casos de puntos de transición en donde la pendiente cambia.

Una pendiente simple de talud es generalmente usado donde la geología y los suelos son casi los mismos en la dirección de profundidad y en direcciones longitudinales y transversales. Donde los suelos y la geología varían considerablemente y se

ven complicados, una pendiente simple de talud adaptado a los suelos de pendiente leve pueden usarse aunque sea antieconómico.



Figura 6.1 Condiciones del Suelo y Formas de Talud

BANQUINAS

Una banquina de alrededor de 1 a 2m de ancho será generalmente instalada en el medio de un corte de talud de gran altura.

1) Propósito de la banquina

En la porción más baja de un talud continuo y grande, la descarga y la velocidad de escurrimiento del agua superficial aumenta, causando una escorrentía. En este caso, la velocidad de escorrentía puede ser reducida mediante la provisión de una banquina en el medio del talud, o la concentración de agua superficial en la porción baja del talud puede ser prevenida mediante la elaboración de una cuneta en la banquina para drenar el agua fuera del talud. La banquina es también utilizada como una grada de inspección o como un andamio en caso de reparación.

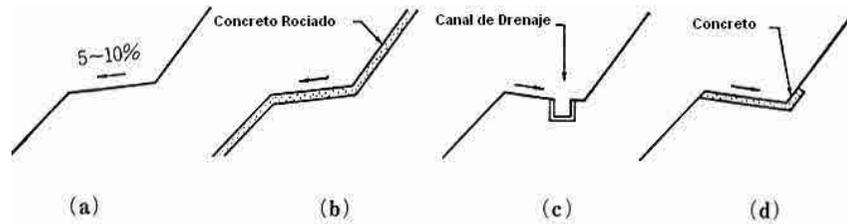
6 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

Figura 6.2 Sección Transversal de Pendiente de una Banquina

2) Pendiente de una Banquina

Donde no están provistos los elementos de drenaje, casi un 5 a 10% de la pendiente transversal es normalmente provisto por la banquina y de este modo drenar el agua hacia la base del talud (pie del talud). De todas formas, donde el talud es considerado a ser fácilmente erosionado la pendiente de la banquina debe ser realizado en dirección reversa, así el agua será drenada hacia la cuneta de la banquina. (Figura 6.2 (c)).

3) Ubicación de las Banquinas

En cortes de talud, banquinas de 1 a 2 m de ancho son normalmente provistas cada 5 a 10 m de altura dependiendo del suelo, roca y escala del talud. Una banquina más ancha es recomendada donde el talud es largo y alto o donde los cercos de protección de caída de rocas deben ser instalados.

Las banquina deben ser diseñadas tomando en cuenta la dificultad de inspección y reparación, la pendiente del talud, altura de corte, suelos del talud, costo de construcción y otras condiciones.

6.2 MORTERO PROYECTADO (SHOTCRETE)

Entre los taludes con riesgo de caída de rocas, están aquellos suelos compuestos de grava o rocas suaves meteorizadas que son propensos a tener una caída de rocas de escala menor. Para estos taludes la instalación de una red o malla de prevención contra caída de rocas para retener el material suelto y/o cercos de prevención contra caída de rocas son aconsejables para prevenir la ocurrencia de hacia la superficie de la carretera. En el caso de grandes grietas en rocas suaves sin vertiente, el riego de mortero de concreto es apropiado. Es preferable utilizar trabajos para prevención de caída de rocas en taludes que presentan caída de rocas tipo exfoliación o taludes altamente fracturados de roca dura y el uso adicional de trabajos de protección de caída de rocas si la pendiente del talud es muy empinada.

Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) que incluyen la proyección de mortero y la esparación de concreto, son comúnmente usados en taludes muy pronunciados de meteorización muy fuerte o para rocas en las cuales no es posible la revegetación.

1) Propósito

Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) están destinados (a) principalmente para prevenir la meteorización de la superficie y su erosión, y en algunos casos, (b) para controlar la caída de rocas de menor escala.

2) Consideraciones de Diseño

Los trabajos de mortero proyectado (Shotcrete) no tienen un soporte extra contra la masa de un talud inestable. Para aplicaciones permanentes, el mortero proyectado (Shotcrete) debería ser reforzado fin de reducir el riesgo de agrietamiento

6 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

en la capa proyectada. Dos métodos comunes de refuerzo son bastante utilizados, refuerzo de malla soldada y fibras de acero. La malla debe estar asegurada y lo más cerca posible a la roca y totalmente embebida en el mortero proyectado (Shotcrete), teniendo el cuidado de eliminar los huecos en el mortero proyectado (Shotcrete). El grosor estándar del mortero proyectado (Shotcrete) generalmente varía de 8 a 10 centímetros en el caso de esparción de mortero y de 10 a 25 centímetros para una esparción de concreto.

En principio, se deberían proporcionar barbacanas a través del mortero proyectado (Shotcrete) para prevenir la creación de presión de agua detrás de la cara interior del mortero, con los huecos de drenaje usualmente de 1 a 2 metros entre centros, a una profundidad de 20 centímetros. La sección esparcida de la parte superior del talud debería estar completamente empotrada dentro del suelo.

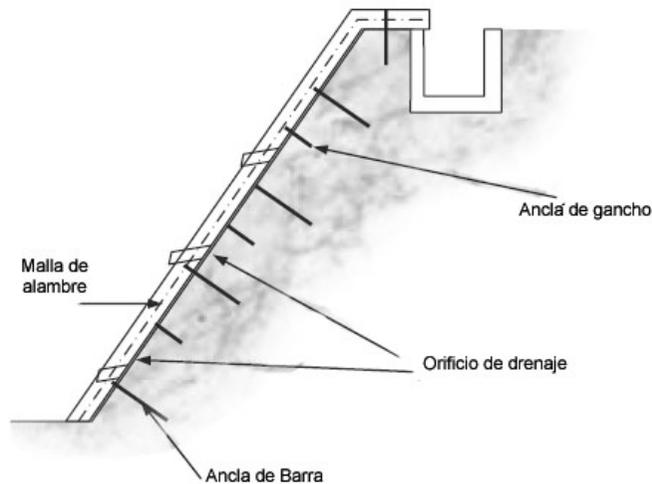


Figura 6.3 Ejemplo Típico de Mortero Proyectado (Shotcrete)

6.3 MURO DE SUJECCIÓN DE ROCAS

El muro de sujeción de rocas se usa como trabajo de protección para prevenir que las rocas caigan a la carretera y es comúnmente usado en sitios donde la pendiente del talud en la parte posterior es moderada o en sitios donde se tiene un amplio espacio a un lado de la carretera.

Este método es comúnmente usado y tiene una curva de costo/beneficio efectiva especialmente cuando la magnitud de la caída de rocas es de gran escala y difícil de controlar.

Los muros de sujeción de roca deberían estar diseñados para absorber la energía de las rocas al caer produciendo deformaciones en el muro así como del estrato productivo después de calcular el valor de la tal energía.

Además es deseable establecer un bolsón en la parte trasera del muro de contención, para que las rocas que caen y los suelos puedan ser depositados en este lugar hasta cierto punto. La Figura 6.4 muestra el arreglo conceptual de un relleno de sujeción y cuneta.

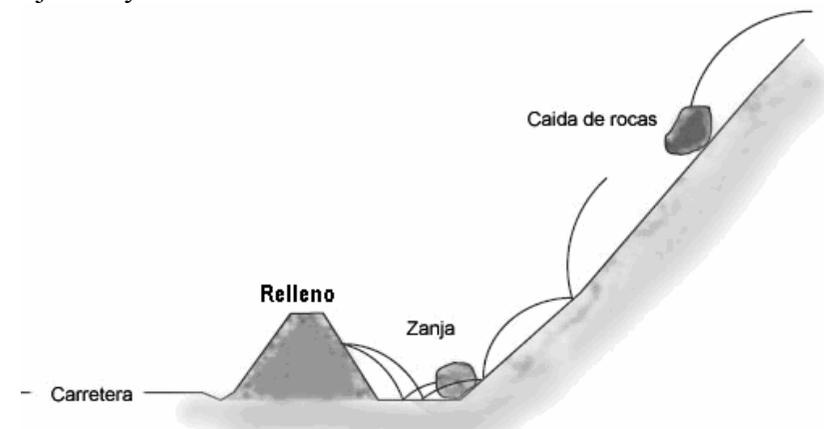


Figura 6.4 Diagramación del colocado de un relleno de sujeción y cuneta

6 OBRAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDA DE ROCAS Y DERRUMBE SUPERFICIAL

Aparte del análisis de estabilidad de terraplén, las consideraciones de diseño están relacionadas a la forma y las dimensiones del terraplén de sujeción y cuneta en términos de su capacidad para detener y acomodar piedras caídas. La Tabla 6.1 pone las formas recomendadas en una lista y dimensiones de esta estructura con relación a la pendiente del talud.

Tabla 6.1 Formas y Dimensiones de la Cuneta de Sujeción Recomendadas

Pendiente del talud (Vertical a Horizontal)	Altura del Talud (m)	Ancho de la Cuneta (m)	Profundidad de la Cuneta (m)
Casi vertical	5 a 10	4	1.0
	10 a 20	5	1.5
	20 <	6	1.5
1:0.25 a 1:0.3	5 a 10	4	1.0
	10 a 20	5	1.5
	20 a 30	6	2.0
	30 <	8	2.0
1:0.3 a 1:0.5	5 a 10	4	1.5
	10 a 20	5	2.0
	20 a 30	6	2.0
	30 <	8	2.5
1:0.5 a 1:0.75	0 a 10	4	1.0
	10 a 20	5	1.5
	20 <	5	2.0
1:0.75 a 1:1.0	0 a 10	4	1.0
	10 a 20	4	1.5
	20 <	5	2.0

Nota) El ancho de la cuneta es la distancia horizontal desde el pie del talud a la cima del terraplén.

La energía de las rocas que caen (E_i) es usada para propósitos de diseño y se calcula con la siguiente fórmula.

$$E_i = (1 + \beta)(1 - \mu/\tan\theta)W \cdot H \dots\dots\dots (1.5)$$

Donde,

E_i : energía de las rocas que caen (kN·m)

β : coeficiente de rotación de energía (adimensionales)

μ : coeficiente de fricción equivalente al talud (adimensionales)

(valor que va de 0.05 a 0.35 que se usa depende de las características de las piedras que caen y el talud)

θ : pendiente del talud (°)

W : peso de las rocas que caen (kN)

H : altura de la caída (m)

APÉNDICE V-1

MEDIDAS PREVENTIVAS

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**V1-1 SELECCIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS****(1) Generalidades**

En este procedimiento, las medidas preventivas significan los trabajos de medida contra desastres los cuales han estado ocurriendo repetidamente. De todas formas, las medidas preventivas introducidas serán útiles como medidas preventivas. Algunas medidas preventivas introducidas en este procedimiento son caras y tal vez no sean aptas a ser usadas en Bolivia en términos de costos.

Medidas de prevención adecuadas contra desastres de talud deben estar basadas en un entendimiento de las características de los desastres de carretera. En la tarea de investigaciones, o planificación para impedir, desastres de talud de carretera, el cuidado extremo debería ser pagado a los puntos siguientes.

- 1) Las investigaciones de campo deberían comenzar con una evaluación completa de las condiciones generales (topografía, geología, vegetación, etc.). Los investigadores no deberían ser excesivamente absorbidos en detalles al principio, porque las impresiones iniciales de tal detalle a menudo pueden engañarlos y no entender la condición verdadera del sitio.
- 2) Donde una carretera existente es amenazada por derrumbes en gran escala, deslizamiento o flujo de escombros que sería demasiado costoso o difícil de impedir, el movimiento de tráfico seguro debe ser mantenido trasladando el camino o aplicando el control de tráfico. Si una nueva carretera tiene que ser construida, su alineación debería ser determinada con la menor parte de riesgo de inestabilidad de talud en la etapa de planificación.
- 3) Rellenos de gran escala o corte de talud en áreas propensas a deslizamientos a veces causa desastres imprevistos. El reconocimiento de campo y otras investigaciones necesarias, por lo tanto, son esenciales para planear caminos seguros.

El costo de medidas de prevención después de un desastre de talud es a menudo varias veces el costo de tomar medidas preventivas apropiadas antes de que cualquier falla pueda ocurrir. En ingeniería de protección de talud y estabilización, la experiencia es un factor muy importante, y la pendiente estándar de relleno de terraplenes y corte de taludes es determinado en una base empírica. El diseño de taludes debe ser hecho no por simple aplicación de la pendiente estándar, pero también debe estar basado en el juicio de ingenieros con experiencia que bien conocen las condiciones naturales geológicas, topográficas, meteorológicas y otras del área.

- 4) Las carreteras a menudo son construidas al principio como estructuras simples en los costos bajos y luego gradualmente mejorados y realzados con funciones variadas por el mantenimiento. La situación, sin embargo, cambia poco a poco y los caminos tienen que ser construidos y hacer una estructura tan completa como sea posible para enfrentarse con desastres posibles y reducir el mantenimiento.
- 5) El agua es un factor esencial en el control de la estabilidad de talud. El drenaje es el factor más importante para la seguridad tanto de taludes naturales como de artificiales. El tratamiento de agua superficial, agua de manantial y drenaje de agua subterránea para conseguir el abatimiento de este nivel son métodos importantes para estabilización de taludes.
- 6) Los accidentes inesperados, como desastre de talud local o caída de rocas, pueden ocurrir a veces en el curso del trabajo de corte de talud. En tales casos, el diseño y el plan de trabajo tienen que ser examinados por ingenieros expertos con experiencia.
- 7) La seguridad de una carretera contra desastres naturales debería ser mantenida y realzada para el flujo de tráfico libre constante. La inspección de campo periódica a lo largo de la ruta es muy importante.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

- 8) Si algún talud o los trabajos de protección de talud muestran la deformación como ser hinchazón o hundimiento, los trabajos de estabilización deberían ser comenzados inmediatamente para impedir el desarrollo de un desastre grande.
- 9) Para conservar el conocimiento y la experiencia, es recomendado compilar, y conservar durante un tiempo apropiado, los datos usados para el diseño, los archivos de la inspección de campo, el historial de daños y trabajos de reparación, los archivos del trabajo de estabilización adicional, etcétera. Estos archivos pueden ser muy útiles para futuros diseños, mantenimiento y desarrollo general de métodos de prevención y tratamiento de desastres de carretera.

Los desastres de talud que ocurren a lo largo de las carreteras nacionales en Bolivia, son clasificados en los seis tipos siguientes basados en su mecanismo de acontecimiento y los tipos de medidas de prevención que tienen que ser aplicadas.

Derrumbe (DR) — el término DERRUMBE es usado para significar fallas poco profundas a pequeña escala marcados por el movimiento repentino y rápido sin indicación previa

Caída de Rocas (CR) — el término CAIDA DE ROCAS es reservada para un movimiento abrupto de caída libre de materiales lejos del talud empinado, que se extienden en el tamaño de bloques de roca individuales a fallas de pequeño tamaño con volúmenes de menos de 2 m³. La caída de rocas de mayor tamaño, excediendo los 1,000 m³, se menciona como falla de masa rocosa (véase abajo).

Falla de Masa Rocosa (FR) — el término FALLA DE MASA ROCOSA incluye desprendimiento y deslizamiento de rocas, a diferencia de la caída de rocas, está caracterizada por la falla de masas de roca mayores a 2 m³. Esto ocurre en estrecha relación a la estructura geológica.

Deslizamiento (DS) — el término DESLIZAMIENTO es usado para describir una deformación de talud lenta y a largo plazo por suelos o rocas fuertemente meteorizadas y están usualmente caracterizadas por superficies de deslizamiento reconocibles.

Flujo de escombros (FM) — el término FLUJO DE ESCOMBROS es un flujo de fragmentos de roca compacto y rápido, y suelo y lodo mezclados con agua, usualmente entre un arroyo o canal de río definido.

Falla del Terraplén (FT) — el término FALLA DE TERRAPLÉN es usado para significar una falla a menor escala que ocurre en un talud de terraplén.

Las medidas preventivas para desastres de talud que envuelven a las carreteras están clasificadas dentro de siete grupos, en consideración al tamaño, propósito, aplicación y métodos de diseño, como sigue.

- Trabajos de Tierra
- Cobertura Superficial
- Drenaje de Agua
- Trabajos de Talud
- Muros y estructuras Resistentes
- Trabajos de Protección
- Otros

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Una combinación adecuada de estos métodos debe ser implementada después de la consideración de los mecanismos y dimensiones de los desastres de talud, la importancia de los objetos a ser protegidos, y el costo beneficio. Generalmente, las medidas preventivas envuelven algunos o todos de los siguientes objetivos:

- 1) Previendo la erosión y la meteorización de la superficie del talud por el uso de vegetación, mortero proyectado (Shotcrete) y drenaje superficial;
- 2) Reducir presiones de agua de poro en el talud por drenaje superficial y subterráneo;
- 3) Reducir el cizallamiento (o fuerza de desestabilización) quitando los materiales inestables de la parte superior del talud inestable;
- 4) Incrementando la fuerza de corte (o estabilizando la fuerza) añadiendo peso al pie del talud inestable o por el aumento de fuerza de corte a lo largo de la superficie de falla;
- 5) Apoyando el área inestable de talud por la construcción de muros de contención y estructuras similares;
- 6) Reducir o impedir los daños por desastres de talud mediante trabajos de sujeción, etc.;
- 7) Evitar áreas inestables trasladando la ruta o por la construcción de puentes y estructuras similares.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

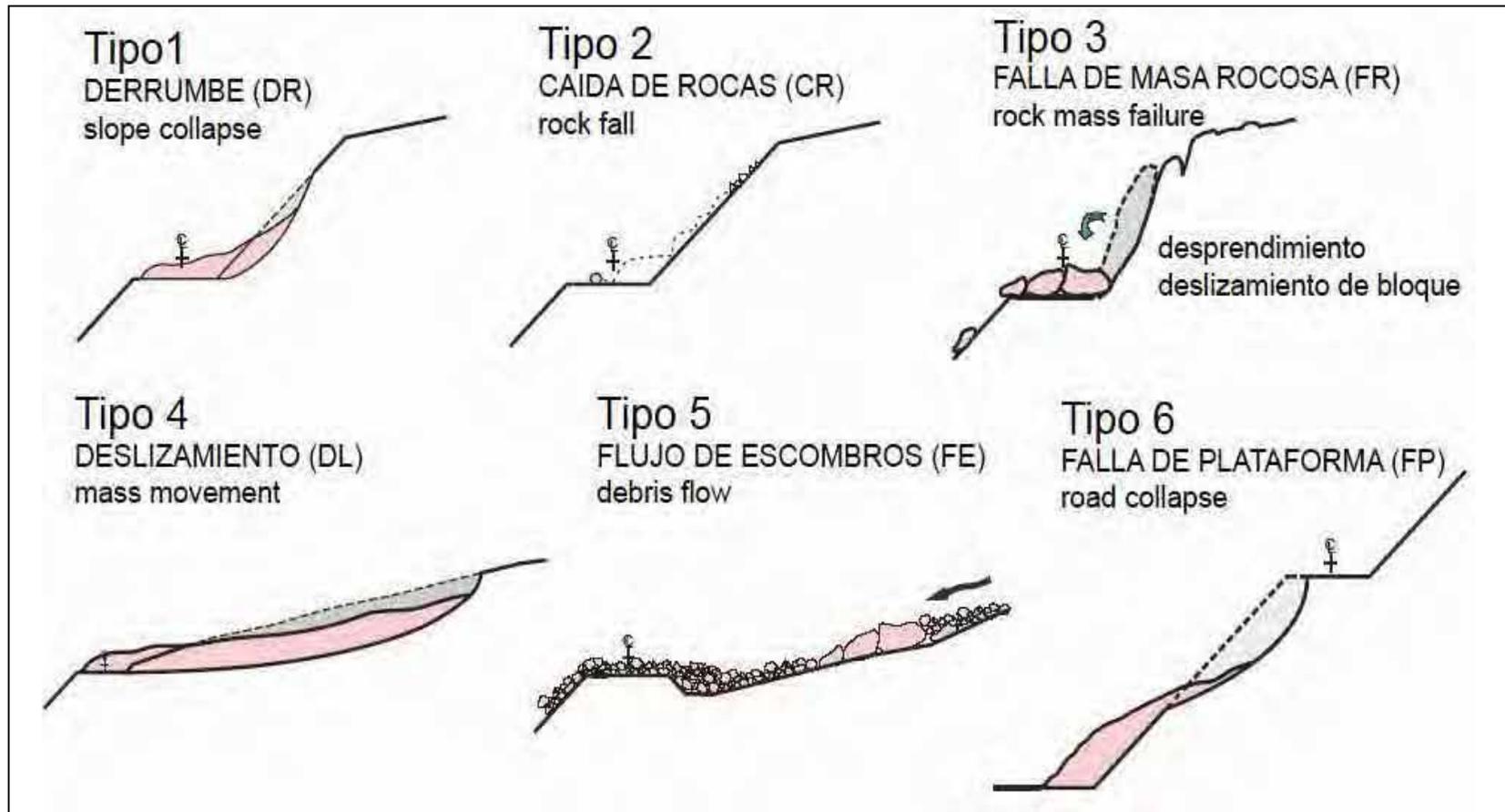


Figura A1-1.1 Tipos de Desastre

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Tabla A1-1.1 Aplicabilidad de Medidas Preventivas contra Desastres de Talud

Clasificación	Medidas preventivas	Aplicabilidad						
		DR	CR	FR	DL	FE	FP	
MOVIMIENTO DE TIERRA	Movimiento de Tierra	Remoción	A	A	A	A	A	-
		Recorte de rocas	-	A	A	-	-	-
		Rocas pre-división/ruptura	-	A	A	-	-	-
		Cortes de suelo	A	-	-	A	-	-
		Terraplén	A	-	-	A	-	A
COBERTURA SUPERFICIAL	Vegetación	Hidrosiembra	A	L	-	L	-	A
		Vegetación	A	L	-	L	-	A
DRENAJE DE AGUAS	Drenaje superficial	Drenaje de subsuelo	L	-	-	A	-	A
		Drenaje de berma o	A	A	A	A	-	A
	Drenaje sub superficial	Alcantarilla	-	-	-	L	A	A
		Orificios horizontales de drenaje	A	-	L	A	-	A
		Muro de drenaje	-	-	L	A	-	-
	Túnel de drenaje	-	-	L	A	-	-	
TRABAJOS DE TALUD	Revestimiento	Revestimiento de roca	A	L	L	-	-	A
		Revestimiento de bloque	A	L	L	-	-	A
		Revestimiento de concreto	A	L	L	-	-	A
	Mortero Proyectado (Shotcrete)	Mortero proyectado	A	A	A	-	-	-
		Concreto proyectado	A	A	A	-	-	-
	Obras de encribado	Encribado de bloque de concreto (Precast)	L	L	-	L	-	A
		Encribado de concreto encribado en sitio	A	A	L	L	-	-
		Encribado de mortero proyectado	A	A	L	L	-	-
		Clavo de suelo	A	L	-	L	-	A
		Anclaje en roca	-	A	A	-	-	-
MUROS Y ESTRUCTURAS DE RESISTENCIA	Anclaje	Anclaje de suelo	A	-	A	A	-	A
		Muro gavión	A	-	-	L	L	A
		Muro de mampostería de piedra	A	-	-	L	-	A
	Muros de contención / contención	Muro de contención tipo gravedad	A	-	L	L	-	A
		Muro de bloques de concreto	A	-	L	L	-	A
		Muro de contención tipo apoyo	A	-	L	L	-	A

Muros de sujeción	Terraplén/relleno de sujeción	L	A	L	-	-	-	
	Gavión de sujeción	A	A	L	-	A	-	
	Muro de concreto de sujeción	A	A	L	-	A	-	
Pilotaje	Prevaciado de concreto reforzado con estacas de	L	-	-	L	-	L	
	Refuerzo moldeado en el lugar	L	-	-	A	-	L	
	Estacas de concreto	L	-	-	A	-	A	
Trabajos de protección	Malla de sujeción contra	L	A	L	-	-	-	
	Cerco de sujeción contra caída de rocas	L	A	L	-	-	-	
TRABAJOS DE PROTECCION	Cobertor de rocas	L	A	L	-	L	-	
	Cobertor de concreto (o acero)	L	A	L	-	L	-	
Sabo Dam	Dique de concreto (o	-	-	-	-	A	-	
	Dique de acero encribado	-	-	-	-	A	-	
	Dique tipo rastrillo	-	-	-	-	A	-	
OTROS	Evadiendo problemas	Cambio /diversificación	L	L	A	A	A	L
		Relocalización de ruta	L	L	A	A	A	L
		Túnel, Puente	L	L	L	A	A	A

A: Aplicable **L:** Caso Limitado **-:** Not applicable
DR: Derrumbe **CR:** Caída de Rocas **FR:** Falla de masa Rocosa
DS: Deslizamiento **FE:** Flujo de Escombros **FP:** Falla de Plataforma

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**V1-2 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA DERRUMBE DE TALUD (DR)****(1) Generalidades**

Lluvias constantes y terremotos frecuentemente causan derrumbes en taludes naturales o cortes de talud. Muchos taludes son estables en condiciones normales pero propensas a estar inestables durante o después de lluvias fuertes. Para prevenir derrumbes, la fuerza corrediza debe disminuirse o la resistencia suficiente para superar la fuerza corrediza debe ser agregada por las estructuras. Cualquier plan de prevención debe ser conveniente para las condiciones del campo.

Medidas adecuadas y eficaces para prevenir derrumbes deben seleccionarse considerando causas anticipadas, formas, mecanismos, y escala del derrumbe, así como la apariencia y a través de discusiones. Generalmente, el siguiente criterio debe ser usado para la selección.

- 1) Cuando sea posible, deben seleccionarse trabajos de corte, sobre todo en los casos en los cuales el talud pendientes sobresalientes muy pronunciadas, peligrosas o meteorización de rocas, en trabajos de cortes de talud, la armonía, estabilidad y el medio ambiente deben ser considerados.
- 2) En principio, el trabajo de drenaje superficial debe planearse positivamente. Deben realizarse trabajos de drenaje subterráneo si es que existen vertientes, durante el tiempo normal y/o lluvias, o si existe una depresión en la cima del talud
- 3) En la mayoría de los casos, la vegetación es económica, si es una opción disponible (pendiente y tierra). Debe aplicarse la vegetación para prevenir la erosión debido a la lluvia, creciendo las plantas en la cara del talud. Donde los taludes no son propensos a sostener porque presentan rocas meteorizadas, etc., se deberán considerar trabajos de mortero proyectado (Shotcrete), revestimiento, y encribado.

4) Los trabajos de muros de contención deben seleccionarse si el pie del talud necesita ser estabilizado y para ser usado como la base o fundación de otras medidas.

5) Aunque estos métodos son costosos, trabajos de Anclaje o pilotaje deben planearse si otros métodos no son aptos para controlar el derrumbe.

La Figura A1-2.1 muestra un diagrama de flujo para la selección de medidas de prevención para prevenir derrumbes. El éxito de tales medidas de prevención de derrumbes es influenciado en gran parte por las condiciones topográficas, geológicas y meteorológicas. En principio, los trabajos de corte de talud, trabajos de drenaje y re vegetación son las opciones preferibles. Solo se adoptan métodos estructurales tales como trabajos de encribado y Anclaje solo cuando el terreno y la pendiente no tienen condiciones aptas para vegetación y la estabilidad del talud no podrá ser asegurada por corte y/o solamente trabajos de drenaje.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Tabla A1-2.1 Clasificación de las Medidas Preventivas contra Derrumbes

CLASIFICACIÓN		TIPO DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE TIERRA	Movimientos de tierra	Corte
		Terraplén
VEGETACION	Vegetación	Hidrosiembra
		Re-Vegetación
DRENAJE	Drenaje superficial	Orificios de drenaje en subsuelo
		Zanjas de drenaje y cascadas
	Drenaje subterráneo	Alcantarillas
		Orificios horizontales de drenaje
TRABAJOS EN TALUD	Revestimiento	Revestimiento de piedra
	Mortero Proyectado	Mortero Proyectado
		Concreto Proyectado
ANCLAJE	Anclaje	Trabajos de encribado
		Encribado (Prevaciado)
		Clavos de suelo
ESTRUCTURAS RESISTENTES	Muro de contención	Pernos de roca
		Anclaje de suelo
		Muro de Gaviones
		Muro de revestimiento de piedra
		Muro bloque concreto
		Muro de contención(tipo soporte)
TRABAJOS DE PILOTAJE	Trabajos de pilotaje	Trabajos de sujeción
		Muro sujeción concreto
TRABAJOS DE PILOTAJE	Trabajos de pilotaje	Estacas Tubos de acero
		Tubos de acero H

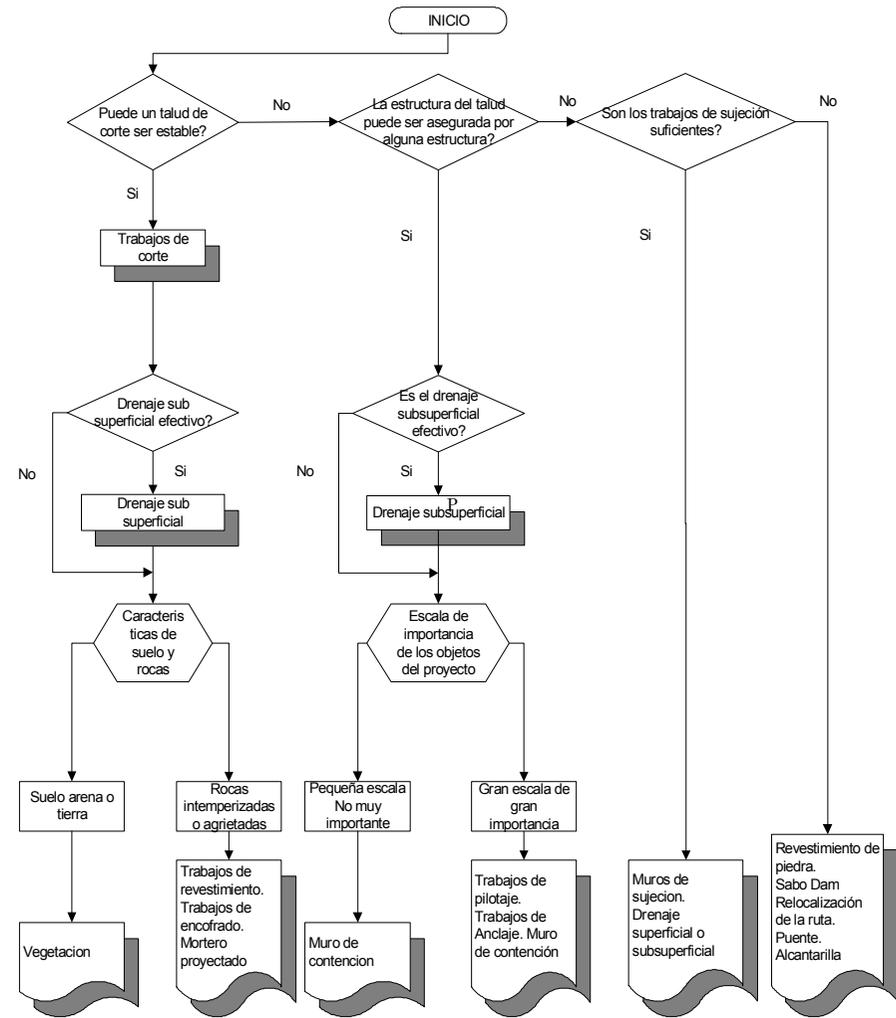


Figura A1-2.1 Diagrama de Flujo para la Selección de Medidas Preventivas para Derrumbes

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**(2) Movimientos de Tierra**

1) Propósito

El trabajo corte de talud se aplica para remover tierra inestable, piedra y reducir la carga, y para equilibrar las fuerza, en la cima de un talud inestable o potencialmente inestable.

2) Consideraciones de diseño

Debe determinarse la pendiente y la altura vertical del talud cortante en base a las condiciones geológicas, etc. La pendiente debe estar entre 1V a 0.3H y 1V a 1.5H que dependen de las condiciones del superficie y características. Banquinas de 1 a 4 m ancho debe crearse a intervalos de 5 a 10 m en dirección vertical. La investigación cuidadosa de la estabilidad del talud de la parte de atrás debe realizarse a priori antes de proceder con el corte. Esta sugerencia nos muestra la única pendiente normal, por consiguiente la pendiente aplicada debe ser aprobada por el ingeniero.

(3) Vegetación

Logrando una densa vegetación de cubierta se puede prevenir la formación de escombros inestable en las partes descubiertas de los lados del talud tales como superficies falladas y taludes descubiertos/desnudos. El método es uno de los más importantes en las medidas de prevención, y normalmente no es caro.

1) Propósitos

Los objetivos principales de la re vegetación son: a) reducir la erosión superficial causada por la lluvia y aguas que corren por la superficie; b) reducir la infiltración de las lluvias; c) aferrar los suelos subterráneos con las raíces.

2) Consideraciones de Diseño

Generalmente, los taludes descubiertos e inestables no son aptos para vegetación, y las fallas superficiales son frecuentes. Existe la posibilidad de plantar exitosamente en dicha superficie sin medidas de soporte.

Por esta razón la re vegetación de talud debería ser en principio llevada a cabo cuando un talud esta estabilizado por instalaciones o estructuras de otras medidas de prevención.

Seleccionando el tipo de vegetación para establecer, se debe tomar mucha atención en las lluvias, las condiciones de desarrollo y crecimiento de las plantas, y las propiedades del suelo del talud, tanto como el tiempo de construcción y el are de trabajos de prevención. La Tabla A1-2.2 nos da un criterio de selección para varios métodos de estabilización.

Adicionalmente, mallas y redes son usualmente colocadas en taludes relativamente empinados o para estabilizar la superficie del terreno. La pendiente de para re vegetación es usualmente menor a 60 grados.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Tabla A1-2.2 Selección de criterios generales para vegetación

Propiedades de suelo y roca	Métodos
Arena	Hidrosiembra, esparcido de lodo semilla, Tepes de briofitas
Suelos arenosos, suelos gravosos, suelos arenosos que contienen roca, conglomerado	Suelto: Suelos arenosos, suelos gravosos, suelos arenosos que contienen roca, conglomerado Denso
Arcilla, suelo arcillosos, suelo arcillosos con cantos y guijarros de roca	Suave: Arcilla, suelo arcillosos, suelo arcillosos con cantos y guijarros de roca Duro
Roca suave	Hidrosiembra, Esparcido de lodo y semilla, bolsas de vegetación, siembra por almacigo.

Tepes: Este es un método convencional en el cual la semilla se siembra directamente en la cara del talud y es apropiado para terrenos erosionables. Al colocar la semilla, debería lograrse un contacto directo con la cara del talud, el cual requiere ser apretado, y se deben colocar alineados sin espacios para prevenir escurrimientos.

Hidrosiembra: una mezcla de semilla, fertilizantes, fibra y agua, es esparcida en la cara del talud con una bomba. Este método es aplicado a taludes de poca pendiente, terrenos bajos.

Esparcido de lodo y semillas: similar a la hidrosiembra, una mezcla de lodo, semillas, fertilizantes suelo y agua es esparcido sobre la cara del talud con un aglutinante. Es por eso este método es aplicable a taludes relativamente empinados, y en lugares altos. Una emulsión de asfalto se esparce para realizar el trabajo de capa de curado

Manto vegetal: una material fibrosa que contiene semillas y fertilizante es usado para cubrir la cara del talud, este método ofrece la protección de los materiales hasta el desarrollo de la vegetación.

Bolsas de vegetación: bolsas de polietileno o redes de algodón rellenas con semillas y vermiculita, son usualmente ubicadas en cárcavas de un talud.

Siembra por almacigos: una mezcla de semillas, fertilizante y suelos son aplicados en orificios que son hechos inicialmente en la cara del talud

Bloques de vegetación: tepes, semillas y lodo, son ubicados alineados a lo largo de las curvas de nivel.

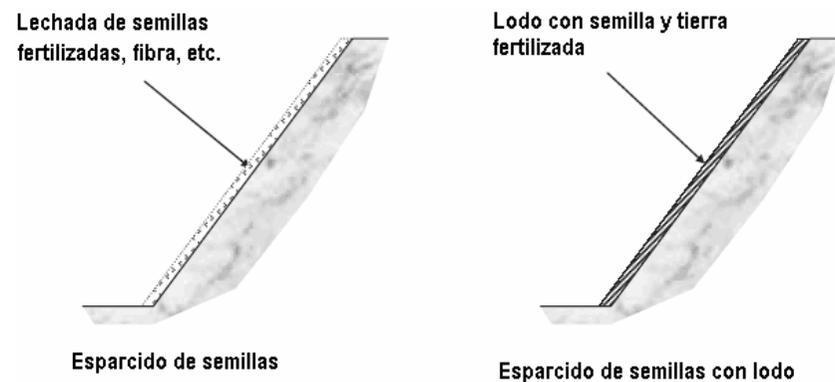


Figura A1-2.2 Trabajos Típicos de Re-vegetación

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

(4) Trabajos de Revestimiento

Los trabajos de revestimiento incluyen concreto, piedra y revestimiento de bloque. Son usualmente utilizados en taludes menores a 1:1.0. Cuando los taludes son mayores a 1:1.0, estos métodos son respectivamente muros de contención de concreto, muro de contención mampuesto, muro de contención de mampostería de bloque.

1) Propósito

Trabajos de revestimiento son aplicados principalmente para prevenir la meteorización, escurrimiento, erosión y en algunos casos para prevenir derrumbes de pequeña escala.

2) Consideraciones de diseño

Revestimiento de piedra y revestimiento por bloques son usados para sedimentos no cohesivos, esquistos de barro, suelos arcillosos propensos a derrumbe con taludes de pendiente menores a 1V: 1.0H. Por otra parte el revestimiento de concreto es utilizado para rocas de talud agrietadas con posibilidad de meteorización y separación. Para rocas de talud grandes y empinadas, es deseable reforzar el concreto con barras de refuerzo o mallas de acero.

Similar al mortero proyectado, se deben realizar orificios de drenaje de mas o menos 5 cm. de diámetro, y deben ser colocados a cada 2 a 4 m², sin tener en cuenta la presencia de agua de manantial o el agua de infiltración.

Métodos adecuados deberán ser seleccionados de la Tabla A1-2.3.

Tabla A1-2.3 Selección de Trabajos de Revestimiento

Tipo de Revestimiento	Espesor del Revestimiento (cm.)	Pendiente (V : H)	Altura (m)	Condición geológica
Piedra	25 a 35	1:1.0 a 1:1.5	≤5.0	Sedimentos, talud detrítico, lodolitas y suelos arcillosos propensos al colapso.
	≤25	1:1.5 a 1:1.8	-	
Bloque	35	1:1.0 a 1:1.5	≤3.0	Lecho de rocas con bastantes grietas y con posible meteorización.
	≤12	1:1.5 a 1:1.8	-	
Concreto	≥20	menor a 1:0.5	-	Lecho de rocas con bastantes grietas y con posible meteorización.
Concreto Reforzado	≥20	Encima de 1:0.5	-	

Nota: Esta tabla es solamente una sugerencia preliminar. Análisis detallados más específicos deberán ser realizados por el ingeniero.

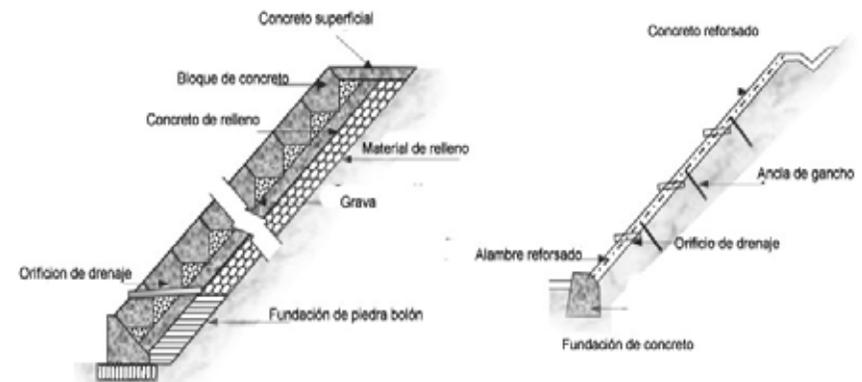


Figura A1-2.3 Ejemplos de Trabajos de Revestimiento

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

(5) Trabajos de Encribado

Los trabajos de encribado incluyen bloques de concreto encribado, mortero proyectado (Shotcrete) encribado y trabajos de encribado en sitio. Son comúnmente utilizados en taludes muy pronunciados y muy meteorizados o rocas con grietas bastante grandes, especialmente en laja que no puede ser sujeta con trabajos de mortero proyectado (Shotcrete).

1) Propósito

Similar al mortero proyectado (Shotcrete), trabajos de encribado son utilizados en a) principalmente para prevenir b) para controlar la caída de rocas en desastres de pequeña escala.

2) Consideraciones de Diseño

El trabajo de encribado de bloque de concreto ofrece una pequeña o ninguna fuerza resistente contra la fuerte tendencia de los taludes inestables, mientras el encribado de mortero proyectado (Shotcrete) y encofrado en el sitio los trabajos de la encribado de concreto tienen un poco de resistencia, dependiendo del tamaño y espacio del encribado.

El trabajo de encribado de bloque de concreto se usa para los taludes con pendientes menores a 1:1.0 (V:H) y cuando la vegetación satisface al talud. Encribado de mortero proyectado (Shotcrete) y encribado de concreto lanzado en el lugar se usan cuando la estabilidad a largo plazo del talud es cuestionable, o cuando es probable que el trabajo de encribado de bloque de concreto se derrumbe en un talud grande o en un talud de rocas meteorizadas y agrietadas por aguas de manantial/vertiente

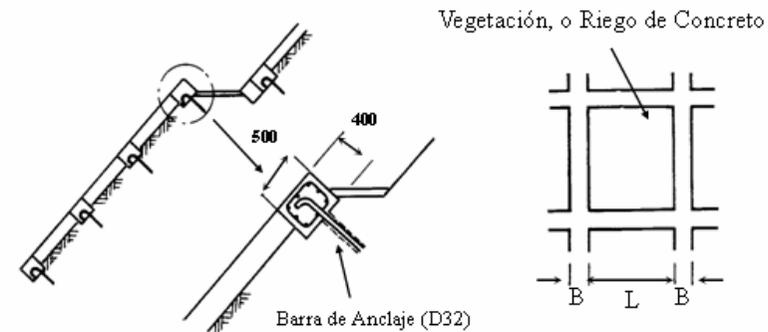
El encribado (o marco) normalmente tiene rangos de tamaño de entre 200 × 200 milímetros a 800 × 800 milímetros a un intervalo de 2 a 5 metros. Los espacios dentro de los encribados están llenos y protegidos por revestimiento de piedra, mortero esparcido, o vegetación, dependiendo de las condiciones del talud

(la pendiente, agua de manantial, el etc.). Cada intersección del encribado debe fijarse con las estacas o acero, dependiendo de las condiciones del talud. La Tabla A1-2.4 muestra las aplicaciones de trabajos del encribado. La Figura A1-2.4 presenta detalles de los trabajos de encofrado en el sitio de los trabajos de encribado.

Tabla A1-2.4 Aplicación de los Trabajos de Encribado

Tipo de trabajos de encribado	Pendiente (V:H)	Altura vertical (m)	Condición del talud
Bloque de concreto	< 1:0.8	≤ 5 m	Talud plano con vertiente y talud de gran pendiente por debajo de 1:0.8
Concreto	> 1:0.8	≤ 10 m	Taludes mayores a 1:0.8 y rocas agrietadas y meteorizadas y aparición de vertientes en estabilidad a largo plazo
Concreto vaciado en sitio	> 1:0.8	≤ 10 m	

Nota 1: Esta tabla es solamente una sugerencia preliminar, análisis más profundos deberán ser realizados por un ingeniero.



Nota: B=300 a 600 mm, L=B × (5 a 10)

Figura A1-2.4 Detalle del Trabajo de Encribado de Concreto vaciado en Sitio

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**(6) Clavos para Tierra**

Los clavos para tierra son varas de acero delgadas insertadas en la capa de la tierra para proporcionar la acción compuesta. Hay dos tipos diferentes de clavos de la tierra, llamado uñas rígidas y clavos flexibles. Generalmente se taladran los clavos flexibles y revestidos con lechada y orientados para movilizar la tensión. El clavado rígido involucra la inserción directamente sin la suma de la lechada, y se orientan los clavos para producir tanto el corte como la flexión en la uña así como un grado de tensión.

1) Propósito

Los clavos para tierra se aplican (a) Estabilizar taludes inestables de pequeña escala y en algunos casos, (b) para reforzar los terraplenes.

2) Consideraciones de Diseño

Los procedimientos del diseño existentes entran en dos categorías: aquéllos que consideran torcimiento y tensión y esos que toman en cuenta sólo la tensión como una acción de fijación. El último se recomienda como un plan más seguro. El análisis de estabilidad de un talud con calvos de tierra es similar a la de talud anclado (refiriéndose al plan de Anclaje).

Planeando los clavos de tierra, debe prestarse atención a las propiedades del suelo. Los clavos de la tierra con eficaces en suelos densos firmes y baja-plasticidad y no es práctico en tierras arenosas sueltas o arcilla suave. Normalmente, un clavo se usa por cada 1 a 6 m² de área de superficie de tierra combinados con mortero proyectado (Shotcrete) (mortero u hormigón). Los calvos normales varían de diámetro entre 12 mm y 32 mm, y son menores de 5 m de longitud. La Figura A1-2.5 muestran un ejemplo diagramático de clavo de tierra.

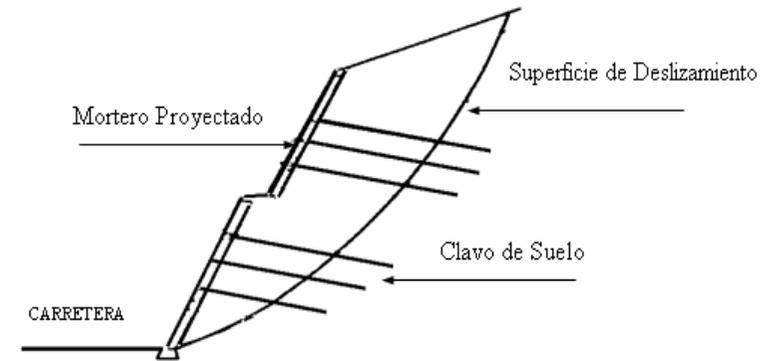


Figura A1-2.5 Un Ejemplo de Clavos para Tierra

(7) Muro de Contención

Frecuentemente, los muros de contención se usan para soportar cortes o el terraplén y proporcionar fijación contra la inestabilidad. Los muros de contención generalmente pueden ser clasificados en 5 tipos por lo que se refiere a su criterio de diseño, las aplicaciones, etc., Estos tipos son muro de gavión, muro de mampostería de piedra, muro de contención tipo encribado, muro de contención de gravedad muro de contención tipo soporte.

1) Propósito

Los muros de contención son utilizados (a) para prevenir derrumbes de pequeña escala y derrumbe de pie del talud de desastres de talud de gran escala y (b) como fundación de otros trabajos de protección tales como trabajos de encribado. Típicamente donde el pie del talud se derrumba o el derrumbe tiende a empeorar a lo largo del talud los muros de contención son fuertemente recomendados.

2) Consideraciones de Diseño

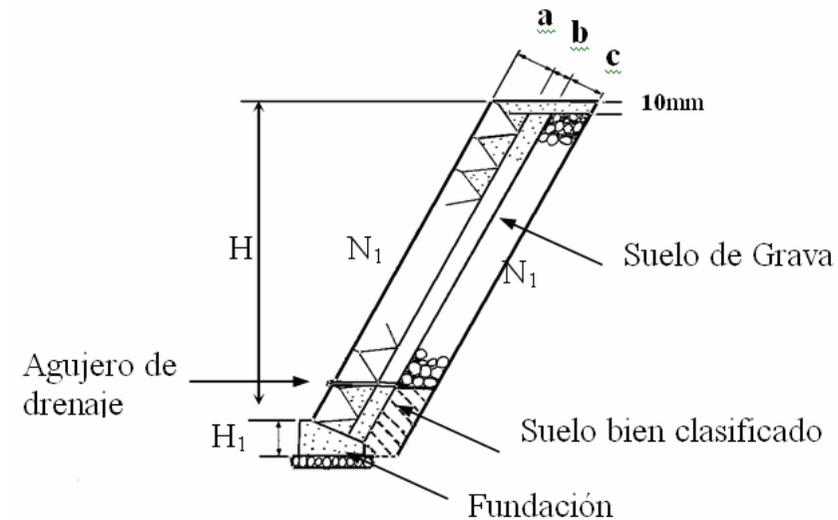
En principio, el diseño de muros de contención implica análisis de (a) deslizamiento (b) desprendimientos, típicamente cerca del

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

pie del muro (c) la capacidad de soporte del suelo de la fundación y (d) sobre todo estabilidad. Para (d), el análisis de estabilidad no solo debe considerar la estabilidad del muro en sí, pero también todo el talud del cual el muro será parte. Es más, las cargas que actúan en el muro de contención son normalmente consideradas a ser (e) peso muerto, (f) sobrecarga y (g) presión de tierra, para propósitos de diseño.

Los muros de gavión están fabricados con mallas de gavión y son normalmente 1 metro \times 1 metro en sección de corte y de 2 metros a 5 metros de largo. El relleno del gavión es generalmente de agregados de un máximo de 250 milímetros de diámetro hasta 100 milímetros de tamaño. Las estructuras de los gaviones son flexibles y la naturaleza del relleno del gavión proporciona un buen drenaje en las cercanías del muro. Por esta razón la protección contra la filtración entre el gavión y el relleno posterior debería ser considerada.

Muro de contención de mampostería de piedra (o bloque de concreto) debe ser mampostería mojada. La estabilidad de muro, especialmente la altura crítica, debe ser examinada (referente a la profundidad desde la arista superior al punto crítico que sobresale 1/3 hacia fuera del centro de la línea de fuerza). En general la fundación debe estar embebida al menos 30 centímetros. Un Orificio de drenaje (generalmente $\phi 75$ mm) debe ser instalado cada 2 a 3 m², usualmente en forma de zigzag, debido al pobre drenaje de los muros (Figura A1-2.6).



Nota: Espesor del muro $a=35$ cm.
 Espesor del relleno de concreto $b=0$ a 20 cm.
 Espesor de la arista superior del relleno $c=30$ a 40 cm.
 Altura del muro $H=1.5$ a 7.0 m
 Altura de la fundación $H_1=25$ a 40 cm.
 Pendiente $N_1=1V: 0.3H$ a $1V: 0.5H$

Figura A1-2.6 Detalle del muro de Contención de Piedra o Concreto

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Tabla A1-2.5 Dimensión Estándar de Muro de Contención de Bloque de Piedra o Bloque de Hormigón

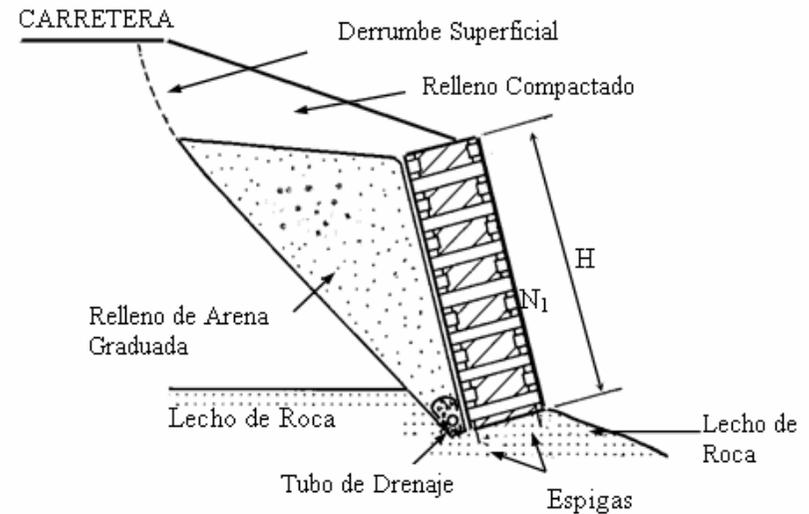
Altura (m)	Pendiente	Espesor Pared (cm.)	Espesor Relleno (cm.)	Espesor Relleno de Concreto (cm.)
H	N1	a	c	b
0 a 1.5	1:0.3	35	30 a 40	0 a 10
1.5 a 3.0	1:0.3	35	30 a 40	10
3.0 a 5.0	1:0.4	35	30 a 40	15
5.0 a 7.0	1:0.5	35	30 a 40	20

Nota1: Esta Tabla es solo una sugerencia preliminar. Más allá, un análisis detallado debe ser llevado a cabo por un ingeniero.

Los muros de contención tipo encribado, usualmente son fabricados en base a elementos de concreto reforzado prefabricados, son flexibles debido a la naturaleza segmentada de los elementos, y son así algo resistentes a asentamientos y deformaciones diferenciales. La estabilidad es calculada para la estructura entera así como para varias secciones horizontales. Los cálculos de estabilidad de talud deberían incluir la superficie de falla potencial encima del pie del muro. Los cálculos de presión de la tierra en las paredes son similares al muro de contención de gravedad (Figura A1-2.7).

Para los muros de contención tipo de gravedad y tipo apoyado, las consideraciones de diseño principalmente implican los análisis arriba mencionados de cuatro estados, deslizamiento, vuelco, capacidad de soporte y estabilidad total. En la determinación de la dimensión del muro, es deseable que el ancho, B, de la losa de fondo sea aproximadamente 0.5 a 0.7 veces la altura del muro que retiene y que el grosor del miembro en la cima es mayor que 35 cm.

La Tabla A1-2.6 da algunas constantes de diseño recomendadas.



Note: Muro H=1.5 a 6.0 m, Pendiente 1V: 0.3H a 1V: 0.5H.

Figura A1-2.7 Detalle de Muro de Contención Encribado

Tabla A1-2.6 Constantes de Diseño Recomendadas

Materiales	Peso Unitario (kN/m ³)
Concreto Reforzado	25
Concreto	23.5
Grava, suelo gravoso y arena	20
Suelo arenoso	19
Limo, suelo cohesivo	18

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

V1-3 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA CAÍDA DE ROCAS (CR)

(1) Clasificación de las Medidas Preventivas

Las medidas preventivas contra la caída de rocas pueden ser clasificadas en trabajos para prevenir la caída de rocas y trabajos para proporcionar la protección de la caída de rocas. La prevención de caída de rocas se concentra en la fuente de la caída de rocas, como trabajos de remoción y encribado. La protección de caída de rocas no intenta prevenir la caída de rocas, pero los objetivos son impedir a los objetos relevantes de ser dañados por la caída de rocas. Hay una variedad de métodos dentro de los dos acercamientos principales mostrados en la Tabla A1-3.1.

Tabla A1-3.1 Clasificación de las Medidas Preventivas contra Caída de Rocas

	CLASIFICACIÓN		TIPO DE TRABAJO
Trabajos de Prevención Contra Caída de Rocas	Trabajos de tierra	Trabajos de tierra	Remoción Corte
	Vegetación	Vegetación	Hidrosiembra Re-Vegetación
	Drenaje de Agua	Drenaje superficial	Orificios de Drenaje del Sub suelo Zanja de Drenaje y cascada
	Trabajos de Talud	Trabajos de Revestimiento	Revestimiento de Piedra
		Trabajos de Mortero Proyectado (Shotcrete)	Mortero Proyectado (Shotcrete) (mortero) Mortero Proyectado (Shotcrete) (concreto)
Trabajos de Encribado		Encribado	
Anclaje	Anclaje	Tornillos de roca	
Trabajos de Protección de Caída de Rocas	Muros y Estructuras Resistentes	Trabajos de Sujeción	Relleno de sujeción Gavión de sujeción Muro de sujeción de concreto
	Trabajos de Protección	Trabajos de Protección	Malla de sujeción para caída de rocas Cerco de sujeción para caída de rocas
		Túnel Falso	Túnel Falso

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

(2) Criterio de Selección de Medidas Preventivas

Para seleccionar medidas adecuadas y eficaces para prevenir el daño debido a la caída de rocas, habría que considerar condiciones topográficas y geológicas, vegetación, historia de caída de rocas, y los efectos de la medida preventiva por predicción del tamaño y la altura de cualquier caída de rocas potencial. La Figura A1-3.1 muestra un procedimiento para seleccionar medidas preventivas contra la caída de rocas. Los criterios siguientes deben ser usados para la selección.

- 1) Si hay una posibilidad de caída de rocas, la primera prioridad debería ser la de quitar la fuente de caída de rocas. Cuando este es difícil de poner en práctica, otros métodos deberían ser adoptados.
- 2) En la selección de una medida preventiva, es esencial considerar no sólo las condiciones del talud y caída de rocas, sino también la estructura de la carretera, condiciones de tráfico y condiciones de terreno.
- 3) Puede ser necesario realizar una combinación de trabajos porque las funciones de cualquier tipo suelto de medidas preventivas pueden ser inadecuadas.

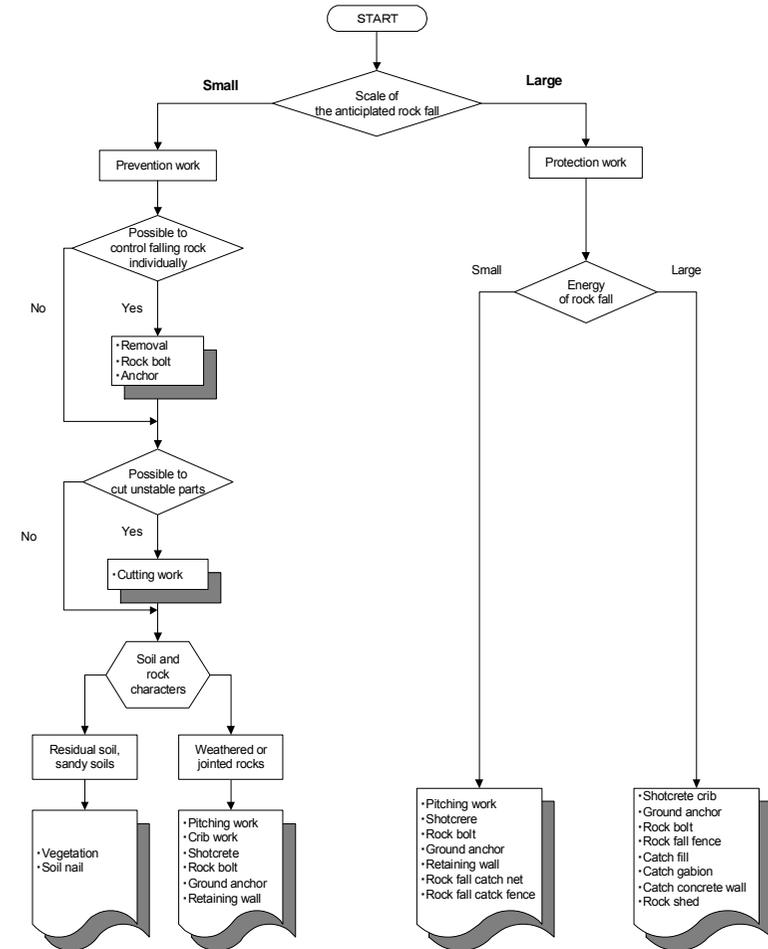


Figura A1-3.1 Diagrama de Flujo para la Selección de Medidas Preventivas para Caída de Rocas

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

(3) Remoción

Este método implica el retiro de rocas inestables a pequeña escala mediante recorte y retiro de escombros de rocas individuales sueltas por escalamiento a mano. En la planificación del retiro, es importante tener en cuenta el carácter de roca. Por ejemplo, cuando las rocas son muy degradables y fuertemente susceptibles a la intemperie y presentan muchas juntas, como la pizarra, el retiro de la roca suelta de la superficie comenzará un nuevo ciclo de meteorización e inestabilidad.

(4) Malla de Sujeción de Caída de Rocas

La malla de sujeción de caída de rocas consiste en mallas de alambre, incluye dos tipos principales, tipo recubrimiento y tipo bolsón.

1) Propósito

Las mallas de sujeción para caída de rocas son usadas para cubrir taludes que muestran un potencial de caída de rocas a fin de proteger el tráfico del daño que produce la caída de rocas.

2) Consideraciones de Diseño

El diseño de las mallas de sujeción de caída de rocas está generalmente basado en los pasos siguientes.

- a. Determinar el tamaño (diámetro) de las cuerdas verticales requeridas para soportar la combinación del peso muerto de la malla de sujeción y el peso de las rocas que caen correspondiente a cada envergadura de la cuerda vertical.
- b. Determinar el diámetro de las cuerdas horizontales para soportar su propio peso muerto y el peso de rocas que caen asumiendo que las rocas son uniformemente distribuidas en las envergaduras en dirección del talud.

- c. Calcular la fuerza y la estabilidad de los anclajes necesarios asumiendo para cada caso que toda la carga en las cuerdas sea transferida a los anclajes.

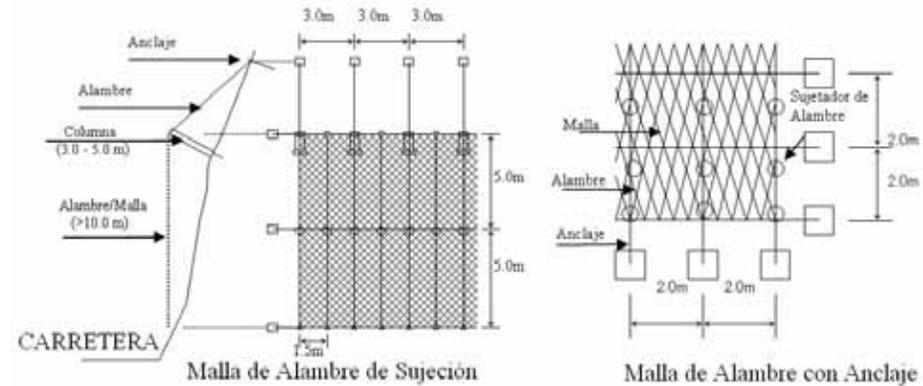


Figura A1-3.2 Ejemplo de una Malla de Sujeción de Caída de Rocas

(5) Cerco de Sujeción para Caída de Rocas

Un cerco de prevención de caída de rocas consiste en un cerco hecho de cuerdas de alambre y mallas atadas a un tubo de acero o postes de sección H. Este tipo de cerco tiene la capacidad para absorber la energía de rocas que caen.

1) Propósito

Los cercos de sujeción para caída de rocas también son diseñados para proteger el tráfico del daño de la caída de rocas, pero difieren de las mallas de sujeción de caída de rocas las cuales son instaladas cerca del camino.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

2) Consideraciones de Diseño

El diseño de un cerco de sujeción de caída de rocas principalmente implica la energía de la caída de rocas y la energía absorbible por el cerco y generalmente implica los pasos siguientes.

- a. Determinar la tensión de rendimiento T_y correspondiente al diámetro de las cuerdas de alambre.
- b. Encontrar la fuerza R interpretando en el poste de T_y de las cuerdas de alambre. Se asume que el uso de dos cuerdas de alambre es capaz de resistir a la fuerza de las rocas que caen.
- c. Encontrar la fuerza F_y requerida para formar una articulación plástica en el fondo del poste intermedio.
- d. Comparar fuerzas R y F_y y calcular la energía que puede ser absorbida por el cerco.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

V1-4 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA FALLA DE MASA ROCOSA (FR)

(1) Selección de las Medidas Preventivas

Debido a la gran escala de este tipo de falla, puede ser más barato relocalizar una ruta de la carretera que prevenir las fallas de masa rocosa. Por esta razón, la relocalización de la ruta o la desviación de un puente es el método preferible de proteger la falla de masa rocosa. La Tabla A1-4.1 da las medidas preventivas generales para las fallas de masa rocosa y su clasificación. En el caso de prevenir pequeñas fallas de masa rocosa, las medidas preventivas como cortar, mortero proyectado (Shotcrete), encribado de concreto encofrado en sitio, pernos de roca y Anclajes de suelo pueden ser las más rentables.

Tabla A1-4.1 Clasificación de las Medidas Preventivas contra de la Falla de Masa Rocosa

CLASSIFICACIÓN		TIPO DE TRABAJO
Movimientos de Tierra	Movimientos de Tierra	Remoción Corte de Roca
Drenaje de Agua	Drenaje Subterráneo	Orificios horizontales de drenaje
Trabajos de Talud	Trabajos de Mortero Proyectado (Shotcrete) Trabajos de Encribado	Mortero Proyectado (mortero) Mortero Proyectado (concreto) Trabajos de Encribado
Anclaje	Anclaje	Pernos de roca Anclaje de suelo
Muros y Estructuras Resistentes	Trabajos de Sujeción	Relleno de sujeción Muro de sujeción de concreto
Trabajos de Protección	Trabajos de Protección	Malla de sujeción de caída de rocas Cerco de sujeción de caída de rocas
	Túnel Falso	Túnel Falso
Otros	Trabajos de Evasión de Problemas	Túnel, Puente Relocalización de la carretera

(2) Criterios de Selección de las Medidas Preventivas

Las fallas de masa rocosa generalmente son el resultado de las estructuras geológicas y principalmente ocurren a una escala relativamente grande. Seleccionando y diseñando las medidas preventivas, los puntos siguientes deben ser considerados. La Figura A1-4.1 muestra un diagrama de flujo para la selección de las medidas preventivas para la falla de masa rocosa.

- 1) Una investigación comprensiva debe dirigirse en las causas y escala de la falla de masa rocosa así como los rasgos geológicos regionales. Donde la falla de masa rocosa se relaciona estrechamente a las estructuras geológicas grandes como las fallas y plegamientos, la relocalización de la ruta es el método más rentable debido a la gran escala involucrada. Donde una amenaza de falla de masa rocosa es un resultado de la composición geológica como caliza y piedras metamórficas propensas a la meteorización y las juntas, trabajos de marcos y mortero proyectado (Shotcrete) pueden, en algunos casos, ser rentables.
- 2) Deben seleccionarse las medidas preventivas adecuadas después de la examinación de la economía, efectividad, requisitos de mantenimiento, ambiente y apariencia. En la mayoría de los casos el mantenimiento es costoso, por tanto deben seleccionarse medidas preventivas conservativas que requerirán un pequeño mantenimiento continuo. Por ejemplo, prácticas de ingeniería muestran que para estabilizar los taludes que presentan muchas juntas, el mortero proyectado (Shotcrete) talud menos que los trabajos de encribado encofrados en sitio, pero es más costoso de mantener.
- 3) Si los trabajos de remoción no pueden llevarse a cabo debido a algunas condiciones, lo trabajos de protección se deben hacer para prevenir la ocurrencia de una falla de masa rocosa. La Figura A1-4.5 muestra los ejemplos de medidas de prevención en estos casos.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

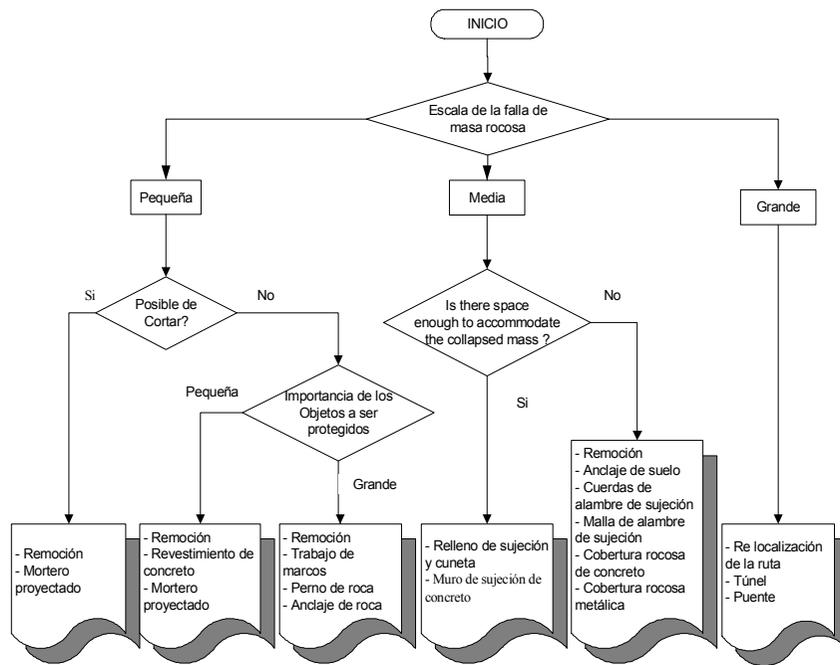


Figura A1-4.1 Diagrama de Flujo para Seleccionar las Medidas Preventivas para Falla de Masa Rocosa

(3) Trabajo de Corte

Los propósitos y consideraciones de diseño trabajos de estabilización son similares a aquéllos para el derrumbe. El trabajo de corte es particularmente eficaz para salvaguardar contra la falla de masa rocosa y un ejemplo se muestra en la Figura A1-4.2.

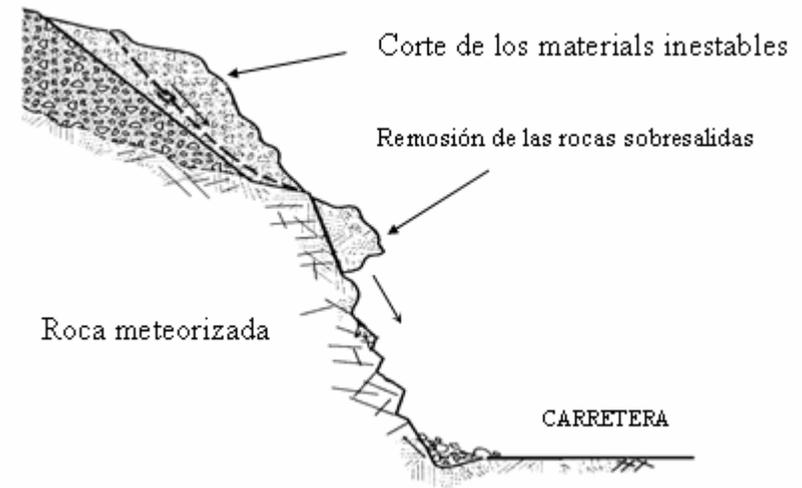


Figura A1-4.2 Un ejemplo de Trabajos de Corte para tratar la Falla de Masa Rocosa

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

(4) Anclaje de Suelo y Perno de Roca

Donde los objetos a ser protegidos son muy importantes, y otros trabajos no pueden proporcionar bastante seguridad, deben considerarse Anclajes de suelo y pernos de roca.

El empernado de rocas es un método apropiado poco profundo, mientras que el Anclaje de suelo es insertado profundamente en el talud. Por consiguiente, los pernos de roca se aplican para estabilizar la cara del talud ejerciendo una fuerza que comprime las juntas y previene que la masa de roca se suelte. El Anclaje de suelo es aplicado para prevenir un deslizamiento de roca mediante fuerza de tensión, generalmente en asociación con trabajos de marcos. La Figura A1-4.3 muestra esquemáticamente cómo las rocas inestables sobre la carretera estabilizarse por Anclajes de suelo y pernos de roca.

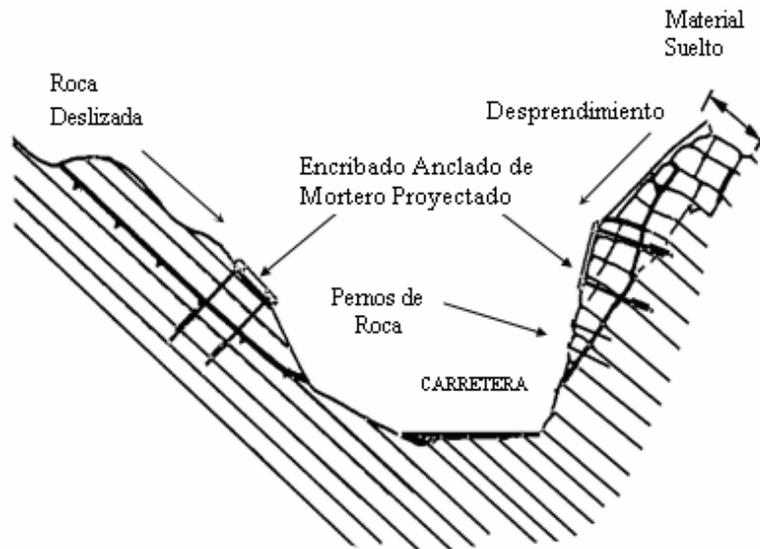


Figura A1-4.3 Estabilización de Talud de Roca Inestable encima la Carretera

(5) Túnel Falso

Los túneles falsos reforzados de concreto o metálicos cubren la carretera y pueden estar subdivididos dentro de cuatro tipos desde un punto de vista estructural; tipo portal (puerta), tipo muro de contención, tipo bóveda y tipo bolsón (Figura A1-4.4).

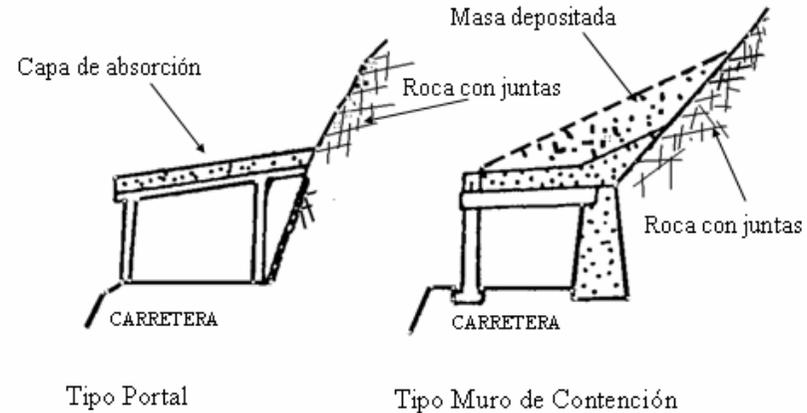


Figura A1-4.4 Tipos de túneles falsos

1) Propósito

Este método se aplica para reducir los desastres de carretera debido a caída de rocas o a la falla de masa rocosa absorbiendo la fuerza de impacto de una masa de roca que cae o cambiando la dirección de movimiento de falla de masa rocosa y caída de rocas.

2) Consideraciones de Diseño

La consideración de diseño más importante debe darse al cálculo de la fuerza de impacto de la masa que cae. Generalmente, se diseñan las coberturas rocosas después de convertir la fuerza de impacto en una fuerza estática según el método de diseño de tensiones aceptables. Se asume que el área en que la carga de impacto es calculada es rectangular para los propósitos de simplificar el cálculo, en lugar de circular.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

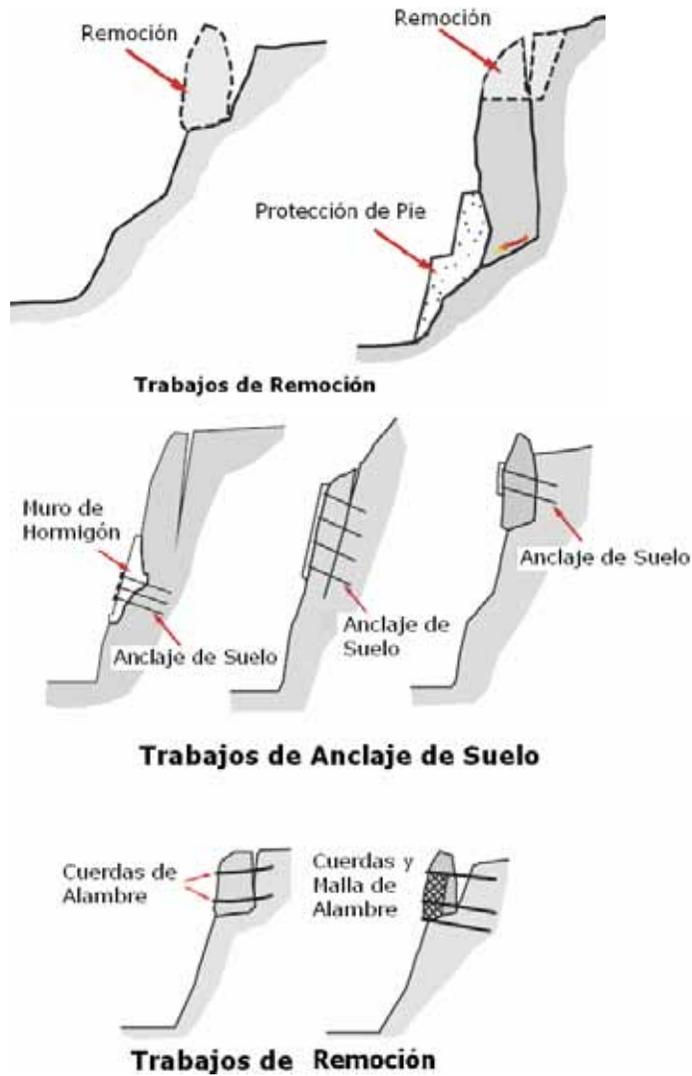


Figura A1-4.5 Ejemplos de las Medidas Preventivas contra Falla de Masa Rocosa

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

V1-5 OBRAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA DESLIZAMIENTO (DL)

(1) Generalidades

Los deslizamientos ocurren frecuentemente debido a condiciones particulares relacionadas con la topografía, geología, meteorología y utilización de la tierra. Los desastres de deslizamiento pueden ser tanto desastre directo o indirecto. Los desastres directos son los daños causados por los deslizamientos a los elementos públicos, casas y tierras cultivadas, aunque los desastres indirectos son los daños como ser el bloqueo de ríos y los derrumbes secundarios como resultado de un deslizamiento. Por consiguiente, el propósito principal de una medida preventiva contra el deslizamiento.

(2) Clasificación de las Medidas Preventivas

Las medidas preventivas para los deslizamientos pertenecen a una de las dos categorías más amplias, (A) trabajos de control; y (B) trabajos de restricción. Los trabajos de control involucran las modificaciones a las condiciones naturales como ser, topografía, geología, agua subterránea, u otras condiciones que indirectamente controlan porciones del deslizamiento entero. Los métodos de restricción confían directamente en la construcción de elementos estructurales. Cuando el deslizamiento potencial es de gran escala, puede ser más rentable relocalizar la ruta o un puente.

Tabla A1-5.1 Clasificación de las Medidas Preventivas contra el Deslizamiento

	CLASIFICACIÓN		TIPO DE TRABAJO
TRABAJOS DE CONTROL	Movimiento de Tierra	Movimiento de tierra	Corte Terraplén
	Vegetación	Vegetación	Hidro siembra Re vegetación
	Drenaje de Agua	Drenaje Superficial	Cuneta de Drenaje y Cascada Orificio de Drenaje de Subsuelo
		Drenaje Subterráneo	Orificio de Drenaje Horizontal Pozo de Drenaje Túnel de Drenaje
TRABAJOS DE RESTRICCIÓN	Trabajos de Talud	Trabajos de encribado	Trabajo de Encribado
	Anclaje	Anclaje	Perno de roca Anclaje de suelo
	Muro y Estructuras Resistentes	Muro de Contención	Muro de gavión Muro de Contención
	Trabajo de Pilotaje	Trabajos de Pilotaje	Pilote Tubular Metálico Camisas de H ^º A ^º para aumentar la Resistencia Deslizamiento
	Otros	Trabajos de evasión de problemas	Desviación (movimiento) Relocalización de la Ruta Puente, Túnel

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

(3) Criterios de Selección de las Medidas Preventivas

La Figura A1-5.1 muestra un diagrama de flujo para la selección de las medidas preventivas contra deslizamiento. Deben seleccionarse los trabajos adecuados en consideración de los puntos siguientes.

Los trabajos seleccionados deben dirigir el mecanismo(s) del deslizamiento, la relación entre la precipitación, agua subterránea y deslizamiento, geológico, topográfico y las propiedades del suelo, la escala y tipo de deslizamiento y su velocidad de movimiento probable.

Deben considerarse los trabajos de control como el método principal de control del deslizamiento, mientras tanto deben adoptarse los pequeños trabajos del refrenamiento para la estabilización de deslizamientos y para proteger directamente los elementos públicos, las casas, etc.,

Donde el deslizamiento lento-movimiento que el gran movimiento se relaciona estrechamente a la lluvia, el trabajo de drenaje de superficie debe realizarse para minimizar la infiltración de agua de lluvia inmediatamente.

Cuando un derrumbamiento de movimiento lento continúa moviendo, deben realizarse los trabajos del mando primero; pueden hacerse los trabajos del refrenamiento entonces después de reducción o el lento-movimiento notable el gran movimiento por los trabajos del mando.

Una combinación adecuada de varios trabajos es rentable y debe seleccionarse.

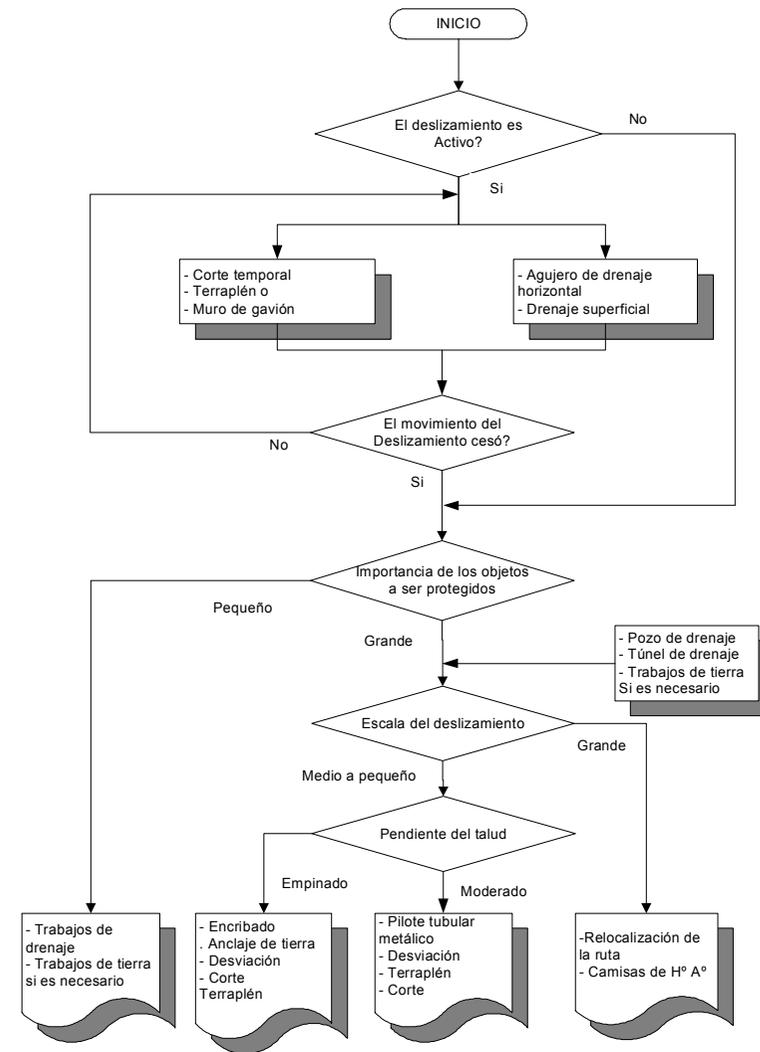


Figura A1-5.1 Diagrama de Flujo para la Selección de Medidas Preventivas para Deslizamiento

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**(4) Drenaje Superficial**

El drenaje superficial puede ser clasificado en drenaje de captura, drenaje de la berma y drenaje del pie del talud. En la mayoría de los casos, debe impedirse un deslizamiento por infiltración del agua superficial y evitar cualquier empuje hidráulico. Sobre todo donde se relacionan estrechamente los deslizamientos con la lluvia en corto plazo, el trabajo debe realizarse inmediatamente sin tener en cuenta los resultados de análisis de estabilidad. Una cuneta en forma de U, hormigón reforzado centrífugo o la cañería corrugada pueden usarse para construir la zanja de drenaje.

1) Propósito

El control del drenaje superficial incluye trabajos para la colección del drenaje y canales de drenaje.

2) Consideraciones de Diseño

Se diseñan los trabajos de colección de drenaje para coleccionar el flujo de la superficie instalando tuberías corrugadas medias o las zanjas en forma de U a lo largo de los taludes que se conectan entonces a una cuneta de drenaje. Los trabajos de canal de drenaje se diseñan para quitar el agua reunida tan rápidamente como fuera posible de la zona de deslizamiento, y se construye de los mismos materiales que los trabajos de colección de drenaje. Los trabajos de control de drenajes superficiales se combinan a menudo con los trabajos de control sub superficial.

Los lechos de las zanjas de drenaje deben, en principio, se cubiertos. Deben instalarse las cajas colectoras en la confluencia con los afluentes, curvas y puntos de cambio de pendiente. Donde se condujo en un área activa de deslizamiento, las zanjas de drenaje deben tener la fuerza requerida y deben ser fáciles de reparar. La consolidación del lecho debe planearse cada 20 a 30 m para prevenir a la zanja de drenaje del deslizamiento. Las bermas y las caras de los cortes de talud de las zanjas deben estar protegidas con vegetación, cubierta de cantos rodados, y así sucesivamente.

(5) Orificios de Drenaje Horizontal

El agua subterránea generalmente puede estar dividida en dos tipos, poco profunda y profunda. El agua superficial poco profunda, 0 a 5 metros debajo de la superficie del suelo, es principalmente debida a la lluvia recibida a corto plazo. El agua subterránea poco profunda frecuentemente causa una falla poco profunda o una falla del pie del talud inestable de gran potencia. En tales casos, las alcantarillas y los orificios horizontales de drenaje son eficaces. El agua subterránea profunda se relaciona a la lluvia recibida encima del término más largo y debe ser drenada por la instalación de pozos de drenaje o túneles con orificios de drenaje horizontales. Lo siguiente es una presentación breve de consideraciones para los orificios de drenaje horizontales y pozos de drenaje, éstos son los métodos más eficaces de estabilizar los deslizamientos.

1) Propósito

Se usan los orificios del drenaje horizontales para drenar el agua subterránea poco profunda y profunda para estabilizar el deslizamiento disminuyendo la presión de agua de poro que es responsable de la activación de la superficie de deslizamiento. Es útil como una medida preventiva temporal para disminuir la velocidad de movimiento de un deslizamiento.

Si es necesario, la reducción diseñada en el nivel del agua subterránea puede determinarse a través de los cálculos de estabilidad, mientras se apunta a lograr los valores siguientes en el caso de falla a escala normal con una profundidad de falla de 20 metros.

Drenaje Horizontal	1 a 3 metros
Drenaje de Pozo	3 a 5 metros
Drenaje de túnel	5 a 8 metros

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**2) Consideraciones de Diseño**

Se construyen los orificios del drenaje horizontales para el drenaje del agua subterránea poco profunda y el agua subterránea profunda. Si la topografía previene al agua subterránea de ser drenada en un talud moderado, entonces pozos del drenaje o túneles con orificios del drenaje horizontales deben lograr el drenaje.

Deben excavarse orificios de drenaje horizontales, normalmente 20 a 50 metros en longitud, a una pendiente de 5 a 10 grados con un diámetro de 50 a 100 milímetros y deben diseñarse los acuíferos transversales.

Una situación típica de orificios del drenaje horizontales se muestra en la Figura A1-5.2.

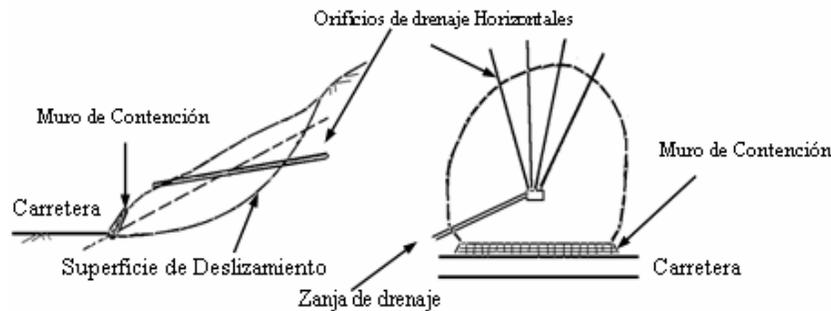


Figura A1-5.2 Ubicación Típica de los Orificios de Drenaje Horizontales

(6) Pozos de Drenaje

Los pozos del drenaje consisten en pozos con los drenajes colectivos horizontalmente perforados y drenajes de alivio. Este método se usa cuando los drenajes horizontales o alcantarillas no

pueden lograr el drenaje eficaz debido a la gran escala del deslizamiento.

1) Propósito

Similar a los orificios de drenaje horizontales, se usan los pozos de drenaje para agotar el agua subterránea profunda para la estabilización del deslizamiento.

2) Consideraciones de Diseño

La ubicación de los pozos de drenaje debe determinarse en base a la distribución de agua subterránea y en consideración del bien y la seguridad. En principio, deben localizarse los pozos suelos estables dentro de un área en la que es posible recolectar el agua subterránea eficazmente. Los pozos normalmente están entre 2 metros a 4 metros de diámetro y 10 a 30 metros de profundidad. Placas de revestimiento, segmentos de concreto reforzado, y otros materiales generalmente sostienen las paredes laterales de los pozos.

Los drenajes colectivos son similares a los orificios de drenaje horizontales por lo que se refiere a las consideraciones de diseño. La seguridad de los pozos de drenaje debe ser evaluada verificando la presión de tierra del área circundante. El diámetro de los orificios del drenaje debe ser basado en la calidad de captación del agua subterránea. La Figura A1-5.3 muestra los detalles de un pozo de drenaje.

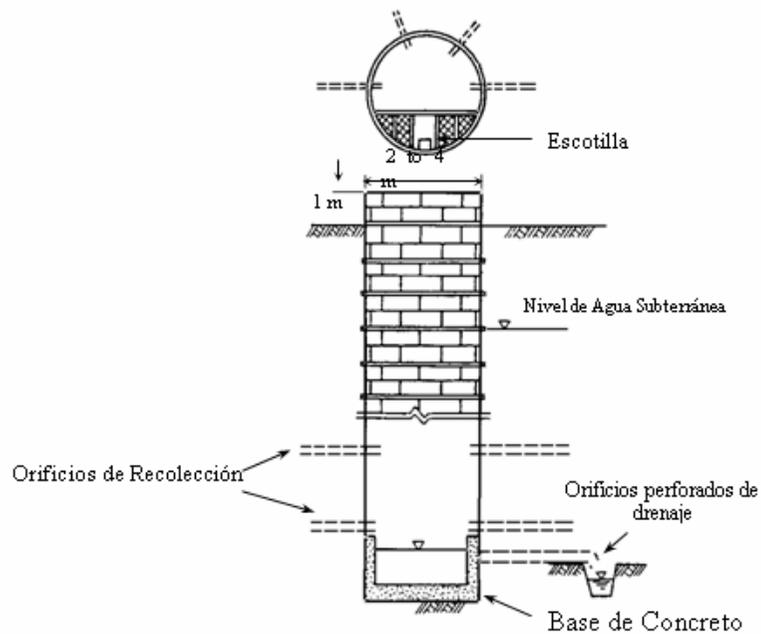
APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Figura A1-5.3 Detalles de un Pozo de Drenaje

(7) Anclaje de suelo

Comparado con otras medidas de prevención, los trabajos de anclaje de suelo son costosos, pero fiables. Recientemente este método ha sido cada vez más aplicado a los deslizamientos del movimiento lento artificiales para interrumpir el pie del deslizamiento. Comparado con los pernos de roca y clavos de suelo, el trabajo de anclaje de suelo tiene una resistencia relativamente grande a la fuerza de deslizamiento y por tanto se usa para estabilizar los desastres de talud relativamente de gran escala.

1) Propósito

Los trabajos de anclaje de suelo están planeados para prevenir los deslizamientos a través de la fuerza de tensión del alambre de acero de alta fuerza de tensión o barras instaladas cruzando la superficie de deslizamiento.

2) Consideraciones de Diseño

Las consideraciones importantes para los anclajes de suelo son la capacidad de soporte de la masa de suelo bajo la placa de soporte y la fuerza de cohesión entre la lechada del Anclaje y la roca en el punto de la unión. Además, en planeamiento de los anclajes de suelo, la prueba de fuerza de cohesión en el punto de unión debe ser llevada a cabo. Los anclajes de suelo están en principio instalados a un espacio de por lo menos 2 metros en 2 filas o más. La longitud de la fijación debe ser 3 metros a 10 metros en longitud, y la longitud libre debe estar más de 4 metros. El ángulo de asentamiento no debe aplicarse de $+10^\circ$ a -10° .

La dirección debe ser paralela a la dirección del movimiento del deslizamiento.

El encribado, placas o bloques en forma de cruz se usan como presión que se resiste las de soporte puestos en la superficie de la tierra. Debe seleccionarse la presión más apropiada que resista la placa en consideración a las especificaciones, la eficacia del funcionamiento, el costo-efectividad, el mantenimiento, el paisaje, etc.,

La Figura A1-5.4 muestra un ejemplo típico de un deslizamiento estabilizado con anclajes de suelo y la Figura A1-5.5 muestra detalles de una estructura de anclaje.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

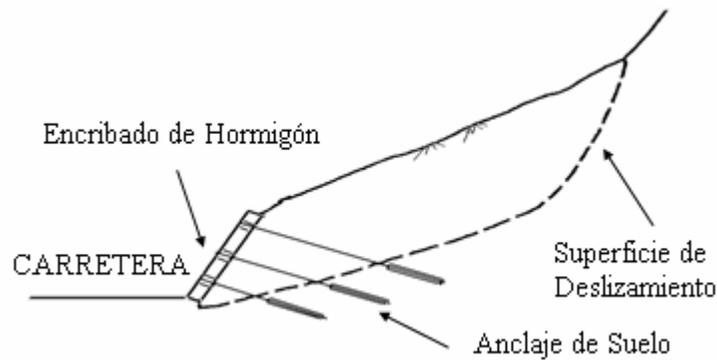


Figura A1-5.4 Deslizamiento Estabilizado con Anclajes de Suelo

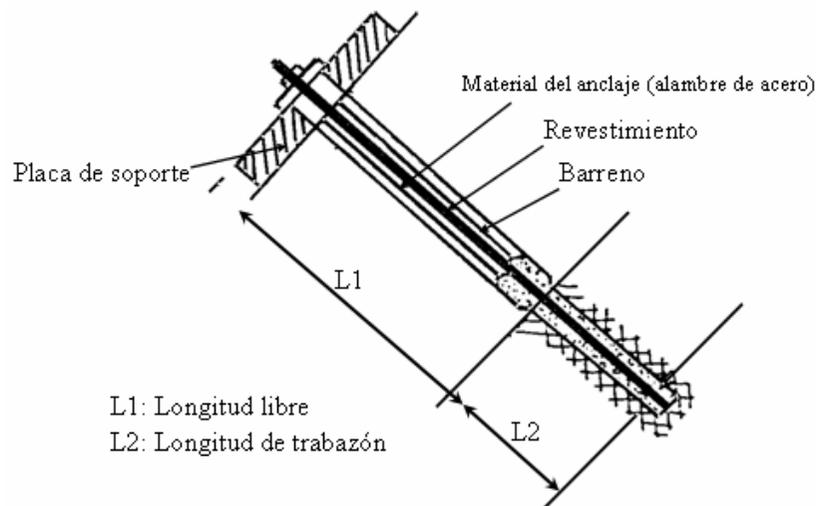


Figura A1-5.5 Esbozo de la Estructura de Anclaje

Los siguientes ítems son decididos o calculados para el diseño de anclajes

- i) Análisis de estabilidad
- ii) Cálculo del poder requerido de fijación
- iii) Selección del trabajo de Anclaje
- iv) Cálculo del poder del Anclaje requerido (ubicación, intervalo, ángulo)
- v) Determinar el tipo de Anclaje y material de acero
- vi) Cálculo de la longitud de fijación y diámetro del barreno
- vii) Diseño de la placa resistente a la presión

El proceso de diseño puede resumirse como sigue.

- 1) El diseño del poder del Anclaje (T_d) se calcula usando las siguientes fórmulas:

$$T_d = \frac{F_{sp} \cdot \sum W \cdot \sin \alpha - \sum c \cdot l - \sum (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \alpha}{F_{sp} \cdot \cos (\alpha + \varphi) + \sin (\alpha + \varphi) \cdot \tan \varphi} \times \frac{B}{N} \quad (1.6)$$

P_o : poder de resistencia necesario (kN/m^2)

T_d : Poder del Anclaje

F_{sp} : Factores de seguridad de diseño

c : Cohesión

l : Longitud de la superficie de deslizamiento

b : ancho del deslizamiento

W : peso del deslizamiento

u : presión de agua en los poros

α : ángulo del talud de la superficie de deslizamiento

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

φ : ángulo interno de la superficie de deslizamiento (grados)

B : Intervalo entre Anclajes en dirección horizontal (m)

N : número de Anclajes colocados en posición vertical

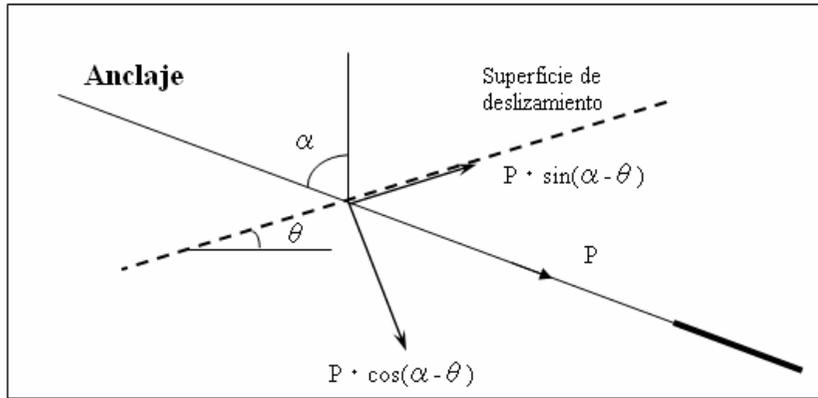


Figura A1-5.6 Descripción Funcional del Anclaje

2) Determinación del tipo de Anclaje y material de acero

Generalmente, el tipo de anclaje es determinado comparando la fuerza de tensión del material de acero con la resistencia de fricción superficial entre la tierra y lechada así como la tensión adhesiva aceptable entre un tendón y lechada.

3) Cálculo de la longitud fija de un anclaje

Para el diseño del poder del anclaje para encontrar la fuerza de contención del anclaje, se debe comparar la distancia de contacto entre la tierra y la lechada con la que existe entre el tendón y lechada. Cualquiera que sea más larga debe usarse como la longitud fija.

$$T_{ab} = \pi D \cdot \tau_{ab} \quad \dots\dots\dots (1.7)$$

T_{ab} : fuerza adhesiva permitida (kN/m)

D : diámetro del tendón (m)

τ_{ab} : esfuerzo adhesivo permitido entre el tendón y la lechada (kN/m)

$$T_{ag} = \frac{1}{f} \cdot \pi D \cdot \tau_{ag} \quad \dots\dots\dots (1.8)$$

T_{ag} : fuerza de fricción (kN/m)

f : factor de seguridad

D : diámetro del anclaje (m)

τ_{ag} : resistencia a la fricción (kN/m²)

$$l_s = T_d / \tau_{ab} \quad (l_s < l_{sa}) \quad \dots\dots\dots (1.9)$$

l_s : longitud de tendón requerida (m)

l_{sa} : longitud estándar de tendón

T_d : diseño del poder del anclaje (kN/m)

τ_{ab} : esfuerzo adhesivo permitido entre el tendón y la lechada (kN/m)

En la fase del diseño preliminar, las ubicaciones, direcciones, intervalos y ángulos de anclajes deben ser considerados. Deben tomarse las medidas preventivas de corrosión para dar protección bajo las posibles condiciones más desventajosas que podrían esperarse encima del período de vida útil del anclaje.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

V1-6 MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA LA FALLA DEL TERRAPLÉN (FT))

(1) Generalidades

Generalmente, las fallas de terraplén resultan de (1) falla del pie de talud de terraplén, (2) socavación de la superficie de un talud de terraplén, (3) presión de agua de poro creciente dentro de un terraplén, (4) una inclinación más pronunciada de pendiente que la pendiente normal, o, en algunos casos, (5) el asentamiento de las fundaciones del terraplén. Por consiguiente, las medidas preventivas para las fallas del terraplén consisten principalmente en la protección del talud y trabajos de drenaje.

(2) Clasificación de Medidas preventivas

La Tabla A1-6.1 muestra la clasificación de las medidas preventivas para las fallas de terraplén

Tabla A1-6.1 Clasificación de Medidas Preventivas contra Fallas de Terraplén

CLASIFICACIÓN		TIPO DE TRABAJO
Movimiento de tierra	Trabajos de tierra	Terraplén
Vegetación	Vegetación	Hidrosiembra Re vegetación
Drenaje de Agua	Drenaje superficial	Zanja de Drenaje y drenaje tipo cascada
	Drenaje subterráneo	Orificio horizontal de drenaje Alcantarillas
Trabajos de Talud	Obras revestimiento	Revestimiento de piedra
	Obras de encribado	Trabajos de encribado
Anclaje	Anclaje	Calvos de suelo Anclaje de suelo
Muros y Estructuras de Resistencia	Muro de Contención	Muro gavión
		Muro de piedra revestido
		Muro de bloque de concreto
		Muro de contención (gravedad)
		Muro de contención (soporte)
		Muro de encribado
		Muro de pilotes

(3) Criterios de Selección de las Medidas Preventivas

Deben seleccionarse medidas adecuadas para prevenir la falla de terraplén en la consideración de las causas, mecanismo y escala de la falla anticipada de terraplén, materiales del terraplén, y condiciones de soporte. Generalmente, las siguientes pautas deben seguirse para su selección.

1) En principio, un talud del terraplén normal (pendiente y altura) debe diseñarse, sobre todo donde la tierra es suficiente y está disponible a encontrarse el ancho completo de la base del terraplén. Si no está disponible el espacio suficiente, una estructura de retención como ser un muro de contención debe ser considerada.

2) La superficie de un terraplén debe, en un principio, ser protegida con césped. La selección de un tipo debe tener en cuenta la susceptibilidad de materiales del terraplén a la meteorización o erosión.

3) Es esencial el trabajo separado de drenaje para tratar el escurrimiento de agua de superficie y agua subterránea dentro del terraplén, para la efectividad de la construcción y la estabilidad a largo plazo del terraplén.

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

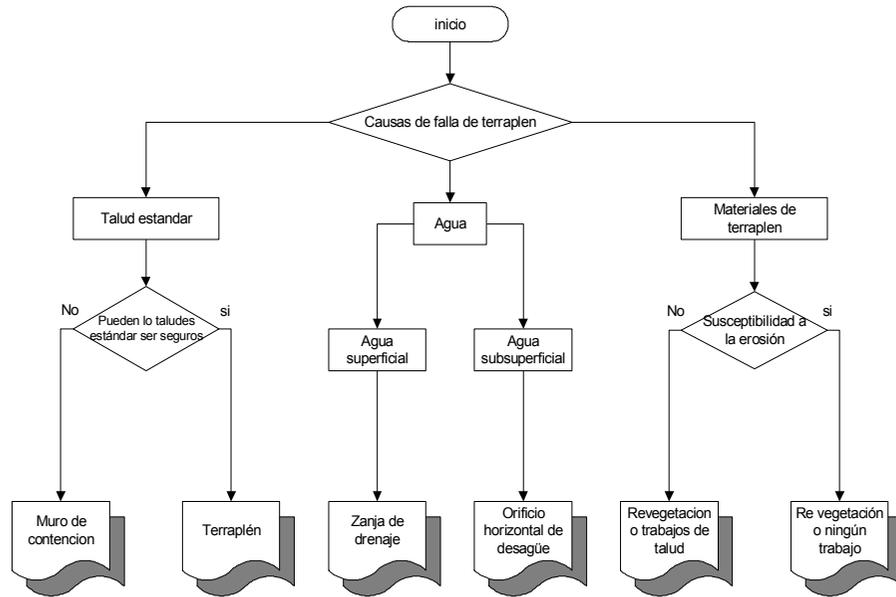


Figura A1-6.1 Diagrama de Flujo para la Selección de Medidas Preventivas para Fallas de Terraplén

(4) Terraplén

1) Propósito

Se usan los terraplenes al pie del talud o taludes potencialmente inestables para balancear la fuerza de carga adicional.

2) Consideraciones de Diseño

Las consideraciones principales para los terraplenes principalmente se enfocan en el análisis de estabilidad, también la selección de la pendiente del talud dependiendo de los materiales del terraplén. Al seleccionar los materiales del terraplén, su fuerza y características de deformación deben ser

consideradas. La Tabla A1-6.2 nos da las recomendaciones estándar para taludes de terraplenes para diferentes materiales de terraplén. Éstos sólo pueden aplicarse donde la tierra de la fundación tiene la capacidad de soporte suficiente.

Además, para terraplenes altos que contienen diferentes tipos de materiales, debe aplicarse un gradiente estándar que sea conveniente para cada material del talud. Debe revisarse la estabilidad del suelo de fundación del terraplén antes de la construcción.

Tabla A1-6.2 Estándares Recomendados para Talud de Terraplén

Materiales del Terraplén	Altura (m)	Pendiente (V:H)
Arena y grava o sedimento mezclado con	< 5 m	1:1.5 ~ 1:1.8

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS

grava (GW, GP, GM, GC)	5 ~ 15 m	1:1.8 ~ 1:2.0
Arena pobremente graduada (SP).	< 10 m	1:1.8 ~ 1:2.0
Masa rocosa (incluyendo fango).	< 10 m	1:1.5 ~ 1:1.8
	10 ~ 20 m	1:1.8 ~ 1:2.0
Suelos arenosos(SM, SC) fuertemente arcillosos y arcillas (CL, ML).	< 5 m	1:1.5 ~ 1:1.8
	5 ~ 10 m	1:1.8 ~ 1:2.0
Suelos arcillosos suaves	< 5 m	1:1.8 ~ 1:2.0

Nota) La altura del terraplén es la altura vertical del pie del talud a la parte superior del terraplén.

La inserción de una capa de arena en un terraplén en ciertos intervalos tiene el propósito de ayudar con el drenaje como se muestra en la Figura A1-6.2 a veces se realiza para prevenir la falla del talud del terraplén.

Terraplenes con Suelo Arenoso Propensos a la Erosión por Aguas de Lluvia

Como este tipo de tierra se caracteriza por la pobre contención de agua así como la pobre nutrición, es necesaria la protección de la superficie del talud con tierra buena, etc., así como parte de plantación. Entretanto, se exigen elementos con una función de drenaje suficiente para prevenir la erosión del talud por las aguas de lluvia durante la construcción. Para el trabajo general del terraplén, la introducción de un mayor grado de cruce en la parte central durante la construcción para crear una inclinación descendente hacia la cima del talud y la introducción de una zanja de drenaje en la parte superior del talud es recomendable.

Terraplenes en Terreno Inclinado

Con respecto a los terraplenes en terrenos inclinados, terraplenes

que llenan un valle, medio-banco, medio-corte, límite de corte y terraplenes, aguas de vertientes que a menudo se infiltran al terraplén, desestabilizando el talud del terraplén. En casos así, la introducción de capas de drenaje dentro del terraplén es recomendable para reducir la presión de agua, además de la introducción de drenaje subterráneo para prevenir la infiltración de agua subterránea en el terraplén (Figura A1-6.2).

Como algunos terrenos inclinados tienen una capa suave que hacen al terraplén vulnerable a fallas, puede ser necesario dirigir las investigaciones a las fundaciones del terraplén y para diseñar un terraplén que sea similar al deslizamiento.

La fuerza de corte de suelo cerca a la superficie del terreno es a menudo baja debido a la meteorización y otras razones, por consiguiente, es preferible para el suelo a ser excavación como si fuese una berma cortando tan profundo como sea posible a la construcción de un terraplén. El ancho mínimo y altura mínima de la berma deben ser respectivamente 1 m y 0.5 m.

Bajando del nivel del agua subterránea por dentro de un terraplén es eficaz no sólo reducir los desastres lluvia que se introducen por infiltración sino también deberían ser a prueba de terremotos.

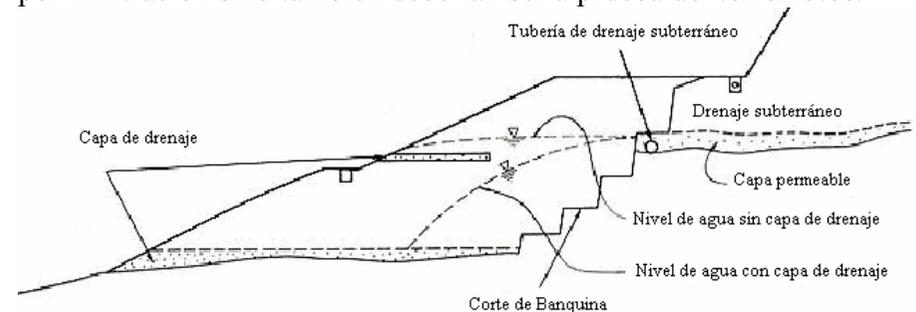


Figura A1-6.2 Elementos de Drenaje y Capas de Drenaje para un Talud en Terreno Inclinado

APÉNDICE V-1 MEDIDAS PREVENTIVAS**Widening of Embankments**

Cunando la ampliación de una carretera se planea al construir un terraplén adicional a un lado de la carretera, la construcción de una nueva carretera por la berma cortando el terraplén del talud existente como se muestra en la Figura A1-6.3 (a) es preferible.

Existen muchos ejemplos de falla de terraplén que suceden por temblores o lluvias, en esas áreas en las que terraplenes han sido construidos en terrenos inclinados, cuando la estabilidad del terreo del talud es segura mas volúmenes de corte deberían introducirse como se muestra en la Figura A1-6.3 (b). Si es posible la parte baja de estos cortes de talud deberían estar hechas en una superficie horizontal en la que el terraplén ha sido construido. El ensanchamiento de un terraplén con términos de larga duración puede ser logrado de esta forma.

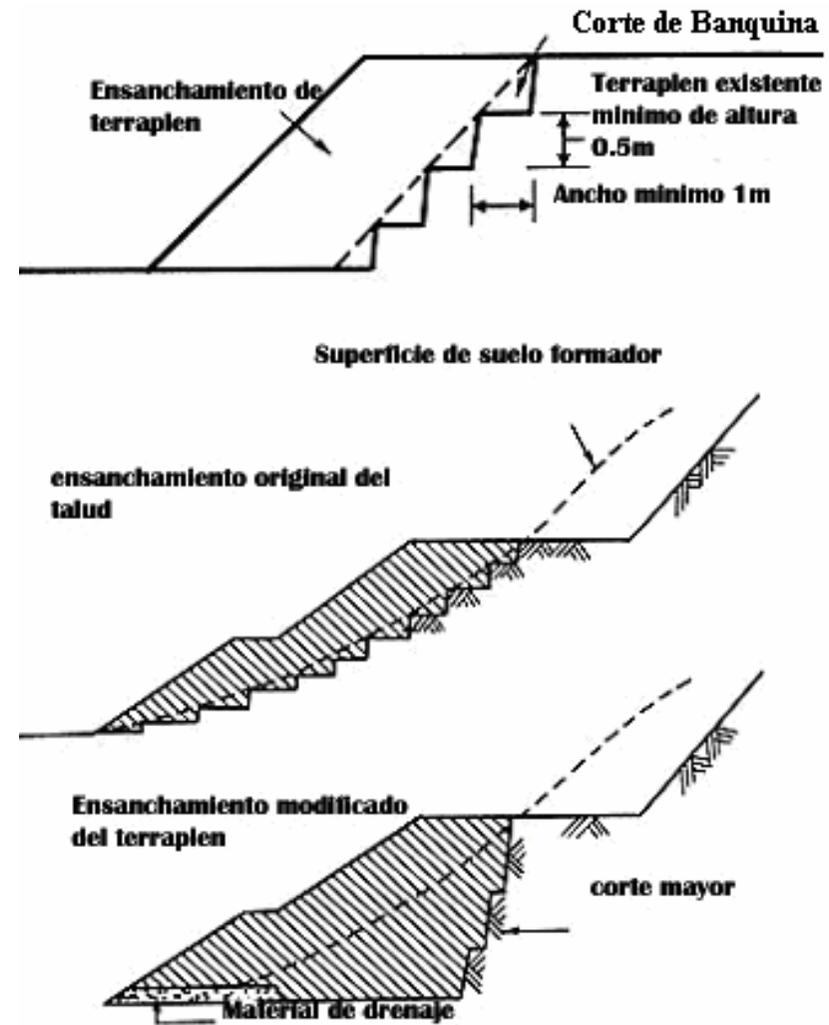


Figura A1-6.3 Ensamblamiento del Terraplén

APÉNDICE V-2

INVESTIGACIÓN

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-1 CONCEPTO BÁSICO DE INVESTIGACIÓN**

El Apéndice V-2 Investigación describe el método normal para la investigación, supervisión y monitoreo a través de la instrumentación para cada uno de los seis desastres clasificados. Las situaciones dónde la condición anormal fue encontrada y los trabajos de medidas de prevención fueron requeridos por la Inspección de Inventario de Desastre o la Inspección Regular se investigará en detalle o se monitorearán.

La investigación se realizara para conocer el Factor Primario y el Factor Contribuyente.

En el curso de una serie de procedimientos como se menciona anteriormente, la selección del método de investigación y establecimiento del plan de investigación es realizado, teniendo en cuenta los objetivos, escala de la falla, condiciones geológicas, superficie y condiciones topográficas, el acceso al sitio, la política global de las medidas preventivas, la restricción por lo que se refiere al presupuesto y tiempo, el etc. se esperan que los Ingenieros involucrados esquematicen los juicios flexibles y apropiados acerca de la urgencia y seguridad, ya que las condiciones de sitios reales varían ampliamente.

El reconocimiento del sitio es la investigación básica para saber los factores primarios y los factores contribuyentes.

Los deslizamientos son normalmente de gran escala y se mueven lentamente, la investigación detallada por consiguiente, además del reconocimiento del sitio, puede ser importante.

Los cauces del flujo de escombros normalmente están lejos del camino, por tanto la investigación detallada por consiguiente, además del reconocimiento del sitio, puede ser importante.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

Tabla A2-1.1 Puntos de Control del Sitio de Investigación

Tipo de Desastre	Factores Primario / Contribuyente	Estudio Detallado
Derrumbe (DR)	Factores primarios: superficie altamente meteorizada, coluvial, condiciones de roca de fisura con cierta regularidad, terreno débil erosionable, roca débil cuando se sumerge en agua (desmenuzamiento), trazo del derrumbe Factor contribuyente: lluvia, terremotos, corte de pie de talud	Confirmar la profundidad de la zona fuertemente meteorizada o las capas sueltas que cubren el talud
Caída de rocas (CR)	Factor primario: condiciones de la roca y aparición de fisuras con cierta regularidad Factor contribuyente: terremoto, lluvia, vibración por trabajos de construcción	Confirmar el número y tamaño de las rocas sueltas, si es necesario.
Falla de masa rocosa (FR)	Factor primario: condiciones de la roca dura y aparición de fisuras con cierta regularidad, fisuras verticales Factor contribuyente: terremoto, abertura de fisuras, vibraciones por construcción, heladas / fusión de agua en las fisuras.	Confirmar el ancho y la velocidad de abertura de las fracturas, si es necesario.
Deslizamiento (DS)	Factor primario: zona meteorizada profunda, coluvios en el talud. Factor contribuyente: ascensión del agua subterránea en la masa deslizada, corte del pie de la masa deslizada, terraplén en la cumbre de la masa deslizada.	El Estudio Preliminar es hecho para estimar la escala y el mecanismo de los deslizamientos, seguido del establecimiento de la investigación necesaria y del plan de monitoreo. Confirmar la profundidad, el volumen, la velocidad de deslizamiento para diseñar la medida preventiva
Flujo de escombros (FE)	Factor primario: depósitos de escombros en los arroyos, insuficiente sección transversal de cruce de arroyo, derrumbe aguas arriba del arroyo Factor contribuyente: agua de lluvia	Comprobar si hay algún plano alrededor del camino en cuestión. Si es necesario, para confirmar el grosor de los sedimentos y pendiente a lo largo del arroyo.
Falla de Terraplén (FT)	Factor primario: aguas de lluvia desbordada en la carretera, erosión al final del pie del terraplén, Factor contribuyente: lluvia, terremoto, corte a la base del talud	Comprobar si hay algunos datos y registro durante la construcción. Si el terraplén está en etapa crítica, el estudio detallado es hecho para diseñar la medida preventiva.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

Tabla A2-1.2 Líneas Generales del Estudio Preliminar y Estudio Detallado

Ítem	Ítem	Descripción	Aplicación
Estudio Preliminar	Interpretación de la topografía	Interpretación de áreas amplias al rededor del talud en cuestión. Mapas topográficos a gran escala y fotografías aéreas estereoscópicas	Siempre implementado
	Recolección de los datos existentes	Historia de desastres pasados, registros de perforación, mapas geológicos, agua subterránea	
	Reconocimiento del sitio	Estudio de campo profundo de los taludes en cuestión y los alrededores Variedad de la serranía para canalizar en algunos casos	
	Medición simplificada	Medición simplificada con placas de marcación o listones	
	Estudio de campo	Realizado cuando no existan planos de estudio de campo o cuando estos no estén disponibles.	
Estudio Detallado	Estudio de campo geofísico	Estudio de refracción sísmica, método de representación de resistencia, etc. La aplicabilidad y la longitud de línea del perfil son examinadas en cuanto a la dirección transversal	Implementado si se juzga necesario como resultado del estudio de campo detallado
	Investigación por perforación	Básicamente, todos los sondeos con testigo son realizados incluyendo muestreo. Estudio de campo para ser hecho a un punto debajo de la superficie de deslizamiento estimada, derrumbe superficial, y lecho de roca.	
	Sondeo	Sondeo dinámico, sondeo Sueco, etc.	
	Registro de perforación	Perforación televisada, método eléctrico, registro de PS, etc. según la condición geológica	
	Ensayos en sitio	Penetración estándar y ensayos de carga de perforación horizontal dependiendo de la condición geológica, incluyendo muestras en las calcatas, galerías de extracción, y pozos	
	Ensayos de laboratorio	Ensayos de roca y suelo como sean requeridos	
	Instrumentación y Monitoreo	Medición del suelo de la superficie del movimiento de deslizamiento (extensómetro de suelo superficial), medición del movimiento de perforación (inclinómetro de sonda), estudio del agua subterránea (piezómetro, tipo Casagrande), estudio de la precipitación (medición de lluvia), reconocimiento periódico del Sitio	

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

V2-2 RECONOCIMIENTO DEL SITIO

(1) Concepto Básico del Reconocimiento del Sitio

El reconocimiento del sitio consiste fundamentalmente en la confirmación visual y cuidadosa de cualquier deformación de la superficie de suelo además de la condición geológica, topográfica, vegetativa, e hidráulica realizada por ingenieros geólogos o geotécnicos con información como esquema y fotografías.

El propósito principal del reconocimiento del sitio es encontrar los factores primarios.

Se muestran los factores primarios de deslizamientos en la Tabla A2-2.1

Tabla A2-2.1 Condiciones del Suelo y Factores Primarios de Desastres

Condición del Suelo	Factores Primarios
Condiciones Topográficas	1 Sobresalido 2 Canal de agua 3 Trazo del deslizamiento 4 Existencia de fracturas en la superficie del suelo 5 Daños al corte de talud y taludes naturales
Condiciones Geológicas	1 Meteorización 2 Condición de fisuras teniendo cierta regularidad, como ser la estratificación, plegamientos y juntas 3 Existencia de coluvios 4 Piedras de canto rodado que no están firmemente embebidas en la tierra
Condiciones del Agua	1 Afloramientos de agua 2 Erosión 3 Canales

(2) Reconocimiento del Sitio

Los artículos siguientes serán investigados, estimados y examinados en el sitio. También los resultados del reconocimiento de sitio serán introducidos en el plan y vistas de secciones transversales con una escala de aproximadamente 1/100~1/500 si está disponible.

- 1) La geología y estructura del talud. La observación es hecha mientras se presta atención a la dureza de la geología, superficie de separación, meteorización, y soltura de la masa de roca. Con la atención es prestada a la discontinuidad de unión, etc., y su tipo, dirección, espaciado, continuidad, y naturaleza, la determinación es hecha cuando la tierra es excavada o cuando el talud es empinado.
- 2) Micro topografía del talud. Altura de talud, longitud de talud, declive, posición, pequeñas gradas, presencia de grietas abiertas o fallas, etc.
- 3) Presencia de ubicaciones de filtración, condición de sostenimiento de agua del suelo superficial, vegetación, etc. e instalaciones de drenaje.
- 4) Variedad y profundidad de materia inestable por el reconocimiento del sitio por deformación superficial con fracturas y elevación, falla y cavidades, distribución de topografía acanalada, etc.
- 5) Mecanismo del desastre.
- 6) Condición existente de la medida preventiva. La fractura y estrechamiento, la deteriorización del hormigón, corte y corrosión de la malla, cuerda, y alambre, soltura del anclaje
- 7) Relación posicional entre el desastre y la carretera. El modelo es estimado sobre la base de la evaluación total en la posición,

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

escala, modelo, y ruta de falla de los fenómenos que posiblemente afectan la carretera así como la eficacia de las medidas preventivas existentes.

8) Cualquier otra anomalía o deformación del área circundante.

Cuando hay cualquier deformación que puede indicar el posible derrumbe, se realizan las medidas simplificadas. Ellas incluyen la medida de una distancia entre alfileres marcados y clavos proporcionados a ambos lados de una fractura y grada, la observación del mortero proporcionado para reparar la fractura de cualquier deformación, etc. como se muestra en la Figura A2-2.1.

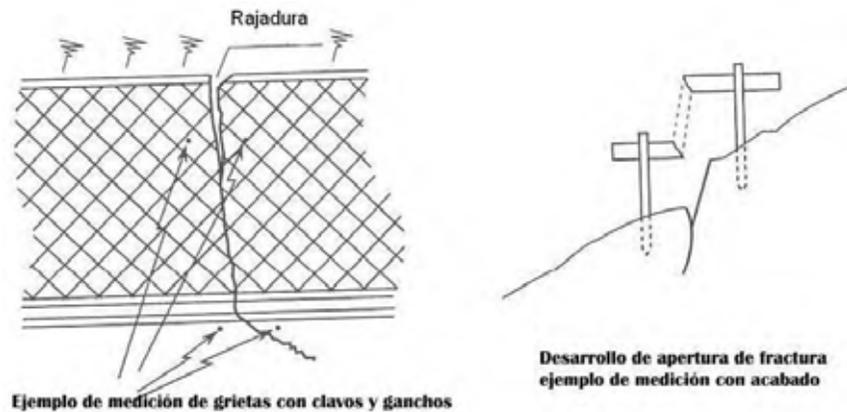


Figura A2-2.1 Ejemplo de Medidas Simplificadas

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-3 INVESTIGACIÓN PARA DESLIZAMIENTO****(1) Puntos de Control de Estudio**

Los deslizamientos tienden a ocurrir con frecuencia en áreas con geología específica o formaciones geológicas como esquistos de barro del Terciario o zonas de tufa o zonas de rocas metamórficas en el Mesozoico y Paleozoico, y tales áreas con frecuencia indican rasgos topográficos únicos debido a la actividad del deslizamiento sucesivo pasado. La relación entre los rasgos topográficos de deslizamientos y las propiedades de la masa de deslizamiento en el proceso del movimiento de deslizamientos ha sido generalmente reconocida. Los deslizamientos también son con frecuencia inducidos por terremotos a pequeña escala en áreas donde los rasgos topográficos de deslizamientos son aparentes. Tales zonas de deslizamientos pueden ser con frecuencia determinadas por fotografías aéreas.

Una revisión de deslizamientos es conducida para obtener los siguientes tipos de información, esto cuando una carretera cruza un sitio de deslizamientos o un sitio donde es reconocida la posibilidad de un deslizamiento.

- i) Magnitud y escala del deslizamiento
- ii) Dirección y velocidad del deslizamiento y presencia de una escarpa
- iii) Estabilidad de un deslizamiento y cambios del factor de seguridad debido a terremotos y otras causas
- iv) Relación mutua entre un deslizamiento y los factores contribuyentes
- v) Ubicación de instrumentos de medición instalados

La imagen completa de un deslizamiento es clarificada basada en la información anterior y es seleccionada una ruta conveniente o son puestas en práctica las medidas preventivas adecuadas investigando las causas y el mecanismo del deslizamiento. Habrá

un alto potencial de ocurrencia de deslizamientos, requiriendo un estudio detallado, si son encontrados los siguientes síntomas en las áreas de revisión después de leer los mapas topográficos y fotografías aéreas.

- i) Arreglo irregular de curvas de nivel
- ii) Presencia de precipicios en forma de herradura o taludes tipo meseta, o presencia de curvas de nivel densas debajo de taludes moderados
- iii) Estanques, pantanos y ciénagas arreglados con regularidad
- iv) Presencia de curvas de nivel irregulares delante de escarpas, o presencia de pequeñas colinas separadas
- v) Curvas anormales como ser desfiladeros, corrientes, curvas anormales y cambios de la pendiente de la carretera
- vi) Presencia de campos de terraza acojinados, depósitos de flujo de escombros

(2) Estudio en la Estabilidad de Deslizamiento

Los estudios son principalmente realizados por sondeo y a veces la excavación de calicatas también es realizada para estudiar el mecanismo de deslizamientos desde el punto de vista de la mecánica de suelos y examinar las características mecánicas del suelo en detalle de la arcilla superficial deslizada.

Para suelo y estudio geológico, al menos se deben realizar cuatro perforaciones y tres de estas deben ser sobre y cruzando el bloque deslizado y una debe ser en la parte de arriba del talud del bloque. Es importante el planificar y hacer al menos 5 m de perforación dentro del lecho de roca para poder distinguir la masa de deslizamiento. También, donde el área de deslizamientos es amplia y la distribución de lecho de roca es completamente irregular, es también importante realizar la exploración de onda elástica y proporcionar un curso auxiliar transversal para permitir una revisión en la dirección transversal.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista mecánico, esta revisión es realizada para determinar la dureza de la masa de deslizamientos y la textura de suelo, y también determinar la fuerza de la masa de suelo requerida para el análisis de estabilidad de talud en el área de deslizamientos y para diseñar medidas preventivas con los resultados de sondeo, ensayos de penetración estándar, ensayos in - situ, y ensayos para propiedades físicas y mecánicas. Los resultados del estudio son comparados entonces a los resultados del estudio de campo y las lecturas de mapas topográficos y geológicos, y luego las características y el grado de la actividad de deslizamientos son examinados.

(3) Estudio de los Factores Contribuyentes de un Deslizamiento

Se conoce que los deslizamientos con frecuencia ocurren durante períodos de lluvia fuerte y aquel movimiento de deslizamientos se hace activo como las subidas de nivel de agua subterránea. La información acerca del mecanismo y la posibilidad de deslizamientos puede ser obtenida determinando las condiciones de agua subterránea en el área de deslizamientos (fluctuación en el nivel de agua subterránea, el flujo de agua subterránea, sendero de evacuación, velocidad de corriente, calidad y temperatura del agua subterránea, etc.) para hacer posible de examinar la cantidad y la posición del trabajo efectivo del drenaje como medidas preventivas basadas en el estado del agua subterránea. Los estudios del agua subterránea pueden ser generalmente clasificados en estudios de distribución de agua subterránea y estudios de presión de agua subterránea. Los contenidos del estudio son como se muestra en la Figura A2-3.1, y el alcance de estudio deberá ser determinado según el objetivo.

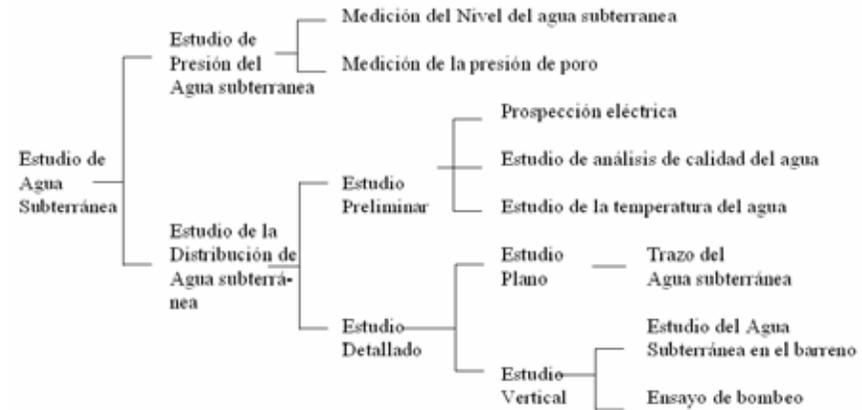


Figura A2-3.1 Estudio del Agua Subterránea

El agua subterránea debe inspeccionarse mediante observación continua ya que tiene a menudo las fluctuaciones estacionales. Además, la vegetación en el área de deslizamiento de movimiento está muy relacionada con la distribución del agua subterránea en la zona y, esta, debe ser comparada con los resultados del estudio de campo.

(4) Estudio en la Magnitud y Movimiento de Deslizamiento

Este estudio es realizado para examinar el grado, la dirección del movimiento, y el mecanismo de deslizamientos detalladamente cuando cualquier signo del movimiento de deslizamientos como escarpas de deslizamiento o grietas es encontrado o cuando hay cualquier posibilidad del acontecimiento de deslizamientos en el futuro.

El estudio de medición o monitoreo puede implicar supervisar el movimiento o contemplar la superficie de deslizamiento. El monitoreo del movimiento es emprendido a fin de confirmar el

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

grado de deslizamiento y obtener el material para pronosticar la futura activación de deslizamientos y medir la cantidad de fluctuación de inclinación y extensión o contracción de la superficie del talud. El método de medida implica el uso de tales dispositivos como el extensómetro de alambre invar (Figura A2-3.2) y el inclinómetro de suelo o un método simplificado usando estacas de desplazamiento o placas de desplazamiento (Figura A2-3.3).

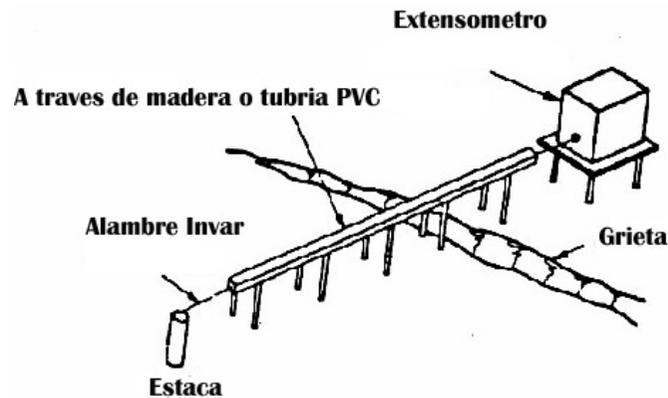


Figura A2-3.2 Diagrama Esquemático del Extensómetro de Alambre invar.

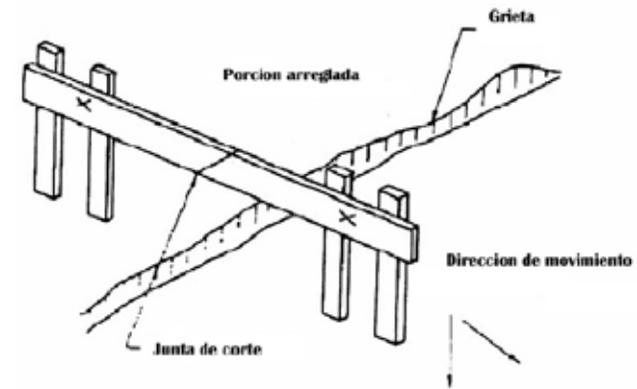


Figura A2-3.3 Placa Simple de Desplazamiento

El deslizamiento de superficies puede ser investigado por la examinación de muestras de sondeo o la medición de la superficie de deslizamiento. La examinación de muestras es empleado para verificar la evaluación por la medición o cuando la superficie de deslizamiento no puede ser evaluada por el estudio de medición. El estudio por la medición de la superficie de deslizamiento es llevada a cabo por el empotrado de un tubo de PVC rígido equipado con un medidor de tensión (tubo de medida de tensión tipo inclinómetro) o la introducción de un inclinómetro tipo sub suelo (Figura A2-3.4) en el orificio de sondeo para medir los cambios en la tensión interna, o el ángulo de inclinación a fin de conseguir la condición de la superficie de deslizamiento. El punto en el cual el tipo de medida de tensión de tubo o la introducción del inclinómetro de subsuelo es, en principio, todos los orificios de sondeo, pero en algunos casos, este puede ser limitado con los orificios de sondeo a lo largo de la línea de medición principal.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

El estudio de la superficie de deslizamiento se emprende cuando está claro que el bloque de deslizamiento ha estado moviéndose, como un resultado del reconocimiento del sitio o medición del movimiento del suelo.

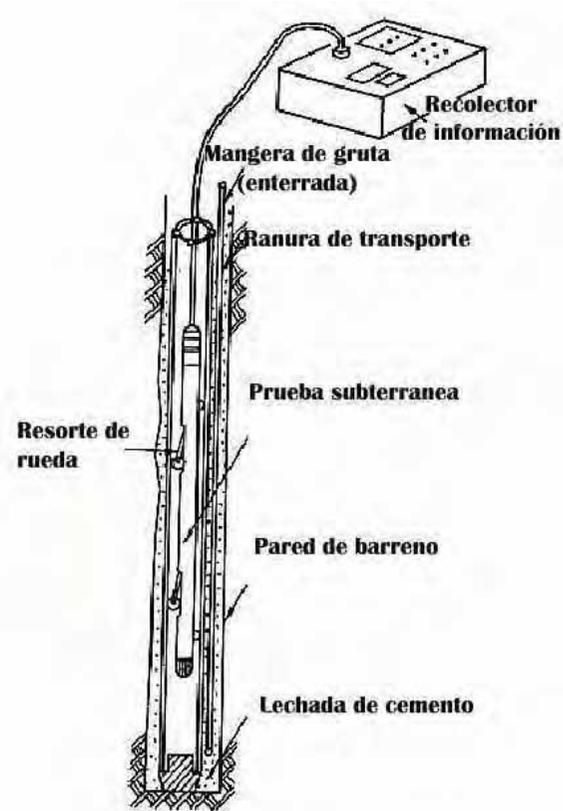


Figura A2-3.4 Inclinómetro de Sub Suelo

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-4 INVESTIGACIÓN PARA FLUJO DE ESCOMBROS****V2-4.1 Puntos de Control de Estudio**

Un flujo de escombros es un fenómeno en el cual el suelo en la base de un valle o aguas arriba se mueve como resultado de una fuerte lluvia o un terremoto y fluye en orificios hidráulicos fuera del valle. Hay 4 tipos principales de flujo de escombros como se muestra en la Tabla A2-4.1.

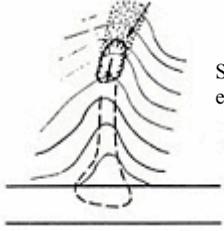
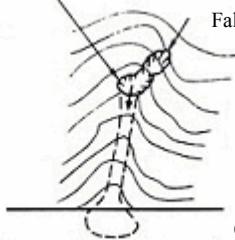
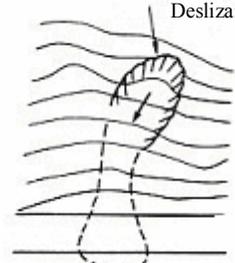
El estudio en el flujo de escombros se enfoca en los puntos siguientes e involucra investigación de materiales de daños pasados, reconocimiento del sitio e interpretación de fotografías aéreas.

- i) Posibilidad de una ocurrencia del flujo de escombros (frecuencia de ocurrencia, condiciones de tiempo, etc.)
- ii) Escala y características del flujo de escombros (cantidad máxima de descarga, velocidad de flujo, altura de la ola, volumen de suelo, diámetro máximo de la grava, etc.)
- iii) Área probable a ser inundada por el flujo de escombros
- iv) Presencia de elementos existentes para el control de la erosión o protección de la flora y su configuración y tamaño.

En el evento de que un camino planeado atravesaría un arroyo de montaña mediante un puente o alcantarilla dónde la ocurrencia del flujo de escombros es esperada, la cantidad máxima de descarga, la velocidad de flujo, altura de la ola máxima y diámetro máximo de la grava del flujo de escombros debe investigarse como el material a ser revisado, ocurra o no que el flujo de escombros pasará sin dañar el puente o alcantarilla.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

Tabla A2-4.1 Clasificación del Flujo de Escombros

Categoría	Descripción	Dibujo Esquemático
Fludificación del sedimento depositado y la grava en el lecho del río	Fludificación de sedimento y grava depositados en el lecho de un arroyo empinado debida al suministro de una gran cantidad de agua debido a un aguacero o a un rápido deshielo	 <p data-bbox="1612 414 1825 470">Sedimento depositado en el lecho del río</p> <p data-bbox="1646 542 1736 566">Carretera</p>
Fludificación del sedimento producido por una falla de ladera	Fludificación del sedimento producido por una falla de ladera cuando la estructura es rota deslizando hacia abajo del talud y mezclándose con el agua	 <p data-bbox="1601 678 1758 726">Deslizamiento de ladera</p> <p data-bbox="1601 798 1691 821">Carretera</p>
Derrumbe por una dique de control natural	Fludificación del sedimento formando un dique de control natural el cual es creado por el bloqueo de un arroyo de montaña por sedimentos de falla los cuales luego se erosionan por desbordamientos o los cuales luego se derrumban	 <p data-bbox="1601 861 1657 885">Falla</p> <p data-bbox="1646 901 1859 1021">Dique de control Natural formado por los sedimentos depositados originados por una falla</p> <p data-bbox="1624 1069 1713 1093">Carretera</p>
Fludificación de una masa de suelo de deslizamiento	Fludificación de una masa de suelo cohesivo con un gran contenido de agua originalmente producida por un deslizamiento	 <p data-bbox="1568 1141 1691 1165">Deslizamiento</p> <p data-bbox="1646 1356 1736 1380">Carretera</p>

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-4.2 Estudio de la Ocurrencia del Flujo de Escombros****(1) Identificación de Puntos dónde puede ocurrir el Flujo de Escombros**

En una topografía con depresiones, en la cual el agua de lluvia se acumula; en corrientes de montaña donde el flujo de agua existe durante una precipitación; para corrientes de montaña con 15 grados o más de declive del lecho y más de 5 ha de área de captación aguas arriba; el punto en el cual el declive del lecho es 15 grados; con la consideración enfocada en casos en los cuales hay sedimento en el lecho que podría producirse un flujo de escombros; en todos los casos anteriormente mencionados y en otros donde pueda ocurrir un flujo de escombros, existe la necesidad de ser investigada.

Además, las áreas de captación de menos que 5 ha río arriba de un punto en el cual el declive del lecho es 15 grados, donde se espera una falla relativamente grande en una ladera debida a las propiedades de suelo, agua de manantial o registro de fallas, pueden ser consideradas como áreas donde se espera la ocurrencia de un flujo de escombros. El estudio anterior debe emprenderse primeramente a través de la interpretación a grandes rasgos del mapa topográfico y las fotografías aéreas y debe revisarse a través del reconocimiento del sitio.

(2) Estimación de Frecuencia de Flujo de Escombros

Los materiales existentes en registros de desastre y reconocimiento de sitio deberían ser utilizados para determinar los tiempos y la frecuencia del acontecimiento del flujo de escombros reciente en la quebrada de montaña pertinente.

(3) Estimación de Condiciones de Lluvia que Causan el Flujo de Escombros

Las áreas deberían ser divididas basadas en semejanzas de condiciones de precipitación y los materiales durante la precipitación que causó el flujo de escombros en el pasado, las lluvias fuertes que no condujeron a tal acontecimiento deberían ser coleccionadas a fin de determinar la diferencia entre condiciones de precipitación que conducen a tal flujo de escombros y aquellos que no conducen a tal flujo de escombros.

Si durante tal evento no hubo ninguna precipitación que haya causado un flujo de escombros en el área relevante, la cantidad máxima de la precipitación en la cual tal flujo de escombros no ocurrió será usada como condiciones de precipitación temporales en el acontecimiento del flujo de escombros, y también debería ser determinada otra información como topografía y propiedades del suelo.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-4.3 Estudio en la Estimación de la Escala, Carácter y Área de la Inundación de Flujo de Escombros****(1) Estimación de la Escala y Carácter de Flujo de Escombros**

A fin de examinar la escala y colocar las medidas preventivas para el flujo de escombros, tienen que estimarse: la escala del flujo de escombros (volumen de suelo descargado), la cantidad máxima de la descarga, la velocidad de flujo y otros factores.

La valoración del volumen de suelo descargado y el tamaño de grano máximo del flujo de escombros puede ser emprendida investigando el volumen de la sedimentación de lecho y distribución de tamaño de grano por el reconocimiento del sitio, pero la descarga máxima, el peso de unidad y velocidad de flujo del flujo de escombros es estimado con la referencia dada a la investigación experimental y teórica del flujo de escombros y fórmulas empíricas obtenidas de la observación de campo del flujo de escombros.

La velocidad de flujo de un flujo de escombros varía de varios metros a 10 metros por segundo en caso del flujo que tiene el contenido de grava grande (flujo de escombros tipo grava). En el flujo de escombros en áreas volcánicas (flujo de escombros tipo flujo de barro), según el contenido de agua, la velocidad puede extenderse de pequeños hasta 15 a 20 metros por segundo. Además, con respecto a la altura de onda de un flujo de escombros, la altura es generalmente 3 metros o menos. Si hay registros de flujo de escombros que han ocurrido cerca de una quebrada de la montaña en estudio, tales materiales deberían ser usados como referencia en la fabricación de valoraciones después de confirmar las semejanzas de la topografía y geología.

(2) Estimación del Área de Inundación de Flujo de Escombros

Se estiman el área de flujo de escombros y su área inundada río abajo del punto en el cual tal flujo puede ocurrir. Se asume que estos flujos de escombros se conviertan en sedimentación que cubra la tierra llana en el fondo de valles y abanicos aluviales en la topografía presente. Mientras en general, se asume que el punto en el cual la sedimentación comienza es la salida del valle, la sedimentación parcial también puede comenzar donde la profundidad del flujo de repente aumenta y el declive de un lecho es 15 grados o menos, donde la profundidad del flujo se hace más estrecha o donde el declive del lecho de repente se hace suave.

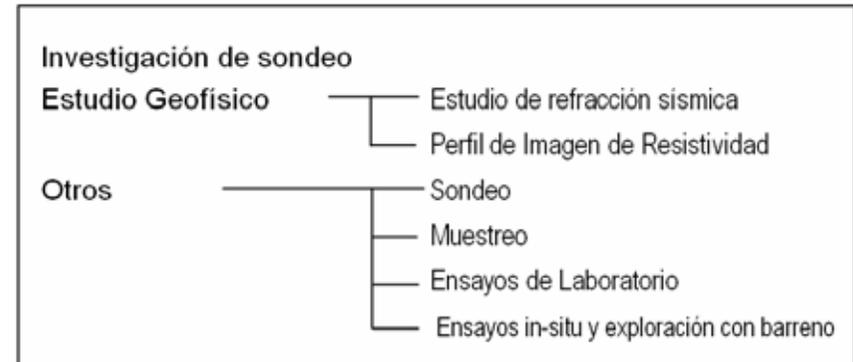
En general, la mayor parte de la quebrada de montaña ha experimentado el flujo de escombros en el pasado. Por esta razón, cuando la salida de un valle es investigada, es posible saber cual es la escala de la escombros que fluye y cual es el diámetro de gravas y que grado de descarga y sedimentación ha ocurrido en el pasado.

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-5 OTRAS INVESTIGACIONES**

Basados en el reconocimiento del sitio, el plan del estudio detallado será determinado.

La investigación por sondeo es eficaz para la aclaración de la geología y estructura geológica. Las perforaciones también pueden ser usadas como orificios de estudio para la observación del agua subterránea y como orificios de observación dinámicos para estimar la profundidad del derrumbe. Por otra parte, la revisión geofísica demuestra ser eficaz para la investigación del grado de meteorización y la soltura de la masa de roca y, cuando es usado junto con el sondeo, permite el entendimiento de la estructura seccional del talud inestable. En cualquier caso, la transferencia o la instalación temporal de la maquinaria en el sitio del talud empinado con la posibilidad de sufrir un derrumbe no es relativamente fácil. Por lo tanto, el plan de estudio debe ser desarrollado teniendo en cuenta la aplicabilidad de métodos de investigación en el sitio concerniente y gastos de investigación. Como se describió anteriormente, la necesidad de poner en práctica el Estudio Detallado debería ser determinada después de la revisión cuidadosa de dichos factores.

Este capítulo introduce los métodos de estudio siguientes como ser acercamientos estándares en el Estudio Detallado. El principio específico y el procedimiento de cada método son descritos en la norma ASTM y documentos técnicos, de modo que este capítulo trate con consideraciones principalmente para implementación.



APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN**V2-5.1 Estudio Geofísico**

Comparando con la investigación por sondeo que proporciona datos del punto, la revisión geofísica es más ventajosa para la investigación de la falla de un talud que requiere la medida preventiva urgente en su capacidad de obtener datos en estructuras subterráneas sobre una amplia área dentro de un período relativamente corto. Sin embargo, los datos obtenidos de la revisión geofísica permanecen para ser propiedades físicas específicas de la tierra. Además, la resolución de la revisión geofísica varía según las condiciones geológicas y las restricciones operacionales. Por lo tanto, la interpretación de la geología y estructura geológica es esencial realizada por ingenieros geofísicos. A fin de poner en práctica la revisión geofísica, los objetivos deberían ser claramente definidos y el método apropiado debería ser seleccionado según la aplicabilidad de cada cantidad física y su límite para cada objetivo. Después de la realización, los datos obtenidos de reconocimiento de sitio e investigación por sondeo son combinados para el análisis geológico total.

Las prácticas generales aplicadas a la investigación del sitio de talud del camino son la prospección sísmica (el método de la refracción) y la exploración eléctrica (el método de la resistividad). Su planificación, aplicación, y análisis que requieren la atención se describen debajo.

(1) Estudio de la Refracción Sísmica**Consideraciones para el funcionamiento del estudio de la refracción sísmica en talud de la carretera**

- i) Normalmente, la dinamita es usada para generar la onda elástica. El método de apilamiento es menos aplicable con sitios donde la distancia de llegada de la onda es corta, la eficacia de operación es deteriorada en exceso, y hay mucho ruido en los alrededores del camino. A causa del tiempo considerable requerido para el procedimiento de aplicación para obtener aprobación para el uso de dinamita, es esencial tomar las medidas cuidadosas preparatorias. La persona responsable del manejo de explosivo debe tomar la responsabilidad diaria para el transporte del lugar de almacenaje al sitio, almacenaje, y consumo. Por lo tanto, la lista de operación debe ser determinada teniendo en cuenta la persona responsable del proceso.
- ii) Generalmente, las condiciones del sitio del talud causan el tiempo para la transferencia de personas y material/equipo. Para asegurar la eficacia y la seguridad, la preparación y negociación a fondo además del entendimiento mutuo de acciones caso por caso son esenciales entre miembros del equipo de operación.
- iii) Según objetivos (profundidad, etc.) de la investigación, la voladura debería ser hecha con la cantidad de explosivo cargado apropiado para la condición geológica de la sección cubierta por la observación. Es esencial que el plan de voladura sea desarrollado por el ingeniero de prospección con mucha experiencia. Ya que la voladura en el agua es más eficaz que en el suelo, los puntos de ráfaga deberían ser proporcionados en el valle lo más lejos posible siempre que las condiciones del sitio lo permitan. Durante la voladura, se

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

debe tomar sumo cuidado para impedir que las piedras que se dispersan dañen propiedades en la zona.

Cuidados para la aplicación del estudio de refracción sísmica en la estabilidad de talud

- i) En valles con forma en V y taludes empinados, la profundidad del lecho de roca y capa meteorizada tiende a ser estimada superficialmente más que prácticamente.
- ii) Cualquier cuerpo de roca dura (rápido en propagación) o la proyección de cantos rodados del talud o talud natural pueden causar fácilmente la equivocación de la estructura de la capa de velocidad.
- iii) Cualquier capa inferior con la velocidad baja no puede ser descubierta.
- iv) Las capas intermedias no pueden ser descubiertas cuando son delgadas.
- v) Es esencial que la longitud de línea sea entre cinco y siete pliegues de la profundidad de la prospección.
- vi) Las capas de velocidad baja (falla, zona de fractura triturada) son difíciles de descubrir cuando su grosor es 3 m o menos.
- vii) El análisis es difícil en posiciones con la estructura geológica complicada.
- viii) La velocidad varía enormemente aun cuando el grado de meteorización o soltura es casi igual, si existe agua subterránea o la condición es seca.
- ix) La proporción de propagación está en casi el mismo orden entre rocas suaves, la zona de fractura triturada y la roca meteorológica; haciendo su identificación imposible si la longitud de línea es corta.

- x) A fin de estimar la naturaleza de la grieta en la masa de roca y de aquella zona de fractura triturada a través de la velocidad de onda elástica, análisis que considera que los resultados de observación geológicos sean necesarios.
- xi) Los valores obtenidos de la prospección sísmica son obtenidos sobre la base de asumir que la roca es un cuerpo elástico. Por lo tanto, ellos necesariamente no indican condiciones contribuyentes a la estabilización del talud.

(2) Perfil de la Imagen de Resistividad (computadora controla la técnica del electrodo múltiple)

El perfil eléctrico convencional horizontal y el sondeo eléctrico vertical son aplicables a una ubicación que es simétrica en términos de topografía y geología y lo más plana como sea posible. De acuerdo con el progreso de exploración y tecnologías de computadora, el método de exploración bi-dimensional ha sido aplicado recientemente en números muy incrementados. Este método demuestra ser más favorable y es esperado permitir el análisis con la exactitud más alta en la investigación de estructuras más complicadas en topografía y geología.

La resistencia del suelo varía según las rocas componentes o la composición de grano de la capa, relación de vacíos, resistencia de agua de poro, porosidad, y contenido de materiales propicios (minerales de arcilla, etc.). En consecuencia, este método produce valores de resistencia amplios que varían aun cuando la capa es geológicamente uniforme. El método de exploración bi-dimensional consiste en determinar la distribución de la resistencia verdadera bajo la tierra en forma de una vista seccional bi-dimensional por el análisis inverso automatizado de datos de medida obtenidos con electrodos arreglados solamente en la línea superficial.

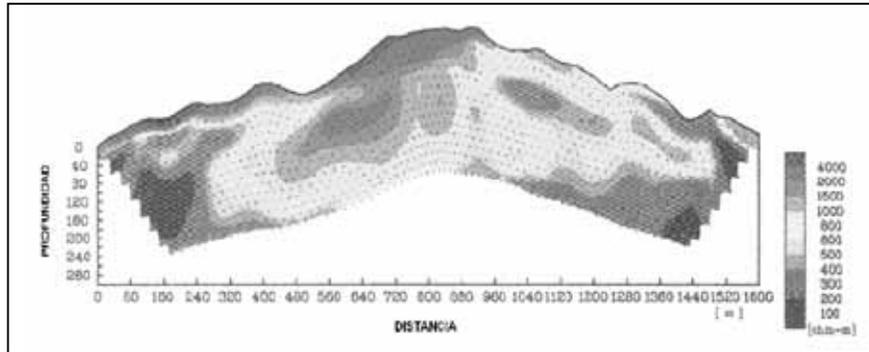
APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

Figura A2-5.1 Ejemplo de Resultados Analíticos del Método de Resistividad

Consideraciones para el funcionamiento del perfil de la imagen de resistividad en el talud de la carretera

- i) El espaciado del electrodo (electrodo mínimo), profundidad de exploración, y longitud de línea debe ser planeado con la consideración debida del objetivo de la investigación y condiciones del sitio. El espaciado del electrodo está relacionado con la resolución de la exploración. Al ser, más pequeño el espaciado, es más alta la resolución. Normalmente, el espaciado es puesto a aproximadamente 1/10 a 1/15 de la profundidad de exploración, y el arreglo de electrodos debería ser apropiado para la profundidad de exploración apuntada. A causa del principio de exploración y análisis, es necesario poner líneas a ambos lados de la sección en cuestión, en la longitud más grande por 1/2 a 1 pliegues de la profundidad de exploración.
- ii) El error del análisis puede ser disminuido proporcionando líneas normales a curvas de nivel.

- iii) Cuando un electrodo remoto es proporcionado en el método de serie de poste a poste, es recomendado distanciar tal electrodo del terminal de la línea más de diez veces el espaciado del electrodo máximo. En caso del método de cuatro postes, el electrodo remoto no es necesario. En cualquier caso, la reducción al mínimo de la resistencia de la tierra del electrodo contribuirá al realce de la exactitud de exploración.
- iv) La resolución de una estructura que puede ser analizada es aproximadamente equivalente al espaciado de electrodo mínimo alrededor de la superficie de tierra y se deteriora como los aumentos de profundidad.
- v) A causa del ruido contenido en la medición de datos y la deterioración de la exactitud de análisis (fiabilidad) alrededor de la sección concerniente, puede aparecer en la sección de análisis una sombra de la estructura del subsuelo que realmente no existe. Esto debe ser considerado durante la interpretación de la sección de análisis.
- vi) La interpretación de instrumentos varía enormemente, de modo que el modo apropiado debiera ser seleccionado según la profundidad de exploración objetivo.
- vii) Para insertar electrodos en la tierra, la introducción debería ser asegurada sin la resistencia por el contacto con la tierra. Cuando la superficie de tierra es arena seca, el agua debería ser rociada alrededor de los electrodos.

Cuidados para la aplicación del perfil de imagen de resistividad en la estabilidad del talud

- i) La investigación es hecha en la distribución de resistencia aparente de la tierra, determinando el grosor de capas de grava y suelo arcilloso y zonas meteorizadas así como la forma del lecho de roca. Basados en el resultado, el juicio es

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

hecho en el grosor y el modelo de la capa de desprendimiento de tierras. Además, este método a menudo es aplicado para descubrir fisuras de velocidad baja y velocidad alta que son difíciles de reconocer por la prospección sísmica.

- ii) La exactitud del método es deteriorada cuando hay una línea de transmisión o ferrocarril cerca de las líneas. Cualquier posición con estructuras enterradas metálicas o con cable subterráneo que causa una corriente perdida, debería ser evitada porque ellos pueden causar efectos adversos decisivos en la medida.
- iii) La exploración eléctrica debería ser combinada con otros acercamientos, como la prospección sísmica o investigación por sondeo, para asegurar la interpretación total de la geología.

V2-5.2 Otras Investigaciones del Sitio

La investigación normal dirigida en el Estudio Detallado es aproximadamente clasificada en tres tipos. Estos son 1) sondeo, 2) ensayos de laboratorio de muestras, y 3) ensayos/exploración con barrenos in-situ.

Las consideraciones para planeamiento y aplicación del muestreo, ensayos de suelo, y ensayos in-situ se describe a continuación.

Sondeo

- i) Al parecer es un método simplificado para investigar la composición de la tierra y sus características. Salvo el caso de ensayo de penetración normal, no puede hacerse la observación directa de la muestra. Esto permite la investigación por sondeo como una investigación simple y económica.
- ii) Ensayo de Penetración estándar (SPT): Cuando la recuperación de la muestra de todas las muestras del sondeo para investigar la superficie del deslizamiento es sumamente baja durante el sondeo, el ensayo de penetración normal es hecho en un diapasón de 50 centímetros, mientras se toma las muestras de todas las capas en la dirección de profundidad para su confirmación.
- iii) El sondeo Dinámico (ensayo Macintosh): Esta prueba es sumamente simple con un peso ligero (el peso total de 10 Kg.) del instrumento. Desde que la penetración es manual, su aplicación está limitada porque los valores de N de tierra aplicable es 5 o menos. Como es posible la investigación rápida de aproximadamente 3 a 5 m, el instrumento debe llevarse alrededor durante el estudio.
- iv) El sondeo Sueco (ensayo de Peso sonoro): Este tipo de parecer es aplicable a todas las tierras que no contienen

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

cantos rodados y arena gruesa. La profundidad límite es aproximadamente 10 - 15 m. Como el instrumento tiene un peso de 100 Kg. como peso total, éste no es ningún adecuado para el transporte y prueba en un talud.

Muestreo

- i) El requisito previo para el análisis de los taludes inestables está obteniendo muestras inalteradas.
- ii) En el sitio dónde el desastre realmente ocurre en talud del camino, es sumamente difícil en muchos casos tomar la muestra en una condición inalterada para el ensayo de fuerza del sondeo usando un muestreador.
- iii) Para piedras suave y fuertemente meteorizadas o masas de piedra suelta o capas con muchas fracturas dónde la recuperación de la muestra con una cuchara de muestreo normal (cuchara de muestreo Doble o Triple) es sumamente deteriorado, se usa un muestreador Mazier.
- iv) Donde la prueba de corte para el análisis de estabilidad es necesaria en tierra relativamente suave que no contiene cualquier arena gruesa grande, es aplicable un muestreador de pared delgada o uno tipo Denison.
- v) Cuando el muestreo usa calicatas, y pozos es posible conseguir muestras inalteradas. Si posible, en ensayos in-situ y en ensayos de laboratorio usar muestras de estas características.

Ensayos de Laboratorio

- i) Es relativamente raro usar valores determinados en los ensayos de suelo ya que estas están en el plan de medidas preventivas. No hay mucha necesidad por consiguiente, para realizar esta prueba.
- ii) En el Estudio Detallado de un deslizamiento estimar la fuerza de corte de la superficie de deslizamiento, la

compresión triaxial o prueba de corte directo, usando muestras inalteradas, es realmente necesario.

- iii) El objetivo de la prueba es determinar la naturaleza básica de los suelos que constituyen el talud. Las muestras usando sondeo y ensayo de penetración normal, las pruebas para las propiedades físicas, como contenido de agua natural y granulometría, son también muy necesarias.

Ensayos in-situ y Registros de Perforación

Los suelos que desarrollan el desprendimiento de materiales son sobre todo expuestos a aflojamiento sensible y presión lateral, que a menudo causa el taponamiento del tubo de muestreo e instrumento en las perforaciones. Son necesarias medidas de seguridad como la protección de la pared de agujero con una cubierta, etc.

- i) Prueba de Medidor de Presión:
Dependiendo del tipo de medida preventiva, el ensayo por sondeo con carga horizontal se hace para determinar la constante de suelo necesaria para el diseño y la capacidad de los pilotes de prevención.
- ii) Televisión de Sondeo y telespectador:
El sondeo es generalmente realizado en una condición alterada de la porción de la masa de piedra. Cuando una cámara de sondeo es usada, la condición antes de que la alteración pueda observarse. La cámara habilita observación directa de la direccionalidad y naturaleza de la capa débil y superficie de la superficie de deslizamiento que ejercen los efectos críticos en la estabilidad de talud. Por consiguiente, éste es un método de investigación eficaz para la clarificación del mecanismo de fractura de piedra-masa. Sin embargo, esto es muy costoso y aun no fácilmente aplicable

APÉNDICE V-2 INVESTIGACIÓN

en Bolivia. Por consiguiente, este método debe planearse según la importancia y necesidad de investigación.

iii) Métodos Eléctricos:

Un sondeo es básicamente todas las muestras del sondeo. Debido a la recuperación de la muestra inferior, realmente, la información geológica puede permanecer insuficiente a pesar de la investigación por sondeo. En tal un caso, un sondeo (de tipo eléctrico, etc.) demostrarán eficacia determinando las características geológicas. Pueden hacerse los sondeos eléctricos una vez en el interior de la tubería de PVC con la abertura instalada en la perforación. Además, este método es libre de bloquear el derrumbamiento de pared del orificio que se describió anteriormente. El diámetro de la perforación debe determinarse por fuera después de la revisión completa del diámetro y longitud de sonda anotando aplicable, el diámetro de la perforación y del tubo de PVC permiten por dentro y fuera la introducción del barreno, verticalidad de barreno, y si o no la masa de tierra de deslizamiento estará en movimiento.