



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“PROCESO CONSTRUCTIVO
PARA PROTECCIÓN DE TALUDES”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER ISLAS ARROYO

ASESOR:

GABRIEL RUIZ GONZÁLEZ



CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO

MÉXICO 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE : ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA

VOCAL : ING. RICARDO HERAS CRUZ

SECRETARIO : ING. GABRIEL RUIZ GONZÁLEZ

SUPLENTE : M. EN I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ

SUPLENTE : M. EN I. JOSÉ ANTONIO DIMAS CHORA

Lugar donde se realizó la tesis:

Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, México D.F.

ASESOR DE TESIS:

ING. GABRIEL RUIZ GONZÁLEZ



AGRADECIMIENTOS

A mi familia por ser el cimiento de mi desarrollo, todos y cada uno de ustedes me han dado el ejemplo y guía de mi vida.

Sus conocimientos, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia, su motivación han sido fundamentales para mi formación como persona.

Al Ing. Gabriel Ruiz González por su apoyo, enseñanza y aporte invaluable, él ha inculcado en mi un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico para la realización de esta tesis.

A mis sinodales por sus comentarios y correcciones que enriquecieron este trabajo.



INDICE

TEMA: “PROCESO CONSTRUCTIVO PARA PROTECCIÓN DE TALUDES”

1-INTRODUCCIÓN	
1.1-ANTECEDENTES	5
1.2-OBJETIVOS.....	5
1.3-DESCRIPCIÓN.....	6
2.-ZONAS DE VEGETACIÓN EN TALUDES.....	10
2.1-EFECTOS HIDROLÓGICOS DE LA VEGETACIÓN....	13
2.2-PREPARACION MECÁNICA DEL TERRENO.....	17
2.3-ESTAQUILLADO.....	21
2.4-FAJINAS.....	23
2.5-ESCALONES DE MATORRAL.....	24
2.6-MUROS DE GAVIONES.....	37
2.7-MALLAS TRIDIMENSIONALES.....	48
2.8-ADOPASTO.....	52
3.-TIPOS DE SUBDRENAJE EN TALUDES.....	53
3.1-SUBDRENES INTERCEPTORES TRANVERSALES..	56
3.2-POZOS DE ALIVIO.....	57
3.3-TRINCHERAS ESTABILIZADORAS.....	60
3.4-GALERIAS FILTRANTES	61
3.5-DRENES.....	63
3.6-SUBDRENES SINTETICOS.....	75
3.7-GEOTEXILES.....	77
4.-CAMBIOS DE GEOMETRÍA EN TALUDES.....	81
5.-GRIETAS DE TENSIÓN EN TALUDES.....	92
6.-TIPOS DE ANCLAJE EN TALUDES.....	102
7.-CONCRETO LANZADO EN TALUDES.....	128
8.-TRABAJOS EN ZONA METROPOLITANA.....	142
9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
10.-BIBLIOGRAFÍA.....	166



1.-INTRODUCCIÓN

1.1-ANTECEDENTES

El diseño tradicional en los procesos constructivo en taludes se basa en factores de seguridad, cuyas magnitudes son dictadas por la experiencia acumulada en la práctica profesional a través de muchos años. Por su parte, los análisis de confiabilidad se basan en el modelo Demanda que son cargas y la Capacidad que es la resistencia, en el cual el comportamiento no deseable se define como la probabilidad de que la demanda exceda a la capacidad.

En las obras de ingeniería civil, es común la ejecución de cortes y excavaciones; ambos tipos de trabajo requieren la remoción de cierta cantidad de suelo y la consecuente pérdida de confinamiento en la periferia. El ingeniero, inicialmente, verifica si la estructura puede ser estable sin ayuda externa, o si es necesario, emplear un muro de contención o formar un talud.

Debido a la incertidumbre en la determinación de los parámetros mecánicos utilizados en los análisis de estabilidad de taludes y a la heterogeneidad que presentan los suelos que forman estas estructuras. La aplicación de la teoría de la probabilidad a estos análisis permite desarrollar estudios con mayor apego a las condiciones reales del problema.

El análisis de confiabilidad permite considerar en el diseño la incertidumbre de los parámetros del suelo y de las cargas actuantes en los taludes. En esos análisis se parte de un modelo determinista, como es el caso protección estabilidad de taludes y permiten asignar a un factor de seguridad calculado un valor o índice de confiabilidad puede establecerse un rango cuantitativo entre el valor medio del factor de seguridad y el valor en el cual se considera la falla catastrófica o falla de servicio.

1.2-OBJETIVOS

En el presente trabajo se pretenden los siguientes objetivos:

- * Describir los conceptos básicos de procesos constructivos para protección de taludes.
- * Exponer y comparar los principales métodos utilizados en los sistemas de protección de taludes.
- * Comparar entre sí los resultados de los diferentes métodos, a través de un caso práctico de estabilidad de un talud.



1.3-DESCRIPCIÓN

El vocablo francés talus llegó al castellano como talud. El término refiere a la pendiente que registra el paramento de una pared o de una superficie. La idea de paramento, por su parte, se vincula a las caras de un muro.

Talud, o “Pedrero”: Es el término que se utiliza para designar a la acumulación de fragmentos de roca partida en la base de paredes de roca, acantilados de montañas, o cuencas de valles. Estos depósitos típicamente poseen una forma cóncava hacia arriba, mientras que la máxima inclinación de tales depósitos corresponde al ángulo de reposo correspondiente al tamaño promedio de las rocas que lo componen.

Talud: Cualesquiera superficie inclinada respecto a la horizontal que haya que adoptar permanentemente las estructuras de tierra, bien sea una forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería.

Para la ingeniería el talud: Es la diferencia que existe entre el grosor del sector inferior del muro y el grosor del sector superior, creando una pendiente. Esto permite que el muro pueda resistir la presión que ejerce la tierra detrás de él.

Talud: Es una porción de tierra elevada, de dimensiones variables, generalmente rematando por una cuneta y caracterizado por una vegetación específica. Puede bordear un camino, abierto como consecuencia del paso de animales y hombres; en este caso, se construye con el tiempo. Pero también puede ser fruto de una construcción artificial con tierra o piedra; en este caso, se trata de una arquitectura sabia, que remonta a una época lejana en el tiempo.

Talud: A cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

Talud: Cuando se produce de forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales. Según sea el génesis de su formación: con el corte, se realiza una excavación de una formación tierra natural (desmontes) en tanto que los taludes artificiales son los lados de los terraplenes.

Talud: Para la geología es un cúmulo de trozos de roca que se forma en la cuenca de un valle o en la base de un acantilado. Por lo general muestran un aspecto cóncavo, orientado hacia arriba.



Talud continental: Es la estructura natural submarina que se extiende desde la llamada plataforma continental hasta una profundidad de unos 2.000 metros o más. Se trata de una zona en declive donde se acumulan sedimentos que provienen de los continentes. La pendiente del talud continental suele situarse entre los 5° y los 7°. Se ha registrado, de todas formas, taludes continentales con más de 50° de inclinación. En general Un talud es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos.

Analizar la estabilidad del talud es indispensable para el desarrollo de un proyecto de ingeniería civil. Un desnivel y la naturaleza de los materiales pueden amenazar dicha estabilidad

Elementos a considerar en un talud:

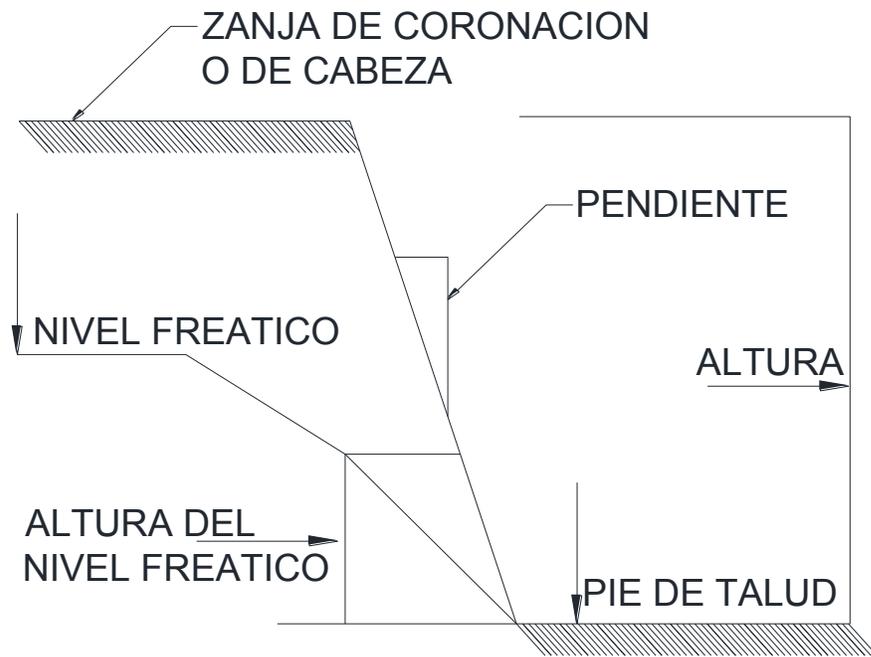
- ALTURA: Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza.
- PIE: Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
- CABEZA O ESCARPE: Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- ALTURA DE NIVEL FREÁTICO: Distancia vertical desde el pie del talud hasta el nivel de agua medida.
- PENDIENTE: Es la medida de la inclinación del talud. Puede medirse en grados porcentaje.

Las obras de infraestructura lineal carreteras y ferrocarriles, canales, conducciones, explotaciones mineras, y en general cualquier construcción que requiera una superficie plana en una zona de pendiente, o alcanzar una profundidad determinada por debajo de la superficie, precisan la excavación de taludes. Los taludes se construyen con la pendiente más elevada que permite la resistencia del terreno, manteniendo unas condiciones aceptables de estabilidad. El diseño de taludes es uno de los aspectos más importantes de la ingeniería civil, pues está presente en la mayoría de las actividades constructivas.

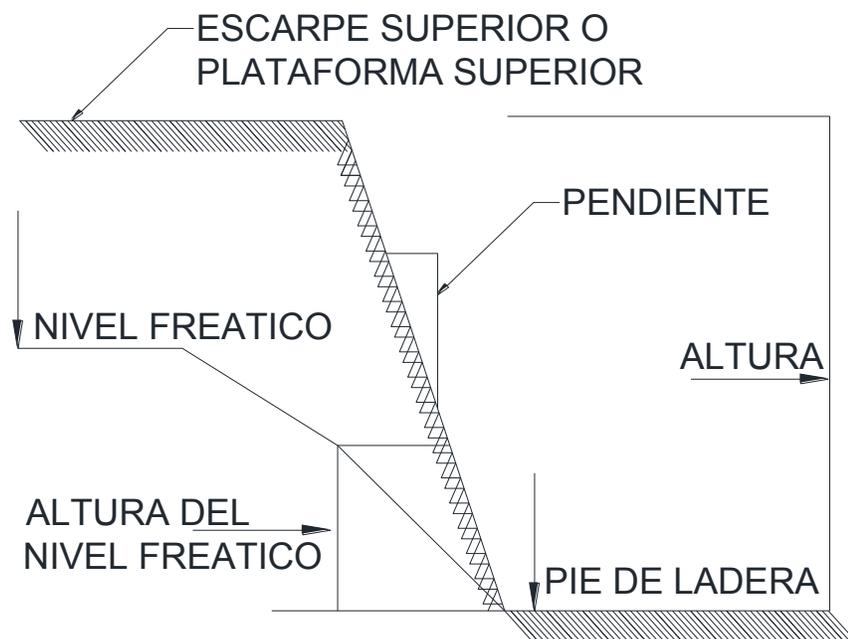
Los análisis de estabilidad permiten diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadores que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales. Es necesario el conocimiento geológico y geomecánico de los materiales que forman el talud, de los posibles modelos o mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionan y desencadenan las inestabilidades.

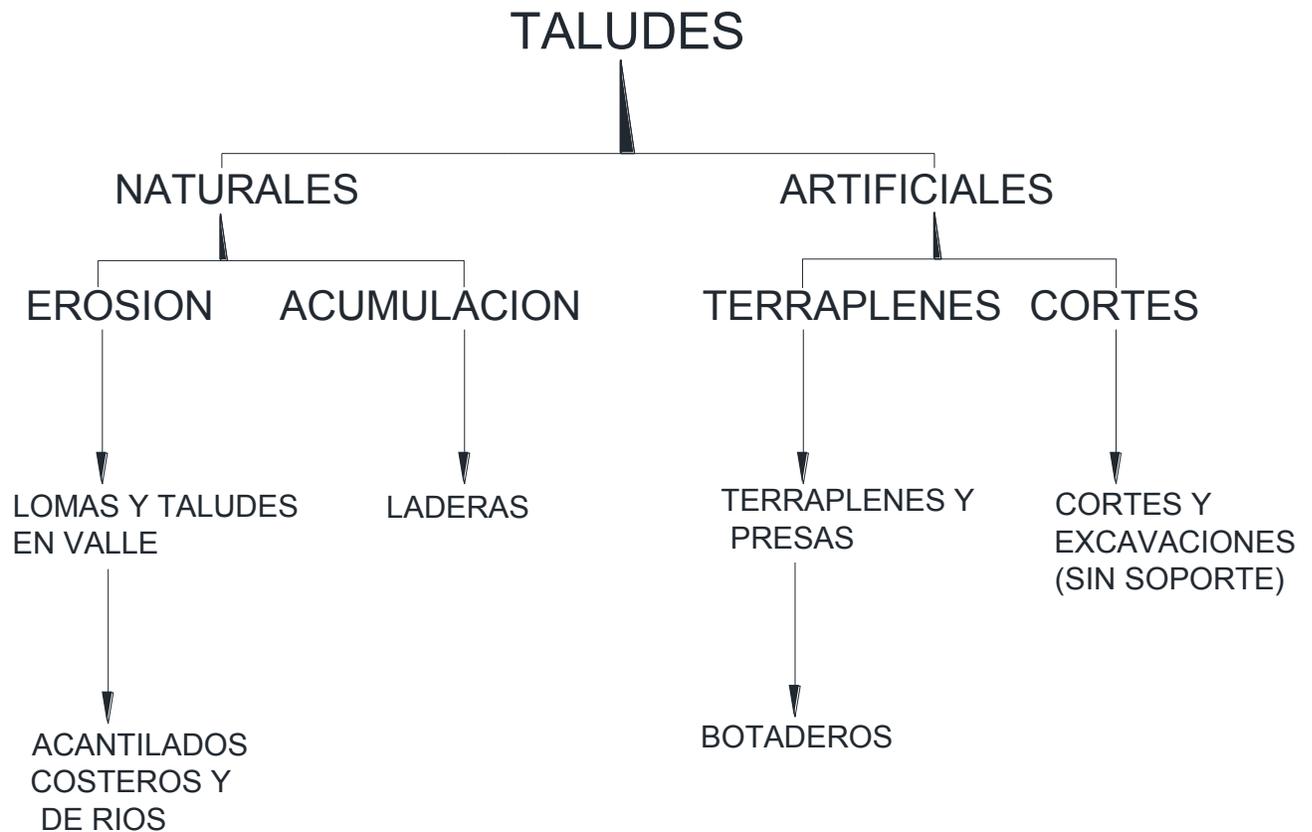


TALUD ARTIFICIAL



TALUD NATURAL





La metodología seguida en los estudios de estabilidad de taludes parte del conocimiento geológico, hidrogeológico y geomecánico del macizo rocoso o suelo, que, junto con el análisis de los factores extremos que actúan sobre el terreno, definen el comportamiento de los materiales, sus modelos mecanismos de deformación y rotura.

Los estudios geológicos y geotécnicos de taludes están dirigidos al diseño de taludes estables en función de las condiciones requeridas (corto, medio o largo plazo, relación coste-seguridad, grado de riesgo aceptado, etc.) así como a la estabilización de taludes inestables.



2- ZONAS DE VEGETACION EN TALUDES

La vegetación juega un importante papel en el control de la erosión, la estabilización y la integración ecológica y paisajística de los taludes. Con estas condiciones, el éxito de la vegetación depende de que se conozcan todos los factores que influyen y condicionan el establecimiento y desarrollo de la vegetación, y se apliquen las técnicas más adecuadas para corregirlos.

Es necesario elegir las plantas más adecuadas a las condiciones del talud y a los objetivos de la vegetación, mejorar, en la medida de lo posible, las características morfológicas, emplear la técnica de implantación más adecuada; y realizar labores de mantenimiento hasta que la vegetación implantada sea autosuficiente.

El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo, al tomar el agua que requiere para vivir.

Efectos de la vegetación sobre la estabilidad de una ladera.

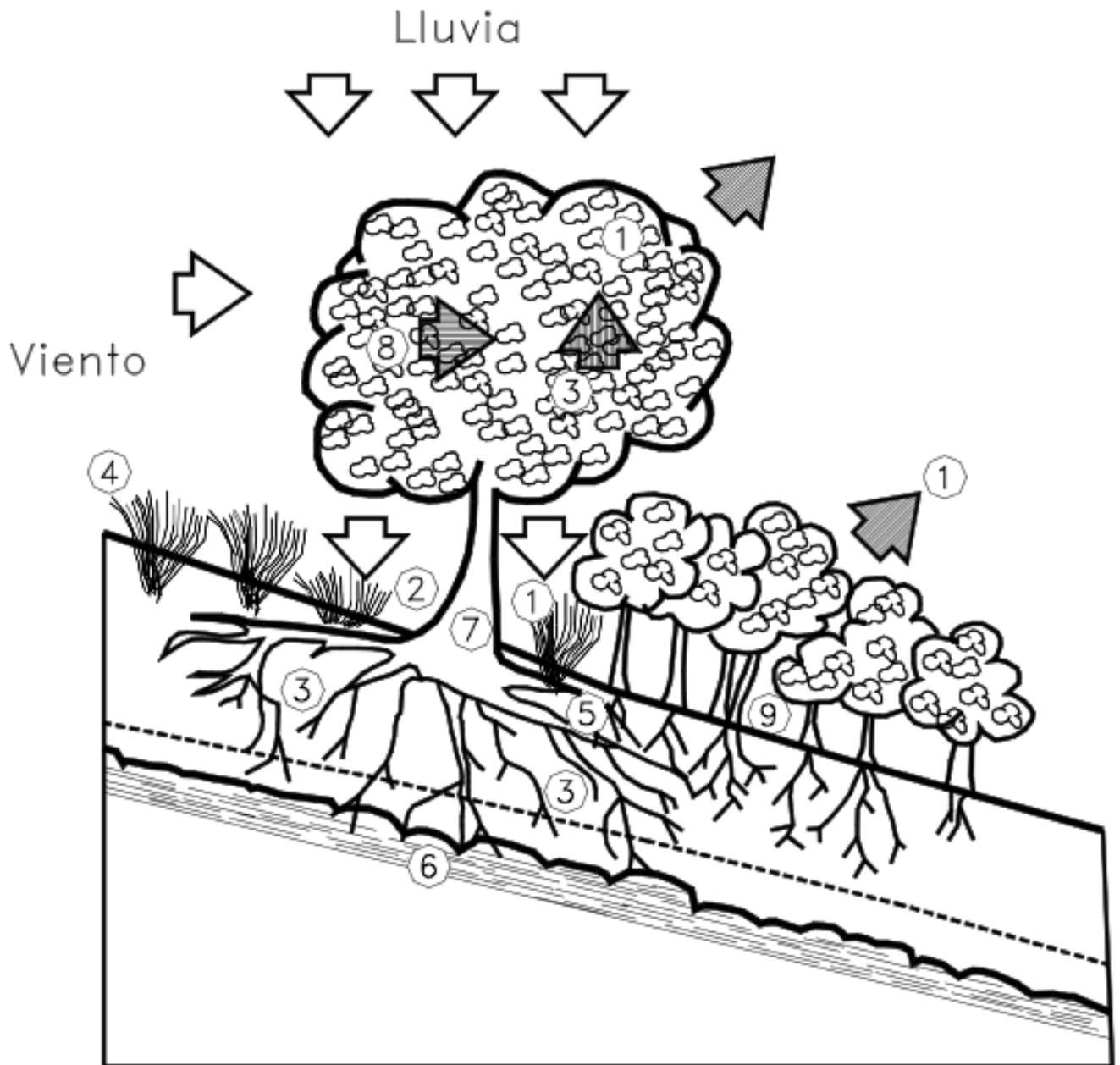
1. Intercepta la lluvia.
2. Aumenta la capacidad de infiltración.
3. Extrae la humedad del suelo.
4. Grietas por desecación.
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante.
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos.
7. Aumentan el peso sobre el talud.
8. Transmiten al suelo fuerza del viento.
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión.

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

- a. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial.
- b. Se elimina el factor de refuerzo de las raíces.
- c. Se facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en áreas de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.





CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS Y DEL SUELO FERTIL

Las diferentes partes de una planta cumplen funciones específicas desde el punto de manejo geotécnico.



Componentes de la planta y sus funciones:

<i>Parte de la planta</i>	<i>Función</i>
Raíz	Anclaje, absorción, conducción y acumulación de líquidos.
Tallo	Soporte, conducción y producción de nuevos tejidos
Hojas	Fotosíntesis, transpiración

Las raíces cumplen una función muy importante de absorción. Grandes cantidades de agua son absorbidas por las plantas junto con minerales y productos que la planta requiere para su alimentación.

Los principales factores que determinan el desarrollo de las raíces son:

- a. Disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- b. Disponibilidad de oxígeno.
- c. Contenido de Humedad.
- d. Succión o presión.
- e. Temperatura del suelo.
- f. Niveles de toxinas y elementos patogénicos.
- g. Sistema de poros.

De los anteriores elementos, el más importante es posiblemente la disponibilidad de oxígeno en el suelo.

El tronco soporta los órganos fotosintéticos y reproductivos, especialmente las hojas.

La estructura de la hoja muestra dos partes: superior e inferior, que cumple un objetivo muy importante para la vida de la planta.

La habilidad de un suelo para sostener el crecimiento de las plantas depende de su habilidad para proveer nutrientes, agua y oxígeno. Físicamente un suelo mineral es una mezcla de partículas inorgánicas, materiales orgánicos, aire y agua. Las propiedades químicas del suelo le dan a este la habilidad de crear ambientes que faciliten el crecimiento de la vegetación. La fertilidad depende de la disponibilidad de nutrientes y estos de los microorganismos que continuamente están trabajando para transformar los materiales orgánicos. Los materiales orgánicos representan entre 3 y 5% del peso de un suelo orgánico típico. Las condiciones de acidez o PH del suelo son un factor determinante para el crecimiento de muchas especies vegetales.



2.1-EFECTOS HIDROLOGICOS DE LA VEGETACION

Intercepción de la lluvia: De acuerdo con Styczen y Morgan-1996, la lluvia se divide en dos partes, la lluvia que cae directamente sobre el suelo y la lluvia que es interceptada por el follaje de la vegetación.

Lluvia Interceptada = Lluvia x % área Follaje.

Según Gregory y Walling (1973), dependiendo de la intensidad de la lluvia y del cubrimiento y tipo de vegetación en un bosque tropical, puede interceptarse hasta un 60% del total de la lluvia anual. Parte de la lluvia interceptada es retenida y evaporada y parte alcanza finalmente, la tierra por goteo o por flujo sobre las hojas y troncos. Es importante determinar el tiempo entre la lluvia y el goteo para analizar el efecto hidrológico de cada tipo de vegetación.

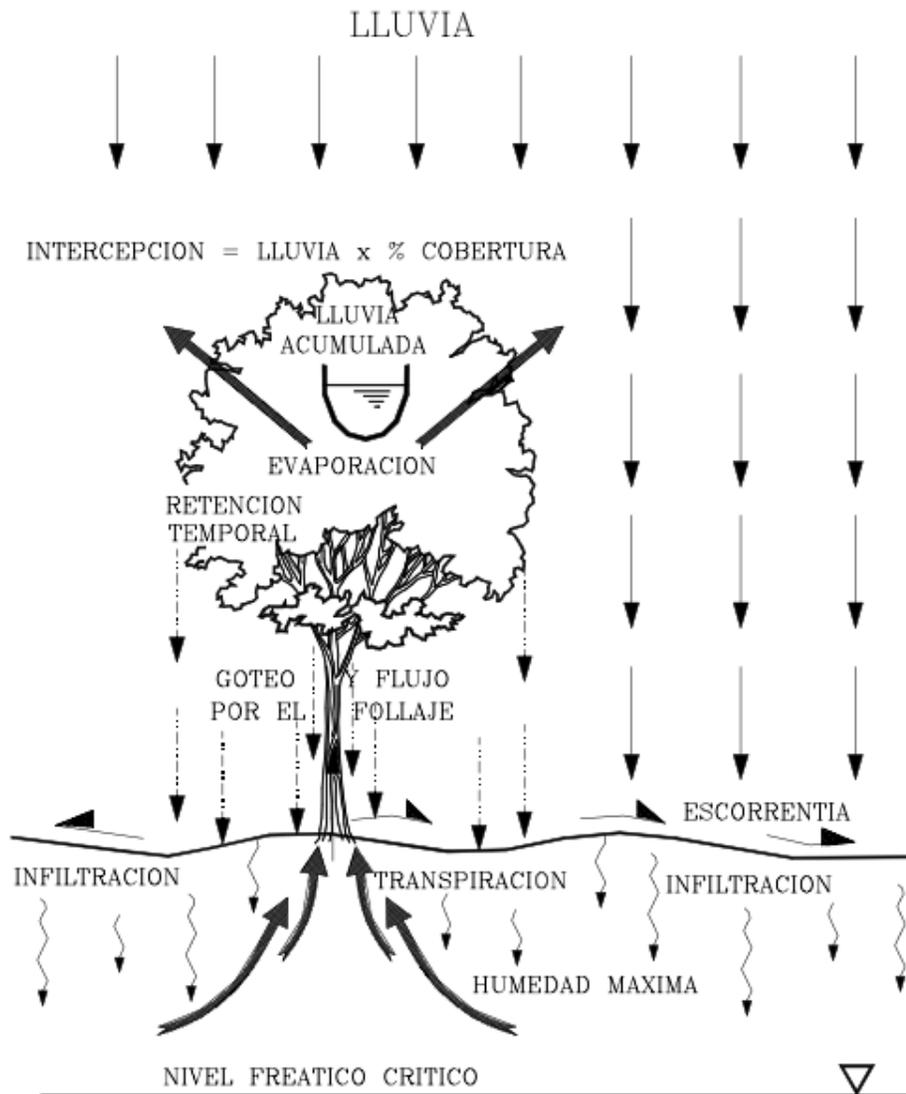
Retención de agua: La retención de agua en el follaje demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una lluvia. Este fenómeno reduce la acumulación de agua de escorrentía disminuyendo su poder erosivo. La retención de agua en el follaje depende del tipo de vegetación, sus características y la intensidad de la lluvia. Los árboles de mayor volumen o densidad de follaje, demoran más el ciclo hidrológico en razón de que retienen por mayor tiempo las gotas de lluvia.

En el caso de lluvias muy intensas la retención de agua es mínima, pero en el caso de lluvias moderadas a ligeras, la retención puede ser hasta de un 30%, dependiendo de las características de la vegetación. Rice y Krames (1970) sugirieron que el clima determina el efecto relativo de la vegetación para prevenir deslizamientos en los climas en los cuales la precipitación es muy grande, el efecto de la cobertura vegetal sobre la estabilidad es mínimo y en áreas de clima árido la cobertura vegetal puede afectar en forma significativa la ocurrencia de deslizamientos.

Acumulación de agua: Parte del agua retenida es acumulada en el follaje para luego ser evaporada. Algunas especies vegetales como el Maíz poseen espacios importantes para almacenamiento de agua. Existe experiencia con especies vegetales, la cual permite determinar el volumen total de agua acumulada, teniendo en cuenta la densidad de área total y el volumen del follaje.

Goteo o flujo por el follaje: El agua retenida no acumulada retorna a la tierra por goteo o flujo, por el follaje. La rapidez de flujo depende de la aspereza de las superficies de las hojas, tronco, los diámetros y ángulos de las hojas con la vertical.

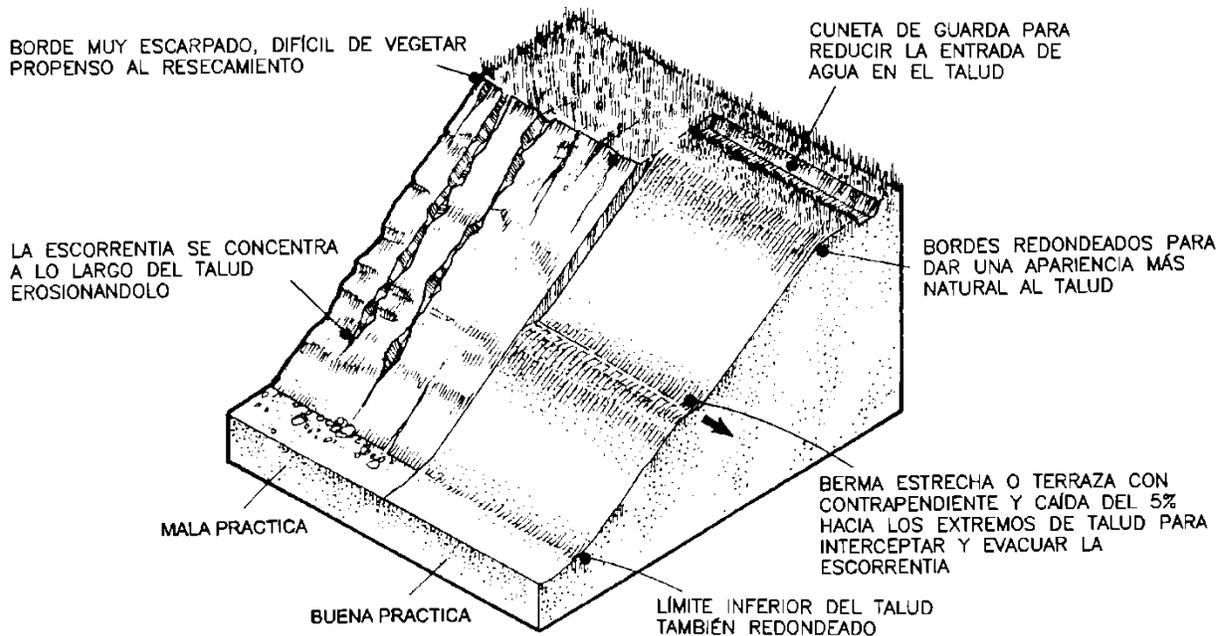




Las irregularidades de la superficie del talud provocadas por la erosión deben ser eliminadas para crear una superficie razonablemente lisa y perfilada. Las incisiones y hundimientos menos profundos pueden eliminarse mediante pases de grada, arado o niveladora transversales a la línea de máxima pendiente. Si el talud es accesible y su pendiente inferior a 1H: 3V, esta operación puede realizarse con maquinaria convencional. En caso contrario, hay que recurrir al empleo de máquinas especiales o convencionales modificadas.

El tratamiento de los arroyos y depresiones más profundas se realiza mediante su excavación y relleno, bien con materiales inertes, bien con tierras naturales y material vegetal vivo capaz de enraizar.





En taludes antiguos puede ser necesario, además, retirar los bolos de piedra sueltos que puedan existir, empujándolos desde la cabecera hacia la base para evitar el riesgo de que rueden pendiente abajo. Estos bolos pueden dejarse colocados en la base del talud formando un murete o un caballón de protección.

Cuando la longitud de la pendiente del talud es muy grande, su material muy erosionable o son frecuentes los episodios de lluvias torrenciales, el papel que juega la vegetación en la protección del talud frente a la erosión superficial está limitado, y deben tomarse medidas complementarias para prevenir la ocurrencia de procesos erosivos y minimizar la intensidad de sus efectos. Estas medidas básicamente consisten en actuar sobre el volumen de escorrentía, reduciendo la entrada de agua al interior del talud; y sobre la velocidad del agua de escorrentía, disminuyendo la longitud efectiva de la pendiente.

La entrada de agua en el talud puede reducirse mediante la construcción de una cuneta de guarda o bien de un dique de interceptación en la cabecera del talud. Estas estructuras recogen las aguas de escorrentía generadas en el entorno del talud, impidiendo que se introduzcan en él, y las conducen fuera de la estructura a través de una serie de bajantes situadas en los bordes externos del talud.

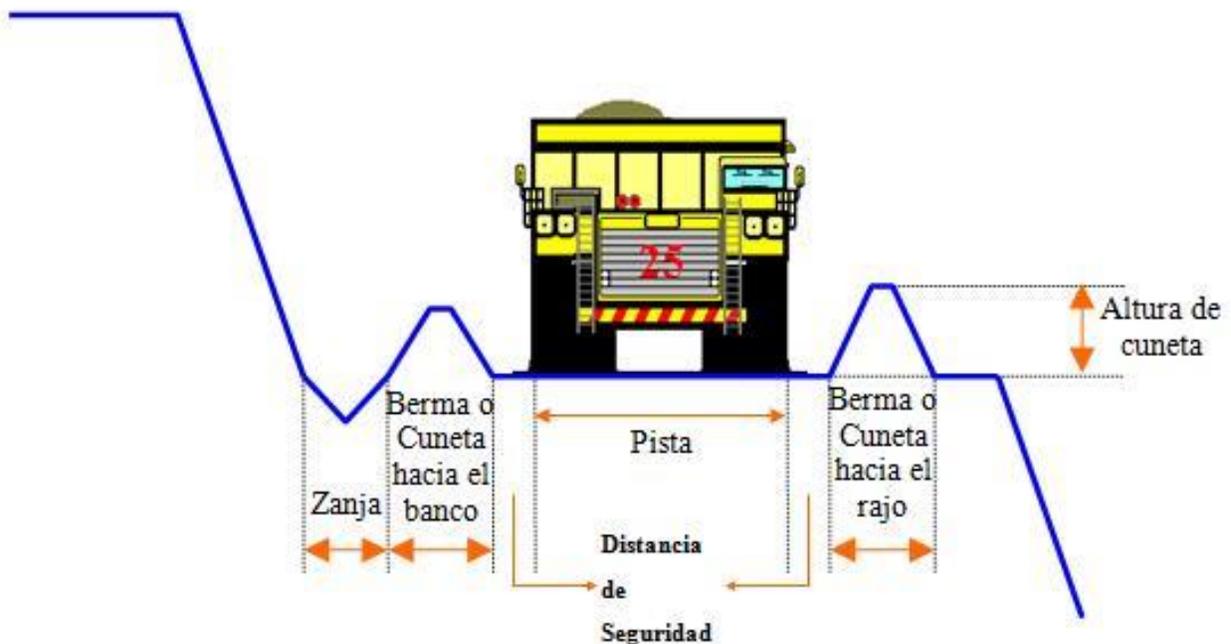
La longitud efectiva de la pendiente se puede reducir mediante la construcción de una serie de bermas o terrazas, transversales a la línea de máxima pendiente y con contrapendiente de entre el 0,5% y el 1%. Estas bermas deben tener una cuneta o zanja en su interior y una caída transversal a la línea de máxima pendiente para recoger y conducir las aguas de escorrentía interceptadas fuera



del talud. La evacuación de la escorrentía puede realizarse a través de una serie de bajantes o de drenes laterales situados en los bordes del talud. La anchura de este tipo de bermas puede ser muy variable. Desde pequeños escalones intermedios, hasta amplias terrazas por las que es posible el paso de la maquinaria encargada de realizar las labores de implantación de vegetación y de mantenimiento del talud. Aunque, en todo caso, su anchura no debe ser inferior a 1- 1,5 m.

Para reducir la velocidad del agua de escorrentía y con ello su capacidad erosiva, pueden construirse barreras de disipación, que son barreras transversales a la pendiente formadas con piedras, ramaje, balas de paja u otros materiales, dependiendo de si se pretende una estructura permanente o temporal. Este tipo de estructuras frena el paso del agua disipando su energía cinética, y reduciendo con ello su velocidad a un nivel no erosivo.

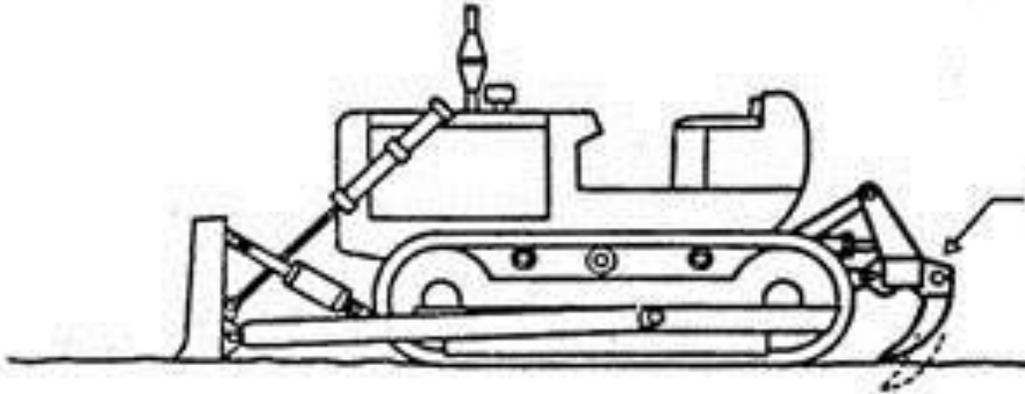
Las filtraciones de agua pueden ser causa de deslizamientos y otros procesos de inestabilidad y del desencadenamiento de procesos de erosión superficial. Las superficiales pueden controlarse construyendo zanjas de drenaje en las zonas críticas, como puede ser la cabecera del talud. Las filtraciones profundas pueden ser interceptadas y reconducidas con drenes horizontales o con la instalación de tuberías perforadas introducidas en el talud.



2.2- PREPARACION MECANICA DEL TERRENO

El descompactado crea caminos de drenaje e incrementa la velocidad de infiltración a través del suelo, reduciendo así el volumen de agua de escorrentía. También reduce la densidad del suelo, y con ello aumenta su capacidad de almacenamiento de agua y la profundidad potencial de enraizamiento. Se realiza empleando un ripper, un subsolador o un arado de vertedera, dependiendo de la profundidad de labor que interese, de si se busca el volteo y mezcla de los horizontes del sustrato o no.

Además del descompactado, suelen realizarse otra serie de labores, que genéricamente podrían incluirse en lo que se denomina preparación de la cama de siembra, y que están estrechamente relacionadas con lo que es propiamente la implantación de la vegetación. Su objetivo es crear unas condiciones adecuadas para que las labores de implantación puedan realizarse correctamente, y para asegurar niveles óptimos de germinación y arraigo de la vegetación. Este grupo de operaciones incluye compactación ligera mediante pases de rodillo, rastrillado profundo, nivelado, despedregado, mullido, gradeo y arado, entre otras. El método de preparación que debe aplicarse está determinado por la técnica de implantación que vaya a ser empleada, la accesibilidad y pendiente del talud, y el tipo de suelo y su contenido en humedad.



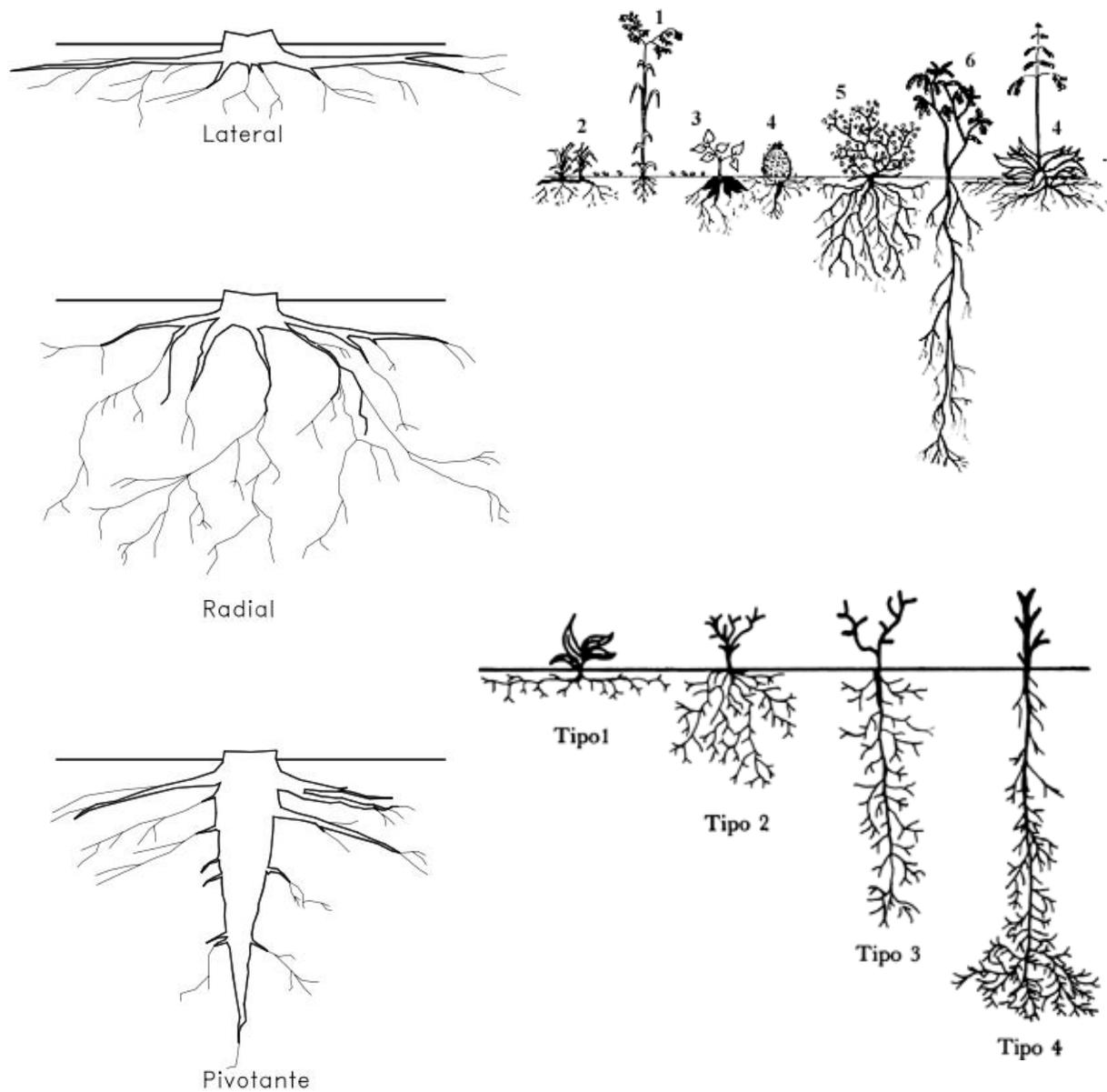
En taludes con pendiente inferior a 1V:3H es posible realizar las operaciones de preparación mecánica del terreno con maquinaria agrícola convencional, pero cuando el talud no tiene acceso directo o su pendiente es superior a 1V:2H es necesario recurrir a máquinas más potentes y a modelos especiales.

Normalmente, por razones de seguridad, es preferible que la maquinaria trabaje según la línea de máxima pendiente, pero esta forma de trabajar crea surcos longitudinales que pueden incrementar la erosión, por lo que en la preparación mecánica de la superficie de los taludes se aconseja que, siempre que sea posible, las labores se realicen transversalmente a la pendiente del terreno.



CARACTERÍSTICAS DE LAS RAICES: Las características de las raíces dependen de la especie vegetal, la edad, las propiedades del perfil de suelo y el medio ambiente.

La profundidad de las raíces generalmente, no supera los cinco metros en árboles grandes, dos metros en los arbustos y 30 centímetros en los pastos; Aunque se han reportado casos de raíces de árboles de más de 30 metros de profundidad. La extensión lateral del sistema radicular generalmente, es mayor que su profundidad y en algunos casos superan los 50 metros de longitud.



Mejoras al suelo vegetativo: Algunos de los problemas que se presentan con mayor frecuencia son la práctica ausencia de materia orgánica, la pobreza en elementos nutritivos, las estructuras poco desarrolladas o inestables y las texturas extremas, que derivan en una capacidad de retención de agua excesiva, con tendencia al encharcamiento, o bien insuficiente.

Técnicas de revegetación de taludes: Los casos más extremos se dan en los taludes en desmonte excavados en roca, donde no es que las características de suelo sean poco adecuadas para la vegetación o presenten ciertos problemas, sino que en ellos no existe suelo propiamente dicho.

Aporte y extendido de suelos: Para crear una capa superficial con características fisicoquímicas adecuadas y espesor suficientes para el arraigo y desarrollo de la vegetación. El conseguir tierra vegetal o suelos de calidad suficiente suele ser un problema, debido a su escasez y alto precio. Actualmente, existen en el mercado una serie de sustratos artificiales especialmente diseñados para el tratamiento de taludes. Están compuestos por una mezcla de productos orgánicos e inorgánicos (tierra vegetal, arena, mantillo de estiércol animal fermentado, turba, fibra de madera, paja de cereal molida, aditivos estabilizadores, cemento natural, estabilizador de suelos a base de polímeros, etc.).

Generalmente se proyectan con un equipo de hidrosiembra sobre la superficie de tratamiento, donde previamente se ha instalado una malla metálica, una manta vegetal u otro tipo de estructura de sujeción.

Enmiendas orgánicas: Se aplican para incrementar la fertilidad del sustrato y mejorar sus propiedades físicas (estructura, capacidad de retención de agua, aireación, etc.). Los nutrientes contenidos en la materia orgánica están en una forma química que permite su absorción lenta por las plantas, de manera que los niveles de fertilidad del sustrato se mantienen a largo plazo. El material más utilizado es el estiércol, aunque en la actualidad hay disponibles otros materiales que proporcionan mejores rendimientos y que muchas veces resultan más baratos como la composta de residuos sólidos urbanos o los lodos de depuradora.

Fertilización: Los fertilizantes químicos generalmente contienen nitrógeno, fósforo y potasio en distintas proporciones, más otros constituyentes, como el magnesio. Estos elementos están en una forma química que puede ser rápidamente asimilada por las plantas (fertilizantes de absorción rápida), o bien en formas de liberación lenta que aseguran el aporte prolongado y constante de nutrientes (liberación lenta).

Productos acondicionadores, estabilizantes y absorbentes: Estos productos mejoran la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. Hay varios tipos. Los alginatos son extractos naturales de algas que mejoran la estructura del suelo, incrementan su resistencia frente a la erosión y retienen la humedad del



suelo. Los polímeros sintéticos actúan como floculantes, creando una película o reticulado capilar que une las partículas de tierra por medio de una unión física y química, protegiendo la superficie del suelo de la desagregación. Se utilizan para estabilizar suelos en superficies muy pendientes y erosionables. Otro tipo de polímeros y copolímeros actúan como absorbentes. Retienen el agua a tensiones suficientemente altas para que no se produzcan pérdidas por evaporación, pero suficientemente bajas para que las raíces de las plantas puedan absorber sin dificultad el agua retenida. La capacidad absorbente de estos productos puede llegar a ser de más de 500 veces su peso. Los polisacáridos, naturales o sintéticos, mejoran las características de los suelos muy pesados.



En los últimos años se han desarrollado numerosas técnicas, productos y materiales que ayudan muy eficazmente a alcanzar buenos resultados en la revegetación.



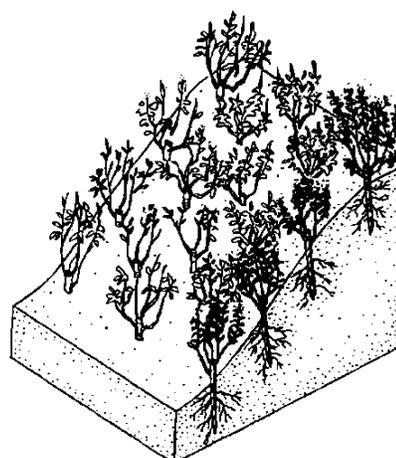
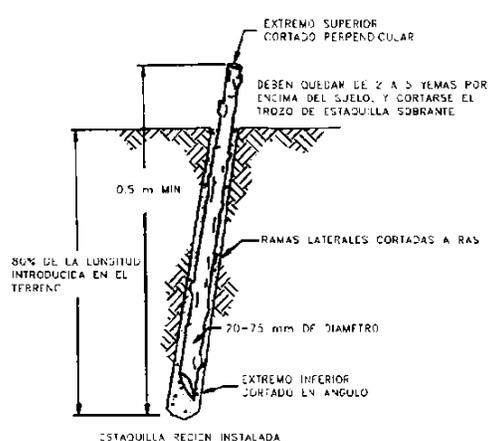
Los geosintéticos se utilizan generalmente para proteger la superficie del talud frente a la erosión y sujetar las capas superficiales del terreno. También favorecen y aceleran los procesos de arraigo y desarrollo de las plantas.

EFFECTOS PROPORCIONADO POR

TIPOS DE GEOSINTETICOS	CUBIERTA	TALLOS	RAICES	RESIDUOS ORGANICOS
REDES TEJIDAS CON FIBRAS NATURALES	**	**	X	*
MANTAS ORGANICAS BIDIMENSIONALES	**	*	X	**
REDES SINTETICAS TRIDIMENSIONALES	X	*	**	*
REDES CELULARES	X	X	*	X

2.3-ESTAQUILLADO

El estaquillado consiste en introducir en el suelo estaquillas de plantas leñosas, capaces de arraigar y desarrollar una planta adulta, de longitud y grosor suficiente para que puedan ser clavadas en el suelo como estacas. Cuando las estaquillas arraigan crean una matriz de raíces que estabilizan el suelo por refuerzo y cohesión de sus partículas, y reducen el exceso de humedad. Generalmente se utilizan estaquillas de sauce (Salix sp.) o chopo (Populus sp.). Este tipo de plantas enraízan rápidamente y comienzan a drenar el talud al poco tiempo de ser instaladas, y además son capaces de desarrollarse en sustratos carentes totalmente de suelo.



ZONA PLANTADA DESPUES DE UNA ESTACION DE CRECIMIENTO



Aplicaciones y efectividad: Esta técnica está especialmente recomendada para reparar pequeños deslizamientos y asentamientos originados por un exceso de humedad en el suelo, en sitios en los que las condiciones de inestabilidad no sean graves. Su aplicación es muy sencilla y es muy adecuada cuando se dispone de poco tiempo para ejecutar las obras de estabilización y es necesario además utilizar un método barato.

El estaquillado puede utilizarse también para fijar a la superficie del talud materiales de control de la erosión, como redes y mantas orgánicas, geotextiles, etc., en combinación con otras técnicas de bioingeniería, como por ejemplo las fajinas, y para revegetar estructuras porosas de retención (gaviones, escolleras, sistemas de confinamiento celular, muros de bloques de hormigón, etc.).

Cuando las estaquillas han desarrollado plantas adultas, la cubierta vegetal resultante mejora las características del suelo y crea condiciones adecuadas para que el espacio tratado pueda ser colonizado por otras especies procedentes del entorno natural del talud.

Materiales y ejecución: Las estaquillas deben provenir de ejemplares de más de dos años de edad, vigorosos y sin enfermedades. Los más adecuados son aquellos de entre 2 y 5 años, que tengan la corteza fina y sin muchas estrías. Su tamaño oscila entre 20 y 75 mm de diámetro y 0,5 - 1 m de longitud. Si se van a insertar en el interior de gaviones o escolleras su diámetro debe ser mayor para que sean suficientemente resistentes y no se quiebren al ser introducidas.

En el caso de que el talud a tratar tenga un nivel freático estable, es conveniente utilizar estaquillas con longitud suficiente para que lleguen hasta el nivel de estiaje de dicho freático. Al preparar las estaquillas deben eliminarse las ramas laterales y dejar la corteza intacta. El extremo inferior se corta en ángulo, para facilitar su inserción en el suelo, y el superior plano. Es conveniente sumergirlas en agua durante 24 horas e instalarlas el mismo día en que se concluya su preparación.

Se clavan en el suelo en ángulo recto con un golpe seco de martillo, siempre disponiéndolas con las yemas de crecimiento hacia arriba. Para facilitar esta labor puede abrirse un hoyo con un plantamón o una barra de hierro. Las cuatro quintas partes de la estaquilla deben quedar enterradas y el suelo firmemente compactado a su alrededor. Se disponen al tresbolillo con una separación de entre 0,3 y 1 m. La densidad de plantación recomendada es de 3 - 5 estaquillas/m.

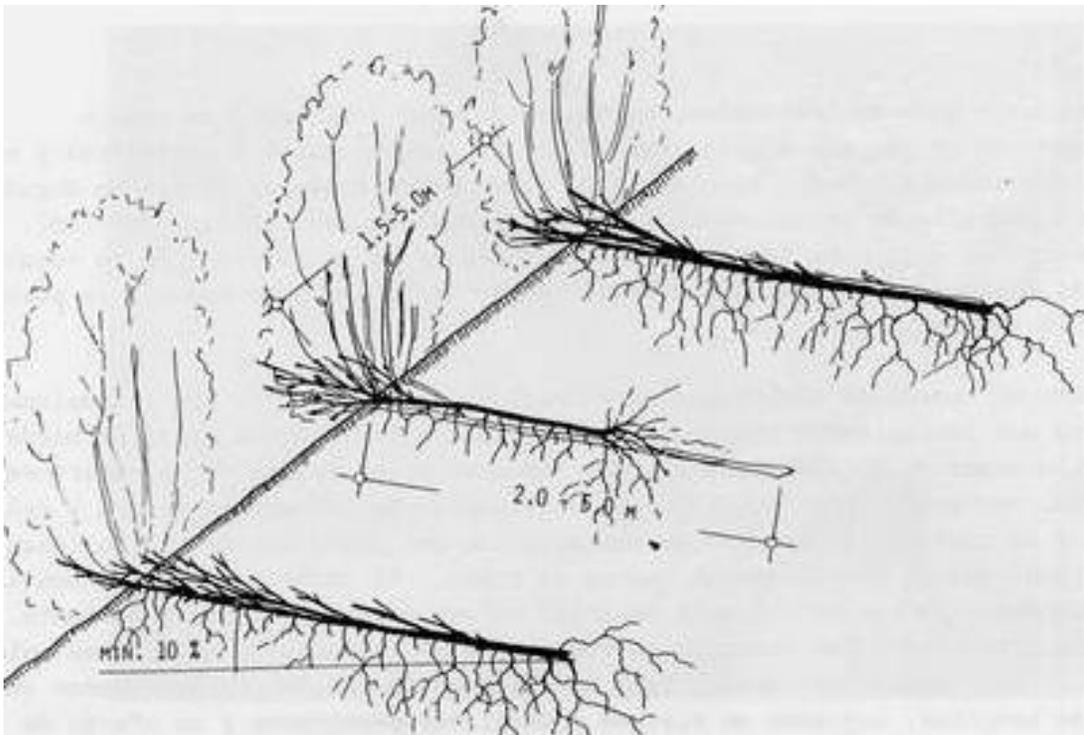


2.4-FAJINAS

Son manojos de ramas y tallos atados en forma de huso que se colocan en el fondo de zanjas poco profundas, excavadas transversalmente siguiendo el contorno del talud, recubriéndolas después parcialmente de tierra. Para evitar que se muevan pueden fijarse con estacas de madera o con estaquillas de la misma especie empleada en la construcción de las fajinas.

Si el talud no presenta problemas de exceso de agua, las zanjas donde se instalan las fajinas se excavan en ángulo recto con la línea de máxima pendiente. Si hay problemas derivados de un exceso de humedad, es conveniente darles una ligera pendiente hacia los laterales del talud para evacuar el exceso de agua.

Las fajinas constituyen una técnica de estabilización muy efectiva que protege los taludes frente a deslizamientos superficiales (0,25 - 0,75 m de profundidad) y que permite escalonar o banquear la pendiente de los taludes cuando la excavación es difícil. La matriz de raíces que se desarrolla a partir de las fajinas proporciona efectos de contención y retención de las capas superficiales del suelo, evita la formación de cárcavas y barrancos y protege el talud frente a la erosión superficial, ya que se reduce la longitud efectiva de la pendiente al quedar ésta dividida en tramos más cortos por las sucesivas fajinas. En las terrazas que se forman entre filas sucesivas de fajinas quedan, además, retenidas las partículas que arrastra la escorrentía superficial, con lo que se reducen así las necesidades de conservación de las cunetas.



Para construir las fajinas se utilizan ramas y tallos de plantas leñosas con alta capacidad de enraizamiento. Las ramas deben ser largas, rectas y flexibles y estar provistas de yemas de crecimiento activas. Los sauces (*Salix* sp) son los que mejor resultado dan, pero también pueden utilizarse algunas especies del género *Cornus*, abedules (*Betula* sp), alisos (*Alnus* sp) y chopos (*Populus* sp). Al elegir el material vegetal conviene tener en cuenta que los sauces jóvenes, menores de 1 año, desarrollan las yemas de crecimiento con mucha facilidad, los ejemplares adultos tienen mayores reservas vegetativas y los de mayor edad son más resistentes. Conviene, por tanto, mezclar material de todas las edades, procurando que la mayoría corresponda a ejemplares de entre 1 y 4 años.

Para construir la fajina se emplean ramas de entre 1 y 9 m de longitud, entre 15 y 30 mm de diámetro. Las ramas se agrupan para formar un haz y se atan cada 30 - 50 cm con bramante o cuerda fina hecha con fibras vegetales. Las dimensiones recomendadas para la fajina completa son de 15 a 30 cm de diámetro y de 2 a 10 m de longitud, aunque estas dimensiones pueden variar dependiendo de las condiciones particulares de la zona de actuación. Las yemas apicales de crecimiento deben quedar orientadas en la misma dirección y los extremos de las ramas y tallos uniformemente distribuidos a lo largo de la fajina. Para anclar las fajinas pueden utilizarse estaquillas o estacas de madera maciza. Las estaquillas deben tener unos 0,5 m de longitud como mínimo si el talud es en desmonte, y 0,75 m si está construido en terraplén. Las estacas de madera maciza deben tener entre 0,6 y 1 m de longitud. Su madera debe estar sana y todas las estacas que se rompan o se astillen durante la instalación deben ser desechadas.

2.5-ESCALONES DE MATORRAL

Esta técnica consiste en situar ramas de especies leñosas con capacidad para enraizar en pequeñas zanjas o entre capas sucesivas de tierra a lo largo de la pendiente de los taludes, de manera que formen una especie de terrazas o escalones. Esta técnica difiere de las fajinas en la orientación de las ramas y la profundidad a la que éstas se sitúan. En los escalones de matorral las ramas se orientan más o menos perpendicularmente al perfil del talud y se introducen hasta dos metros dentro de él, mientras que las fajinas se sitúan paralelas al perfil del talud y se entierran muy someramente.

La orientación perpendicular es más efectiva desde el punto de vista del refuerzo del suelo y la estabilidad del talud frente a movimientos de masas. Las ramas actúan como elementos de tensión que refuerzan el talud y las porciones de las ramas que sobresalen sobre la superficie actúan frenando la escorrentía y disipando su potencial erosivo.



Aplicaciones y efectividad: Esta técnica proporciona de forma inmediata varios efectos positivos en cuanto al control de la erosión, el refuerzo del suelo y la estabilidad de los taludes frente a movimientos en masa. La pendiente del talud queda dividida en una serie de escalones separados por las filas de matorral, lo que disminuye la longitud efectiva de la pendiente y con ello la capacidad erosiva de la escorrentía.

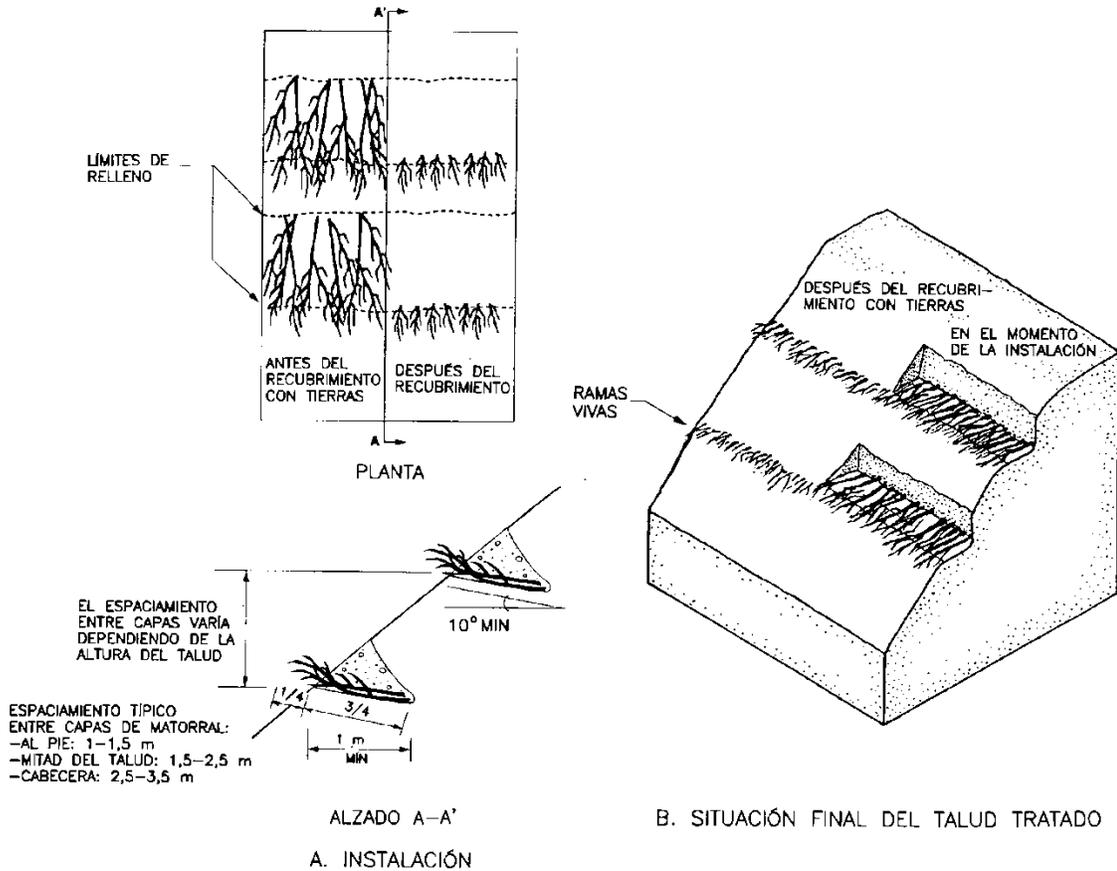
Las ramas introducidas en el talud refuerzan el suelo ya antes de que se desarrollen las raíces, e incrementan de forma significativa su resistencia al deslizamiento y a los movimientos rotacionales. La vegetación desarrollada a partir de las ramas retiene los sedimentos y mejora las condiciones de infiltración en los suelos secos, y drena los suelos excesivamente húmedos. Mejoran las condiciones microclimáticas y facilitan el desarrollo de la vegetación y la regeneración natural. Los escalones de matorral redireccionan y mitigan los efectos del drenaje interno del talud al actuar como drenajes horizontales.

Materiales e instalación: Se utilizan ramas de sauce (*Salix sp*), aliso (*Alnus sp*) o chopo (*Populus sp*) de 20 - 50 mm de diámetro y longitud suficiente para que lleguen al final de la zanja (1 - 2,5 m). Los laterales de las ramas deben permanecer intactos. La excavación de las zanjas se inicia al pie del talud y se va avanzando hacia la cabecera, de forma que el material excavado en cada zanja superior sirva para el relleno de la que está situada inmediatamente por debajo. Las zanjas deben tener contrapendiente de entre 10 y 20° hacia el talud. Su anchura suele ser de entre 0,5 y 1 m. Si existen problemas de drenaje debe dárseles una ligera pendiente hacia el borde del talud, de forma que las aguas que las zanjas recojan puedan circular y no queden retenidas.

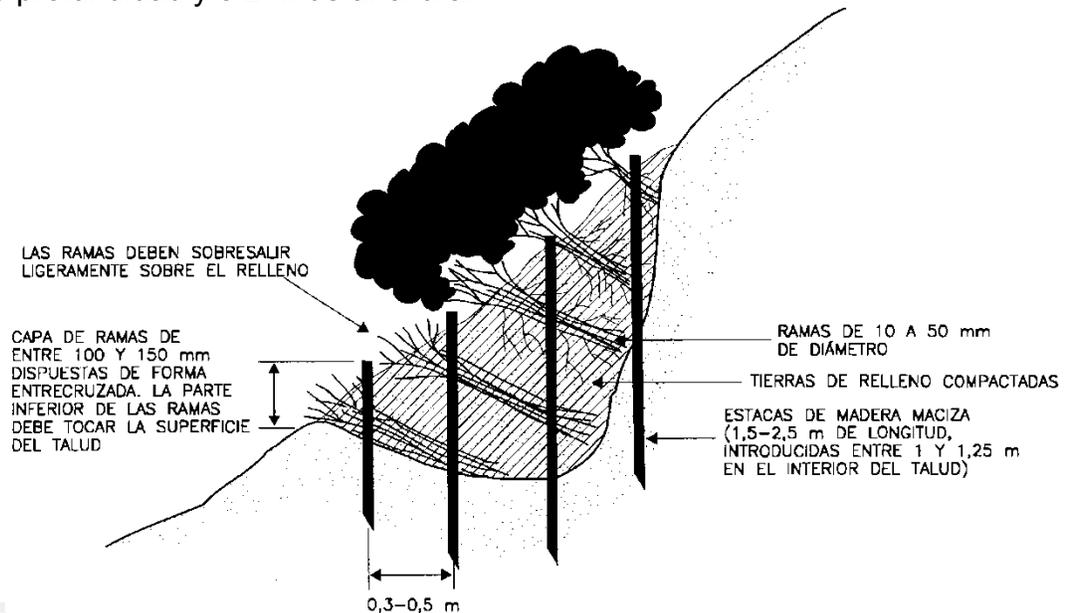
Las ramas se introducen en la zanja perpendicularmente a la superficie del talud, con las yemas de crecimiento hacia afuera, y de manera que sobresalgan al menos 15 - 30 cm fuera de la zanja (1/4 de su longitud total). Las ramas se colocan de forma entrecruzada para formar una especie de estera de entre 75 y 200 mm de espesor.

Una vez que las ramas han sido colocadas en el interior de las zanjas, se cubren con tierra. Este relleno debe compactarse para eliminar las bolsas de aire. Las yemas de crecimiento deben quedar situadas ligeramente por fuera del relleno. Cuando se concluye la instalación de un escalón de matorral, se procede a la instalación del siguiente por arriba. La distancia entre zanjas sucesivas varía dependiendo de la pendiente del talud y de sus condiciones previas de estabilidad. Una distancia media recomendada es entre 1 y 2,5 m. Es conveniente tratar la superficie de talud comprendida entre zanjas adyacentes para protegerla frente a la erosión. Si el talud entre las filas de zanjas consecutivas tiene una pendiente de 3H:1V o inferior es suficiente con sembrar el espacio y extender una capa de mulch de fibra larga. Si la pendiente es superior a este valor, en lugar de mulch, es conveniente utilizar una red o una manta orgánica.





PAQUETE DE MATORRAL: Es una técnica que se utiliza para reparar las depresiones ocasionadas por pequeños deslizamientos. Consiste en rellenar la depresión que se quiere reparar con capas alternas de ramas de matorral y tierras de relleno compactadas. Sólo puede utilizarse en áreas de deslizamiento menores de 1 m de profundidad y/o 2 m de anchura.



Aplicaciones y efectividad: Esta técnica es efectiva para el refuerzo y la estabilidad frente a movimientos en masa en taludes de pequeño tamaño. Las ramas actúan como tirantes que refuerzan el suelo, tras ser instaladas. Cuando comienzan a crecer y desarrollan follaje, frenan la escorrentía y disipan su energía erosiva, y las raíces enlazan el material de relleno y lo anclan al sustrato de suelo natural, formando una masa unificada.

Materiales e instalación: Los materiales que se emplean son ramas con capacidad de enraizamiento de 10 a 50 mm de diámetro y longitud suficiente para que alcancen el fondo de la depresión que se está reparando y sobresalgan ligeramente por su borde superior. También se usan estacas de madera maciza de 1,5 a 2,5 m de largo y 75 a 100 mm de diámetro. También la longitud de las estacas varía dependiendo de la profundidad del deslizamiento que se está reparando.

La instalación comienza por el punto más bajo de la zona a reparar, hincando las estacas de madera verticalmente a una profundidad de entre 1 y 1,25 m, distanciadas entre 15 y 30 cm. Se sitúa una capa de ramas de entre 10 y 15 cm de espesor en el fondo del deslizamiento, entre las estacas verticales, perpendicularmente a la cara del talud. Las ramas deben entrelazarse y disponerse con los extremos de las yemas de crecimiento orientadas hacia la superficie del talud. Algunas de ellas deben tocar el fondo del deslizamiento.

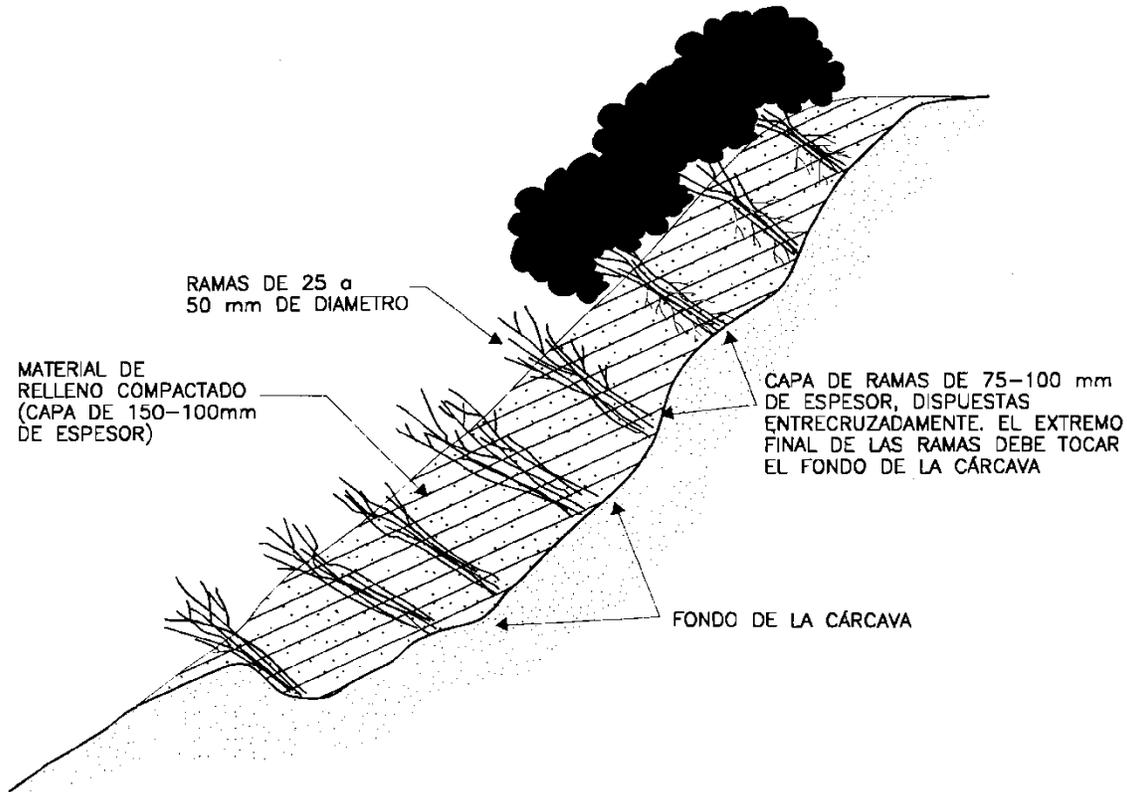
Las siguientes capas de ramas se colocan con el extremo final más bajo que el extremo que tiene las yemas de crecimiento. Cada capa de ramas se cubre con otra de tierra compactada para asegurar un íntimo contacto con el suelo. Una vez concluida la instalación, el perfil final del relleno de ramas y tierra debe enrasar con la superficie del talud y las ramas sólo deben sobresalir ligeramente sobre las de tierra.

Reparación de cárcavas con material vivo: Es una técnica muy parecida a la de los paquetes de matorral, pero más adecuada para reparar depresiones ocasionadas por erosión superficial, como regueros profundos y cárcavas. Consiste en rellenar el reguero o la cárcava que se pretende reparar con capas alternas de ramas y tierras compactadas. Las ramas proporcionan un efecto inmediato de refuerzo del suelo tras su instalación, disminuyen la velocidad de circulación del agua de escorrentía y actúan como una barrera-filtro que retiene el material arrastrado.

Instalación: Se utilizan ramas de 10 - 50 mm de diámetro, lo suficientemente largas para tocar el terreno no alterado en el fondo del reguero o de la cárcava y sobresalir ligeramente fuera del perfil de la pendiente reconstruida. La instalación se comienza por el punto más bajo de la zona de actuación colocando las ramas perpendicularmente a la pendiente, de manera que formen capas de 70 a 100 mm de espesor.



Las ramas deben entrecruzarse, orientando los extremos con las yemas de crecimiento hacia la cara del talud y con el extremo basal situado más bajo que el de crecimiento. Cada conjunto de ramas se cubre con una capa de tierras de 150 - 200 mm de espesor que posteriormente se compacta.



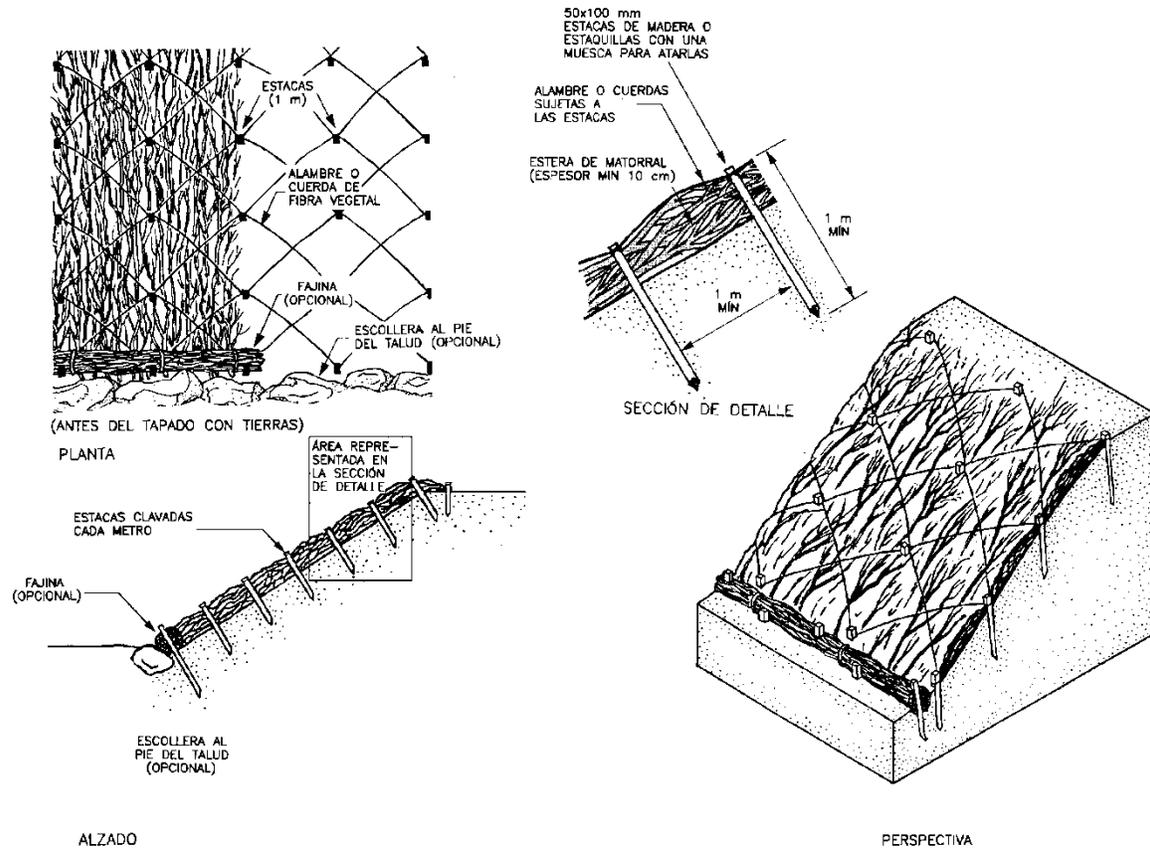
Esteras de matorral: Consiste en recubrir la superficie del talud con una capa gruesa de ramas atadas y entrelazadas de manera que formen una especie de colchón o estera, o simplemente extendidas sobre el terreno y ancladas a él por medio de estacas de madera o estaquillas y alambre. Esta técnica está especialmente indicada para el tratamiento de las orillas de ríos y arroyos, donde la pendiente no sobrepasa 3H:1V o 4H:1V

Aplicaciones y efectividad: Las esteras protegen el talud de forma inmediata frente a la acción de la corriente y desarrollan en una o dos estaciones una espesa franja de vegetación arbustiva. Por otro lado, crean una superficie de fricción que reduce la velocidad de la corriente en la franja de contacto con el talud, y con ello su energía erosiva. Las ramas retienen los sedimentos y materiales que arrastra la corriente y crean un colchón protector que aísla la superficie de la orilla de la acción directa del agua y la protege del golpeo de las olas.



Materiales e instalación: Se utilizan ramas de sauce, aliso u otras especies de carácter ribereño que enraícen con facilidad y estén adaptadas a condiciones de encharcamiento periódico. Para el anclaje de las ramas se utilizan estaquillas de la misma especie, estacas de madera maciza o clavos metálicos y alambre galvanizado de doble torsión.

La zona donde se va a instalar la estera de matorral debe ser despedregada, limpiada de ramas y otros elementos para lograr una superficie más o menos uniforme que permita un buen contacto entre las ramas y el suelo. A continuación, se excava una zanja de 20 - 30 cm de profundidad justo por debajo del nivel mínimo estacional de la lámina de agua. Las ramas se sitúan dentro de la zanja con el extremo inferior orientado hacia la cara del talud y perpendicularmente al perfil de la orilla. La capa de ramas dispuesta sobre el talud deberá tener un espesor tal que cuando sea comprimida por los alambres de sujeción y anclaje su grosor sea de al menos 10 cm. El extremo inferior de las ramas se sujeta con troncos, piedra de escollera o fajinas.



Posteriormente, se clavan una serie de estaquillas o estacas de madera maciza (5 - 10 cm de diámetro) atravesando la capa de ramas, y se ata a ellas alambre galvanizado de 3 mm de grosor, de manera que se forme una red romboidal por encima de las ramas. Este alambre debe quedar bien tensado para que sujete firmemente la capa de ramas.

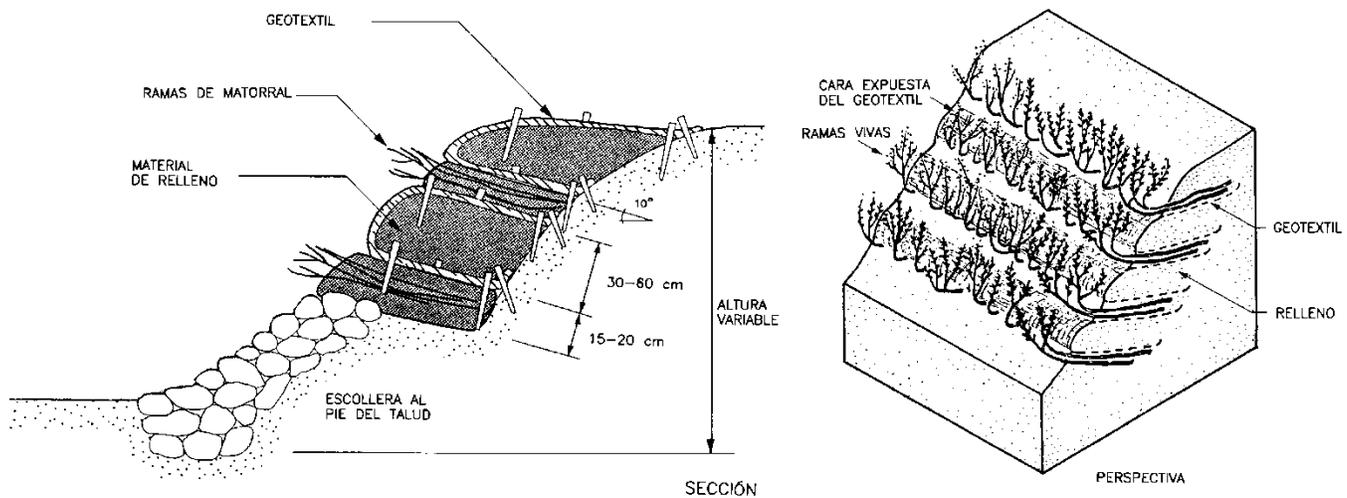
Las estacas o estaquillas deben ser de longitud suficiente para atravesar la capa de ramas, introducirse firmemente en el talud y sobresalir por encima de ella. Una vez instalada y sujeta convenientemente, la capa de ramas se recubre parcialmente con una capa de tierra de entre 3 y 5 cm de espesor.

Estructuras de tierra reforzada: Es una técnica muy similar a la de los escalones de matorral. La diferencia entre ambas estriba en que en las estructuras de tierra reforzada se alternan capas de tierras y ramas de poco espesor con capas mucho más gruesas de tierras de relleno que van envueltas en un geotextil. Las sucesivas capas de tierras de relleno reforzadas por la envoltura de geotextil forman una estructura que, en un primer momento, actúa como un muro de contención, sujetando el talud. Cuando las ramas arraigan, emiten raíces en toda su longitud, las cuales se introducen entre la cubierta de geotextil y el material de relleno, formando con ellas una masa coherente y sólida, y penetran dentro del talud anclando firmemente toda la estructura.

Aplicaciones y eficacia: Esta técnica es una alternativa a los muros de contención convencionales que permite estabilizar taludes de gran pendiente. Las capas de matorral actúan como drenajes horizontales que evacúan el exceso de humedad de los taludes mejorando sus condiciones de estabilidad. Se puede utilizar también para proteger taludes expuestos a socavación periódica o a fuerzas de tracción, como sucede en las orillas de canales y cursos naturales de agua.

Materiales y preparación: Las tierras de relleno se envuelven con geotextiles o geomallas sintéticas cuyas características dependen del esfuerzo cortante que tengan que resistir hasta que la vegetación se desarrolle y asuma las funciones de estabilización. Para definir el perfil de relleno en las capas sucesivas de tierra reforzada y acomodarlo al contorno natural del talud, se utilizan guías formadas por una serie de ángulos metálicos que sujetan tablas o listones de madera, colocados de tal manera que señalan la altura máxima y el perfil transversal de relleno para cada piso de la estructura. Es conveniente disponer de tablas de distintas longitudes y que, en general, éstas sean cortas (0,5 - 2,5 m) para poder seguir con más exactitud el perfil del talud. Como material vegetal se utilizan ramas de sauce (*Salix* sp.), aliso (*Alnus* sp.) o *Cornus* sp., de entre 10 y 50 mm de diámetro. La longitud de las ramas varía dependiendo de la profundidad que vaya a tener la estructura. En cualquier caso, las ramas deben ser lo suficientemente largas para contactar con la base del talud y sobresalir sobre las capas de tierra de relleno.





Muros vivos : Son muros huecos con forma de cajón, contruidos con madera, que se rellenan con tierra y en cuya cara frontal se introducen varas y ramas de especies leñosas, las cuales enraízan dentro de la estructura y en el talud. En un primer momento, la estructura de madera rellena de tierras sujeta el talud, actuando como un muro de contención. Pero una vez que se ha producido el enraizamiento y las plantas se han desarrollado suficientemente, la vegetación gradualmente va tomando posesión de las funciones estructurales que realizaban hasta ese momento los elementos de madera con los que está contruido el muro, hasta que llegan a ser el principal elemento de estabilización.

La estructura de madera puede contruirse de manera que forme una especie de muro o cajón vertical paralelo a la superficie del talud, o en forma de escalera, situando la base de la estructura más o menos alejada del pie del talud y acercando progresivamente los siguientes pisos a él.

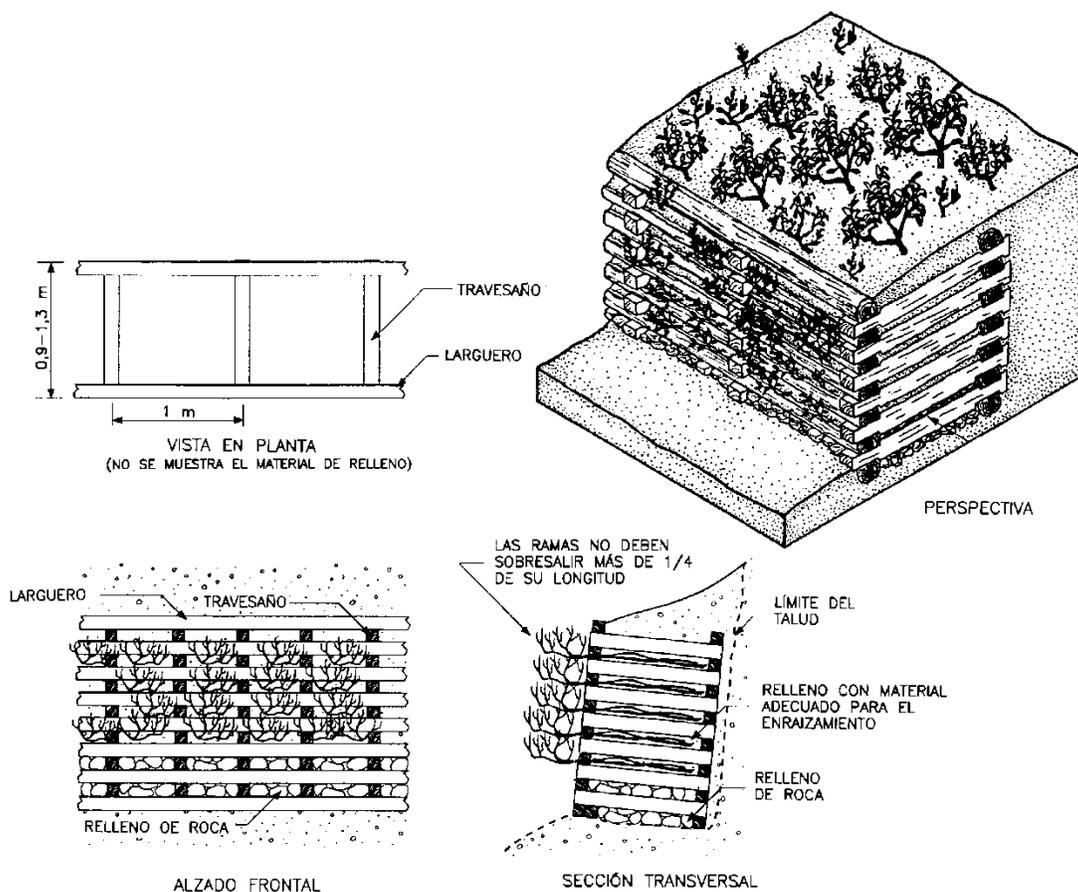
Aplicación y eficacia: Esta técnica es apropiada para el tratamiento de taludes para cuya estabilización es necesario contruir un muro bajo de contención y en los que es importante, además, cuidar los aspectos paisajísticos y de integración visual. Proporciona inmediata protección contra la erosión y, cuando la vegetación se desarrolla, estabilidad a largo plazo, aunque no resiste la acción de fuerzas laterales intensas.

Materiales e instalación: La estructura se contruye con troncos, rollizos o tablones de madera sin tratar de entre 100 y 250 mm de diámetro. La longitud de estos elementos varía dependiendo del tamaño que se quiera dar a la estructura. Como material vegetal se utiliza ramas o varas de especies leñosas, generalmente sauces, de entre 10 y 50 mm de diámetro y lo suficientemente largas para alcanzar el fondo de la estructura.



La instalación se comienza por la base del talud. Para que la estructura quede bien asegurada es conveniente sanear previamente el talud, excavando su superficie hasta sobrepasar el plano de deslizamiento y retirar todo el material suelto. Opcionalmente puede recubrirse el fondo de la excavación con una capa de piedra de escollera para mejorar sus cualidades de asiento. Se recubra o no, el fondo de la excavación donde se apoyará la estructura debe tener una contrapendiente de entre 10 y 15°. Se colocan los primeros largueros en el fondo de la excavación, paralelos a la superficie del talud y separados entre sí de 1 a 2 m aproximadamente. Sobre ellos y en ángulo recto (perpendicularmente a la pendiente) se colocan los travesaños de forma que sus extremos sobresalgan entre 75 y 150 mm en los puntos de apoyo. La separación entre travesaños es de 1 m aproximadamente.

Cada piso de la estructura se construye de la misma forma, clavando cada larguero y travesaño al que está situado por debajo. Según va concluyéndose la construcción de cada piso se procede a su relleno con tierras, cuidando de dejar una contrapendiente de 10 a 15°, y se coloca sobre la capa superior del relleno una capa de ramas. Los dos o tres primeros pisos de la estructura pueden rellenarse con grava o escollera para mejorar sus condiciones de drenaje.

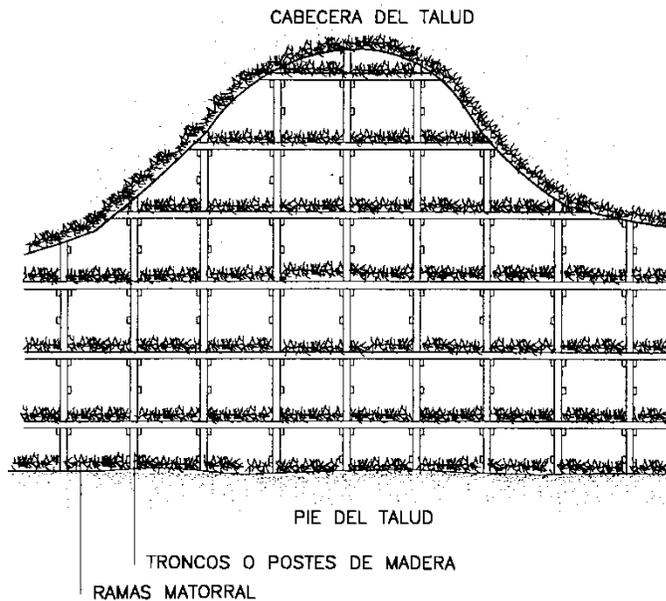
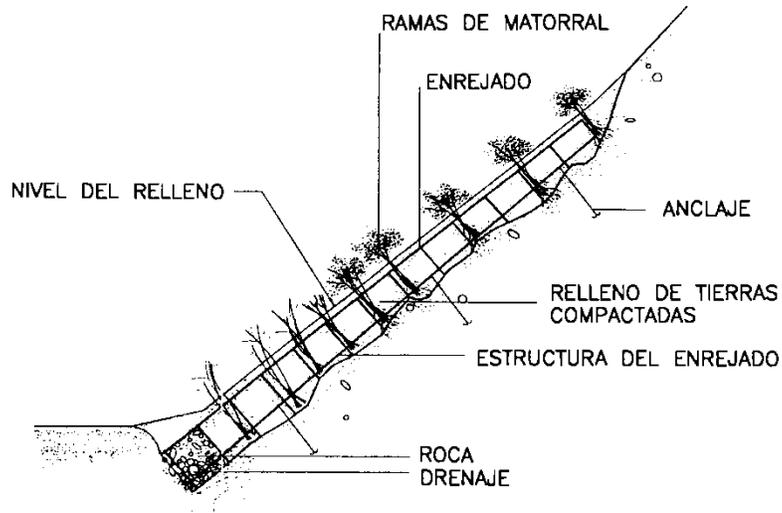




Las ramas deben situarse perpendicularmente a la cara del talud y con las yemas de crecimiento sobresaliendo unos 250 mm de la cara frontal de la estructura. Las ramas se cubren con tierra ligeramente compactada para asegurar un buen contacto. Es conveniente que algunas de las ramas alcancen la superficie del talud.



Enrejados vivos :Es una estructura tridimensional en enrejado construida con madera, que se ancla a la superficie del talud y se rellena con tierras. En los vanos que deja esta estructura, alternando con las capas de relleno, se instalan capas de ramas de matorral, con una disposición similar a la de los escalones de matorral.



El principal propósito del enrejado de madera es sujetar el suelo aportado y facilitar el establecimiento de la vegetación. Sus funciones en cuanto a elemento estructural de estabilización. Son prácticamente nulas. Es la vegetación la que cumple estas funciones, una vez se desarrolla a partir de las ramas que se insertan en los huecos del enrejado.



Eficacia y aplicaciones: Esta técnica permite revegetar taludes de gran pendiente (por encima de 45°) sin necesidad de tener que remodelarlos. La instalación del enrejado es sencilla y requiere muy pocos trabajos previos de limpieza y excavación en el talud y poco volumen de suelo para rellenar la estructura.

Materiales e instalación: El enrejado se construye con troncos o rollizos de 100 - 150 mm de espesor y tablones de madera sin tratar. Como material vegetal se utilizan ramas de entre 10 y 50 mm de diámetro y longitud suficiente para alcanzar el fondo del talud y extenderse más allá de la cara frontal del enrejado.

Antes de comenzar la instalación del enrejado, se excava una zanja al pie del talud de 0,75 a 1m de profundidad, dando al fondo de la zanja una contrapendiente de 10 a 15° como mínimo, para que la estructura de madera quede lo más pegada posible a la superficie del talud.

El enrejado debe tener más profundidad en la base que en la parte superior para que, una vez relleno, resulte estable. Sus dimensiones estándar son de 0,6 a 1 m de profundidad en la base y 0,45 a 0,60 m en la cabecera.

En el fondo de la zanja y lo más cerca posible de la superficie del talud, se colocan una serie de troncos (150 mm de diámetro) o de tablones (150 x 150 mm) paralelos al talud en todo el largo de la zanja. Después se van colocando, verticalmente sobre ellos y apoyados contra el talud, largos postes separados entre sí de 1 a 1,5 m, hasta cubrir toda la superficie de la zona de actuación. Una vez colocados, los postes verticales se aseguran con clavos a los elementos horizontales del fondo de la zanja sobre los que están situados y se clavan al talud. En ambas caras de los postes verticales, formando ángulo recto con ellos, se clavan unos travesaños, con una separación de 1 m.

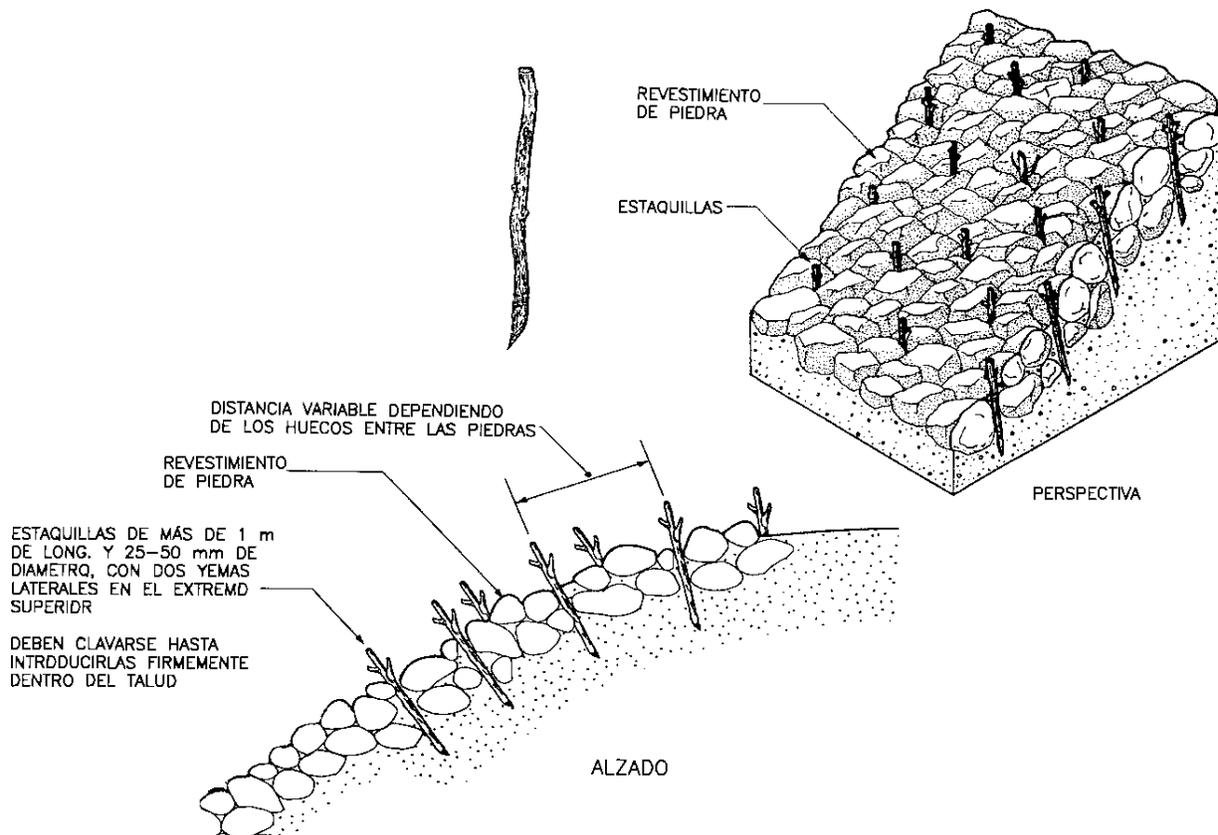
Estos travesaños sirven para reforzar la estructura, compartimentarla en celdas y crear la profundidad necesaria para albergar el relleno de tierras. Una vez construida la estructura, o a medida que se va construyendo, se rellena con tierras y se colocan las capas de ramas. Los compartimentos situados en la base de dicha estructura pueden rellenarse con roca para mejorar las condiciones de drenaje.

Las ramas se colocan en el fondo y/o en el centro de cada compartimento, en dos capas paralelas separadas por una capa de tierras de relleno de 25 a 100 mm de espesor, orientándolas perpendicularmente al talud, de manera que formen filas transversales en todo el ancho de la estructura. En la parte baja del enrejado, hasta 1,5 m de la base, la separación entre filas de ramas no debe ser superior a 0,5 m. Por encima de esta altura la distancia entre filas puede ser mayor (1 - 1,5 m).



Estaquillado de revestimientos porosos de piedra: Esta técnica consiste en introducir estaquillas de matorral a través de las juntas y huecos que dejan las piedras que recubren el talud, hasta clavarlas firmemente en el mismo. El estaquillado puede realizarse una vez concluido el revestimiento del talud o de forma simultánea con su ejecución.

Las raíces de las plantas desarrolladas a partir de la estaquillas drenan el exceso de agua del talud y crean una densa matriz en el suelo sobre el que se asienta el revestimiento rocoso, que refuerza el efecto de protección superficial de éste y evita el arrastre de finos por debajo y entre las piedras que lo forman. Se utilizan estaquillas de especies arbustivas de 10 a 40 mm de diámetro y longitud suficiente para atravesar el recubrimiento, quedar firmemente clavadas en el suelo y sobresalir por encima de aquel. Las estaquillas se introducen entre los huecos que dejan las rocas y se clavan en el talud con un golpe seco de martillo. Deben quedar situadas en ángulo recto con la superficie del talud y sobresalir ligeramente sobre el revestimiento. Conviene distribuir las aleatoriamente por la superficie de tratamiento, con una densidad de 2 a 5 estaquillas por m.



2.6 MUROS GAVIONES

El término gavión tiene su origen en la palabra latina gabbia, que traducida al español significa jaula. Esta técnica milenaria ya era utilizada antes de Cristo por los egipcios y chinos en defensas pluviales en los ríos Nilo y Amarillo. En el siglo XVI, los ingenieros utilizaban en Europa unas cestas de mimbre rellenas de tierra denominadas por sus inventores italianos gabbioni, para fortificar los emplazamientos militares y reforzar las orillas de los ríos.

La técnica del gavión consiste en reemplazar grandes bloques de piedra, que son de difícil transporte y manipuleo, por varios armazones metálicos unidos entre si y rellenos con piedras de pequeñas dimensiones, formando estructuras monolíticas homogéneas. La tela metálica resiste mucho la tensión, una estructura de gaviones soporta un grado de tensión que comprometería mucho a una estructura de hormigón o mampostería simples. El armazón de tela metálica no es un mero recipiente para el relleno de piedras, sino un refuerzo de toda la estructura. Un gavión bien hecho puede tolerar años de castigo.

Características: Las estructuras de gaviones presentan muchas características interesantes, algunas de ellas exclusivas, entre las más importantes destacan: flexibilidad, permeabilidad, capacidad de soportar esfuerzos a tracción, integración ambiental, versatilidad, bajo costo, fácil puesta en obra, durabilidad y adaptación a las nuevas situaciones de trabajo.

Las obras en gaviones pueden por su flexibilidad absorber asentamientos sin perder su eficiencia, permaneciendo estructuralmente seguras. Como estructuras deformables, todo cambio en su forma por hundimiento de su base o por presión interna es una característica funcional y no un defecto, al contrario de las estructuras rígidas o semirrígidas que pueden ser destruidas aún por pequeños movimientos o socavaciones del terreno en apoyo. Esta flexibilidad les permite, además, que no pierdan el contacto con el fondo cuando éste se va socavando, pues el gavión se va deformando paulatinamente hasta tocar de nuevo el fondo, esta deformación puede llegar a acusarse incluso un séptimo de la longitud del gavión en la parte alta de éste, pero, este lugar es de fácil reparación. Dicha reparación consistiría en colocar nuevos gaviones hasta llegar a la misma cota que teníamos anteriormente.

Los gaviones son altamente permeables y actúan como drenes permitiendo el escurrimiento de las aguas de filtración, eliminando de este modo los efectos de la presión hidrostática. La malla metálica posee elevada resistencia mecánica a tracción y la doble torsión impide que esta se desarme ante el cortado de un alambre, asegurando que en cada cruce se tenga un punto fijo acotando, de este modo, las deformaciones posibles.



Así pues, también las estructuras de gaviones poseen una elevada resistencia debido al gran peso de la obra, la fricción entre las piedras y la resistencia a la compresión de éstas, además los gaviones se sujetan entre sí, lo que produce como resultado una resistencia mayor del conjunto que de la suma de los gaviones por separado. Los gaviones se integran armónicamente en el paisaje, permitiendo el desarrollo de vegetación sin que esto traiga inconvenientes. Por la naturaleza de los materiales que se emplean en los gaviones, estos permiten su construcción de manera manual o mecanizada en cualquier condición climática, ya sea en presencia de agua o en lugares de difícil acceso. Su construcción es rápida y entra en funcionamiento inmediatamente después de construido, del mismo modo, permite su ejecución por etapas y una rápida reparación si se produjera algún tipo de falla.

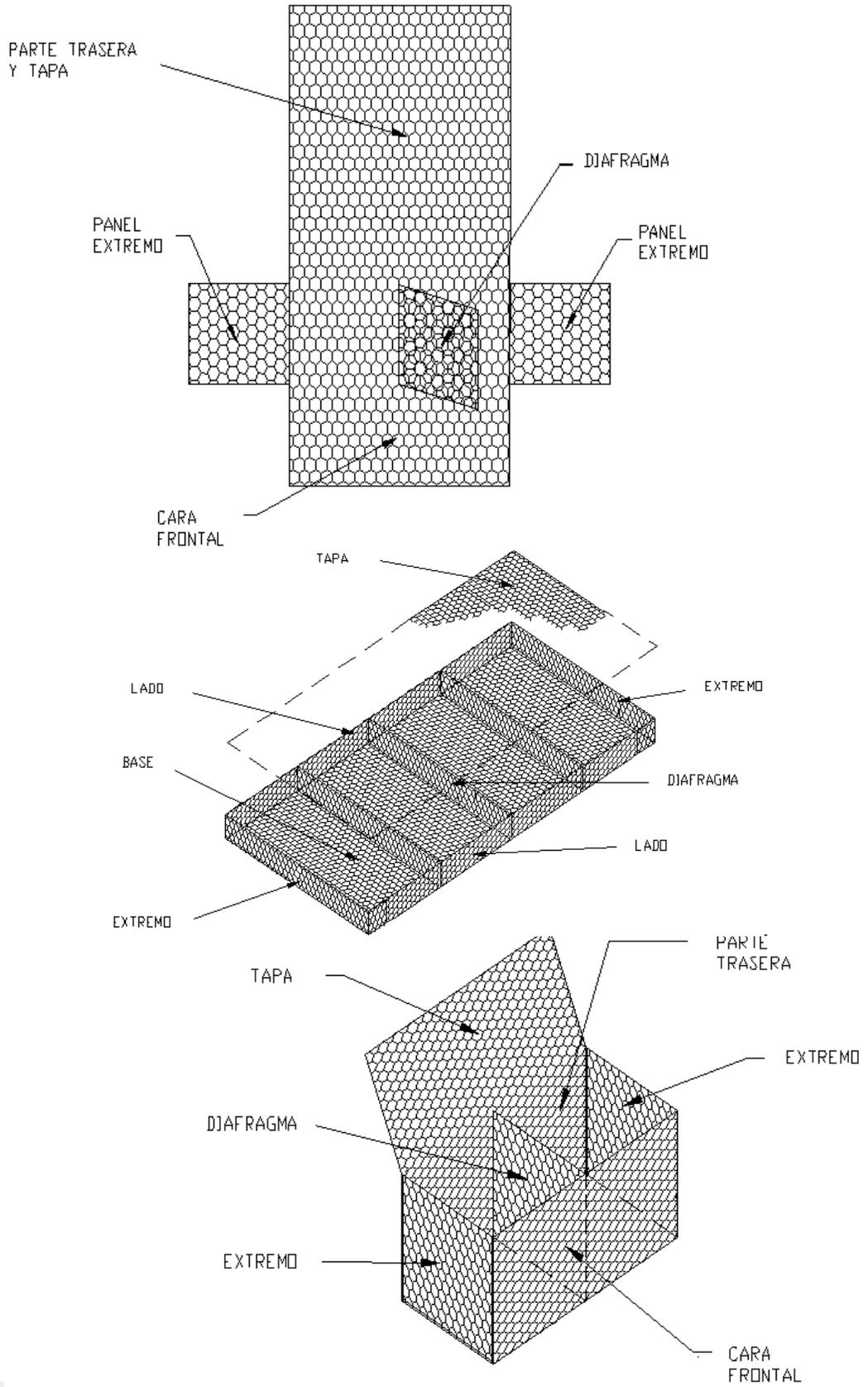
Las estructuras de gaviones son muy económicas ya que sólo a la malla y a la mano de obra puede atribuírsele un precio, ya que las piedras que se utilizan en su construcción abundan, además su puesta en obra es extremadamente sencilla, económica y no requiere mano de obra especializada.

Materiales constituyentes: Los gaviones constan de dos partes claramente diferenciadas: la malla y el relleno. La malla está formada por acero galvanizado con zinc, ya que, al ser el zinc más oxidable que el hierro y generar un óxido estable protege al hierro de la oxidación producida por el oxígeno del aire, éste galvanizado consta de tres capas que utilizaran 270 gramos de zinc. En casos de condiciones particularmente agresivas para el zinc se dispone de alambres fuertemente galvanizados que además están revestidos en PVC, los casos donde se produciría una mayor oxidación de la malla son cuando la malla se encuentra alternativamente sumergida y al aire. El calibre del alambre varía entre los 2 mm y los 3 mm y la apertura de malla varía entre los 7 cm y los 12 cm. Como puede deducirse, a mayor diámetro del alambre mayor resistencia tendrá la estructura y a mayor apertura de la malla menor resistencia tendrá la obra, esto ocurre porque el alambre es el que le da la resistencia a tracción y a corte a la estructura, y por tanto, a mayor cantidad de éste, mayores resistencias. Las piedras para el relleno deben tener un elevado peso específico (2300-2500kg/m³), no ser friables, poseer un tamaño mínimo superior a la mayor medida de la malla y un máximo que se encuentre en el orden del doble mínimo. A ser posible se utilizaran piedras que se encuentren en la zona de la obra con tal de no encarecer el coste de la obra. El relleno de gavión que ha de formar la base, conviene que se haga con piedras pequeñas a fin de facilitar la flexión del conjunto en caso de socavaciones.

Clasificación: Los gaviones están sujetos a dos tipos distintos de clasificación, la primera en base al tipo de su malla y la segunda en base a su forma.

Según su tipo de malla: Si nos fijamos en su malla vemos que existen dos tipos de gaviones, los de malla hexagonal (tejidos) y los de malla ortogonal (electrosoldados).





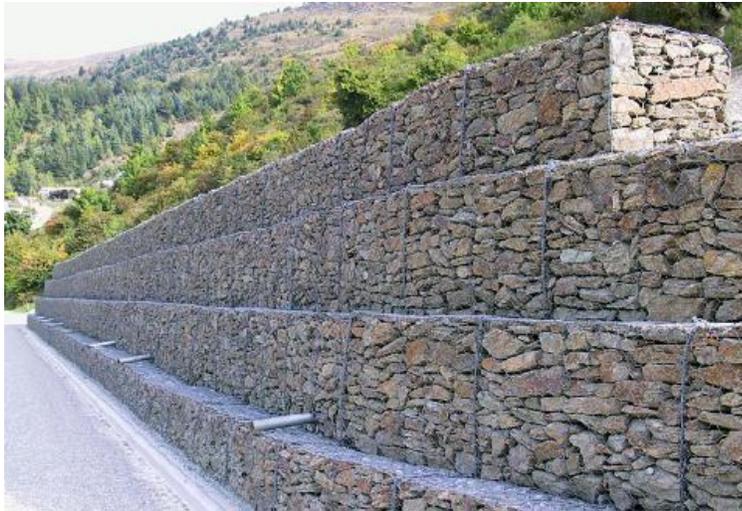
En los gaviones tejidos: La malla está constituida por una red tejida de forma hexagonal obtenida al entrecruzar dos hilos de alambre por tres medios giros. No se recomienda utilizar gaviones con aberturas de malla mayores a 8 cm x 10 cm porque una abertura de malla mayor reduciría el área de acero de los gaviones y en consecuencia el debilitamiento de la estructura. La tolerancia en las dimensiones de la abertura de la malla será de $\pm 10\%$.

Los gaviones electrosoldados: Son estructuras formadas por alambres con galvanización pesada eléctricamente soldados. Las mallas están constituidas por alambres eléctricamente soldados, formando cocadas ortogonales, cuyo módulo puede ser de 75 mm x 75 mm y de 100 mm x 100 mm Los diámetros de los alambres usados en la fabricación de los gaviones electrosoldados dependerán de las condiciones estructurales a las cuales estará sometida la estructura.

Según su forma: Otra clasificación de los gaviones viene dada por la forma en si del gavión, pudiendo encontrarnos con gaviones tipo caja, tipo colchón o reno, por último, tipo saco o cilíndrico. Todos estos gaviones se pueden aplicar en cualquier obra de protección, dependiendo cada uno, de las características que se necesiten trabajar. Gaviones tipo caja: Parecidos a los gaviones caja pero más achatados tenemos los gaviones reno o colchón, que se utilizan como revestimiento flexible por su permeabilidad, flexibilidad y economía. Los revestimientos de gaviones reno se apoyan directamente sobre el terreno que tendrán que proteger, es necesario, por lo tanto, que el terreno sea suficientemente estable y su inclinación adecuada para prevenir el deslizamiento de la obra. En los taludes suelen ir colocados en sentido transversal al curso del agua, es decir, en la dirección de la máxima inclinación de las orillas, aunque es más conveniente colocarlos longitudinalmente sobre toda la sección del curso de agua cuando esta presenta una gran velocidad. Por la menor dimensión de la piedra utilizada en los colchones reno, la velocidad del agua que afecta significativamente al material del fondo es menor, por lo tanto, aumenta la protección utilizando este sistema.

Por último encontramos los gaviones saco están formados por un solo paño de malla que en sus bordes libres presenta un alambre grueso, dicho alambre pasa alternativamente por las mallas para permitir el montaje en obra del gavión. Con este paño se forma un cilindro. Este tipo de gavión es extremadamente versátil pues, al tener esta forma, puede ser relleno en cualquier lugar de la obra y luego ser colocado con auxilio de equipo mecánico o por obreros en el lugar adecuado, como por ejemplo el fondo de un río, donde sería imposible realizar su relleno, en este caso los gaviones serían rellenos en el margen del río y después se les haría rodar por el talud hasta alcanzar el fondo del río quedando paralelos a la corriente.







El gavión saco: Es por tanto una herramienta fundamental en obras de emergencia, en lugares de difícil acceso y en obras sumergidas o apoyadas en suelos con baja capacidad portante. En aquellos lugares sumergidos o con fondos irregulares los gaviones saco rellenan los huecos hasta formar una base horizontal necesaria donde asentaran los gaviones caja. Los gaviones caja se colocaran en dirección perpendicular a la de los gaviones saco.

Proceso constructivo: En la obra los gaviones son montados de forma individual por medio de costuras continuas con alambres de las mismas características de la red de los gaviones. Las costuras son muy simples, pero es necesario que sean realizadas con cuidado para garantizar el perfecto funcionamiento de la estructura. Las mismas costuras son utilizadas a lo largo de las aristas en contacto, para la unión de los diferentes módulos, sea lado a lado o sea sobrepuesto. En el primer caso, el amarre es más simple si es realizado antes del llenado, en el segundo, con los gaviones superiores vacíos. El contacto entre los paños de la red garantiza que, una vez llenados los gaviones, se produzca el roce en toda la superficie de la malla. De esta manera la estructura se comporta de forma monolítica manteniéndose constante la fricción interna de las piedras.

El proceso de construcción de un gavión tipo caja o reno paso a paso podría ser este:

- 1.- Desempacar y desplegar cada uno de los gaviones.
- 2.-Utilizando los alambres de refuerzo de las aristas, unirlos para formar el paralelepípedo, así como para fijar los diafragmas o separadores interiores, cuidando que el diafragma quede en la misma escuadra de la malla en que está colocado.
- 3.-Se procede a coser las aristas, para esto utilizamos alambre galvanizado. La forma de coser es haciendo un hilván sencillo, y a cada 10 o 15 cm hacer uno doble, con una vuelta ahorcando el alambre. Para unir los diafragmas al cuerpo de la malla se usa un amarre sencillo, solamente fijando el diafragma al cuerpo del gavión.
- 4.-Una vez tenemos el gavión armado en vacío, procedemos a colocarlo en su sitio, se recomienda hacer tendidos de los gaviones que se calculen llenar en ese mismo día, en este momento se unen todos entre si, primero con puntos de amarre y posteriormente se efectúa un cosido igual al de las aristas, esto es muy importante, ya que de esta manera tendremos la unión requerida para hacer una obra monolítica.



5.-Procedemos al llenado del gavión. La piedra debe ir acomodada de tal forma que se evite al máximo el número de huecos, para dar el mayor peso específico posible a la obra en cuestión. Se recomienda respetar la capacidad del gavión, ya que una de las fallas habituales consiste en sobrellenar los gaviones, motivando la malformación de los mismos y además utilizando material de relleno de más.

6.-En gaviones de un metro de sección es aconsejable utilizar tensores que se hacen con el mismo alambre que el del cosido. Se colocan dos tensores por metro lineal, pasando el alambre de una cara del gavión a la opuesta, cuidando que el tensor pase, por lo menos, por dos escuadrillas de la malla. Se utilizan dos capas de tensores, una a un tercio del llenado y la otra a dos tercios.

7.-Para cerrar las tapas se auxilia con una barra de línea para hacer palanca y que la tapa llegue a la cara del gavión, se hacen puntos de amarre cada 30 cm, aproximadamente y en seguida se cose a todo lo largo del gavión.

8.-Los siguientes niveles de gavión se unen al anterior cosiéndose con el alambre que se utiliza en los pasos anteriores.

Usos y aplicaciones: Uno de los usos más importantes de los gaviones son los muros de contención, los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados. Las estructuras de contención de gaviones combinan eficazmente las funciones de sostenimiento y de drenaje.

En este tipo de obra, las excavaciones para cimentaciones son innecesarias siendo suficiente en general la regularización del terreno.

Otro uso importante es la conservación de suelos. La erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja.

Además en control de ríos, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavión controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones. Además de los cauces fluviales se utiliza en protecciones de obras transversales tales como espigones y diques, en obras de derivación pueden ser utilizadas en pequeñas presas para irrigación o abastecimiento y consumo industrial, así como en obras auxiliares como revestimiento de vertederos, protección de obras de toma, etc.

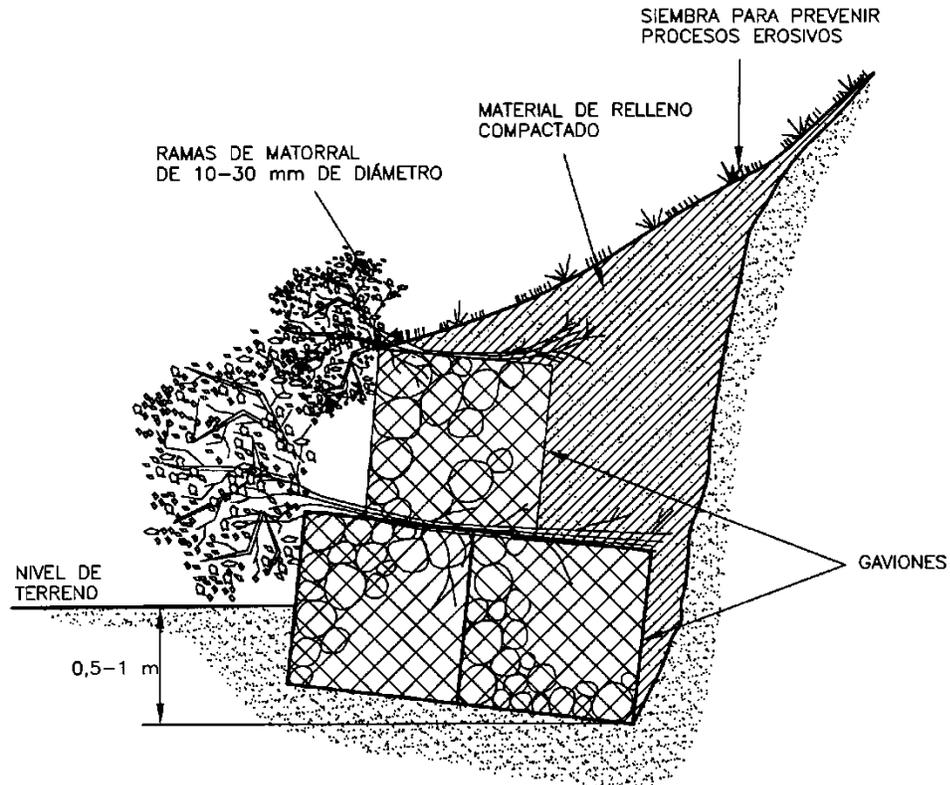




Gavión Saco



Muros de gaviones con vegetación: Para revegetar los muros construidos con gaviones, se colocan capas de ramas de matorral entre los sucesivos gaviones que componen el muro. Opcionalmente, pueden introducirse algunas ramas dentro de los propios gaviones. Las raíces que desarrollan las ramas se introducen entre el relleno de los gaviones y alcanzan el talud arraigando en él y consolidando así la estructura. La vegetación, por tanto, refuerza la estructura del muro de gaviones y la hace más resistente, al tiempo que le da una apariencia más natural, aunque es el muro de gaviones quien estabiliza el talud. Es una técnica adecuada cuando es necesario cuidar estéticamente el acabado de las obras.



Los gaviones se construyen de la forma convencional. Para su revegetación se utilizan ramas de 10 a 25 mm de diámetro y longitud suficiente para que lleguen, atravesando los gaviones, hasta el talud y sobresalgan de la cara frontal del muro.

Al finalizar la colocación de cada piso de gaviones, se sitúa sobre ellos una capa de ramas, orientadas perpendicularmente al talud. Las ramas se cubren con una capa de tierras de relleno de buena calidad, y el conjunto se compacta ligeramente para conseguir un buen contacto. Sobre la capa de tierra y ramas se instala el siguiente piso de gaviones y se repite la secuencia de construcción hasta alcanzar la altura de muro deseada.



Tratamiento vegetal de muros de contención y de otro tipo de revestimientos : Las técnicas de revegetación de las aberturas frontales de muros de contención convencionales y de las estructuras de confinamiento celular, son similares. Básicamente consisten en rellenar estas estructuras con tierras de calidad adecuada e introducir entre el relleno estaquillas, ramas u otro tipo de material vegetal con capacidad de enraizamiento.

En los muros de contención la función de la vegetación se limita a mejorar la apariencia estética de la estructura y protegerla de la acción de los elementos. En las estructuras de confinamiento celular, por el contrario, la vegetación es el elemento principal de estabilización. Los elementos inertes únicamente sirven para contener las tierras aportadas y evitar que se muevan pendiente abajo.

La revegetación de muros de contención y revestimientos no porosos, es decir, en los que no quedan huecos libres entre los elementos que componen la estructura, se realiza rellenando con tierras el espacio que queda entre estas estructuras y la superficie del talud, y sembrando y/o plantando la superficie de relleno. En los muros escalonados, la vegetación se introduce en las bermas, también previo relleno con tierras de calidad adecuada, por métodos convencionales de plantación y siembra.

DIMENSIONES DE ARMADO EN MURO GAVION

Longitud en metros	Ancho en metros	Altura en metros	Volumen en metros cúbicos
1.5	1.00	1.00	1.5
2.00	1.00	1.00	2.00
3.00	1.00	1.00	3.00
4.00	1.00	1.00	4.00
1.5	1.00	0.50	0.75
2.00	1.00	0.50	1.00
3.00	1.00	0.5	1.5
4.00	1.00	0.5	2.00



Longitud en metros	Ancho en metros	Altura en metros	Volumen en metros cúbicos
4.00	2.00	0.17	1.36
5.00	2.00	0.17	0.17
6.00	2.00	0.17	0.17
4.00	2.00	0.23	1.84
5.00	2.00	0.23	2.3
6.00	2.00	0.23	2.76
4.00	2.00	0.30	2.40
5.00	2.00	0.30	3.00

2.7-MALLAS TRIDIMENSIONALES

Las mallas tridimensionales están fabricadas con fibras de polietileno de alta densidad, fibra de nylon u otros materiales no fotodegradables, tejidas en una o más capas. Una vez instaladas sobre el talud se rellenan de tierra y se siembran. Las raíces de las plantas se introducen por los huecos del tejido (el volumen de huecos proporcionado es superior al 90 %) entrelazándose con las fibras del geosintético, de manera que se forma una capa compacta y muy resistente que liga estrechamente el estrato vegetal con la superficie del talud, y que proporciona una protección anti-erosiva permanente y muy eficaz.

Existen en el mercado mallas que llevan incorporado grava y betún o alquitrán, césped natural pre-cultivado, o tierra vegetal y semillas de especies de crecimiento rápido, para acelerar el proceso de arraigo de la vegetación. Su utilización está especialmente indicada en zonas donde la erosión es muy severa o las condiciones de suelo son especialmente desfavorables para la vegetación. Las redes y mantas orgánicas están fabricadas con materiales naturales, generalmente de origen vegetal (paja de cereal, yute, fibra de coco), aunque también se utilizan materiales de desecho, como papel usado o residuos forestales. Son biodegradables, por lo que sólo deben ser usadas cuando es suficiente un control temporal de la erosión, hasta que la vegetación haya arraigado. Se instalan sobre la superficie del talud, cubriendo con ellas el suelo y las semillas.





Las mantas actúan como un colchón amortiguador de la energía cinética de las gotas de lluvia, evitando la erosión por golpeteo, mas lenta la evaporación y evitan el desecamiento del suelo y de las semillas. En las redes, las fibras con las que están tejidas actúan como pequeños diques que evitan que las semillas y el suelo sean arrastrados. Tanto unas como otras añaden materia orgánica al suelo al descomponerse.

Existen en el mercado productos modificados que llevan incorporados sustrato, con o sin semillas, estabilizantes del suelo y absorbentes.

Las georredes: Mantas volumétricas y redes de confinamiento celular están especialmente indicadas para el tratamiento de taludes de gran pendiente en los que es necesario aportar suelo. Este tipo de geosintéticos, una vez instalados sobre el talud, forman una serie de estructuras de contención, celdas o alvéolos, que quedan rellenas con el sustrato aportado e impiden que éste se deslice pendiente abajo. Pueden ser sintéticas, fabricadas con fibras de nylon tejidas, tiras de poliéster o láminas de polietileno de alta densidad, o naturales, fabricadas con fibras vegetales tejidas.



Los aglutinantes y adherentes: Son productos que se proyectan en solución acuosa sobre la superficie del talud. Una vez se seca esta solución, forma una película o costra protectora que impide la desagregación de las partículas del suelo. Entre otros productos, se utilizan como pegantes, emulsiones bituminosas, plásticos líquidos, emulsiones naturales derivadas de productos lignocelulósicos y emulsiones de aceite de butadieno.

Protegen el talud frente a la erosión, pero no mejoran sus condiciones microclimáticas, ni favorecen por sí solas los procesos de revegetación. Su acción es temporal y el efecto protector desaparece a corto plazo. Por otro lado, disminuyen la tasa de infiltración, por lo que no deben ser utilizados en situaciones en las que se prevé la generación de grandes volúmenes de escorrentía, ya que pueden provocar un efecto contrario al buscado, e incrementar la intensidad de los procesos erosivos. El tipo de producto a utilizar debe ser seleccionado cuidadosamente, considerando su capacidad de penetración en el suelo, su grado de toxicidad para las plantas y la resistencia que opondrá la película protectora

Se define como mulch: Toda cubierta orgánica o inorgánica, que tiene un efecto protector, aunque en la práctica sólo se utiliza este término para hacer referencia a materiales orgánicos desmenuzados. Se suelen utilizar residuos agrícolas (paja de cebada o trigo, etc.), forestales (serrín, astillas, corteza, pasta triturada de papel, etc.), fibras naturales, etc. Generalmente se proyectan junto con productos pegantes para asegurar que queden fijados al talud.

Se utilizan fundamentalmente como protección frente a la erosión hídrica y eólica, aunque también mejoran el microclima de la superficie del terreno y lo hacen más favorable para las plantas y evitan que las semillas sean arrastradas pendiente abajo.

Técnicas de bioingeniería: Bioingeniería del suelo y estabilización biotécnica son términos que hacen referencia al conjunto de técnicas de tratamiento de taludes en las que se utiliza la vegetación como elemento principal de estabilización y control de la erosión. En función de la utilización o no de elementos estructurales inertes y de la importancia relativa de la vegetación como elemento de estabilización, estas técnicas se clasifican en:

Construcciones vivas: Que engloban las técnicas convencionales de revegetación, junto con otras más específicas en las que se utilizan especies leñosas -ramas y tallos, fundamentalmente para desarrollar una cubierta vegetal estable y autosuficiente que actúe como un componente estructural para el refuerzo y estabilización de los taludes.



Construcciones mixtas: En las que se utilizan elementos vivos e inertes de forma combinada. Los elementos inertes proporcionan en un primer momento resistencia frente a los procesos erosivos y de inestabilidad, y progresivamente su importancia como agentes de estabilización va disminuyendo al desarrollarse la cubierta vegetal.





2.8-ADOPASTO

Un novedoso concepto ecológico y ornamental del adopasto, creando una nueva forma de incrustar pasto vegetal en zonas de taludes con una estética y formación de zonas compactadas y con relieves.

Para la fabricación de adopasto se utiliza un adoquín de concreto con resistencia de ruptura dependiendo del espesor que se escoja. Se cuenta con diferentes diseños, lo que ayuda a brindar una apariencia distinta a un mismo lugar, además se adapta a todo tipo de terreno y lo hace lucir muy bien. El adopasto es muy fácil de colocar, aunque requiere de mucha precisión para no arruinar la estética del proyecto.





3-TIPOS DE SUBDRENAJE EN TALUDES

Los problemas que se presentan en los taludes debido al agua subterránea se deben a una saturación incontrolada y al desarrollo de presiones de poro imprevistas. Aquí juega un papel fundamental la acción capilar del agua. Es por eso, que hoy en día la alternativa mejor utilizada para el control de la estabilidad de taludes es la instalación de subdrenes, la cual tiende a mantener el agua subterránea alejada de la obra básica y/o de la subrasante. Aquellas personas encargadas de la estabilidad de las masas de tierras en Taludes saben que ésta depende de la correlación existente entre la época de lluvias y la intensidad de las mismas con las fallas, que es tan claro persuadir que la obra necesita de la instalación de subdrenes.

El subdrenaje es conveniente y beneficioso, pero muchas de las veces tiene un costo bastante elevado, sin embargo debería prescindirse del mismo debido al beneficio que al largo o corto plazo proporciona el subdrenaje. Al considerar la relación beneficio – costo se concluye que el subdrenaje es un arma valiosa cuya justificación económica es indiscutible. En este sentido, la importancia que tenga la vía de acuerdo al movimiento económico y cultural se deberá condicionar la medida de la frecuencia e intensidad de aplicación de subdrenaje; además de esto se requiere de una buena información sobre la disposición y naturaleza de los materiales naturales en dónde se pretende construir el subdren. Un adecuado sistema de subdrenaje debe siempre estar en tal disposición como para sufrir todos los cambios y adaptaciones necesarias durante la construcción de la vía y en su vida útil. El ingeniero debe estar consciente de que un buen diseño hará que la vida útil y la funcionalidad del talud tenga los mejores resultados. Es por ello que esta investigación está enfocada en elegir el mejor método de subdrenaje.



El drenaje y el subdrenaje son metodologías de remediación o prevención de deslizamientos muy eficientes; su utilización es muy frecuente y existen métodos de análisis y diseño que se basan en el flujo de agua tanto superficial como subterráneo. Los métodos de estabilización de deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y son generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo, aumenta la resistencia del talud, al disminuir la presión de poros.

Existen varias metodologías de drenaje superficial y profundo. El objetivo principal de estos métodos es disminuir la presión de poros y de esa forma, aumentar la resistencia al corte, eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes y mejorar el factor de seguridad de las superficies de falla por debajo del nivel de agua.

El agua en el subsuelo: La cantidad de agua que penetra a la tierra queda determinada por varios factores:

Ritmo de precipitación: Cuando más rápidamente cae la lluvia, menos agua penetra, pues se satura la superficie del terreno.

Declive superficial: La infiltración es mayor en terrenos más planos, a los que corresponden velocidades de escurrimiento superficial menores.

La permeabilidad de los suelos y las rocas: Una formación muy porosa no es necesariamente muy permeable. La arcilla, por ejemplo, es muy porosa y muy poco permeable.

La estructuración de suelos y rocas: especialmente en lo que se refiere a fracturación, estratigrafía y a la secuencia de los estratos permeables y los impermeables.

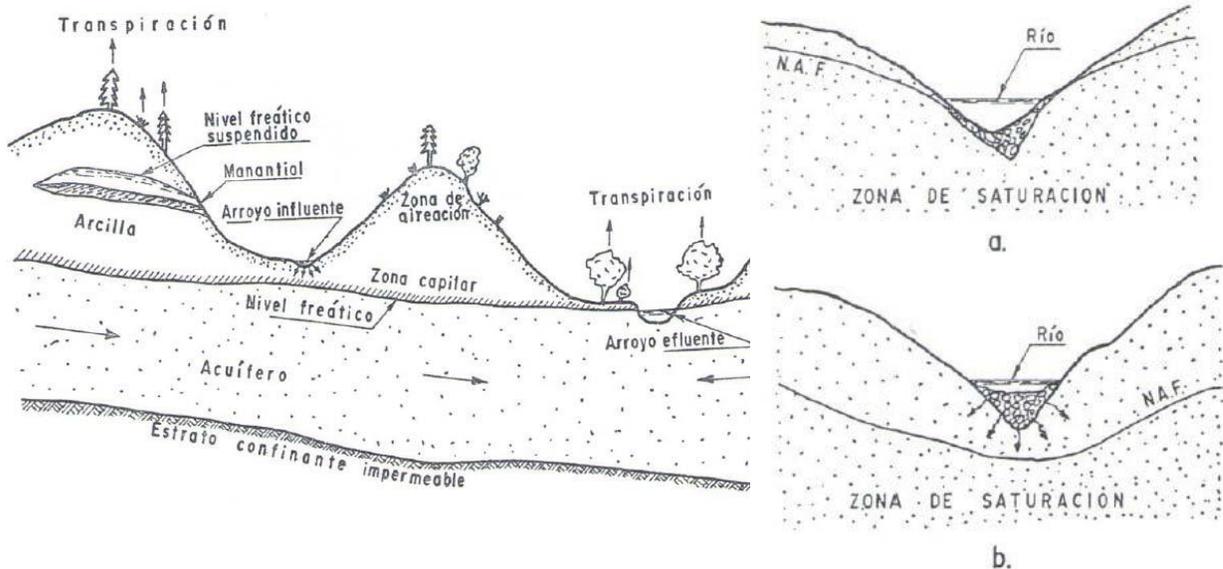
Humedad atmosférica: Si la humedad es baja, gran parte del agua caída se evapora antes de penetrar en el terreno.

El agua subterránea: puede almacenarse de varias maneras. La mayor parte se encuentra en los vacíos entre las partículas de suelo o en las cavidades, fracturas y fallas de las rocas; una parte menor puede formar ríos o lagos subterráneos. La geología del sector juega un papel fundamental en el régimen de las aguas subterráneas, considerándose para ello las unidades de suelos y rocas presentes:

- La presencia de sedimentos no consolidados, tales como grava, arena o mezclas de estos materiales, estas unidades son susceptibles de almacenar mucha agua.



- Formaciones acuíferas, comunes en aluviones de río, a lo largo de corrientes actuales, valles fluviales abandonados o enterrados, en lugares planos, en depósitos glaciales, en delantales marinos y en grandes formaciones de depósitos de talud. Las calizas, por ejemplo, son muy variables como formaciones acuíferas, pues su porosidad depende mucho de su disolución interna, pero cuando esta es importante, pueden dar lugar a abundantes manantiales, ríos subterráneos, etc.
- Las rocas ígneas cristalinas y las rocas metamórficas suelen ser las menos abundantes en agua y la que se encuentre procederá de sus fracturas.
- Las arcillas y los suelos arcillosos son capaces de almacenar enormes cantidades de agua.



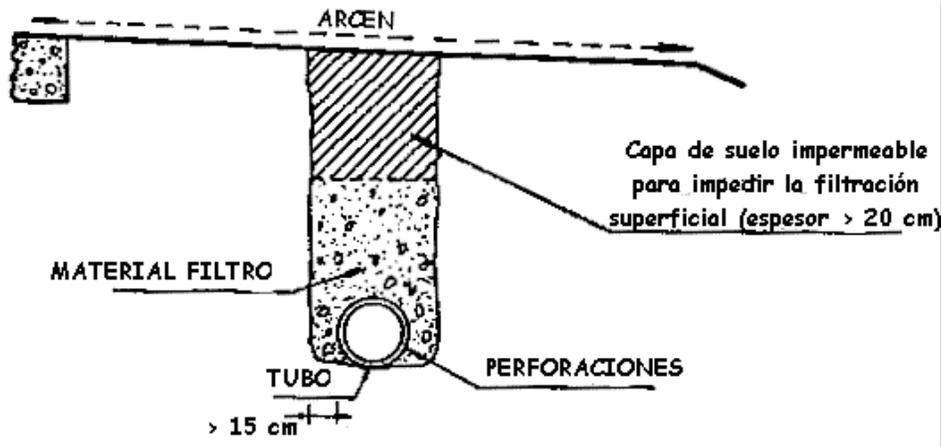
La configuración del nivel freático depende mucho de la forma del relieve superficial, se aleja de la superficie del terreno bajo colinas y elevaciones y se acerca a ella en los valles y, muy especialmente, en los ríos y en los lagos. Es usual que los periodos de sequía traigan abatimientos importantes del nivel freático, en tanto que se eleva mucho tras periodos de fuertes lluvias. Estas fluctuaciones suelen ser aún más marcadas en terrenos granulares permeables.

Hay ocasiones en que el nivel freático se abate tanto que ciertos ríos y lagos pierden agua por infiltración hacia abajo (influentes). La condición normal es, naturalmente, que el nivel freático proporcione agua a estos depósitos naturales y que dicho nivel coincida con su superficie libre (ríos y lagos efluentes).



3.1-SUBDRENES INTERCEPTORES TRANVERSALES

Son dispositivos de drenaje análogos en principio a los subdrenes de zanja y lo único que los distingue es la dirección en que se desarrollan, que ahora es normal al eje de la vía terrestre. El efecto del dren interceptor puede incrementarse mucho en casos como el de una cierta longitud se coloca una capa permeable drenante a ambos lados del mismo. Los drenes interceptores transversales deben de ser capaces de eliminar muy rápidamente las aguas que les lleguen por lo que en ellos son particularmente críticos los requerimientos de permeabilidad



Drenes de penetración transversal: Como bien se sabe, los mecanismos por los que el agua que satura las masas que quedan a los lados de un corte que se realicen durante la construcción de una vía terrestre, pueden influir desfavorablemente en la estabilidad de sus taludes; y los mismos ponen en riesgo el equilibrio de una ladera natural a través de la que se establezca un flujo.

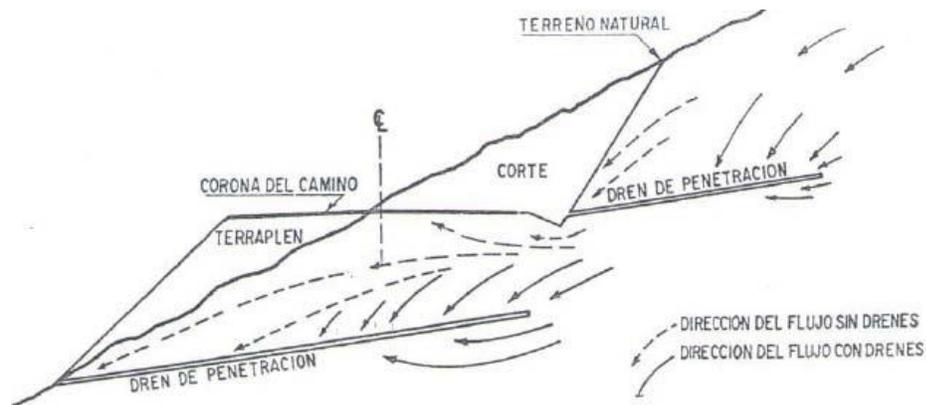
No debe imaginarse, por cierto, que la presencia de agua en los taludes de cortes sea un fenómeno raro o dependiente del azar; por el contrario, es algo que debe esperarse sistemáticamente en todos los terrenos en que el nivel freático no sea bastante más profundo que la rasante de la vía o en que la precipitación no sea anormalmente escasa. La razón es que al practicar un corte se abate el nivel del agua interior hasta su cama, produciendo una zona profunda a la presión atmosférica, hacia la que deberá fluir el agua de las masas vecinas. En general, un corte actúa como un dren en el terreno en que se construye.

Un corte puede ser estable bajo una determinada condición de agua subterránea y bajo ciertas cargas hidráulicas, pero si una cantidad adicional de agua fluye hacia él se podrá alcanzar una condición tal en el agua en cuanto a las cargas hidráulicas, que se desarrollen en el interior del suelo presiones neutrales que produzcan la falla. Por esta razón, un corte construido desde hace muchos años puede fallar repentinamente tras un periodo de precipitación extraordinaria.



Los drenes de penetración transversal denominados por la práctica americana drenes horizontales son instalaciones de subdrenaje que responden específicamente a la necesidad de abatir del interior de los taludes del corte las presiones generadas por el agua, que sean susceptibles de provocar la falla del corte.

La presencia de cavidades suele ser el problema más grave que se presenta en la perforación de drenes transversales. Los derrumbes en la perforación son normalmente otro problema de consideración; cuando se perfora en zonas en que ha ocurrido una falla y hay movimientos, este peligro es particularmente significativo. La descarga puede ser libre a la cuneta o, en instalaciones importantes, a tubos colectores de unos 20 cm de diámetro, que encaminan las aguas a donde sean inofensivas. La parte del tubo perforado del subdren que queda próxima a la salida debe dejarse sin perforar en uno o dos metros, para evitar la invasión de vegetación a través de las perforaciones y la obstrucción del tubo.



3.2-POZOS DE ALIVIO

Son perforaciones verticales del orden de 0.40 – 0.60 m de diámetro, dentro de las cuales se coloca un tubo perforado de 10 -15 cm de diámetro. El espacio anular que queda entre ambos, se rellena con material de filtro. Los pozos se han construido hasta de 20 m de profundidad. Se colocan de forma tal que capten los flujos perjudiciales, o sea ladera arriba de la zona que se desee proteger. Su misión principal es abatir la presión en el agua existente en capas profundas del subsuelo, a las que no es económico o posible llegar por excavación; no suelen ser muy efectivos desde el punto de vista de eliminar toda el agua contenida por el suelo.

El método de los pozos de alivio tiene en su contra el costo, que suele ser alto; no es fácil que se justifiquen económicamente allí donde la perforación sea dificultosa o, sobre todo, donde el pozo haya de ser limpio, antes de colocar su relleno.

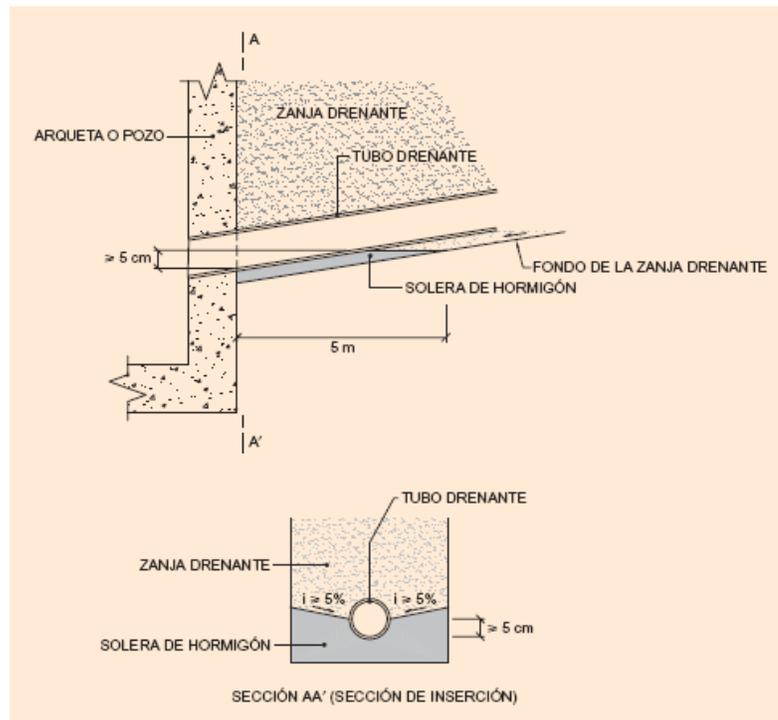


Capas permeables profundas con remoción del material: Cuando bajo la zona en que se colocará un terraplén, existe una capa saturada de suelo de mala calidad y de espesor relativamente pequeño (no más de 3 o 4 m) y debajo de esa capa hay materiales de mucha mejor calidad, puede pensarse en remover totalmente el suelo malo. La capa drenante colocada evita que el relleno compactado sufra en el futuro los efectos adversos del agua. Adicionalmente, el sistema permite que el terraplén se apoye a fin de cuentas en terreno firme, por lo que la solución debe verse como mixta, entre mejoramiento de terreno de cimentación y subdrenaje.

Pozos de Registro: El pozo de registro estará constituido por una solera que garantice su impermeabilidad. Cuando las posibles filtraciones desde los pozos puedan afectar a materiales susceptibles al agua (suelos tolerables con un contenido de yesos mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no pueden considerarse estables frente al agua), la condición de impermeabilidad deberá extenderse a paredes y juntas.

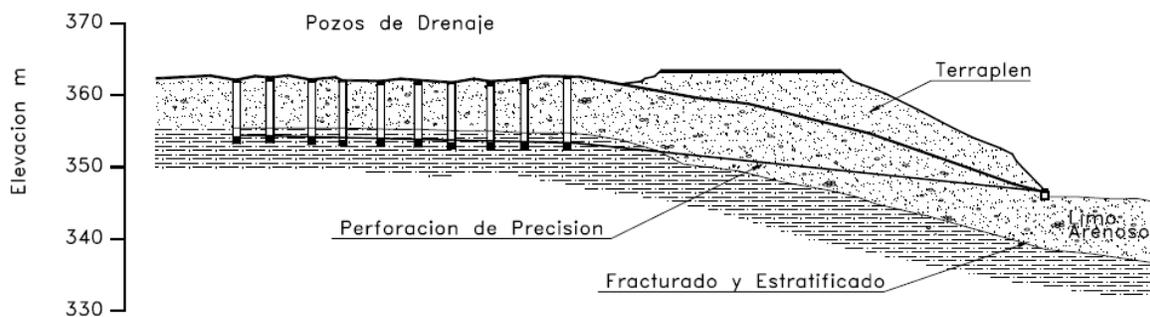
Los detalles necesarios para dar pendientes a la solera, construir conexiones hidráulicas se proyectarán en general mediante elementos específicos de hormigón (hormigones de forma). Las zanjas drenantes normalmente desaguarán su caudal a través de la tubería drenante alojada en su fondo, que se prolongará hasta el paramento interior de pozos de registro.

Para evitar acumulaciones de agua en el contacto entre la zanja y el pozo, se proyectará en el fondo de la zanja, al menos en los cinco metros (5 m) más próximos al pozo, una solera de hormigón en la que la tubería drenante se encuentre embebida al menos cinco centímetros (5 cm) al llegar a la sección de inserción.



Los pozos verticales: De drenaje son perforaciones verticales abiertas que tratan de aliviar las presiones de poros, cuando los acuíferos están confinados por materiales impermeables como puede ocurrir en las intercalaciones de lutitas y areniscas. Los pozos verticales tienen generalmente un diámetro externo de 400 a 600 milímetros, con un tubo perforado de 100 a 200 milímetros de diámetro en el interior de la perforación, aunque en ciertas ocasiones se emplean diámetros de hasta dos metros. El espacio anular entre la perforación y el tubo se llena con material filtro. Su sistema de drenaje puede ser por bombeo, interconectando los pozos por drenes de penetración o por medio de una galería de drenaje o empleando un sistema de sifón.

El espaciamiento de los pozos depende de la estructura de las formaciones. Si aparecen juntas verticales es posible que los pozos no intercepten las presiones de agua, como si ocurre cuando el drenaje natural de la formación es horizontal. Debe tenerse en cuenta que es más efectivo incrementar el número de pozos que aumentar su diámetro. Los espaciamientos más comunes varían entre 3 y 15 metros. La profundidad depende del espesor de la zona inestable y la estabilidad requerida. Se conoce de drenes de hasta 50 metros de profundidad.

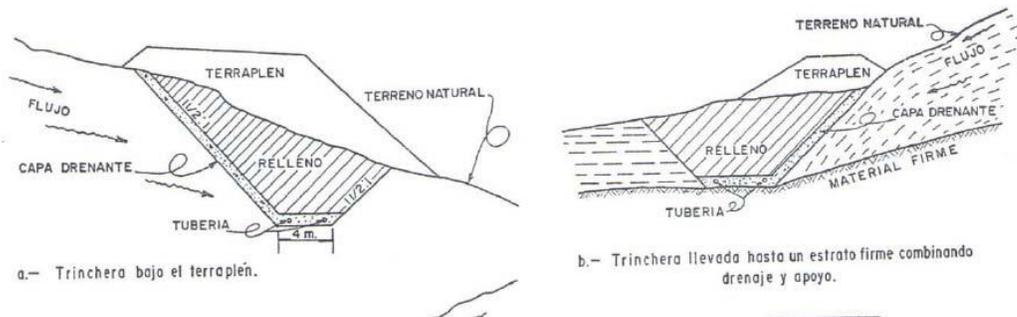


En general, dentro del proyecto objeto de estudio y debido a las condiciones del medio, no se emplearán pozos verticales, sin embargo vale la pena recalcar que dentro de su diseño es de gran importancia considerar aspectos como el revestimiento y el desagüe de los pozos, pues son fundamentales para una correcta operación y funcionamiento de los mismos.



3.3-TRINCHERAS ESTABILIZADORAS

Cuando en una ladera natural existe flujo de agua y está formada por grandes espesores de materiales cuya estabilidad se ve amenazada por él y sobre tal ladera ha de construirse un terraplén, la remoción de todos los materiales malos y su sustitución por otros mejores resulta ya difícil y, desde luego, antieconómica. En la práctica esto se logra drenando las aguas de una zona que abarque aquella por la que podría desarrollarse un círculo de deslizamiento del conjunto formado por el terraplén y su terreno de cimentación. Algunas posibilidades de trincheras estabilizadora adaptadas a diferentes circunstancias concretas de casos específicos



Una trinchera estabilizadora es una excavación dotada en su talud aguas arriba de una capa drenante, con espesor comprendido entre 0.50 m y 1.00 m de material de filtro y un sistema de recolección y eliminación de agua en su fondo, el cual suele consistir de una capa de material de filtro del mismo espesor arriba citado, dentro de la cual hay una tubería perforada (de 15 o 20 cm de diámetro usualmente, o mayor si se espera gran gasto) para conducir rápidamente el agua captada; esta última debe conectarse a una tubería de desfogue que lleve el agua a donde sea inofensiva. Este desfogue puede ser, por cierto, un grave problema si la excavación es profunda y la topografía no es favorable

El fondo de la trinchera deberá tener el ancho suficiente para permitir la operación eficiente de equipo de construcción, lo cual se logra con unos 4m. En realidad, una trinchera estabilizadora suele mejorar la estabilidad de un terraplén o de su terreno de cimentación de varias maneras.

1. Realizando la función drenante
2. Realizando un proceso de sustitución de material, en el cual, se apoya el conjunto terraplén – trinchera en un suelo más firme o se modifican las condiciones de estabilidad de tal modo que cualquier posible superficie de deslizamiento resulta tan larga y tan profunda que hace irrealizable la falla.

El subdrenaje proporciona mejora desde luego las características mecánicas del suelo ladera abajo, al cortar físicamente al flujo y también la mejora ladera arriba, abatiendo las presiones en el agua en una importante zona de influencia.

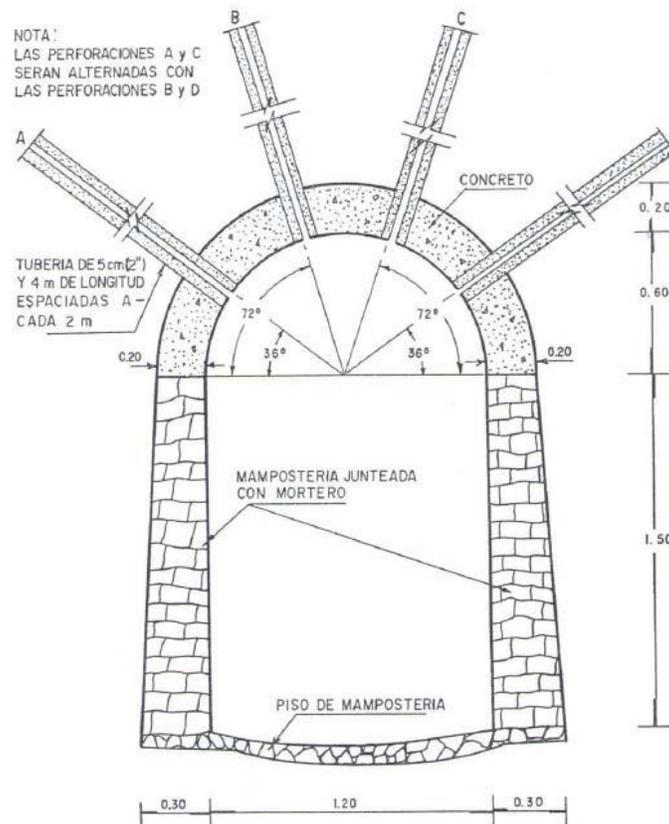


Además, el mejoramiento de las características mecánicas del suelo que se substituye en el relleno crea una restricción mecánica a la falla, que puede ser muy importante en muchos casos.

3.4-GALERIAS FILTRANTES

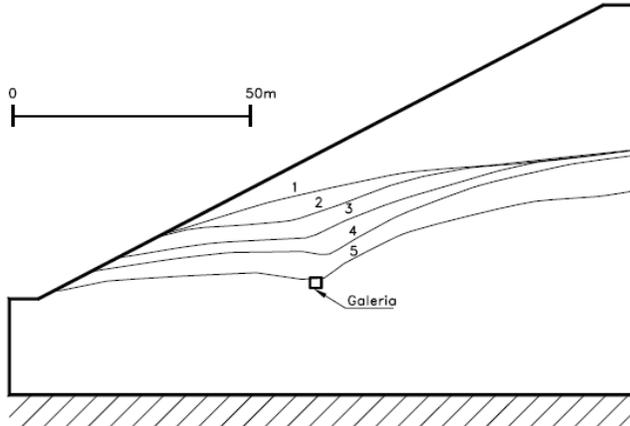
Cuando el agua subterránea se encuentra a una profundidad tal que sea imposible pensar en llegar a ella por métodos de excavación a cielo abierto y prevalezcan condiciones topográficas que hagan difícil el empleo de drenes transversales, se ha recurrido en ocasiones a la construcción de galerías filtrantes. La técnica de estas obras es muy ampliamente conocida en el campo de las presas de tierra, pero es mayor cada día el uso que de ellas se hace en problemas relacionados con el subdrenaje de vías terrestres, sobre todo en corrección de problemas en zonas inestables.

Por razones de costo suele resultar más ventajoso el revestimiento convencional de concreto, de mampostería y bóveda de concreto, dejando huecos, para propiciar la función drenante, pero cuidando de no perjudicar estructuralmente. Una vez definida la forma de la superficie de falla dentro del subsuelo, la galería puede desarrollarse por la zona más baja, para coleccionar las aguas en la parte de más difícil drenaje. El desagüe de la galería filtrante puede ser muy sencillo cuando la boca de la galería puede ser drenada por gravedad.



Galerías Drenantes: La galería de drenaje es un túnel cuyo objetivo específico es el de disminuir las presiones de poros y controlar las corrientes profundas de agua subterránea en un talud. Las galerías de drenaje deben tener una sección adecuada para facilitar su construcción y se colocan generalmente, por debajo de la posible zona de falla y en la parte superior del acuífero que se desea controlar. El uso de galerías de drenaje para mejorar las condiciones de estabilidad de taludes, para el caso de presiones muy altas de poros es común para la estabilización de deslizamientos.

Las galerías de drenaje son empleadas especialmente, en los grandes proyectos hidroeléctricos



- 1 = Inicial
- 2 = t=400Horas
- 3 = t=1000Horas
- 4 = t=4000Horas
- 5 = t=Tiempo Largo



Para fijar su ubicación se requiere un estudio geotécnico detallado. Cuando la permeabilidad de los materiales en sentido vertical, es mayor debido a la orientación de las discontinuidades, el agua fluye fácilmente hacia la galería pero cuando la orientación de los estratos es horizontal el agua puede pasar por sobre la galería sin fluir hacia ella.

En estos casos se requiere construir pozos verticales o subdrenes inclinados desde la galería para interceptar las zonas de flujo, entre más alto el pozo vertical, su efecto es mayor. Generalmente, se recomiendan diámetros de 1/20 de la altura del talud. En general, es recomendable disponer una solera hormigonada con ligera pendiente transversal y un canal para la evacuación de las aguas con pendiente longitudinal suficiente.

3.5-DRENES

Problema de Subdrenaje: En realidad todos los problemas de subdrenaje son especiales, en el sentido de que son diferentes y de que sus soluciones deben tomar en cuenta sus peculiaridades.

El primer caso que se mencionará es el que se refiere a la función drenante que pudieran tener las capas de material arenoso friccionante que han de colocarse sobre el terreno natural cuando se construyan terraplenas sobre turbas, zonas de pantano, suelos arcillosos muy blandos, etc.

Pueden proporcionar un medio de salida al agua en grandes extensiones, acelerando así procesos de consolidación en forma tanto más perceptible, cuanto menor sea el espesor de los depósitos blandos en comparación área cubierta. Dentro de este tipo de capas drenantes podrían considerarse incluidas también las capas colectoras que se colocan sobre la superficie del terreno en instalaciones de drenes verticales de arena que se coloquen para acelerar procesos de consolidación.

Otro problema especial de interés es el que plantean los manantiales o afloramientos de agua que puedan aparecer dentro del área cubierta por la vía terrestre. La captación y eliminación de sus aguas es indispensable y puede lograrse con capas drenantes localizadas, pequeñas trincheras estabilizadoras o drenes de zanja convenientemente orientados. El problema suele estar en estos casos en la necesidad de eliminar gastos relativamente altos a través de instalaciones que deberán ser, por razones de costo, modestas en sus dimensiones. Una alta permeabilidad en los materiales de filtro es entonces indispensable, debiendo cuidarse sobre todo del contenido de finos por debajo de la malla No. 40, que debe ser tan reducido sea posible o nulo.



Si no puede garantizarse este requisito en las obras que se hagan, deberá recurrirse al uso de filtros graduados, con varias capas. A este respecto, los ingenieros no deberán concebir muchas ilusiones sobre la capacidad drenante de mantos o secciones de conducción construidas con materiales friccionante supuestamente muy permeables.

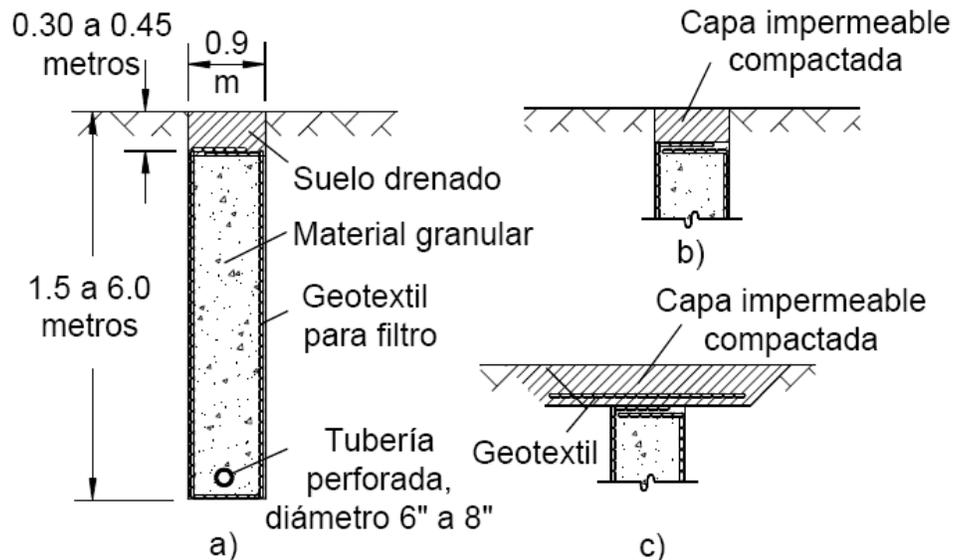
Zanjas Drenantes: Consisten en zanjas profundas que actúan al mismo tiempo como drenes superficiales y como sistemas de abatimiento del nivel freático. Para que se produzca, las zanjas deben profundizarse por debajo del nivel freático. Se produce entonces un afloramiento de agua subterránea en las paredes de la zanja. Las pendientes de los taludes deben ser bajas para con ello eliminar la posibilidad de erosión por afloramiento del agua subterránea. Cuando las zanjas drenantes pretendan el rebajamiento del nivel freático, el agua fluirá a las zanjas a través de sus paredes laterales, se filtrará por el material de relleno hasta el fondo y escurrirá por este, o por la tubería drenante.

También podrá acceder por su parte superior, si el sistema de drenaje subterráneo estuviera concebido para funcionar de esta manera. En caso de que no estuviera bien aislada superficialmente podría penetrar agua de escorrentía, lo que deberá evitarse en todo caso. En ocasiones, previa justificación expresa del proyecto, podrán omitirse las tuberías drenantes, en cuyo caso la parte inferior de la zanja quedaría completamente rellena de material drenante, constituyendo un dren denominado ciego o francés, en el que el material que ocupa el centro de la zanja es perceptivamente árido grueso.

Ubicación: El trazado y las características geométricas de las zanjas drenantes lo definirá el tipo de proyecto, que podrán ubicarse bajo cunetas revestidas siempre que se adopten medidas para que no se produzcan filtraciones bajo las mismas. Por otra parte, cuando se implanta subdrenes dentro de una vía expuesta a deslizamientos, las zanjas son más efectivos cuando la profundidad del deslizamiento es menor a los 3 metros, en los cuales los drenes penetran completamente a través de la masa deslizada dentro del material estable. En los deslizamientos profundos (más de 6 m de espesor), generalmente los subdrenes de zanja no son efectivos y se puede requerir otros sistemas de drenaje, como son los drenes horizontales o las galerías de drenaje.

Mientras que, es muy difícil y complejo en la mayoría de los casos, utilizar subdrenes de zanja para el control del agua subterránea en formaciones rocosas y generalmente, se prefiere el uso de subdrenes de penetración. En las masas de roca, el flujo de agua generalmente está determinado por las juntas y por lo tanto, cualquier sistema de subdrenaje debe estar destinado a interceptarlas y por ende un sistema de subdrenaje puede generar cambios importantes y peligrosos en el sistema interno de drenaje de un macizo de roca.





En general para terrenos montañosos y/u ondulados, la zanja tiene profundidad variable, depende de las características del suelo (capilaridad), nivel al que puede encontrarse suelo impermeable al que es preferible llegar, niveles de descarga, etc.; la profundidad mínima debe ser 1.0 m. el ancho de la zanja es variable con un mínimo de 0.60m. La pendiente debe ser 0.15% y máximo 0.5%, se detalla la geometría de una zanja.

Prescripciones específicas sobre la zanja drenante: En proyectos de zanjas drenantes, de acuerdo a criterios e indicaciones de normas extranjeras, deben observarse los siguientes aspectos:

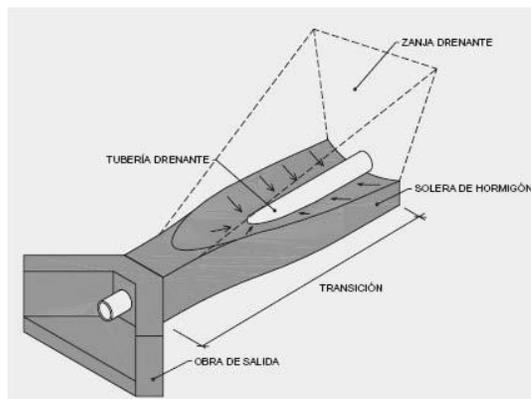
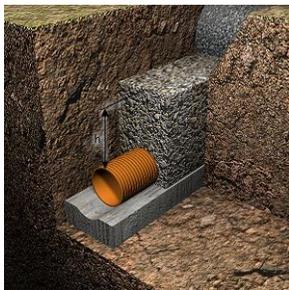
- Si el terreno natural y el relleno de la zanja no cumplieran condiciones de filtro, se dispondrá un elemento separador que cumpla dichas condiciones, con el fin de evitar las migraciones de finos que podrían producir erosión interna en el terreno y colmatación en el relleno de la zanja. La colocación de filtros minerales conduce a soluciones muy elaboradas, por lo que en general será preferible el empleo de geotextiles como elementos de separación y filtro.
- Si el fondo de la zanja no estuviera situado en terreno impermeable, se deberá considerar la conveniencia de impermeabilizarlo. Su pendiente longitudinal mínima se determinará en función del material que lo conforme, si bien en todo caso habrá de ser superior a 0.5%.
- Cuando se lleve a cabo la impermeabilización artificial del fondo, se recomienda disponer una solera de hormigón con sección transversal en forma de «V» o artesa con pendientes iguales o superiores al cinco por ciento (5%).



La impermeabilización del fondo también se puede conseguir mediante una capa de espesor suficiente de material tolerable, cuyo cernido por el tamiz 0,080 sea mayor que el treinta y cinco por ciento ($\# 0,080 \text{ mm} >35\%$) y cuyo contenido de yeso, sea menor del dos por ciento (2%), o mediante la colocación de lámina impermeable, previo raseo y compactación del fondo de la zanja.

- Salvo justificación expresa en contra del proyecto, las zanjas se proyectarán con tubería drenante en el fondo, la cual resulta muy conveniente para canalizar las aguas captadas y posibilitar los trabajos de limpieza y conservación.
- Cuando en la sección transversal de la carretera se dispongan suelos estabilizados in situ próximos a la ubicación de una zanja drenante, deberán prescribirse las precauciones necesarias para evitar la contaminación de esta por lechada.
- El proyecto deberá estudiar la estabilidad local de la zanja y global de las obras, antes, durante y después de su construcción.

Desagüe de la zanja drenante: Las zanjas drenantes no deberán recibir más caudales que los captados por ellas mismas en los tramos situados entre pozos de registro. Una vez en el pozo de registro, las aguas se evacuarán al cauce natural, al sistema de drenaje superficial cuando estuviera previsto, o a colectores. En los casos excepcionales, convenientemente justificados en el proyecto, en los que una zanja drenante hubiera de desaguar directamente al exterior sin haberlo hecho previamente a un colector, deberá garantizarse que el vertido se realice a un punto con salida a la red de drenaje superficial o preferiblemente a un cauce. En la terminación de la zanja drenante se proyectará una transición geométrica en la que la parte superior se acerque a la inferior que deberá estar impermeabilizada, hasta quedar la sección reducida al propio tubo embebido preferiblemente en hormigón. Asimismo se proyectará una solera y embocadura en la sección de vertido, adecuada a los trabajos de limpieza y conservación previstos.



Pantallas Drenantes: Las pantallas drenantes, son zanjas bastante más profundas que anchas (su anchura no suele superar los veinticinco centímetros (25 cm)), que se disponen normalmente en el borde de capas de firme o explanada, en cuyo interior se dispone un filtro geotextil, un alma drenante y generalmente, un dispositivo colector en la parte inferior.

En general se distinguen dos tipos de pantallas, dependiendo de cuál sea el alma drenante proyectada:

- In situ, en las que suele ser material granular.
- Prefabricadas, en las que el alma drenante se elabora en un proceso industrial.

Aunque las pantallas drenantes requieren una ocupación de espacio en planta comparativamente menor que otras soluciones que procuran objetivos similares, presentan condicionantes de limpieza y conservación más estrictos. En el proyecto se deberá justificar de manera expresa la adecuación de esta solución a la problemática planteada, así como las características y ubicación de las pantallas drenantes, contemplando de modo expreso sus necesidades de limpieza y conservación, y prescribiendo, salvo justificación en contra, que su parte superior sea impermeable.

Las pantallas drenantes pueden disponerse en contacto con las capas de firme o muy próximas a ellas. En este caso debe prestarse especial atención a sus condiciones de impermeabilización. El diámetro interior mínimo del dispositivo colector deberá ser de cien milímetros (100 mm).

La construcción de las pantallas drenantes requiere maquinaria específica, en ocasiones con un tren completo de ejecución de las distintas operaciones. El proyecto deberá estudiar la estabilidad local de la zanja para el alojamiento de la pantalla y global de las obras, antes, durante y después de la ejecución de las mismas.

Filtros y Materiales drenantes: El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil (los filtros utilizados más frecuentemente son los rellenos localizados de material drenante y los geotextiles) debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad, que permita el paso del flujo de una manera eficiente. Para llegar a la selección del geotextil no solo hay que tomar en cuenta lo anterior, sino además, la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad.

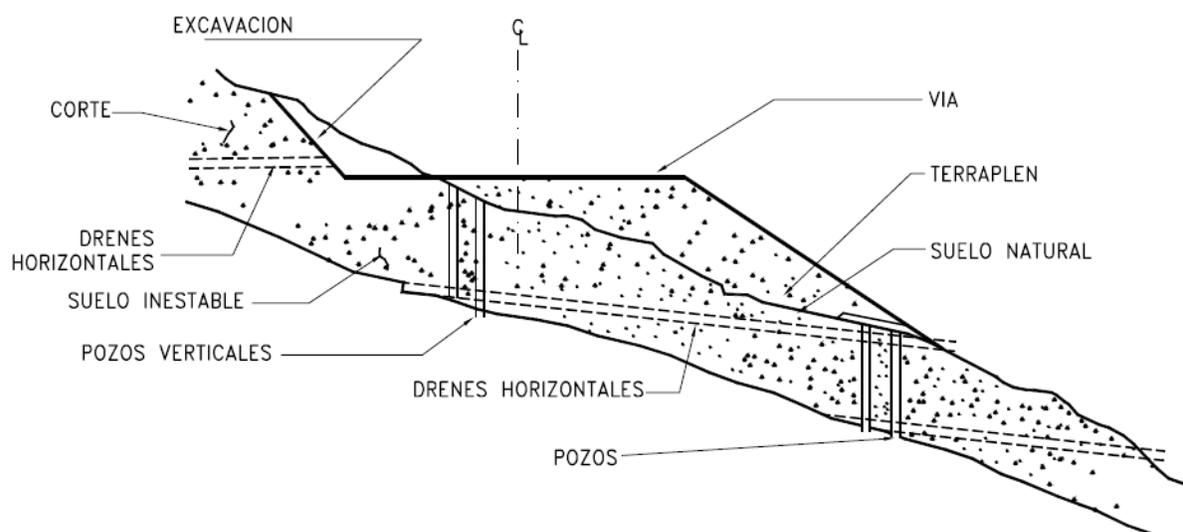
Tubería Drenante: La tubería drenante es una tubería perforada, ranurada, etc., que normalmente estará rodeada de un relleno de material drenante o un geotextil, y que colocada convenientemente permite la captación de aguas freáticas o de infiltración.



El diámetro interior mínimo de los tubos aceptados será de ciento diez milímetros (110mm), salvo justificación en contra del proyecto efectuada, teniendo en cuenta las necesidades de limpieza y conservación del sistema. Cuando la sección no fuera circular, esta deberá permitir la inscripción de un círculo de dicho diámetro. En la mayoría de los subdrenes con material de diámetro inferior a 1½ de pulgada, es necesario el uso de la tubería colectora para filtros. Cuando se utilizan materiales gruesos, no siempre se coloca tubería colectora, debido a que se supone que el material es excelente conductor y no se requiere un elemento adicional para la recolección y la conducción del agua. Algunos autores recomiendan colocar tubería en todos los casos.

Colectores: Los colectores son tuberías enterradas conectadas a arquetas o pozos de registro, de los que recogen las aguas provenientes de los elementos de drenaje. No son elementos específicos del drenaje subterráneo de las carreteras, ya que aunque pueden conducir caudales provenientes del mismo, suelen recibir otros provenientes del drenaje superficial que normalmente serán muy superiores. En ningún caso se proyectarán colectores perforados, ranurados, con juntas abiertas, etc., para captar directamente aguas del terreno. Cuando las posibles filtraciones desde el colector, pudieran afectar a materiales susceptibles al agua (suelos tolerables con un contenido de yesos, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no puedan considerarse estables frente al agua), el proyecto establecerá prescripciones complementarias para garantizar su estanqueidad de manera especial, tales como sellado de juntas, encamisado de tubos, etc. El pozo es perforado mediante un equipo estándar para la construcción de pilas.

En ocasiones se pueden requerir entibados para prevenir el derrumbe de las paredes o la colocación de una pared metálica o tubo vertical.



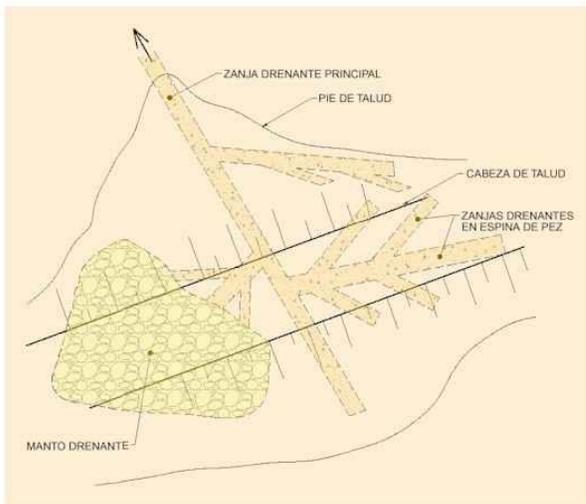
Mantos Drenantes: Son capas drenantes formadas por bloques, material granular o elementos drenantes prefabricados (generalmente geo-compuestos), que se disponen entre un relleno y el terreno natural sobre el que esta cimentado.

Deben recoger y conducir al sistema general de drenaje de las obras, donde el agua procedentes del terreno natural y aportes provenientes del propio relleno en su caso. Asimismo tienen por función la interrupción de los procesos de ascensión capilar, al estar constituidos por materiales con huecos de mayor tamaño que los que permiten dicha elevación.

El área del manto depende de la zona a drenar. Salvo cuando estuviera constituido exclusivamente por geocompuestos, en cuyo caso el proyecto podrá justificar valores menores, el manto drenante tendrá un espesor mínimo de treinta centímetros (30 cm), debiendo encontrarse la línea de saturación al menos a diez centímetros (10 cm) bajo su cota superior. Asimismo y salvo especificación en contra del proyecto, deberán disponerse filtros granulares o geotextiles para la protección del manto. En general el manto drenante deberá estar provisto de tuberías drenantes, con desagüe a colectores.

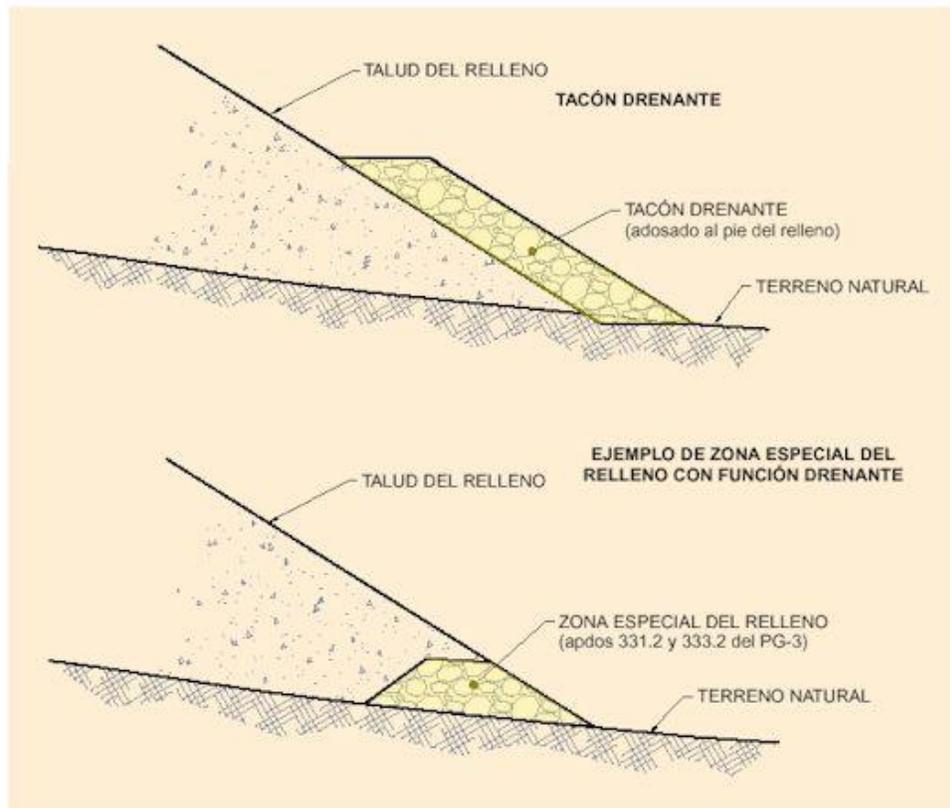
Normalmente, los mantos drenantes que quedan bajo las obras, no se podrán someter a trabajos de conservación sin que éstas se vean afectadas, por lo que resulta de especial importancia que su espesor sea el adecuado, que no se produzca su colmatación, y que el funcionamiento de tuberías drenantes y colectores sea correcto.

Drenes en Espina de Pez: Para disminuir la infiltración de agua en las áreas del talud se acostumbra construir canales colectores en espina de pescado, las cuales conducen las aguas colectadas, por la vía más directa hacia afuera de las vías vulnerables del talud, entregándolas generalmente a canales en gradería. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la re-infiltración de las aguas.

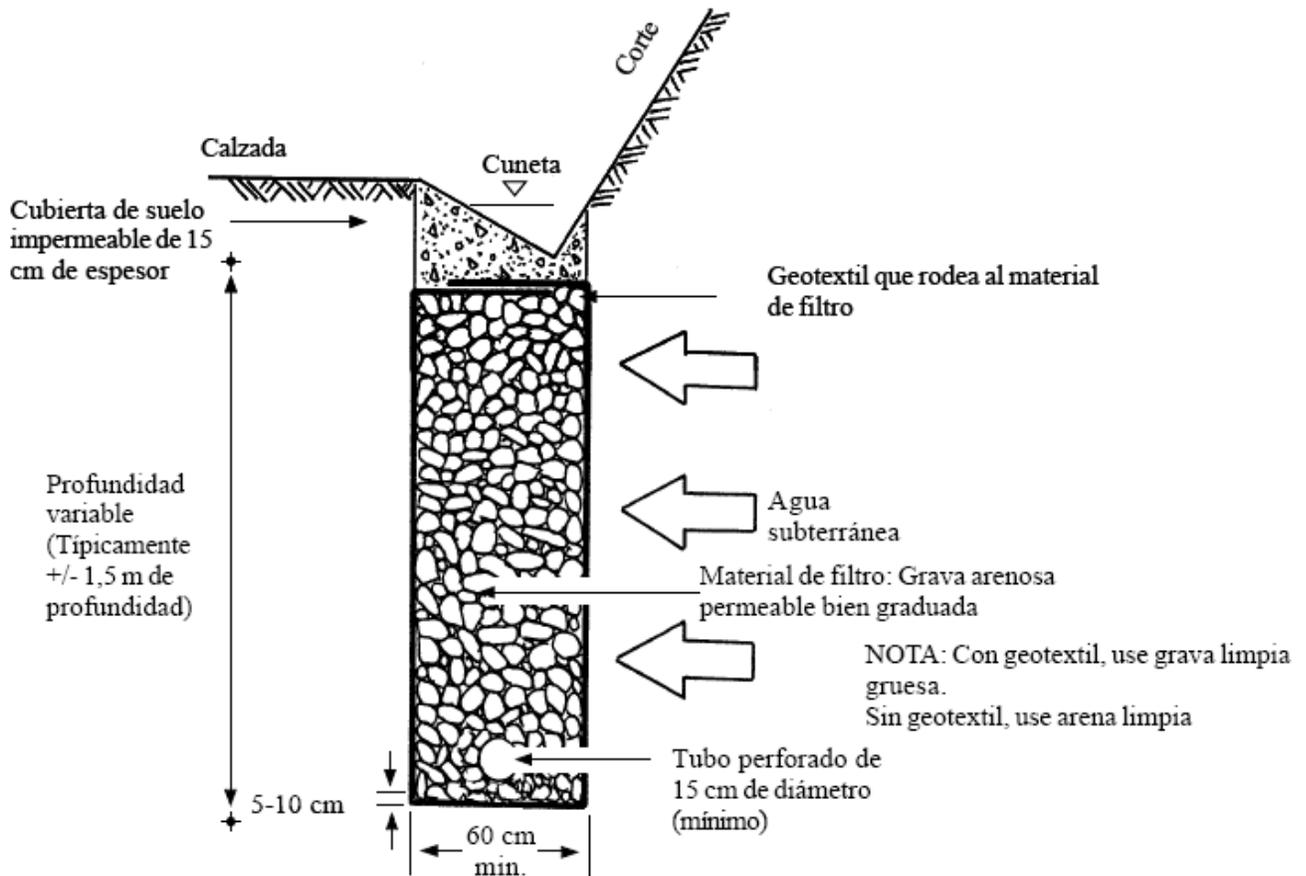




Tacones Drenantes: En rellenos cuyos espaldones pudieran plantear problemas de estabilidad, puede adosarse al pie un tacón generalmente de piedra, con el doble propósito de actuar como elemento resistente (proporcionándole contención lateral), y de constituir un elemento de drenaje para recoger el agua procedente del terreno de cimentación, del manto drenante si existiera, e incluso del propio relleno en su caso. Para la construcción de este elemento deberá proyectarse una capa de filtro.



Drenes de Intercepción: Son zanjas drenantes provistas por lo general de tubería drenante en su parte inferior, que tienen por objeto la captación de aguas subterráneas, o el rebajamiento del nivel freático, y que se disponen transversalmente al flujo a captar. Dentro de un diseño típico de subdrenaje se usa una zanja de intercepción de entre uno y dos metros de profundidad, rellena con roca permeable.



Pueden situarse en cimientos de rellenos o al pie de los mismos, al pie o coronación de los desmontes, en bermas intermedias, etc.

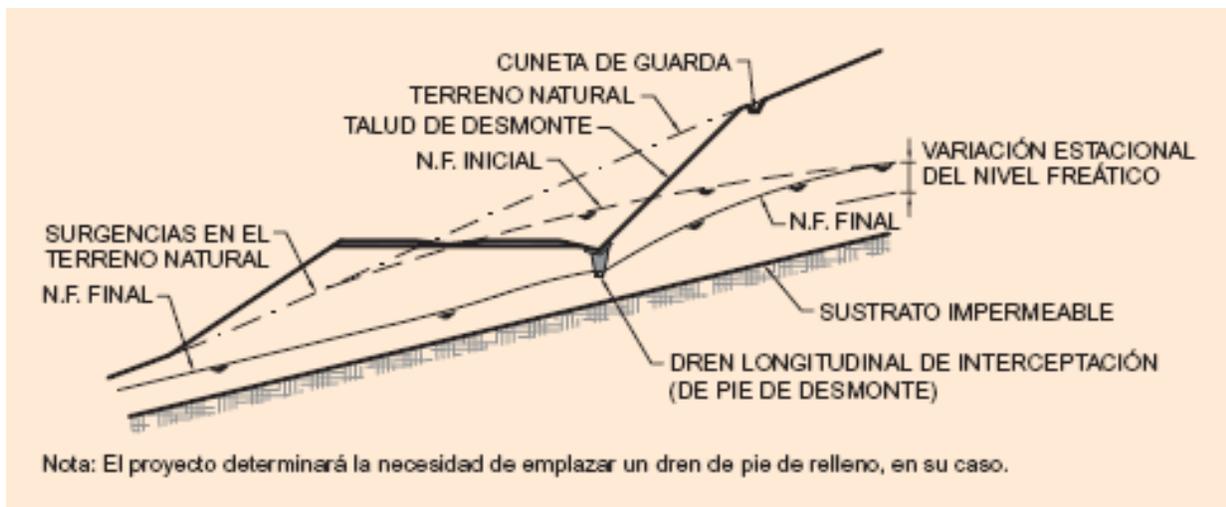
En cimiento de relleno: Al proyectar estos drenes, debe tenerse en cuenta que la construcción del relleno puede alterar la distribución de las zonas de afloramiento de las aguas en el terreno natural bajo el mismo, por la eliminación de zonas permeables superficiales, obstrucción de capas permeables profundas, etc.

Drenes Longitudinales de Intercepción: Son zanjas drenantes que se disponen longitudinalmente a la carretera o elemento a proteger, aguas arriba de los mismos, con el fin de interceptar flujos de agua hacia éstos. Su profundidad deberá determinarse en el proyecto, en función de las condiciones hidrogeológicas existentes.



Contrafuertes Drenantes: Los contrafuertes drenantes son un sistema mixto de drenaje y refuerzo de aplicación en taludes de desmonte o espaldones de rellenos, que consta de zanjas drenantes orientadas según líneas de máxima pendiente de los mismos, que además actúan como contrafuertes.

Entre dichas zanjas y a diferentes alturas, pueden proyectarse, transversalmente a las primeras, otras de menor o igual profundidad (contrafuertes secundarios) que desagüen a las anteriores, contribuyendo además al refuerzo del paramento en cuestión. Este tipo de obras, en el presente proyecto debido a la no presencia de rellenos o taludes pronunciados, no se aplicaran como una medida de prevención dentro de la vía, sin embargo, para un correcto análisis de estas obras es importante considerar ciertos aspectos relativos referentes a la función de refuerzo como a la función drenante.



Drenes Californianos: Los drenes californianos son perforaciones de pequeño diámetro y gran longitud (en relación con su diámetro) efectuadas en el interior del terreno natural o de rellenos, dentro de las cuáles se colocan generalmente tubos, que en la mayoría de los casos, serán ranurados o perforados. El objetivo principal de un tratamiento mediante drenes californianos es el de reducir las presiones de una zona determinada, agotar una bolsa de agua o rebajar el nivel freático.

Ubicación: La ubicación de los drenes californianos se determinará en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, para lo que deberán tenerse en cuenta sus condiciones hidrogeológicas. Buena parte del éxito de este tratamiento depende del acierto en su disposición, por lo que el conocimiento de la estructura geológica en la que se perforen resulta de vital importancia.



La posición y longitud del dren se definirá de forma que se atraviesen las posibles superficies de inestabilidad, discontinuidades, planos de fractura, mantos o capas permeables o bolsas de agua, en suma, superficies o volúmenes que contengan el agua a drenar, prolongándose en general un mínimo de dos a tres metros (2 a 3 m) por el interior de dichas formaciones.

Perforación: La inclinación de la perforación, descendente hacia el talud, será como mínimo del tres por ciento (3%). La perforación de los drenes californianos simultáneamente a la excavación de los desmontes, sobre todo en paramentos de altura superior al rango de maniobra de la maquinaria habitual para este tipo de trabajos, puede simplificar su ejecución y mejorar las condiciones de drenaje durante la propia excavación. Cuando sea necesario contener las paredes por atravesar tramos de falla, terrenos inestables, etc., se deberá emplear entubación provisional para estabilizar las paredes del taladro hasta la instalación del tubo definitivo.

Tubos: En general, los drenes californianos se proyectarán con tubos en su interior, metálicos o de materiales plásticos, perforados o ranurados, con diámetro interior mínimo de cinco centímetros (5 cm). Las ranuras u orificios deberán disponerse a lo largo de aquellas zonas del tubo que, tras su ubicación en el interior del terreno, supongan captación de aguas, si bien normalmente podrán admitirse longitudes mayores de estas zonas con orificios o ranuras. En general los dos o tres metros (2 ó 3 m) del tubo que queden más próximos a la boca del taladro no deben presentar orificios ni ranuras. El proyecto prescribirá el sellado del espacio anular exterior al tubo en la boca del taladro, con arcilla u otro material impermeable, de forma que se garantice que el agua salga por el interior del tubo sin dañar las paredes de la perforación. Asimismo, podrán proyectarse drenes californianos sin tubo interior, principalmente en roca sana, donde no resulten esperables movimientos que supongan una obstrucción de la perforación, ni existan materiales que puedan taponarla.





Aguas Captadas: Los caudales y el tiempo durante el cual los drenes californianos aporten agua, dependerán de los volúmenes y condiciones de recarga de las zonas drenadas, así como de la permeabilidad de los materiales en cuestión. Cuando se dispongan como drenaje de materiales de baja permeabilidad, el alivio de presiones puede implicar un periodo de tiempo prolongado, normalmente de varios meses, siendo el caudal evacuado escaso.

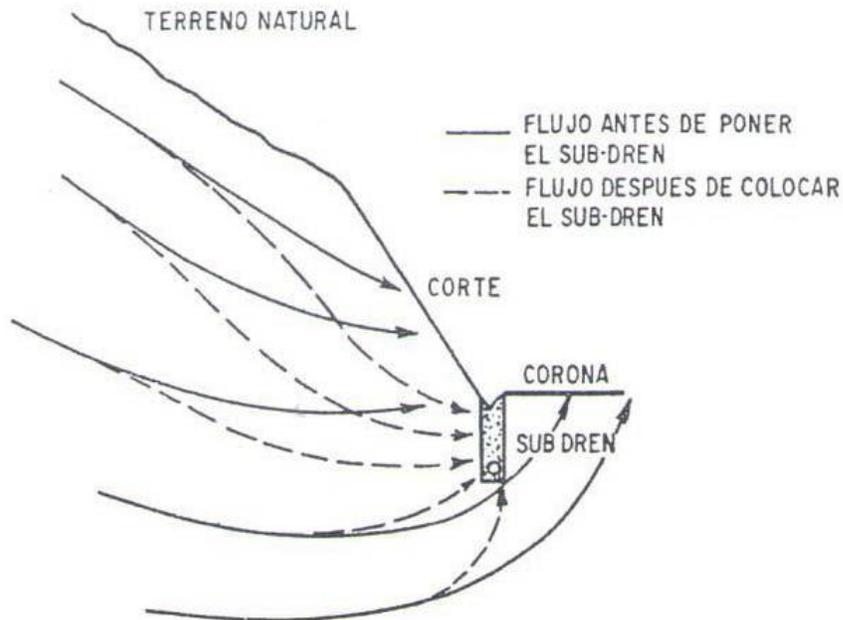
SUBDRENAJE LONGITUDINAL: En laderas inclinadas o en terrenos ondulados y montañosos es común que el agua subterránea fluya según la inclinación de la superficie, guardando el nivel freático una configuración similar a la del terreno, si bien usualmente menos accidentada. Cuando en tales casos haya de hacerse una excavación profunda para alojar una vía terrestre, como es el caso de los cortes, se producirá un flujo hacia la excavación que tendera a saturar los taludes y la cama del corte por ende las principales funciones de los subdrenes longitudinales son las siguientes

- Abatimiento de un nivel freático.
- Eliminación de aguas de infiltración.
- Derivación de las fuentes de agua situadas debajo de la subrasante.

Este flujo puede ser interceptado por un dren longitudinal de zanja, tal como se puede observar en la figura anterior, en la que se esquematizan las direcciones del flujo antes y después de colocar tal instalación. El efecto del subdren de zanja es en este caso interceptar y eliminar el flujo hacia la cama del corte, en menor escala, disminuir la zona eventualmente saturada en el talud.



La mayor parte de los drenes longitudinales que se colocan en carreteras y vías para ferrocarriles tienen tal finalidad, por lo que resulta ser en este caso estructuras cuya principal función es la protección de pavimentos, interceptando un flujo de agua.

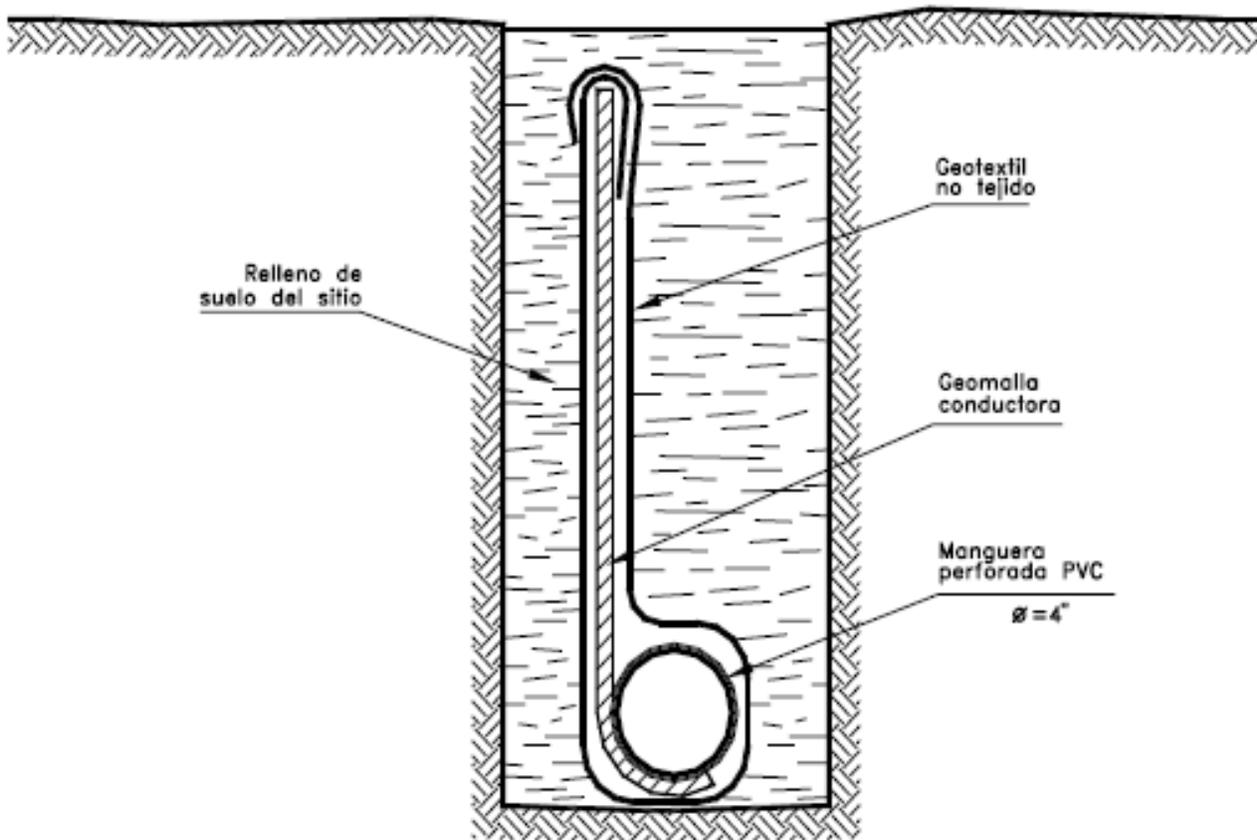
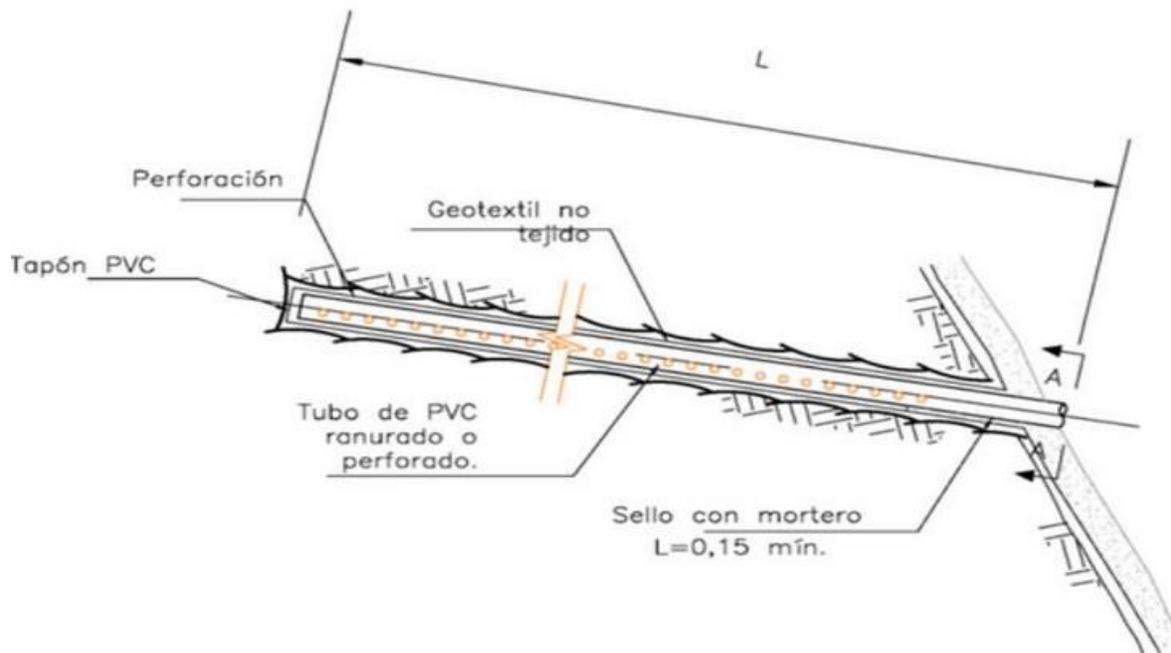


3.6-SUBDRENES SINTETICOS

Debido a la dificultad de obtener materiales naturales para los subdrenes y con el desarrollo de las mallas sintéticas, se está haciendo popular el uso de los subdrenes 100% sintéticos. Estos subdrenes constan de tres elementos básicos:

1. Geomalla. Se trata de una red sintética construida en tal forma que se forman unos canales que facilitan el flujo de agua.
2. Geotextil. La geomalla se envuelve en un geotextil, el cual actúa como filtro impidiendo el paso de partículas de suelo hacia la geomalla y permitiendo a su vez el flujo de agua.
3. Tubo colector perforado. En el extremo inferior de la geomalla y envuelto por el geotextil se coloca una manguera perforada PVC especial para subdrenes, la cual recoge y conduce el agua colectada por la geomalla.





3.7-GEOTEXTILES

Los geotextiles tejidos o no tejidos punzonados con aguja se usan generalmente para lograr un filtro entre la roca y el suelo, con lo cual se evita la socavación y el movimiento del suelo. Son relativamente fáciles de instalar bajo la mayoría de las condiciones, jalando la tela hasta que quede estirada sobre el área del suelo que se va a proteger antes de proceder a colocar el enrocamiento. Es necesario que el geotextil tenga un tamaño aparente de abertura de 0.25 y 0.5mm. A falta de mayor información se usa un geotextil no tejido con aguja con peso de 200 gr/m² para muchas aplicaciones de filtración y separación de suelos.

Entre otras aplicaciones comunes de geotextiles o de materiales geosintéticos para caminos, se incluye el refuerzo de la subrasante a fin de reducir el espesor necesario de la capa de agregado colocada sobre suelos muy débiles; la separación del agregado de los suelos blandos de la subrasante; el refuerzo de estructuras terreas como pueden ser muros de retención y rellenos reforzados; y la recolección de sedimentos mediante barreras contra azolves.

En la actualidad los geotextiles son de uso común para proporcionar zonas de filtro entre materiales de diferentes tamaños y granulometrías debido a que resultan económicos, son fáciles de instalar y se comportan bien dentro de una gran variedad de suelos.



Función de los Geotextiles: El uso de los geotextiles tejidos y no tejidos en los diferentes campos de aplicación puede definirse mediante las funciones que va a desempeñar. A continuación se describen las distintas funciones y aplicaciones que pueden desempeñar los geotextiles, así como las exigencias mecánicas e hidráulicas necesarias para su desarrollo.

Función de Separación: Consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geotécnicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material.

- Entre rellenos y capas de base de piedra.
- Entre taludes y bermas de estabilidad aguas abajo.
- Debajo de campos deportivos y de atletismo.
- Entre capas de drenaje en masas de filtro pobremente gradado.
- Entre diversas zonas de presas de tierra.
- Entre capas antiguas y nuevas de asfalto.

Función de Refuerzo: En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en el servicio de las estructuras, entre las principales aplicaciones están las siguientes de refuerzo de suelos débiles y otros materiales.

- Para reforzar terraplenes.
- Para ayudar en la construcción de taludes pronunciados.
- Para reforzar presas de tierra y roca.
- Para estabilización temporal de taludes.
- Para detener o disminuir la reptación en taludes de suelo.
- Para reforzar pavimentos flexibles con juntas.
- Para mantener colchones de filtro de piedra gradada.
- Para anclar bloques de concreto en muros de retención pequeños.
- Para crear taludes laterales más estables debido a la alta resistencia friccionante.





Función de Drenaje: La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido. A continuación se referencian las aplicaciones de los geotextiles cumpliendo la función de drenaje.



- Como cubierta de drenaje debajo de un relleno de sobrecarga.
- Como un dren detrás de un muro de retención.
- Como un dren debajo de campos deportivos.
- Como un disipador de presión de poros en rellenos de tierra.

Función Filtro: Esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y del poro del geotextil) sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje. A continuación se referencian las aplicaciones de los geotextiles cumpliendo la función de filtro

- En lugar de filtro de suelo granular.
- Debajo de base de piedras para caminos y pistas de aterrizaje pavimentados.
- Alrededor de piedra picada sin subdrenes (drenes franceses).
- Para filtrar rellenos hidráulicos y sanitarios.
- Para proteger el material de drenaje en chimeneas.
- Entre el suelo de relleno y vacíos en muros de retención.
- Entre el suelo de relleno y muros de gaviones.

Función de Impermeabilización: Esta función se consigue desarrollando mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético.

El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas. Principales conceptos y conclusiones relativas al diseño de Filtros.

Prevención de la erosión interna y de la tubificación: La primera regla para evitar la tubificación y la erosión interna es que las partículas del suelo no queden expuestas a espacios abiertos cuyo tamaño sea mayor que ellas mismas.

La segunda regla a tomar en cuenta es el sellado de cualquier grieta, juntas de construcción, contacto entre materiales diversos, etc., que pueda haber en los elementos estructurales de que se haga uso en el drenaje general. Además de las reglas antes indicadas, existen criterios de tipo granulométrico en base a la experiencia donde cada uno de los cuales se deben cumplir en lo posible, para con ello garantizar un correcto desempeño de los filtros, cada uno de estos criterios se citara en capítulos posteriores correspondientes al diseño de filtros.



Prevención de la obstrucción de perforaciones: En tuberías o de fugas de partículas finas del filtro a través de ellas. En los sistemas de subdrenaje es muy frecuente que en el interior de los filtros haya tubería perforada con huecos circulares o ranurados, con el objeto de recolectar y eliminar rápidamente las aguas.

Se plantea la necesidad de que el material del filtro sea lo suficientemente grueso como para que no se fugue a través de tales perforaciones y para que no las obstruya.

Requerimientos de permeabilidad en el material filtro: Se trata ahora de seleccionar el material del filtro de manera que se garantice suficiente capacidad de descarga como para eliminar rápida y eficazmente las aguas que se colecten, sin que se generen fuerzas de filtración o presiones perjudiciales.

Requerimientos de Segregación: Un peligro siempre presente en la construcción de filtros para subdrenaje es el cambio de las características granulométricas de cualquier mezcla por segregación durante la colocación, para ello se exige, entre otros factores que, la curva granulométrica del material filtrante sea suave, sin discontinuidades que delaten escasez de algún tamaño intermedio, con el mismo objeto se recomienda que el material filtrante se coloque con cierta humedad, si bien cuidando no adoptar una que perjudique la facilidad de lograr una buena compactación.

Disposición de las perforaciones en tuberías: Como se ha dicho, es muy común que en los sistemas de subdrenaje haya tubería perforada, embebida dentro del material filtrante. El objetivo del tubo es evidentemente proporcionar una fácil y rápida conducción al agua y el objeto de las perforaciones es permitir el acceso del agua al interior del tubo.

4-CAMBIOS DE GEOMETRIA EN TALUDES

El cambio de geometría de un determinado talud puede realizarse mediante soluciones tales como la disminución de la pendiente a un ángulo menor, la disminución de la altura (especialmente en suelos con comportamiento cohesivo) y la colocación del material en la base o pie del talud (construcción de una berma).

El estado tensional de un talud depende de su configuración geométrica y del estado de tensiones del macizo rocoso previo a la excavación. La consecuencia directa de realizar un cambio favorable en la geometría de un talud es disminuir los esfuerzos que causan la inestabilidad y en el caso de implantación de una berma, el aumento de la fuerza resistente.

Es importante destacar que la construcción de una berma al pie de un talud debe tomar en cuenta la posibilidad de causar inestabilidad en los taludes que se encuentran debajo, además, se deben de tomar las provisiones para drenar el agua que pueda almacenarse dentro de la berma, ya que es probable que haya un



aumento de la presión de los poros en los sectores inferiores de la superficie de falla, lo que acrecienta la inestabilidad.

Cuando un talud es inestable o su inestabilidad resulta precaria, una forma de actuar sobre él es modificando su geometría, para obtener una nueva configuración que resulte estable. Esta modificación busca obtener al menos uno de los dos efectos siguientes:

- * Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa
- * Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes a la superficie de rotura.

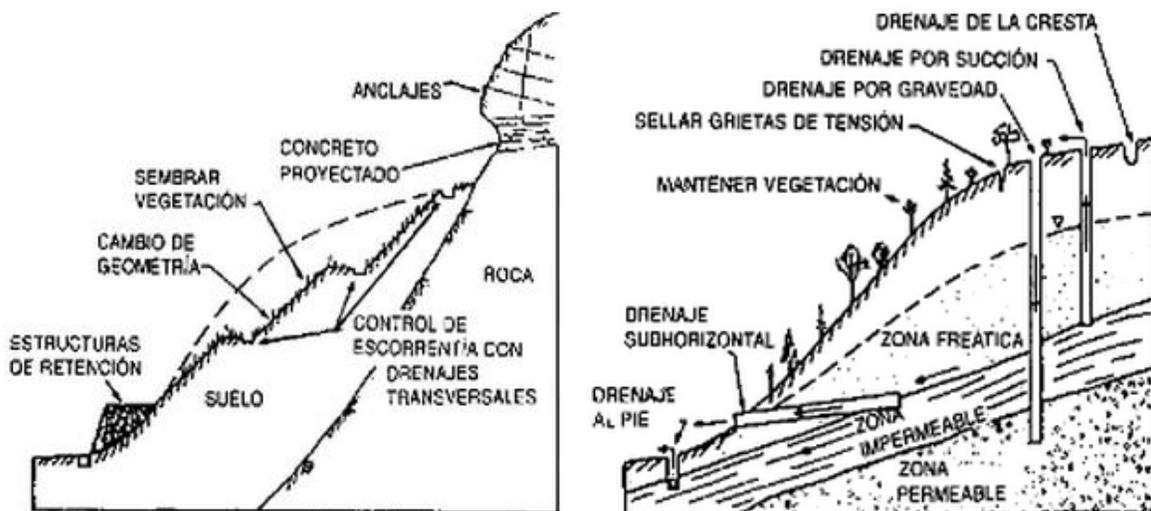
Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo es incrementando el volumen en el pie del mismo. Los cambios de geometría de un talud están definidos por ciertos aspectos fundamentales:

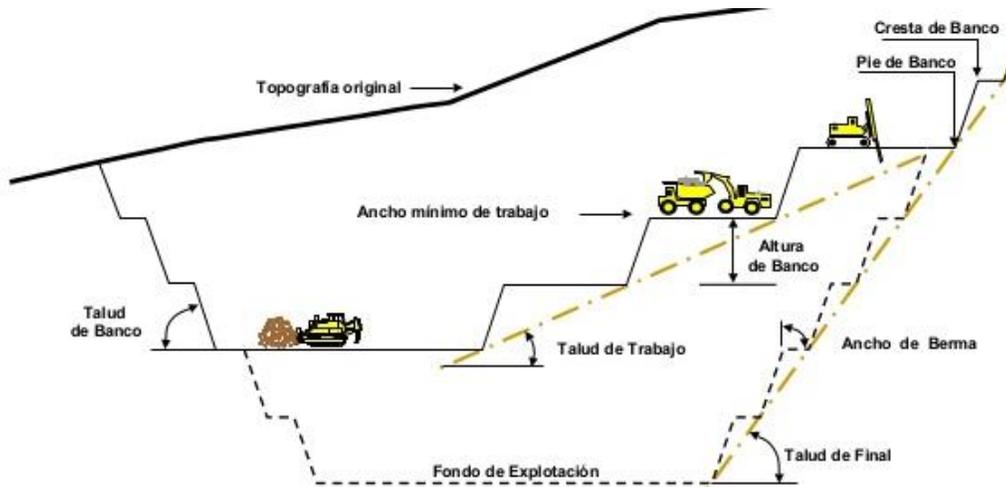
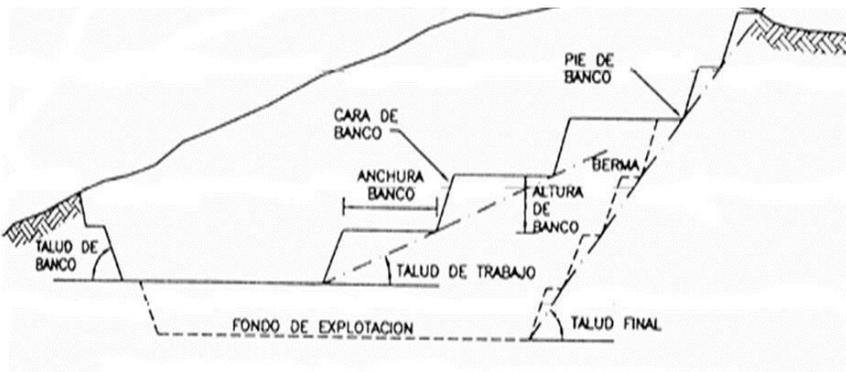
Factores geomorfológicos: los cuales denotan la topografía del terreno, la geometría del talud, la distribución de las estratificaciones, meteorizaciones.

Factores geotécnicos: las propiedades mecánicas del suelo como la resistencia de los materiales constitutivos de este, los esfuerzos actuantes, como los empujes a los que están sometidos.

Factores hidrogeológicos: presencia de agua superficial y subterránea, variaciones de nivel freático por situaciones estacionarias u obras realizadas por el hombre (presas).

Factor antrópico: intervención del hombre con obras de ingeniería como relleno o excavaciones tanto de obra civil como de minería (taludes artificiales).





Los cambios que se presentan en la geometría de un talud, ocurren durante los fenómenos de falla:

TIPO DE FALLA	FORMA	DEFINICION
Desprendimientos	Caída libre	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que descienden en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida.



	Desparramamiento lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamiento de escombros	Mezcla de suelo y pedazos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalanchas	De roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo-roca donde no se distingue la estructura original del material.
Flujo	De escombros	Suelo o suelo-roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla. Usualmente originado por exceso de presiones de poros.
Repteo		Movimiento lento e imperceptible talud abajo de una masa de suelo o suelo-roca

Existen cambios de geometría con tres factores:

- *Descabezamiento
- *Construcción de tacones de tierra o escolleras
- *Construcción de bermas intermedias

Descabezamiento: consiste en la eliminación del material de la parte superior de la masa potencialmente deslizante .Es en dicha zona donde el peso del material contribuye más al deslizamiento y menos a la resistencia del mismo, dado que en la parte superior de la superficie de deslizamiento es donde tiene su máxima inclinación.

Tacones de tierra o escolleras: Otra opción que podría plantearse para mejorar la estabilidad del talud y aumentar su FS, siendo complementaria con las anteriores y especialmente con la ejecución de berma, sería la realización de un tacón inferior a modo de escollera (pudiendo aprovecharse en parte el material extraído



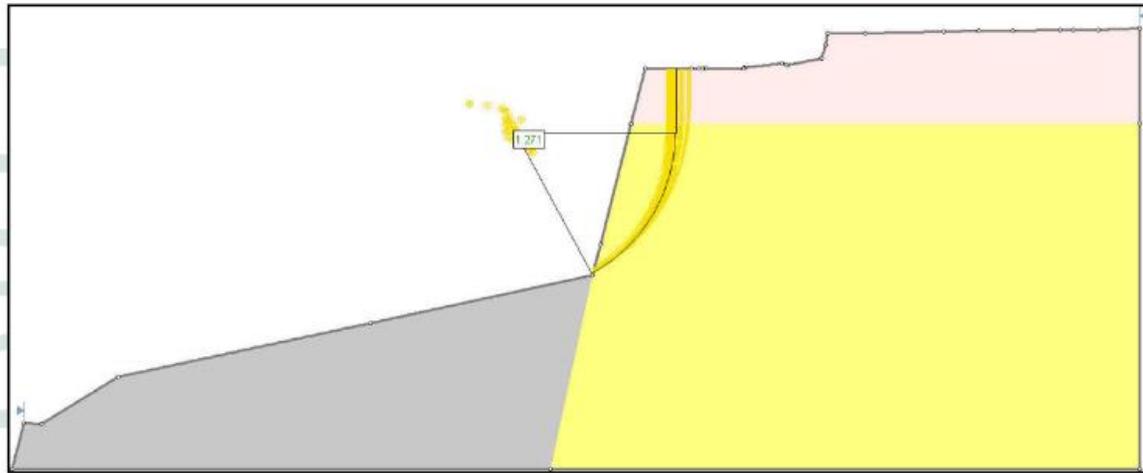
de la parte superior, a modo de muro de gravedad. De esta manera la ejecución de muro de gaviones, escollera o muro de gravedad en la parte inferior del talud, tendría por objeto:

- Aumentar la estabilidad del talud al añadir peso a la parte baja del mismo, aumentando la contribución de las fuerzas estabilizantes.
- Contribuir a la preservación del talud en casos de avenida máxima, y ante procesos erosivos en la base del mismo, como consecuencia de la acción dinámica de los ríos.

Esta opción de refuerzo en la parte inferior, podría ejecutarse de manera independiente a la opción de descabezamiento o berma superior.

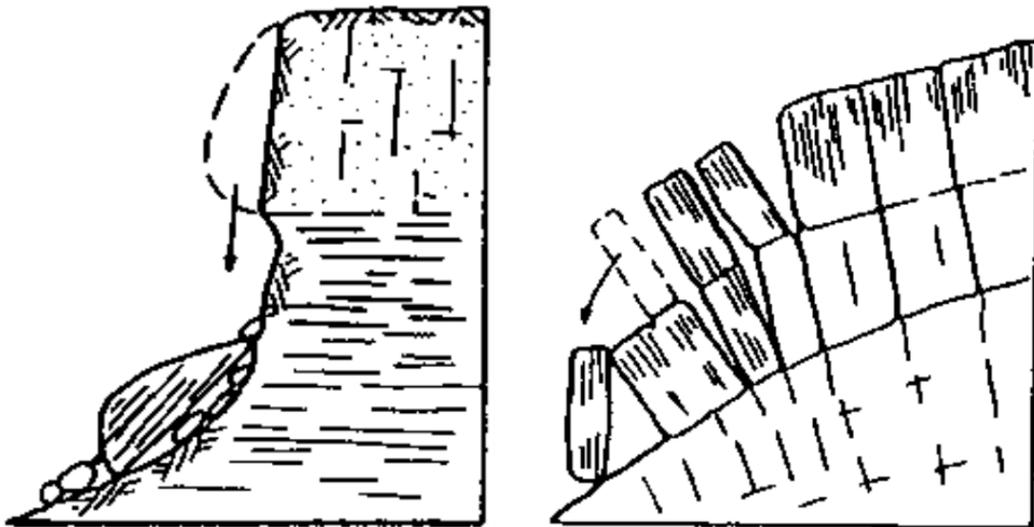


Berma: Se trata de un descabezamiento en la parte superior del talud, que es donde el peso del material contribuye más al deslizamiento y menos a la resistencia al mismo. Se ha observado que las líneas de rotura más desfavorables se concentran en zonas cercanas al borde del talud, descartándose (en condiciones estáticas) una rotura global del mismo. La berma (en este caso, al tratarse de una berma superior, coincide con un descabezamiento del talud) contribuiría a aumentar el FS de las líneas de rotura más próximas al talud.



Los desprendimientos o caídas son relevantes desde el punto de vista de la ingeniería porque la caída de uno o varios bloques puede ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior y podría originar una destrucción masiva.

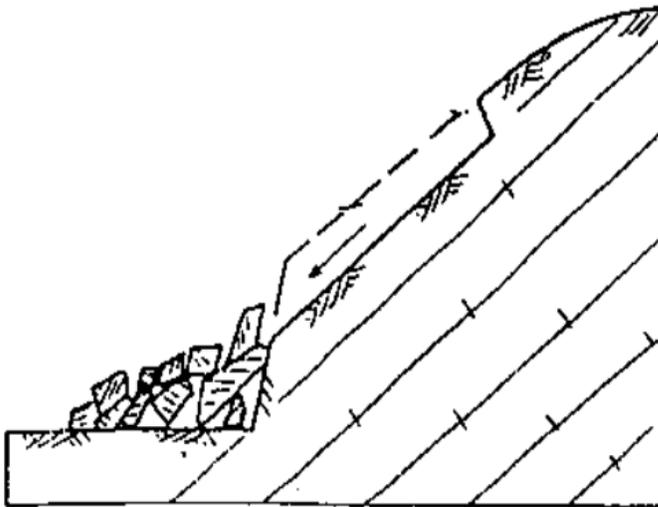
Los desprendimientos se producen comúnmente en taludes verticales o casi verticales en suelos débiles a moderadamente fuertes y en macizos rocosos fracturados. Generalmente, antes de la falla ocurre un desplazamiento, el cual puede ser identificado por la presencia de grietas de tensión.



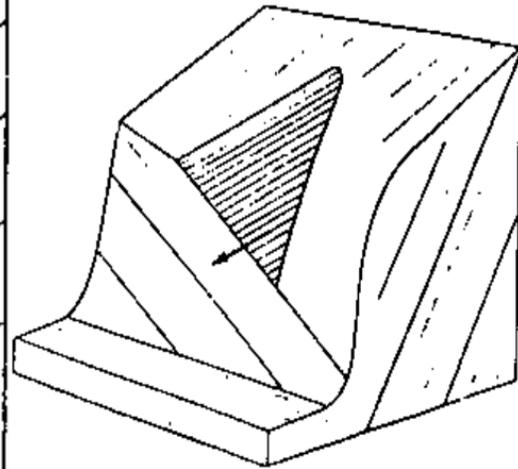
Derrumbes: Los derrumbes se encuentran asociados a fallas en suelos y rocas, y de acuerdo con la forma de la superficie de falla se subdividen en rotacionales y planares.

Derrumbes planares: Los derrumbes planares consisten en el movimiento de un bloque (o bloques) de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. Estos derrumbes pueden ocurrir lenta o rápidamente.

Los deslizamientos planares en macizos rocosos consisten en el deslizamiento como una unidad o unidades (bloques) talud abajo, a lo largo de una o más superficies planas. También se puede generar una falla de cuña a lo largo de la intersección de dos planos, consistente de uno o varios bloques de pequeño a gran tamaño. Los deslizamientos en bloque pueden ser destructivos especialmente en regiones montañosas donde los deslizamientos masivos de roca resultan desastrosos y en muchos casos no pueden ser prevenidos.



Deslizamiento planar en macizo rocoso



Deslizamiento en forma de cuña

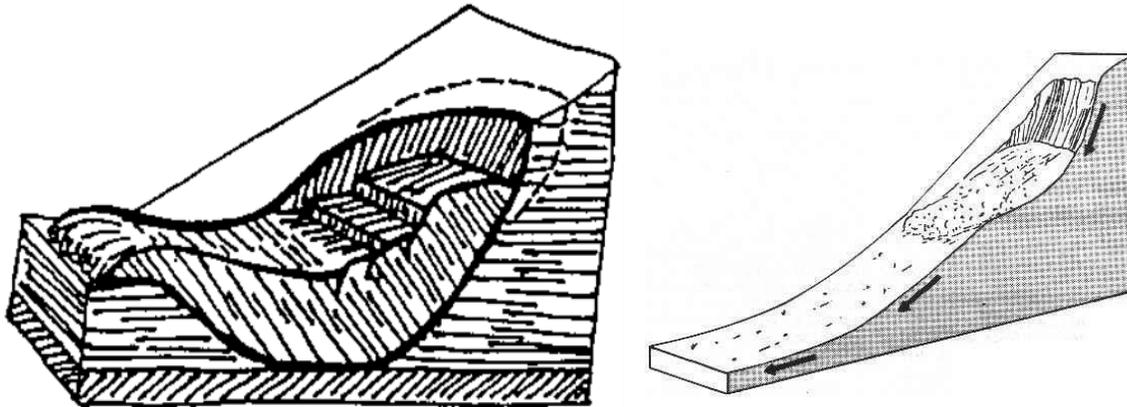
Los deslizamientos planares suelen ocurrir en:

- Rocas sedimentarias que tengan una inclinación similar o menor a la pared de la cara del talud.
- Discontinuidades, tales como fallas, foliaciones o diaclasas que forman largos y continuos planos de debilidad que interceptan la superficie del talud.
- Intersección de diaclasas o discontinuidades que dan como resultado la falla de un bloque en forma de cuña.



En general, durante los períodos iniciales de la falla se generan grietas de tracción con un pequeño desplazamiento, luego se pueden observar escarpes frescos que dejan los bloques con posterioridad al movimiento. En algunos casos, este movimiento deja sin vegetación la zona deslizada y los escombros quedan expuestos al pie del talud.

Derrumbes rotacionales: Los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente en forma de cuchara y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizada. Al finalizar, la masa se desplaza sustancialmente y deja un escarpe en la cresta.



Derrumbe rotacional: La principal causa de este tipo de falla es el incremento de la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración; sus consecuencias no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizada o sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados. En las etapas tempranas del deslizamiento se forman grietas de tensión, luego de la falla parcial se genera una serie de pequeños hundimientos y escarpes, y al momento de la falla total se pueden apreciar varios escarpes en la superficie además de grietas de tensión concéntricas y profundas, así como una gran masa de material incoherente al pie del talud.

Desparramamiento lateral y falla progresiva: Los desparramamientos laterales son una forma de falla planar que ocurre en suelos y rocas. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana que representa una zona débil. Los bloques se separan progresivamente por tensión.





Desparramamiento lateral: Este tipo de falla es común en valles de ríos y se asocia también con arcillas firmes y duras fisuradas, lutitas y estratos con buzamiento horizontal y una zona continua de debilidad. También se presenta en coluvios con pendientes suaves que se encuentran sobre suelos residuales o rocas.

Los desparramamientos laterales pueden activarse repentinamente por eventos sísmicos. Sin embargo, bajo acciones gravitacionales se generan grietas de tensión. Durante la falla progresiva, las grietas de tensión se abren y los escarpes forman grandes bloques.

Deslizamiento de escombros: En los deslizamientos de escombros, una masa de suelo o mezcla de suelo y fragmentos de roca se mueven como una unidad a lo largo de superficies planas con alta inclinación. Estos deslizamientos ocurren de manera progresiva y pueden convertirse en avalanchas o flujos. Las principales causas de deslizamientos de escombros son el incremento de las fuerzas de filtración y la inclinación del talud. La ocurrencia de este tipo de deslizamiento es común en suelos residuales y depósitos coluviales que reposan sobre una superficie de roca.

Avalanchas: Las avalanchas son el movimiento rápido de escombros, de suelo o de roca y puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla. Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados.

Las principales causas de avalanchas son las altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad, derretimiento de nieve, sismos o deslizamiento gradual de los estratos de roca. Las avalanchas ocurren de manera brusca sin previo aviso y generalmente son impredecibles. Los efectos pueden ser desastrosos y pueden sepultar extensas áreas al pie del talud. Las avalanchas son características de zonas montañosas con pendientes muy inclinadas en suelos residuales donde la topografía causa concentración de la escorrentía. También se puede presentar en zonas de roca muy fracturada.



Flujo de escombros: Este tipo de falla es similar a las avalanchas, excepto que la cantidad de agua es mayor y por ello la masa fluye como lodo. La principal causa es el aporte de grandes lluvias y material suelto en la superficie.

Repteo: El repteo consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud frente a bajos niveles de esfuerzos que generalmente afectan a las porciones más superficiales del talud, aunque también puede afectar a porciones profundas cuando existe un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicador de condiciones favorables para el deslizamiento. El repteo es característico en materiales cohesivos y rocas blandas como lutitas y sales, en taludes moderadamente empinados a empinados. Los rasgos característicos del repteo son la presencia de crestas paralelas y transversales a la máxima pendiente del talud y postes de cerca inclinados.

Erosión: La erosión puede ser causada por agentes naturales y humanos. Entre los agentes naturales se pueden incluir el agua de escorrentía, aguas subterráneas, olas, corrientes y viento. La erosión por agentes humanos incluye cualquier actividad que permite un incremento de la velocidad del agua, especialmente en taludes sin protección, como la tala de árboles u otro tipo de vegetación que ayuda a fijar el suelo y mejorar la estabilidad del talud.

La erosión puede causar la pérdida de soporte de fundación de estructuras, pavimentos, rellenos y otras obras de ingeniería. En terrenos montañosos, incrementa la incidencia de taludes inestables y puede resultar en la pérdida de vías u otras estructuras. La sedimentación y arrastre de aluviones son otros efectos importantes de la erosión que en los lagos o embalses incrementan la turbidez de las aguas y crean un peligro para la vida acuática, contaminan el agua potable y reducen la capacidad de almacenamiento de los embalses y por tanto su vida útil.

Existen ciertos procedimientos para controlar la erosión y sedimentación. En bancos de ríos y canales, la protección se puede proveer con estructuras de retención, revestimiento de concreto y cascajo. En taludes, la protección consiste en:

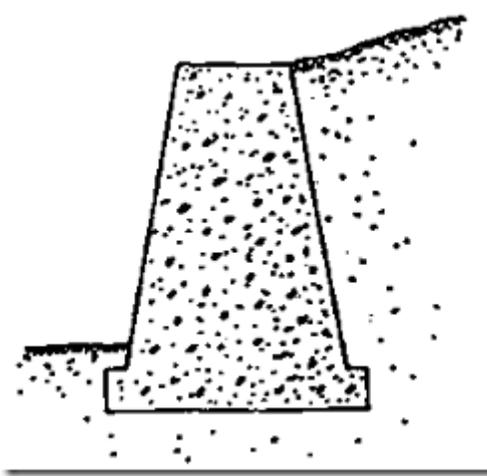
-Sembrar vegetación de rápido crecimiento además de instalar un sistema de control del drenaje superficial.

-Instalar fajinas en la dirección transversal del talud, las cuales se pueden sujetar con estacas.

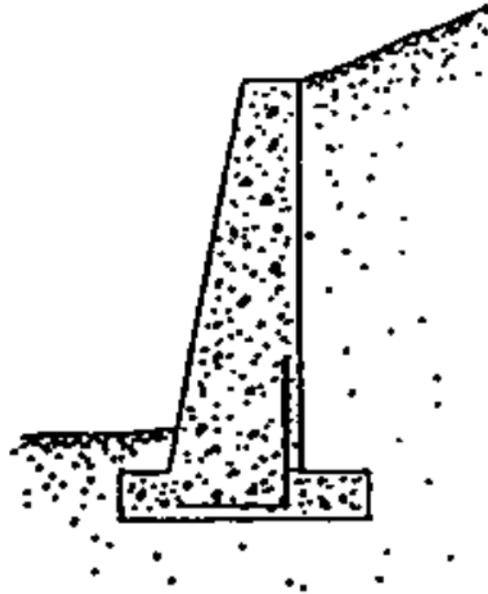
-Sellar las grietas superficiales con concreto, suelo o asfalto para prevenir la infiltración, lo cual reduce la erosión.



Muros de gravedad y en cantiliver: La estabilidad de un muro de gravedad se debe a su peso propio y a la resistencia pasiva que se genera en la parte frontal del mismo. Las soluciones de este tipo son antieconómicas porque el material de construcción se usa solamente por su peso muerto, en cambio los muros en cantiliver hechos de concreto armado, son más económicos porque son del mismo material del relleno, el que aporta la mayor parte del peso muerto requerido.



a) Muro de gravedad



b) Muro de semigravedad

Muro en Cantilever: Se debe tener en cuenta que al poner una estructura con un material de muy baja permeabilidad, como el concreto, al frente de un talud de suelo que almacene agua en su estructura, es muy probable que aumente la presión hidrostática en la parte posterior del muro. Para evitar este problema se debe colocar drenajes subhorizontales a diferentes alturas del muro con el objetivo de disipar el exceso de presión.

Un tipo de muro de gravedad que ayuda en este aspecto, es el muro de gavión que al no tener ningún agente cohesionante más que la malla que une los gaviones, permite el paso de agua a través de los mismos. Estos muros además de ser comparativamente económicos, tienen la ventaja de tolerar grandes deformaciones sin perder resistencia.



5.-GRIETAS DE TENSION EN TALUD

Grieta que se forma debido a las fuerzas tensionales que actúan durante la deformación. Normalmente se rellena de cuarzo y rara vez de otros minerales. Las grietas de tensión aparecen:

- En las terminaciones de la corteza, que provoca la presión.
- Formando un ángulo oblicuo entre dos planos de cizalla

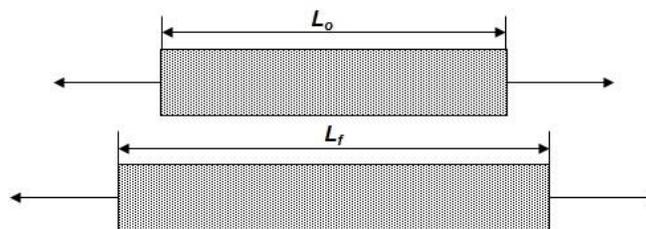
Grietas en tensión: Una de las causas responsable de los daños En construcciones es la fuerza de tensión horizontal. La ingeniería sobre el comportamiento y diseño de cimentaciones cerca o sobre taludes. La diferencia fundamental de un cimiento en terreno plano y uno sobre un talud o ladera es la falta de confinamiento lateral para el suelo de fundación en el caso de un talud. Esta falta de confinamiento puede generar los siguientes problemas: Aparición de esfuerzos de tensión en el suelo de cimentación y la posibilidad de agrietamiento del suelo, la cimentación, la mampostería y la estructura.

La disminución de la capacidad de soporte del suelo de cimentación debida a la presencia del talud. La variación de los módulos de reacción del suelo a medida que la cimentación se acerca al talud, lo cual puede crear asentamientos diferenciales. La falla de los taludes al cortante, la cual se evalúa mediante sistemas de equilibrio límite.

Los esfuerzos de tensión en el suelo cerca a los taludes La falta de confinamiento lateral puede inducir esfuerzos de tensión en el suelo. Existen teorías comprobadas en modelos de laboratorio y en el campo que permiten determinar la localización y características de estas grietas de tensión. Las grietas de tensión se forman en la corona de taludes en suelos cohesivos debido a la baja resistencia del suelo a los esfuerzos de tensión. La profundidad de las grietas de tensión puede obtenerse teóricamente por medio de la ecuación:

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma} \tan^2 \left(45 + \frac{1}{2} \phi \right)$$

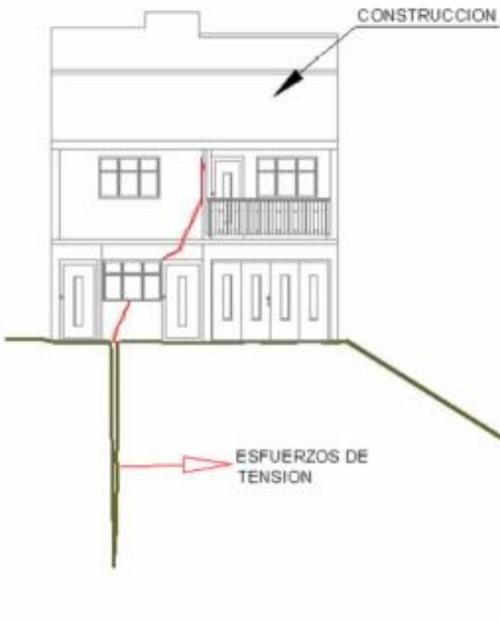
Donde:



Elemento sometido a tensión.

Z _c =PROFUNDIDAD DE LA GRIETA DE TENSION
C=COHESION
O/=ANGULO DE FRICCION
V=PESO UNITARIO DEL SUELO





Ocurrencia de agrietamientos relacionados con los esfuerzos de tensión cerca de la corona de un talud.

Estas grietas se forman a corto plazo después de la realización de cortes en los taludes y su profundidad trata de aumentar con el tiempo. Igualmente en materiales estructurados como suelos residuales o rocas blandas, la debilidad de las fracturas permite la formación de grietas de tensión.

Comúnmente estas grietas de tensión se traducen en grietas en el piso de las construcciones y ocasionalmente en fisuras o grietas en las vigas de amarre de la cimentación y en los elementos de mampostería.

En el período de diseño estas grietas de tensión generalmente no son tenidas en cuenta como parámetro, pero una vez aparecen las grietas o fisuras en las construcciones existen pocas maneras de resolver el problema.

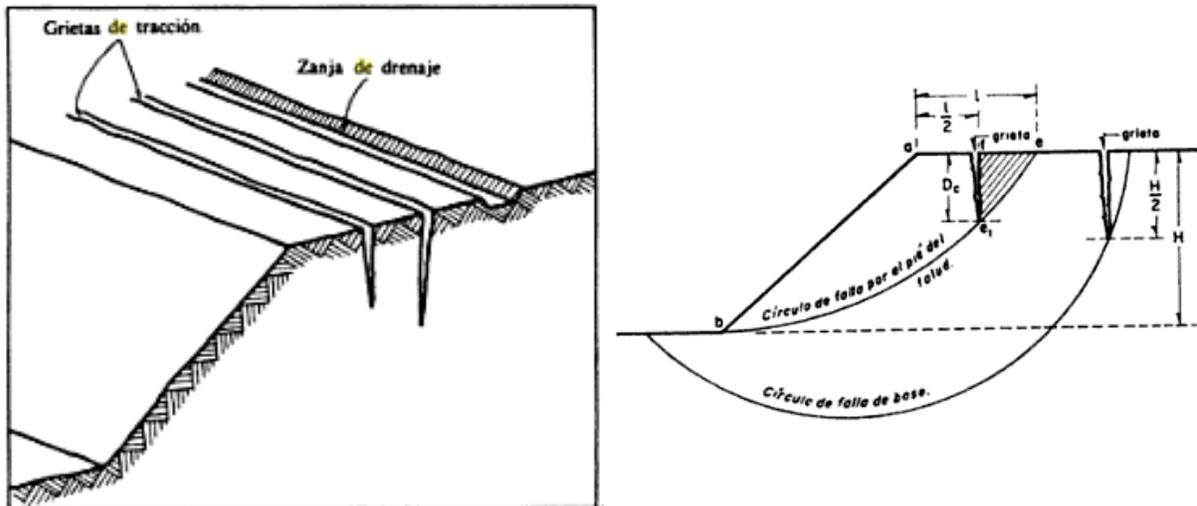
Las grietas de tensión pueden terminar en un problema de estabilidad general del talud y en ocasiones en el colapso o falla de elementos estructurales.

Es un hecho experimental que antes de incurrir un deslizamiento de tierras en el cuerpo de un talud que no sea puramente friccionante aparecen en la corona grietas más o menos longitudinales: esto es indicativo de la existencia de un estado de tensiones en esta zona.



La aparición de las grietas causa, en general los siguientes efectos.

- Una reducción en la longitud de la superficie de deslizamiento, con la correspondiente disminución en el momento resistente
- Disminución del momento motor, que se reduce en el peso de la cuña
- Una generación de empujes hidrostáticos causados por el agua de lluvia cuando se almacena en la grieta, estos empujes son desfavorables a la estabilidad del talud



Mecanismos de Generación y Propagación de Grietas

Las grietas son planos de separación o rotura presentes en una formación rocosa y que pueden variar desde unos cuantos centímetros hasta varios metros de tamaño, están relacionadas con procesos tectónicos o con procesos de hundimiento diferencial del suelo.

Cualquier cuerpo sólido puede experimentar una deformación que genera grietas cuando se somete a fuerzas externas y pierde continuidad entre dos o más de sus partes.

Estudios realizados acerca del comportamiento mecánico y la fracturación del sistema lacustre de la CM (Orozco y Figueroa, 1991) señalan que las fracturas solo aparecen en zonas de transiciones estratigráficas laterales y en zonas que tienen un alto nivel de hundimiento.

La mayoría de estas fracturas se inician a profundidad y se propagan hacia la superficie, pero existen otros factores geológicos que determinan la susceptibilidad a la fracturación tales como:



- Las características de una secuencia sedimentaria, como el ambiente de depósito y estructuras pre-existentes en el basamento.
- Los cambios verticales y horizontales en la granulometría de la formación sedimentaria.
- La permeabilidad del terreno que condiciona el comportamiento mecánico de los materiales.
- La interacción de factores geológicos que actúan como aceleradores que rompen el equilibrio mecánico del sistema.
- La variación del espesor de los sedimentos y la humedad determinan la forma de las fracturas, su evolución y lo que sucede a sus alrededores.
- La variación mineralógica en el material arcilloso se puede traducir en movimientos de compresibilidad y fracturación por efecto de la deformación diferencial.

Holzter y colaboradores (1976) afirman que las grietas se presentan en puntos de máxima curvatura donde se presenta el hundimiento y que la topografía de la roca basal es un factor importante. Larson (1983) propuso una lista de lugares en donde comúnmente la aparición de las grietas es más susceptible debido al abatimiento del agua subterránea

- Sobre el eje del lomo de un talud.
- En la orilla de un talud o un frente móvil de hundimientos.
- Sobre el lomo de un talud sepultado.
- Sobre el contacto de dos facies sedimentarias de distinta compresibilidad.



-Las deformaciones horizontales asociadas a hundimientos diferenciales.

- Fuerzas de infiltración que generan tensión

-Tensión provocada por la contracción horizontal en la zona donde se extrae agua subterránea (Holtzer and Davis, 1976)

Uno de los principales factores generadores de grietas en sedimentos lacustres es el desequilibrio mecánico causado por la alteración de las propiedades físicas del sistema en tiempos muy cortos. Existen fenómenos naturales que actúan como mecanismos generadores de fracturas, como son la actividad sísmica y las inundaciones causadas por lluvias torrenciales; sin embargo, los mecanismos más importantes son los procesos provocados por actividades humanas.

Las grietas han sido clasificadas en tres grupos principales de acuerdo con las causas externas o el mecanismo por el cual son generadas:

- La variación del contenido de agua de la formación: el agrietamiento comienza cuando una variación del contenido de agua produce un cambio en forma rápida en el estado de esfuerzos en las formaciones arcillosas, las fuerzas de tensión son provocadas por la evaporación.

En el primer ciclo de secado del suelo se generan fracturas provocando grietas muy cercanas entre si y en un ciclo posterior se genera otro agrietamiento con separaciones mayores e irregulares.

Las grietas por variación del contenido de agua son tradicionales en el Lagos, generalmente son de trazo irregular con una separación hasta de cientos de metros, normalmente tienen una dirección preferencial, aparecen durante la temporada de lluvias, su abertura puede ser de unos cuantos centímetros hasta medio metro. Aparecen repentinamente y se azolvan en pocos meses con arcillas y limos transportados por el viento y los escurrimientos.

Este tipo de grietas generalmente se encuentran rellenas por material fino o por arena con incrustaciones de caliche y tequesquite (sales minerales). Estas grietas no atraviesan construcciones importantes ya que generalmente solo se aproximan a las construcciones y desaparecen cerca de estas.

El asentamiento diferencial provocado por el hundimiento regional: debido al hundimiento regional se manifiestan grietas generadas por la tensión que se produce, generalmente este tipo de grietas sigue trayectorias semejantes a las curvas de nivel topográfico o el contorno de alguna formación subterránea con mayor rigidez que las formaciones arcillosas. Su longitud es superior a 100 metros, generalmente existe un desnivel entre las grietas, quedando el más alto hacia la zona en que aumenta la elevación del terreno.

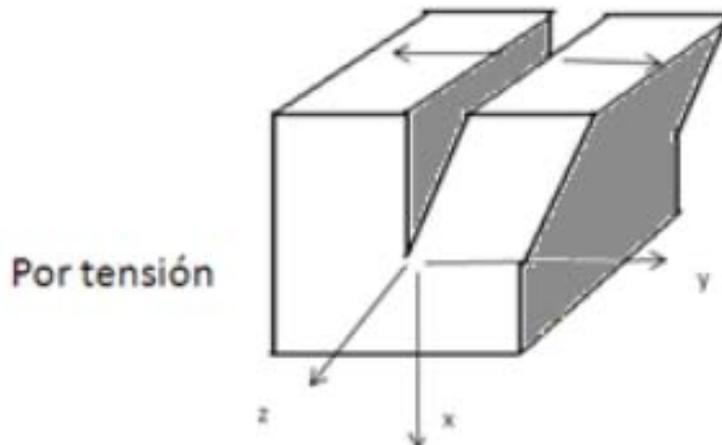


Se presentan en cualquier época del año, aunque las lluvias favorecen su aparición y en ocasiones se manifiestan periódicamente en la misma zona.

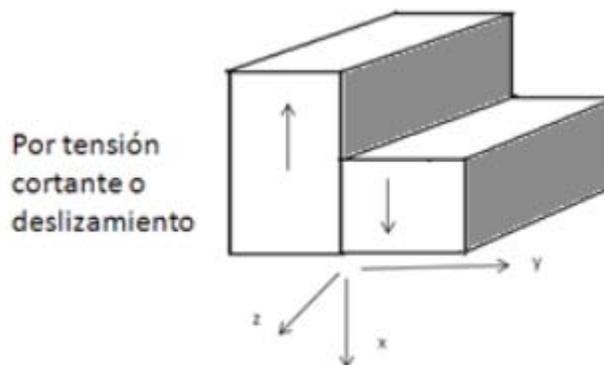
- La rápida variación de esfuerzos horizontales: es provocado por excavación o por la aplicación de cargas horizontales; por ejemplo, las excavaciones requeridas por plantas de tratamiento para la construcción de estructuras de concreto para tanques de 30 o 40 m de diámetro y profundidades de 4.5 m, aproximadamente, la perforación de pozos, el hincado de pilotes, etc.

Propagación de grietas: Los principales factores que determinan la propagación de grietas son el desequilibrio mecánico producido por sobrecarga estática y dinámica y la despresurización del medio geológico debido a la extracción de los recursos naturales del subsuelo como agua, petróleo o gas. Las grietas pueden desarrollarse o propagarse de tres distintos modos:

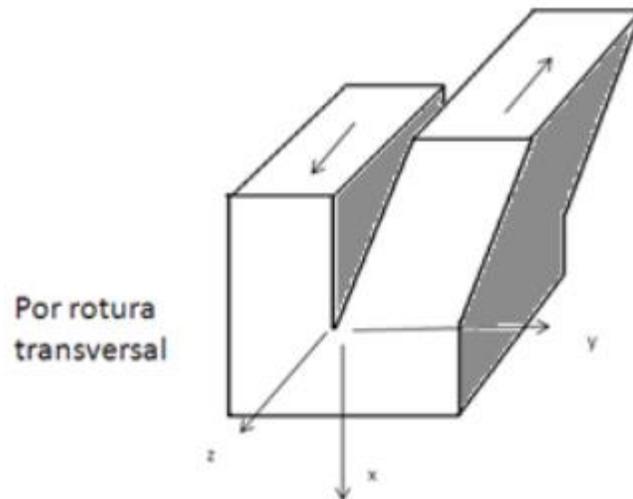
Por tensión: este tipo de grietas se generan cuando un esfuerzo de tensión separa entre sí las caras de la grieta, es decir, se observa una abertura simétrica con desplazamiento relativo entre las caras correspondientes perpendicular a la superficie de la fractura, se aplica tensión normal al plano de fractura.



Por tensión cortante o deslizamiento: las caras de las grietas se deslizan una sobre la otra en dirección perpendicular a su vértice por la separación asimétrica por lo que se presenta un desplazamiento tangencial y perpendicular al frente de la grieta denominándose falla a causa del movimiento ocurrido.



Por rotura transversal o por tensión cortante y torsión: las caras de las grietas se deslizan una sobre la otra pero con un desplazamiento paralelo al frente de la grieta y ocasionado por la inducción de un esfuerzo de torsión



Grietas de Cocodrilo: Son grietas entrelazadas que forman una serie de cuadrillos parecidas a la piel que cubre a un cocodrilo o tela metálica. Causa: en la mayoría de los casos estas grietas son causadas por el asentamiento de la superficie sobre una capa interior granular o subsuelo que es inestable debido a su estado de saturación, o sea, mojada. Por lo regular las áreas afectada son pequeñas. Sin embargo, muchas veces cubren secciones enteras. En otros casos la grieta aparece por el efecto de las cargas repetidas que exceden la capacidad de carga para la cual fue diseñado el pavimento de un tramo de vía.

Grietas de Borde: Son grietas longitudinales que ocurren como a un pie del borde del pavimento, con o sin grietas transversales, y que se ramifican hacia el paseo de la vía. Causa: Regularmente estas grietas son debido a fallas del soporte lateral que proporciona el paseo. Estas grietas también pueden ser causadas porque el material debajo del área agrietada ha sufrido o ha cedido a un drenaje pobre, a encogimiento del terreno circundante, o a vegetación existente cerca del borde del pavimento.

Grietas de la Junta del Bordillo: Esta grieta es la separación de la junta entre el pavimento y el paseo. Causa: La causa mas común de este tipo de grietas es el que alternadamente se mojen y se sequen las capas de debajo de la superficie del paseo. Esta condición puede resultar de varios factores tales como, pobre drenaje debido a que el paseo este más alto que la capa de pavimento, un lomo de tierra o hierba, asentamiento del paseo, encogimiento de la mezcla asfáltica o el paso de camiones con las gomas a lo largo de la junta, todo lo cual acumula agua que se filtra a lo largo de la junta.



Grietas de Junta de Carril: Estas grietas son separaciones longitudinales a lo largo de la costura que separa dos carriles de una vía. Causa: Este tipo de grietas se debe a la flexibilidad de la costura entre las capas adyacentes de dos carriles del pavimento.

Grietas de Reflejo: Estas grietas son llamadas así porque reflejan en las capas superpuestas de asfalto, el mismo patrón de agrietamiento que ocurre en las capas que están inmediatamente debajo. La forma de la grieta puede ser longitudinal, diagonal, transversal, diagonal o en forma de bloque. Ocurren principalmente cuando la grieta que se ha tratado de cubrir no ha sido bien reparada. Causa: Las grietas de reflejo son causadas por el movimiento debajo de la capa superpuesta. Estos movimientos a su vez son ocasionados por la expansión o contracción que causan los cambios de humedad o temperatura. Estas grietas también las causan los movimientos del tráfico o del terreno, y también la pérdida de humedad en la rasante.

Grietas de Contracción: Estas son grietas entrelazadas que forman una serie de cuadros grandes, y que tienen por lo general, esquinas o ángulos agudos. Causa: Estas grietas pueden ser a causa del cambio de volumen en la capa de base o en la mezcla asfáltica, o en la subrasante. Es difícil determinar en cual de estas ocurre el cambio de volumen, pero frecuentemente estas grietas son causadas por el cambio en volumen del agregado fino, en mezclas asfálticas que contienen un alto porcentaje de asfalto de penetración baja. Luego, la falta de tráfico acelera el agrietamiento por encogimiento en estos pavimentos.

Grietas de Resbalamiento: Estas son grietas que tienen forma de media luna y casi siempre se forman en dirección del empuje de las ruedas sobre la superficie del pavimento, aunque también pueden formarse en dirección contraria. Causa: Estas grietas se forman debido a la falta de una buena adherencia entre la capa de superficie y la capa que queda debajo. La falta de adherencia se puede deber a la presencia de algún contaminante o a la falta de una capa, como polvo, aceite, goma, sucio, agua o cualquier otro material no adherente entre las dos capas. Las grietas de resbalamiento también pueden ser causadas por haberse usado una mezcla asfáltica que contenga demasiada arena o por haber compactado bien el material, durante la construcción.

Grietas de Ensanche: Estas son grietas longitudinales de reflejo, que se manifiestan en la capa asfáltica superpuesta, sobre la junta, entre el pavimento y la sección nueva de ensanche.







6.-TIPOS DE ANCLAJE EN TALUDES

Los anclajes al terreno se utilizan para sostener y dar resistencia a una superficie de dudosa estabilidad. Los suelos suelen ser formaciones de materiales de mala calidad con poca tensión. Sin embargo, el acero aporta una gran tensión. El concepto fundamental del anclaje al terreno es conseguir un sostenimiento efectivo mediante la instalación de barras de acero y su posterior inyectado, todo en un reducido espacio de talud o excavación.

Los anclajes al terreno se utilizan para sostener y dar resistencia a una superficie de dudosa estabilidad. Los suelos suelen ser formaciones de materiales de mala calidad con poca tensión. Sin embargo, el acero aporta una gran tensión. El concepto fundamental del anclaje al terreno es conseguir una estabilidad efectiva mediante la instalación de barras de acero y su posterior inyectado, todo en un reducido espacio de talud o excavación. Un anclaje al terreno es comúnmente denominado como un sistema pasivo de anclado, es decir, no es pretensionado como los anclajes convencionales.

Los inicios del anclaje: El uso de anclas en suelo y roca es un método seguro y confiable para la estabilización de dichos materiales en diversas obras de ingeniería. Se utilizan de forma temporal o permanente.

El primer anclaje permanente en roca lo llevó a cabo el ingeniero francés Coyne en 1930 (Juran, 1982), la estructura anclada fue el faro “La Jeumont”, ubicado en la costa noroeste de Francia. Sin embargo, la primera estabilización y refuerzo de una masa de roca por medio de anclas pretensadas, con tecnología moderna, se aplicó en forma exitosa durante la construcción de la presa “Cheurfas” (Argelia) en 1934 (Mohammed et al, 1969).

El objetivo de este anclaje era proporcionar estabilidad ante las fuerzas de volteo. Se destacan en la misma figura las tres partes fundamentales de un ancla típica, la zona de anclaje, el tendón y la cabeza. Posteriormente se tendrá la oportunidad de hablar más ampliamente de estos elementos básicos.

En la década de 1950-60 el empleo de anclas para estabilizar y reforzar presas y torres altas ya era una práctica común en Europa; casi al mismo tiempo se comenzaron a emplear las anclas en suelo tanto en Francia como en Alemania (la primera se instaló en 1960 en la construcción del estadio olímpico de Munich). Estas anclas tenían como característica distintiva, el hecho de dejar una distancia libre entre el elemento reforzante y el terreno circundante. La aplicación anterior con sus diversas variantes, constituye la forma más avanzada de anclaje hoy en día. En América el uso de anclas tardó algunos años más, y no fue hasta 1961 que se colocó la primer ancla permanente en suelo (arcilla firme) en los Estados Unidos; aplicada a la estabilización de muros durante la construcción del expreso de Michigan.



No obstante, solo en la década de 1970-80, el empleo de anclas en suelo a pesar de la ya para entonces amplia experiencia europea- se volvió una práctica comúnmente aceptada. El principal obstáculo para la aceptación de las anclas permanentes eran las dudas por parte de los ingenieros sobre el comportamiento a largo plazo, las cuales solo se disiparon con las continuas mejoras en materiales y procedimientos de colocación.

Definición: Un ancla para suelo o roca es un elemento estructural esbelto, diseñado para transmitir un esfuerzo de tensión al terreno circundante. Se emplea para estabilizar y soportar estructuras de tierra, naturales o artificiales, sometidas a fuerzas laterales o de levantamientos importantes, con lo cual se restringe el desplazamiento y/o giro. Para proporcionar la estabilidad requerida el ancla debe ser llevada a una zona firme de suelo o roca.

Un ancla puede ser: un pilote a tensión, un muerto de concreto, un bloque de gravedad o cualquier otro elemento especial a tensión en el suelo, en posición vertical, horizontal o inclinada. A pesar de la gran variedad de elementos que pueden desempeñar la función de anclaje, el tipo más común y técnicamente más avanzado, consiste en un tendón de acero instalado dentro de un barreno con cierta inclinación, profundidad y fijado firmemente en el suelo por medio de un cementante.

Aplicaciones: El anclaje encuentra su mayor campo de aplicación en aquellas obras que involucran la retención o estabilización de un suelo, roca o estructura.

Aplicaciones más comunes de las anclas. Estabilización de taludes en suelo y roca:

(a)-estabilización de laderas

(b)-sujeción de bloques de roca

(c)-retención de tablestacas y muros pantalla

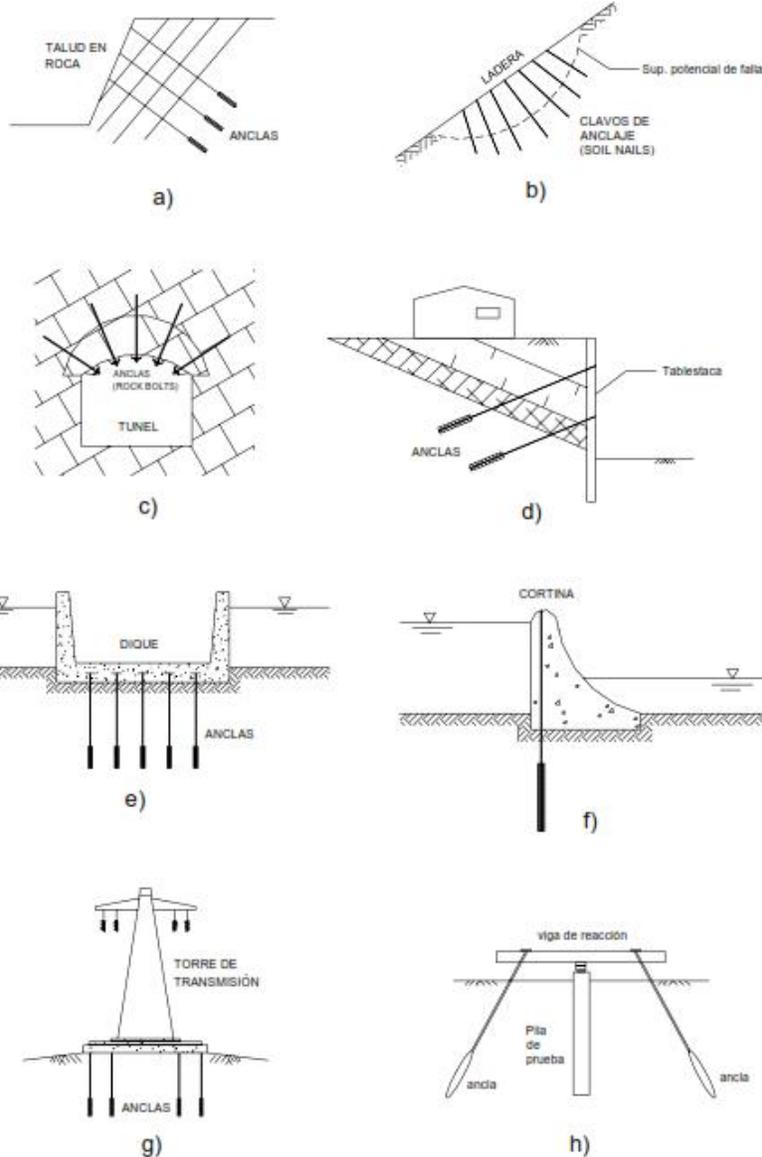
(d)-anclaje de estructuras sujetas a subpresión hidráulica

(e)-estabilización de estructuras sujetas a fuerzas de volteo y deslizamiento

(f)-estabilización de estructuras altas

(g)(h)-generación de fuerzas de reacción para marcos de carga





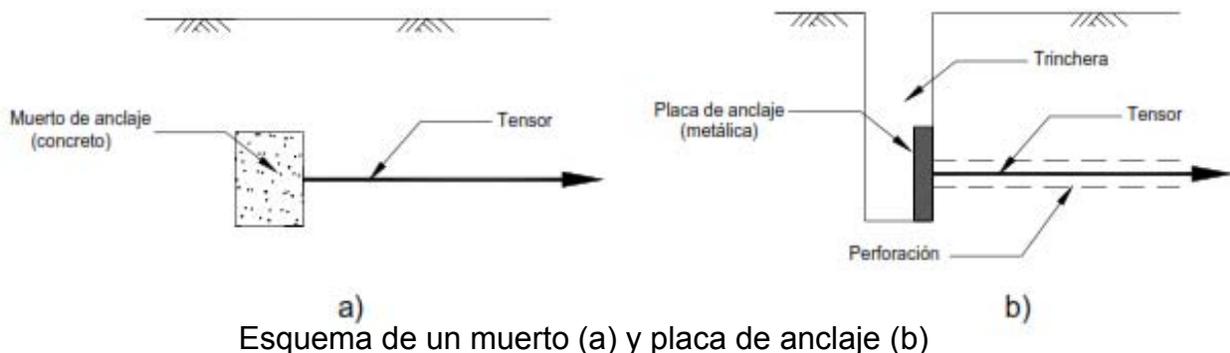
Anclas en suelo y roca: Tanto el suelo como la roca son materiales naturales que ocurren en gran variedad de formas, esto hace que sus propiedades ingenieriles varíen enormemente de un lugar a otro. El suelo se define en geología como la capa de material suelto sin consolidar entre la superficie y la roca sólida, que se forma por el intemperismo y la desintegración de la propia roca. En ingeniería civil, no obstante, se suele definir al suelo en función del uso que de él se hace y de las dificultades constructivas que presenta en las obras. Teniendo esto en mente, se puede decir que un suelo es un agregado de partículas minerales de diversos tamaños, cementadas o no, que se pueden disgregar con la mano o herramientas simples. Con base en esta definición, el sistema de anclaje empleado en un suelo sedimentario bien cementado y compacto será análogo al empleado en una roca suave, ya que en ambos casos el comportamiento mecánico es similar.



Existen muchas similitudes entre las anclas para suelo y para roca (las de suelo se desarrollaron a partir de estas últimas). El principio de funcionamiento en ambos casos, es el mismo, transmitir una fuerza de tensión a un punto fuera de la masa de material por estabilizar.

Sin embargo, las anclas para suelo, por ser éste un material “blando”, son de baja a mediana capacidad y el barreno o dispositivo de anclaje es común que se ensanche en su parte final. Además, la capacidad del ancla se ve influida por la profundidad de colocación. Las anclas en roca por el contrario, son de mediana a muy alta capacidad, ya que este material resiste concentraciones de esfuerzo mayores. El barreno suele tener una sección constante. La resistencia al corte se ve influida en menor medida por la profundidad de anclaje.

Muertos y placas de anclaje: Generalmente, se entiende por “muerto de anclaje” a un cuerpo de concreto de sección rectangular enterrado a cierta profundidad. Sin embargo, también las placas de cualquier material (normalmente metálicas), deben considerarse dentro de esta definición. En ambos casos el tensor se sujeta al muerto que previamente ha sido colocado en posición, dentro de una trinchera excavada para tal fin. En ambos casos, sin importar el material o el volumen ocupado por el cuerpo que hace las veces de muerto, la estabilidad viene dada por la resistencia pasiva del suelo y el diseño geotécnico es el mismo, tal como se verá en la parte de sujeción.



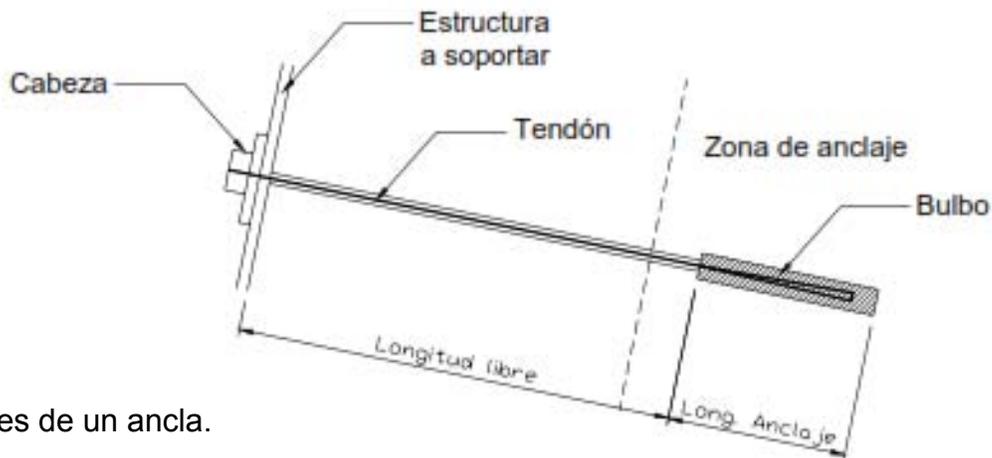
Componentes de un ancla: La forma de anclaje más avanzada desde el punto de vista técnico (tanto en suelo como en roca), es aquella en la cual el tendón queda sujeto con algún cementante (concreto, mortero o resina) en un estrato firme o resistente, dejando una longitud libre de contacto entre el suelo y el refuerzo.

Cabeza: Es el elemento que conecta el ancla con la estructura a soportar. Dicha estructura puede ser un muro, tablestaca o capa de concreto lanzado reforzada con malla. Debido a que la fuerza de tensión en el tendón se transmite a la estructura a través de la cabeza, es común colocar una placa debajo de ésta para disminuir la concentración de esfuerzos.



Tendón: Elemento estructural principal, constituido por cables de acero de alta resistencia o barras de refuerzo de grado estructural. Se deben proteger contra la corrosión, sobre todo si el anclaje es de tipo permanente.

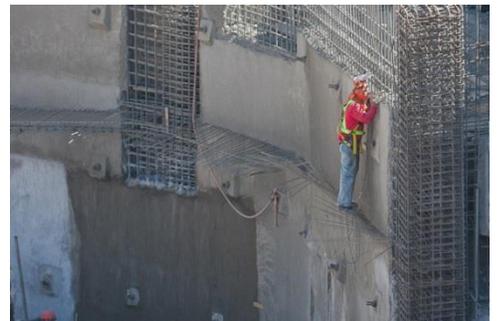
Bulbo de anclaje: Es el ancla propiamente dicha y se encarga de transmitir los esfuerzos a la masa del suelo. La capacidad de un ancla, está en función de la fricción bulbo-suelo, adherencia y la presión de inyección que actúan en la superficie del bulbo.



Partes de un ancla.

Barreno: También podemos considerarlo como parte constituyente del sistema. Este debe contar con un diámetro adecuado para recibir las varillas, torones y mortero (normalmente entre 100 y 150 mm). Sus dimensiones deben ser tales que permitan la existencia de una distancia entre el tendón, la pared y longitud suficiente para el desarrollo de las fuerzas de adherencia entre el mortero y las varillas. También debe permitir el desarrollo de las fuerzas de fricción entre el mortero y el terreno.





Funda de protección.- Es un tubo de PVC liso dentro del cual se aloja el tendón a lo largo de la longitud libre. Cubre la distancia entre la boca del barreno y el obturador. El espacio libre dentro del tubo se rellena con un material anticorrosivo (lechada de cemento o grasa) para evitar la corrosión en la longitud libre.

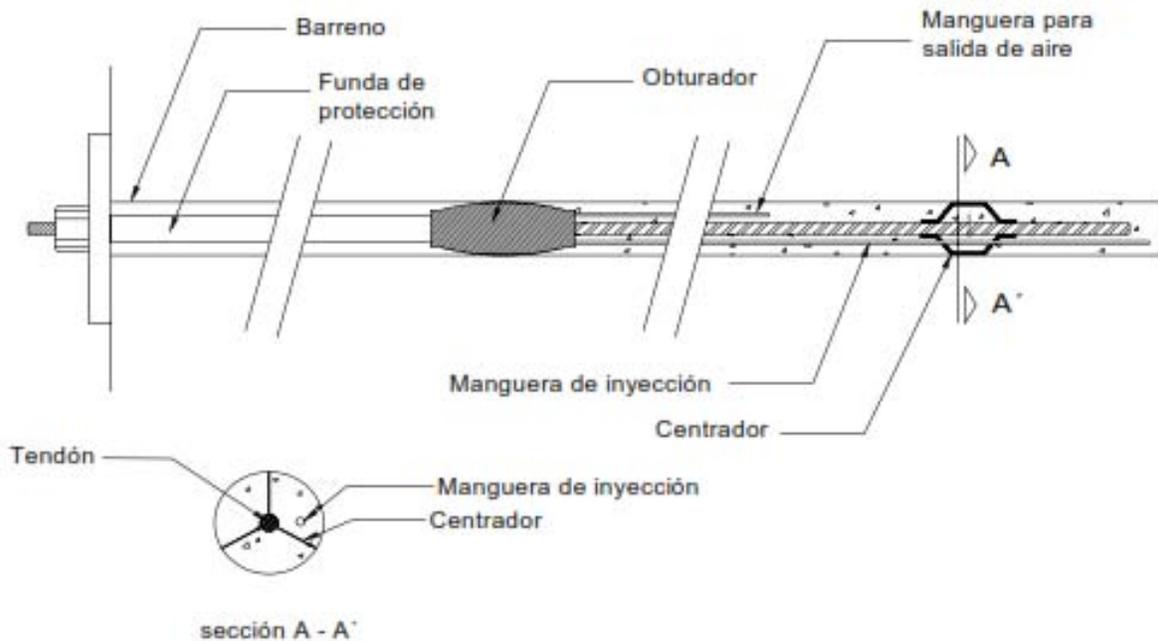
Tubo de inyección.- Es un tubo con agujeros cubiertos con bandas de hule (manguitos) que se coloca al centro del barreno. La función de estos agujeros es permitir la salida de la lechada de inyección.

Obturador.- Tiene como finalidad sellar y aislar al bulbo de inyección del resto del barreno. Se infla con aire a presión para tener un buen sello.

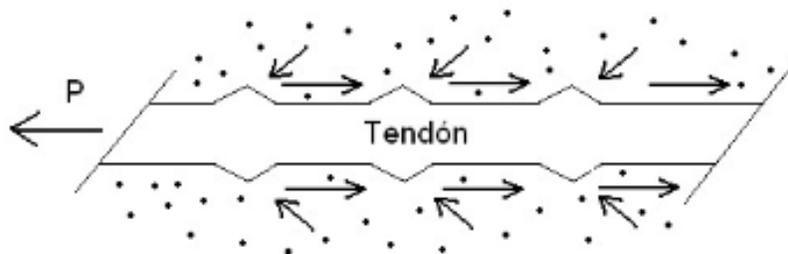
Separadores.- Su función es similar a la de aquellos utilizados en las estructuras de concreto armado, dar un recubrimiento mínimo a los cables y evitar que se crucen. Son placas de material plástico con perforaciones circulares.

La perforación central permite el paso del tubo de manguitos, mientras que los cables o torones pasan por las perforaciones periféricas. En la práctica es común colocar los separadores a una distancia de dos metros centro a centro en el tramo anclado y del doble en la zona libre.

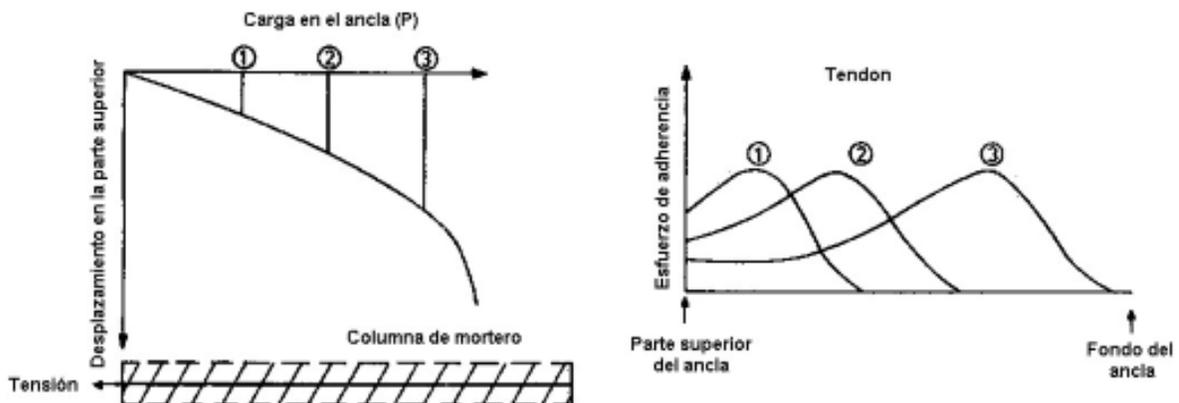
Centradores.- Cumplen con una doble función, asegurar un recubrimiento mínimo en el tendón y prevenir pandeo del anclaje entre los puntos de contacto. No es raro encontrar en la práctica dispositivos que cumplen al mismo tiempo con la función de centrar y espaciar las barras, se les denomina centrador-espaciador.



Interfase tendón – bulbo: Se piensa que en un principio existe cierta adhesión entre el acero y el mortero del bulbo, producto de complejas reacciones químicas. Esta adhesión se rompe con un desplazamiento relativo pequeño. A partir de dicha ruptura la resistencia que se desarrolla es de tipo friccionante. Las irregularidades en la superficie incrementan la fricción al provocar el desarrollo de cierta resistencia al corte en el mortero.

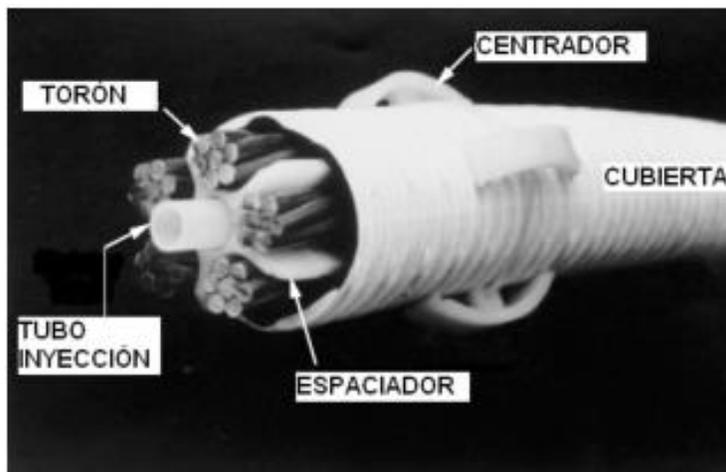
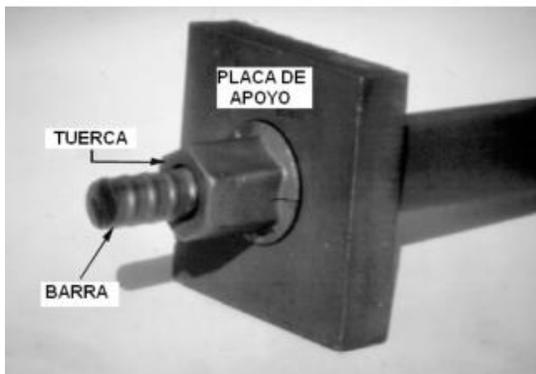


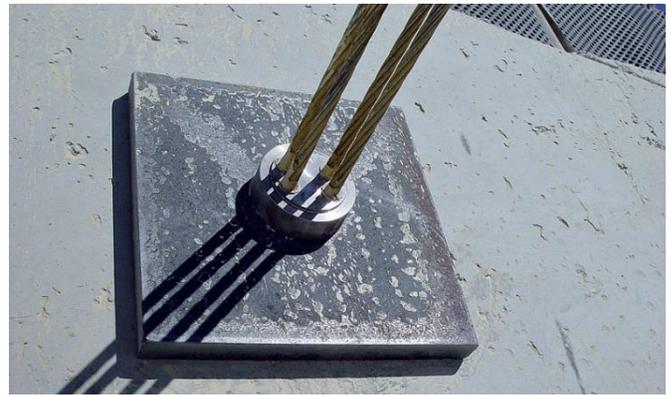
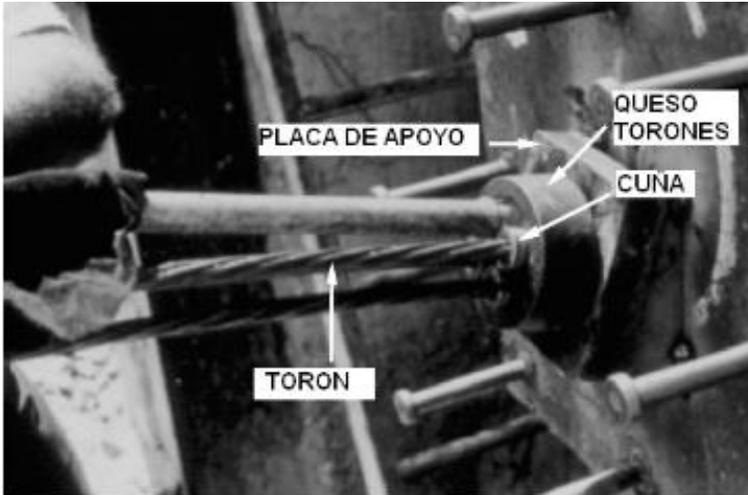
Componentes de la resistencia por fricción en la Interfase tendón-cementante. Las flechas horizontales indican la fricción tendón-mortero y las inclinadas la resistencia desarrollada por corte en el mortero. La distribución de los esfuerzos a lo largo de la superficie de contacto entre el tendón y el cementante varía de acuerdo con el nivel de carga aplicado. Conforme se incrementa la carga hay un deslizamiento progresivo y un desplazamiento de los valores máximos del esfuerzo al fondo del ancla. La falla es de tipo progresivo y se alcanza cuando el valor máximo del esfuerzo se alcanza en toda la longitud.



MATERIALES: En la construcción de un ancla, intervienen materiales de diversa índole y comportamiento, como son: acero (tendón), cementante (bulbo), PVC (protección de la longitud libre), grasas y otros materiales anticorrosivos, además del propio suelo.

Acero: De acuerdo con las normas norteamericanas y europeas, el material del elemento tensor debe ser acero de alta resistencia. Este se presenta en forma de barras lisas o corrugadas, cables y torones. Las barras tienen un diámetro comprendido entre 12 y 40 mm y generalmente se utilizan para anclas cortas y de baja capacidad. La tensión se mantiene sujetando la barra por medio de una tuerca que se aprieta contra la placa de apoyo. Ocasionalmente, se emplean paquetes conteniendo un máximo de cuatro barras, por limitaciones de espacio en el interior de los barrenos, que comúnmente tienen un diámetro de entre 100 y 200 mm. Los cables vienen en rollos, para facilitar su transporte, su diámetro es de entre 2 y 8 mm. Los torones se componen de una serie de cables trenzados en torno a un eje central común. El número de cables que componen un torón es entre 4 y 20. Los torones se emplean para anclas de alta capacidad. La tensión se mantiene por medio de cuñas que se apoyan en lo que se denomina “queso de torones”







Propiedades de los torones de acero de preesfuerzo de 15 mm de diámetro (ASTMA416) [tomada de FHWA, 1999]

Número de cables 15 mm	Arrea de la sección		Resistencia Última		Fuerza de preesfuerzo					
	(pulg ²)	(mm ²)	(kips)	(kN)	0.8 $f_{pu} A_{ps}$		0.7 $f_{pu} A_{ps}$		0.6 $f_{pu} A_{ps}$	
1	0.217	140	58.6	260.7	46.9	209	41.0	182	35.2	156
3	0.651	420	175.8	782.1	140.6	626	123.1	547	105.5	469
4	0.868	560	234.4	1043	187.5	834	164.1	730	140.6	626
5	1.085	700	293.0	1304	234.4	1043	205.1	912	175.8	782
7	1.519	980	410.2	1825	328.2	1460	287.1	1277	246.1	1095
9	1.953	1260	527.4	2346	421.9	1877	369.2	1642	316.4	1408
12	2.604	1680	703.2	3128	562.6	2503	492.2	2190	421.9	1877
15	3.255	2100	879.0	3911	703.2	3128	615.3	2737	527.4	2346
19	4.123	2660	1113.4	4953	890.7	3963	779.4	3467	668.0	2972

Barras de acero Dywidag

Acero de preesfuerzo				Acero GEWI (R)				Acero GEWI Plus (R)			
Diám. barra	Grado acero	Resist. Última	Esfuerzo fluencia	Diám. barra.	Grado acero	Resist. última	Esfuerzo fluencia	Diám. barra	Grado acero	Resist. Última	Esfuerzo fluencia
mm	N/mm ²	kN (f_{pu})	kN (T_y)	mm	kN (f_{pu})	kN (f_{pu})	kN (T_y)	mm	N/mm ²	kN (f_{pu})	kN (T_y)
15	900/1100	195	159	16	500/600	121	100	18	670/800	204	170
20	900/1100	283	283	20	500/600	188	157	22	670/800	304	255
26.5	950/1050	523	523	25	500/600	295	245	25	670/800	393	329
32	950/1050	764	764	28	500/600	370	308	28	670/800	493	413
36	950/1050	967	967	32	500/600	482	402	30	670/800	565	474
40	950/1050	1194	1194	40	500/600	756	630	35	670/800	770	645
47	950/1050	1648	1648	50	500/600	1176	980	43	670/800	1162	973
				63.5	555/700	2217	1758	57.5	670/800	2077	1740
								63.5	670/800	2354	2122



Cementante: El cementante empleado en la instalación de anclas puede ser fabricado con base en el cemento Portland (lechada, mortero o concreto) o resina epóxica. Las funciones que debe cumplir son tres fundamentalmente:

1. Fijar el tendón al terreno
2. Proteger al acero contra la corrosión
3. Llenar vacíos o fisuras en el suelo

Para la elección del cementante hay que considerar dos aspectos distintos:

1. Agresividad del suelo respecto al cemento
2. Agresividad del cemento en relación con el tendón

El suelo donde se instala el anclaje se puede clasificar en tres tipos: los que no presentan riesgos por sus características de agresividad (ambiente no agresivo) y los que presentan una particular agresividad (ambiente moderadamente y muy agresivo).

El primero es aquel donde el suelo y el agua libre gravitacional están libres de elementos nocivos para el ancla (productos químicos y contaminación).

Los dos segundos se presentan cuando el suelo contiene sustancias químicas (por ejemplo sulfatos) y agua con estos mismos productos o contaminada.

TIPO DE AMBIENTE	CARACTERISTICAS
NO AGRESIVO	EL SITIO UBICADO EN UNA ATMOSFERA NO AGRESIVA, EL AGUA DEL SUELO NO ES AGRESIVA Y SU NIVEL ES PRACTICAMENTE CONSTANTE. EN AUSENCIA DE AGUA TAMPOCO DEBE HABER ELEMENTOS QUIMICOS
MODERADAMENTE AGRESIVO	EL AGUA DEL SUELO TIENE UN PH ACIDO O ES SUAVE PERO SU NIVEL CAMBIA CONTINUAMENTE
MUY AGRESIVO	MEDIO AMBIENTE MARINO, CERCA DE UNA PLANTA QUIMICA CON PRODUCTOS CORROSIVOS O EL AGUA EN EL SUELO ES MUY AGRESIVA



Los puntos más importantes a considerar para determinar la agresividad de un suelo o roca, son los siguientes:

1. Resistividad del suelo
2. pH del suelo
3. Composición química del agua y suelo
4. Permeabilidad del suelo respecto al agua y al aire
5. Factores externos electroquímicos y físicos

Clasificación de las anclas: Debido al rápido desarrollo que han sufrido los sistemas de anclaje a partir de la segunda mitad del siglo XX, se puede establecer una amplia variedad de clasificaciones, sin perder de vista que un ancla puede quedar incluida en más de una.

Ambiente donde se instalan : De acuerdo con Hanna (1982), las anclas para suelo forman parte de un grupo más amplio de estructuras, denominado “cimentaciones a tensión”, por lo cual la clasificación más amplia que se puede hacer de inicio, es aquella que las divide en anclas para suelo, roca y marinas.

Las anclas en suelo: Se forman en arcillas firmes, limos, arenas y gravas.

Las anclas en roca: Tienen una forma y principio de operación similar a las usadas en suelo; se aplican a cualquier tipo de roca, desde una sana hasta una cruzada por grietas o fracturada.

Las anclas marinas: Son aquellas que independientemente de colocarse en un material rocoso o térreo sirven para proporcionar resistencia contra la flotación en aguas someras o profundas, e incluyen desde un simple peso muerto, hasta las anclas convencionales con tendón e inyectadas.





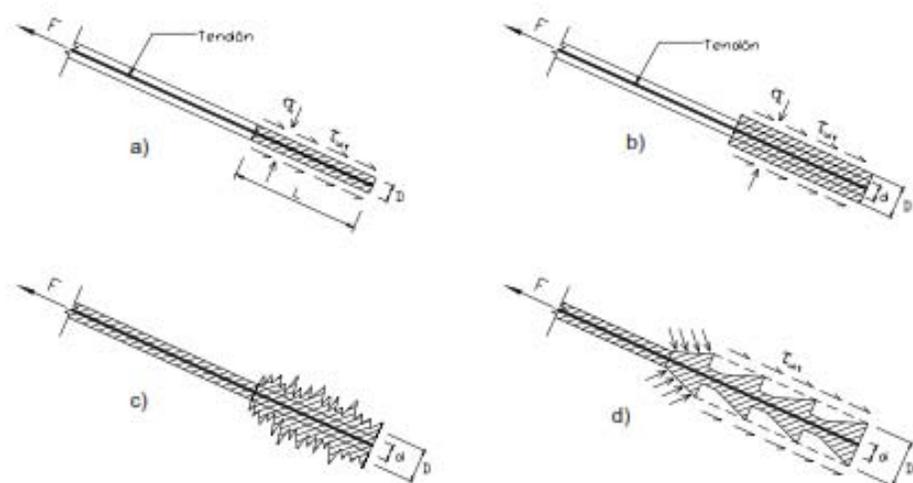
Vida útil: Esta es una clasificación muy simple que se establece en forma arbitraria, pero seguramente es la más importante que debe tomarse en cuenta al momento de hacer un diseño. Según esta clasificación un ancla puede ser temporal o permanente. El periodo de tiempo para considerar un anclaje como temporal varía entre los 18 y 24 meses de acuerdo con el código empleado. Considerar que un ancla es de uno u otro tipo implica el uso de diferentes esfuerzos de tensión permisibles y un nivel de protección contra la corrosión distinto.

Anclas de flecha recta: Las anclas de flecha recta fueron las primeras que se utilizaron. Se les denomina así porque el diámetro del barreno perforado conserva sus dimensiones de inicio a fin. La lechada o cementante se aplica por gravedad y se evita aplicar presión, para no alterar las dimensiones del barreno. Estas anclas se pueden usar en suelos cohesivos y friccionante, debido a que su agarre depende exclusivamente de la adhesión a lo largo del bulbo.

Anclas de perforación acampanada: La sección del barreno cambia llegando a la zona del bulbo, debido a la presencia de uno o más ensanchamientos cónicos llamados “campanas” (de 2 a 8 usualmente), que incrementan el diámetro efectivo del ancla. Este tipo de anclas solo se utiliza en suelos cohesivos.

Anclas de desplazamiento: En este tipo de anclas juega un papel importante la presión que se aplica diametralmente en el interior de la perforación. Generalmente dicha presión se produce retacando grava a todo lo largo del barreno, instalando el tendón e inyectando mortero de alta resistencia.





Según su funcionamiento: De acuerdo a su desempeño, una vez instaladas, las anclas pueden clasificarse en dos tipos: de tensión y de fricción.

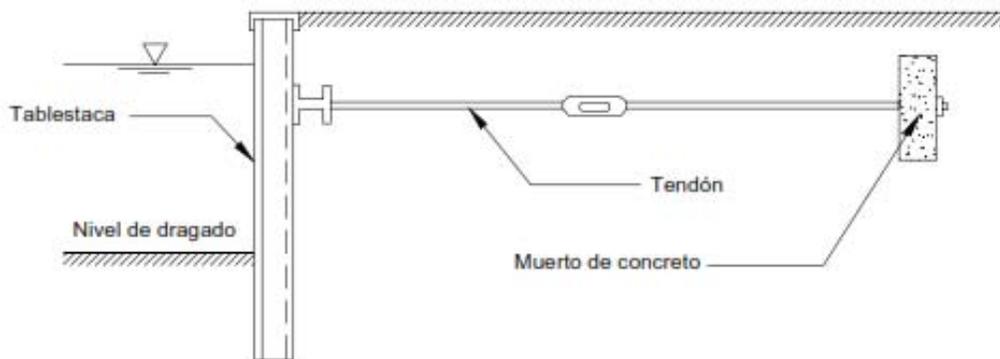
Anclas de tensión.-Son aquellas que ayudan a incrementar el esfuerzo normal en la superficie de deslizamiento potencial y por lo tanto la resistencia al corte (según la ley de Mohr-Coulomb). También se les denomina de tipo activo, ya que proporcionan una fuerza externa desde el inicio. Estas anclas se usan predominantemente en rocas y solo se fijan en su extremo inferior.

Anclas de fricción.- Estas anclas soportan el esfuerzo de tensión que el talud o masa de suelo no puede. Se les denomina de tipo pasivo, ya que solo trabajan hasta que el talud ha sufrido cierto movimiento o deformación. Estas anclas son las que típicamente se usan en suelos. La fijación se lleva a cabo con resina o mortero de cemento a todo lo largo de sección.

Anclaje para suelos blandos: En la instalación de anclas en suelos blandos se presentan las condiciones más difíciles para la aplicación de estos dispositivos; esto ha dado pie a la creación de ingeniosos dispositivos de tipo mecánico que incrementen la resistencia a la fuerza que tiende a extraerla del suelo.

Anclas con muerto de concreto : Es un mecanismo de anclaje típico en estructuras marítimas. Se colocan a profundidades que generalmente no exceden de los 3 m. Aprovechan la resistencia pasiva del suelo ubicado frente al muerto para tensionar el ancla. En suelos naturales, es necesario efectuar una excavación para colocar muerto y ancla.





Anclas con atraque o sistema mecánico- Se les conoce también como anclas de expansor mecánico. El elemento de tensión consiste en una barra que cuenta con una placa articulada en el extremo que penetra al suelo. El hincado se efectúa con equipos convencionales (hidráulicos) o neumáticos, una vez en posición se aplica tensión. Durante el tensado la placa gira hasta quedar en posición perpendicular a la dirección en que se aplica la fuerza axial. Posteriormente se aplica la tensión de diseño. Este sistema emplea la resistencia pasiva del suelo y se puede diseñar como muerto de anclaje.



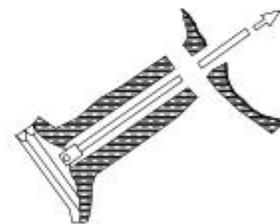
Inserción del ancla



Extracción de la barra de empuje



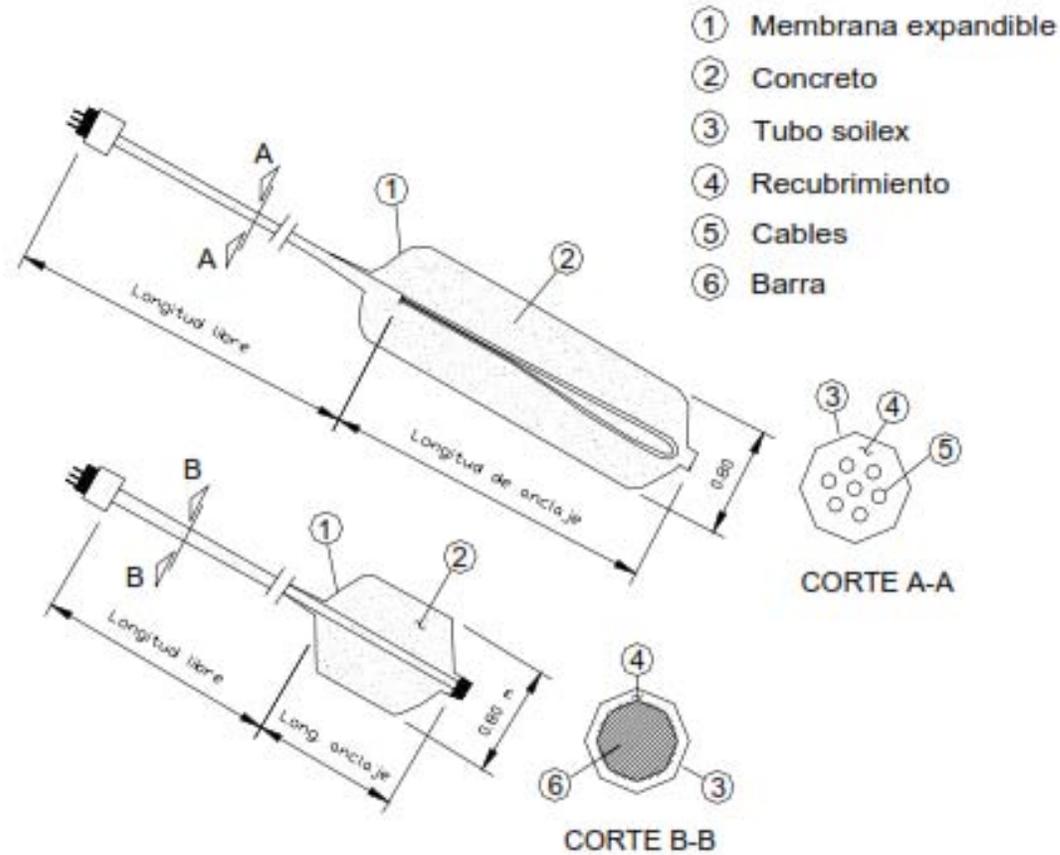
Giro de la placa de atraque



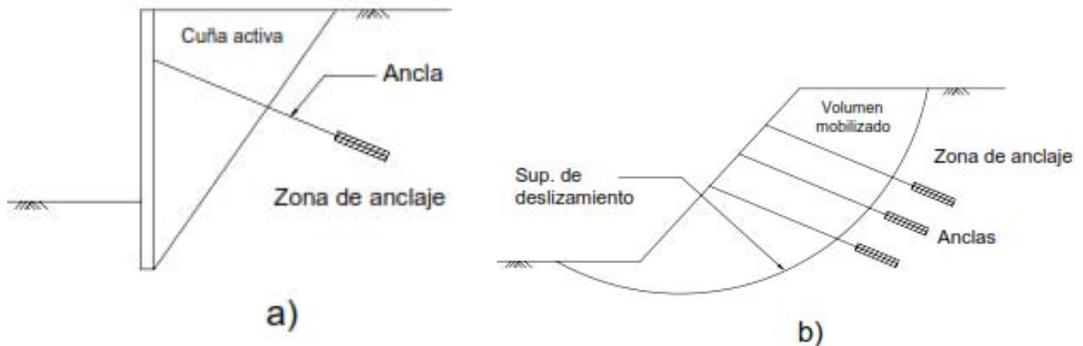
Tensionado

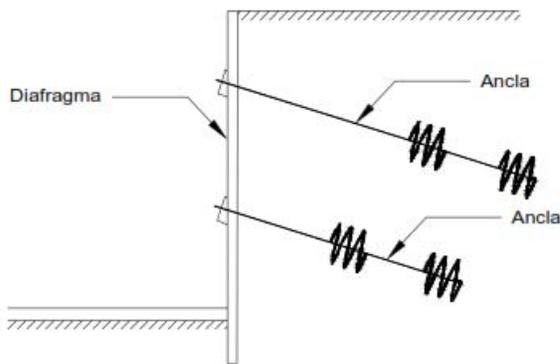


Anclas con membrana expandible confinada - Se emplean cuando se quiere aumentar la transferencia de carga en suelo cohesivo. Para ello, la lechada inyectada se confina dentro de una membrana que evita su migración al suelo. Al tensionar el ancla el suelo frente a la membrana se comprime, actuando como muerto.



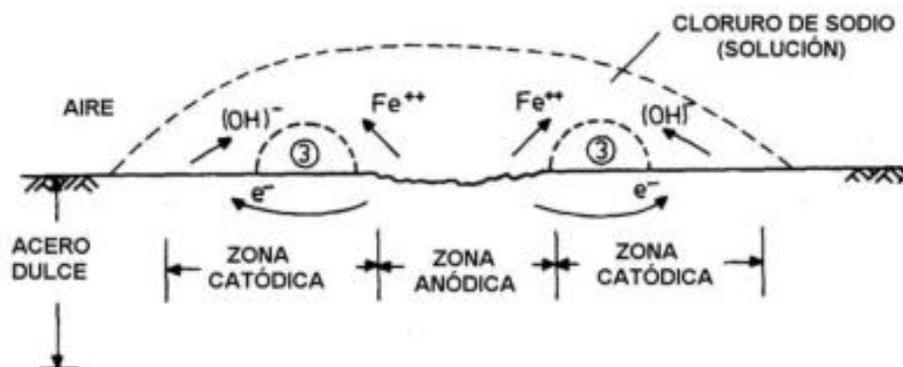
Anclas de tornillo helicoidal.- En estas, la barra de acero que conforma el elemento de tensión cuenta con una serie de aletas helicoidales continuas. El hincado se efectúa por rotación. Se utilizan principalmente en muros de contención o como clavos de anclaje.





Protección contra la corrosión: Este es uno de los aspectos más importantes en el diseño de un anclaje, ya que el elemento estructural principal, el tendón, está fabricado en acero, que por naturaleza es susceptible de corroerse. El acero es un producto industrializado a partir de óxidos de hierro que es como se encuentra en estado natural; en equilibrio con el medio. Si las condiciones ambientales son propicias, tenderá a volver a dicho estado de equilibrio inicial, dicho de otro modo, se oxidará.

La corrosión u oxidación de ciertos metales, es un fenómeno electrofítico. Se da cuando el metal entra en contacto con agua y oxígeno, produciéndose una reacción química. En dicha reacción hay pérdida de material y conversión de agua y oxígeno en iones OH. La región donde ocurre pérdida de metal se denomina ánodo y donde el agua y oxígeno se combinan para formar iones OH se llama cátodo. Para que lo anterior ocurra, ánodo y cátodo deben estar conectados por un puente que en este caso es la barra de acero. Además las reacciones en ambas regiones deben ser simultáneas. Se manifiesta como una reducción de la resistencia en el ancla por degradación del material y reducción de la sección. En todo caso, al ingeniero le interesa determinar el potencial corrosivo y cómo prevenirlo.



Tipos de corrosión: Podemos distinguir cuatro distintos tipos

1. Corrosión galvánica (superficial)
2. Picaduras
3. Corrosión de baja tensión
4. Fragilidad por hidrógeno

Corrosión galvánica.- Consiste en la formación de una delgada capa de óxido uniformemente distribuida en la superficie. La distribución uniforme responde a que las zonas anódicas y catódicas son aproximadamente iguales. La formación y permanencia de esta delgada capa previene contra un ataque mayor al metal.

Picaduras.- Las picaduras son un tipo de corrosión más localizado. Pueden ser superficiales o profundas. Están asociadas con la ruptura local de la delgada capa de óxido formada por corrosión galvánica.

Corrosión de baja tensión.- Se presenta cuando el incremento de esfuerzos en el área reducida por picaduras locales, provoca la exposición de material fresco y la propagación de la grieta, hasta que se produce la falla por ruptura.

Fragilidad por hidrógeno.- Ocurre cuando el hidrógeno penetra la estructura atómico molecular del acero, convirtiéndose ahí en hidrógeno molecular. El mayor volumen de moléculas de hidrógeno reduce la ductilidad del acero y tiene un efecto nocivo el fondo de la fisura, al generar un incremento de esfuerzos.

Agresividad del ambiente: Las anclas se usan en una gran variedad de terrenos potencialmente agresivos. Las medidas para proteger contra la corrosión al tensor obligan al proyectista a definir si el anclaje será temporal o permanente.

Los parámetros más importantes para determinan la agresividad del suelo son los siguientes:

Resistividad del suelo.- Se mide haciendo pasar una corriente conocida en el medio y midiendo la caída de voltaje a lo largo de la línea de corriente. A menor resistividad, mayor riesgo de corrosión (la posibilidad de corrosión es muy grande para resistencias menores de 2000 ohm-cm).

Potencial Redox.- Es una medida del potencial corrosivo debido a los agentes microbiológicos. Los suelos arcillosos con un alto contenido de humedad presentan el mayor riesgo.

Potencial hidrógeno (pH).- El suelo se considera agresivo si el $\text{pH} < 5.5$. En suelos altamente ácidos ($\text{pH} < 4$) se da la corrosión por picaduras en el metal. Por otro lado, los suelos orgánicos dan lugar a la formación de ácidos orgánicos.



Corrosión de baja tensión.- Se presenta cuando el incremento de esfuerzos en el área reducida por picaduras locales, provoca la exposición de material fresco y la propagación de la grieta, hasta que se produce la falla por ruptura.

Fragilidad por hidrógeno.- Ocurre cuando el hidrógeno penetra la estructura atómico molecular del acero, convirtiéndose ahí en hidrógeno molecular. El mayor volumen de moléculas de hidrógeno reduce la ductilidad del acero y tiene un efecto nocivo el fondo de la fisura, al generar un incremento de esfuerzos.

Presencia de sales.- Las sales reducen la resistividad. Los cambios en contenido salino cerca de la superficie pueden deberse a la presencia de agua residual o contaminación. Los carbonatos, sin embargo, reducen el potencial corrosivo.

Ciclos de humedecimiento y secado.- El aumento en el contenido de humedad hace que el de oxígeno disminuya. Probablemente, el potencial corrosivo es mayor cuando el contenido de humedad es bajo y el oxígeno es más abundante. Debido a que no existe ningún método seguro para determinar el potencial corrosivo del terreno, la práctica actual consiste en adoptar un doble sistema de protección

Niveles de protección: La protección necesaria para prevenir la corrosión está en función de la vida útil y la agresividad del medio. La clasificación comúnmente empleada consta de tres distintos grados: P0, P1 y P2.

Protección grado P0.- No implica algún tipo de protección en particular. No obstante, deberá evitarse el contacto entre la longitud libre del tendón y el terreno circundante, por medio de una funda (tubo PVC normalmente).

Protección grado P1.- Este tipo de protección puede aplicarse antes o después del tensado, de acuerdo con el producto empleado. Consiste en llenar el espacio anular formado entre el tendón y el tubo de protección con material anticorrosivo.

Protección grado P2.- También puede aplicarse antes o después del tensado, según el material empleado. Consiste en la protección total del anclaje.

AMBIENTE	VIDA UTIL		
	MENOS DE 9 MESES	9 A 18 MESES	MAS DE 18 MESES
NO AGRESIVO	P0	P1	P2
MODERADAMENTE AGRESIVO	P1	P2	P2
MUY AGTRESIVO	P2	P2	P2



Sistemas de protección para el tendón: Esencialmente, hay tres formas de evitar la corrosión del ancla.

La primera es usar un material no corrosible: Actualmente no hay en el mercado un material que garantice totalmente la integridad del elemento a tensión.

La segunda es aplicar una protección: Previa a la introducción del ancla en el terreno. La tercera y última, es utilizar el sistema de protección después de que el ancla se encuentra en posición. Estas tres formas de protección pueden aplicarse en forma combinada (práctica común).

Para que un sistema de protección sea confiable, debe cumplir con las siguientes características

1. Tener una vida útil igual a la del ancla
2. No debe interferir con el funcionamiento del ancla
3. Permitir el libre movimiento del ancla
4. No debe fallar durante el tensado
5. No debe dañarse durante las operaciones de construcción



Galvanizado en caliente.- Este proceso consiste en la inmersión del acero en un crisol de zinc fundido. El espesor de la protección queda comprendido entre 3 y 4 mils (0.075 a 0.100 mm), y debe cumplir con la norma ASTM A-153. La adherencia es superior a la de cualquier pintura ya que se produce una aleación con el acero base. El galvanizado se puede efectuar tanto en el tendón como en sus accesorios. Las piezas galvanizadas presentan una excelente resistencia a la abrasión. La desventaja de este procedimiento es que no puede efectuarse en campo.

Cubierta epóxica.- El material empleado es una resina de poliéster a la cual se le agrega un catalizador para su endurecimiento. El espesor de la cubierta debe ser de entre 7 y 12 mils (0.18 a 0.30 mm) según la norma ASTM A-775. A diferencia del galvanizado, la resistencia a la abrasión es muy baja, por ello las barras deben manejarse con mayor cuidado. Este sistema al igual que el anterior, no puede aplicarse en campo. A cambio de las desventajas anteriores, la cubierta epóxica tiene el costo más bajo de todos los sistemas de protección y puede aplicarse a los accesorios también.

Barras previamente inyectadas.- Se emplean en zonas particularmente agresivas, tales como ambientes marinos con ciclos de humedad y secado debidos a fluctuaciones de la marea. Para proporcionar una barrera adicional contra la corrosión, las barras de acero se colocan en el interior de un tubo de polietileno corrugado y se inyectan. A este tipo de anclas se les conoce también como anclas con protección múltiple o MCP, por sus siglas en inglés. Este sistema presenta una buena resistencia a la abrasión, pero las barras deben prepararse en taller.

Cubierta de polietileno extruido.- Consiste en una capa de polietileno de alta densidad con un espesor de 23 a 25mils (0.58 a 0.64mm) que se coloca en taller. Su función es evitar la migración de agua y oxígeno. Combina una buena resistencia a la abrasión con un bajo costo. La principal desventaja de esta protección es que no puede aplicarse en campo, ni a los accesorios.

Cinta inhibidora de corrosión.- Consiste en una banda de material sintético no-tejido, totalmente impregnada y cubierta con un compuesto neutro derivado del petróleo. Para su aplicación es necesario limpiar las barras previamente. El espesor promedio de la protección es de 45 mils (1.15mm). Las cintas vienen en rollos de 10 m de longitud por 5 o 10 cm de ancho. Este sistema de protección presenta una resistencia a la abrasión media. El costo de este sistema es de los más altos entre los mencionados anteriormente, pero tiene la ventaja de que puede aplicarse en campo, tanto a las barras como a los accesorios.

Alquitrán de hulla epóxico.- Este sistema ofrece una buena resistencia a la abrasión, es económico y durable. Se puede aplicar en campo, tanto a barras como accesorios, en un espesor máximo de 35 mils (0.9 mm). Previamente se elimina la grasa y polvo de la superficie donde se aplica.



Engrasado y forrado.- Esta protección es la que comúnmente se especifica para la longitud libre del tendón. Antes de enviar las barras a la obra, se engrasan perfectamente y se enfundan con un tubo de PVC, acero o nylon reforzado con fibras. La resistencia a la abrasión no es muy buena, por lo cual deben manejarse con cuidado.

Protección de la cabeza: La parte del ancla que se conecta con la estructura es la más crítica desde el punto de vista de protección contra la corrosión. Esto se debe a que esta zona se encuentra expuesta a los efectos del intemperismo, filtraciones de agua y movimientos de la estructura. Aquí, es importante dar protección al tramo de barra comprendido entre la tuerca y la protección dada a la longitud libre. Esto se logra por medio de un tubo protector. Para permitir el retensado del ancla, se emplea una tapa removible rellena con grasa que se coloca sobre la parte expuesta del tendón. Si lo anterior no es una condición de diseño, entonces la parte expuesta se protege con varias manos de material asfáltico, bitumen y concreto de ser posible.

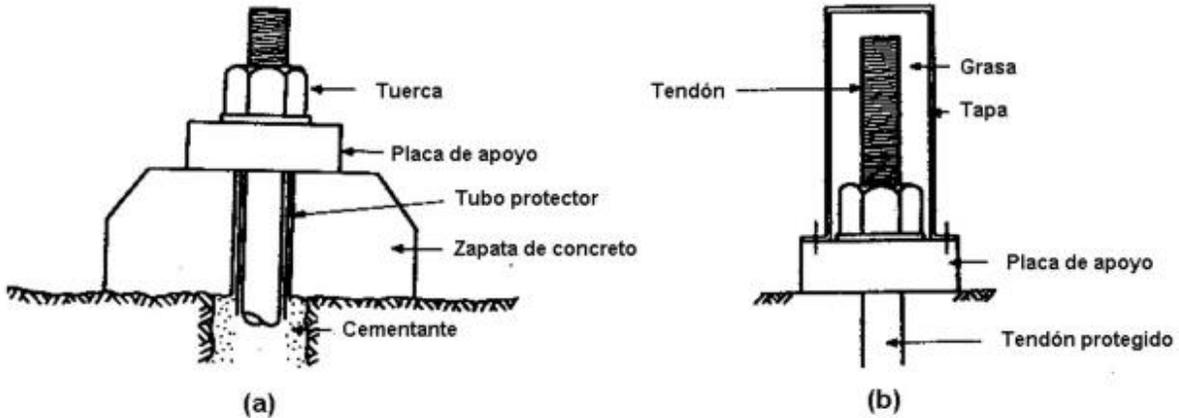
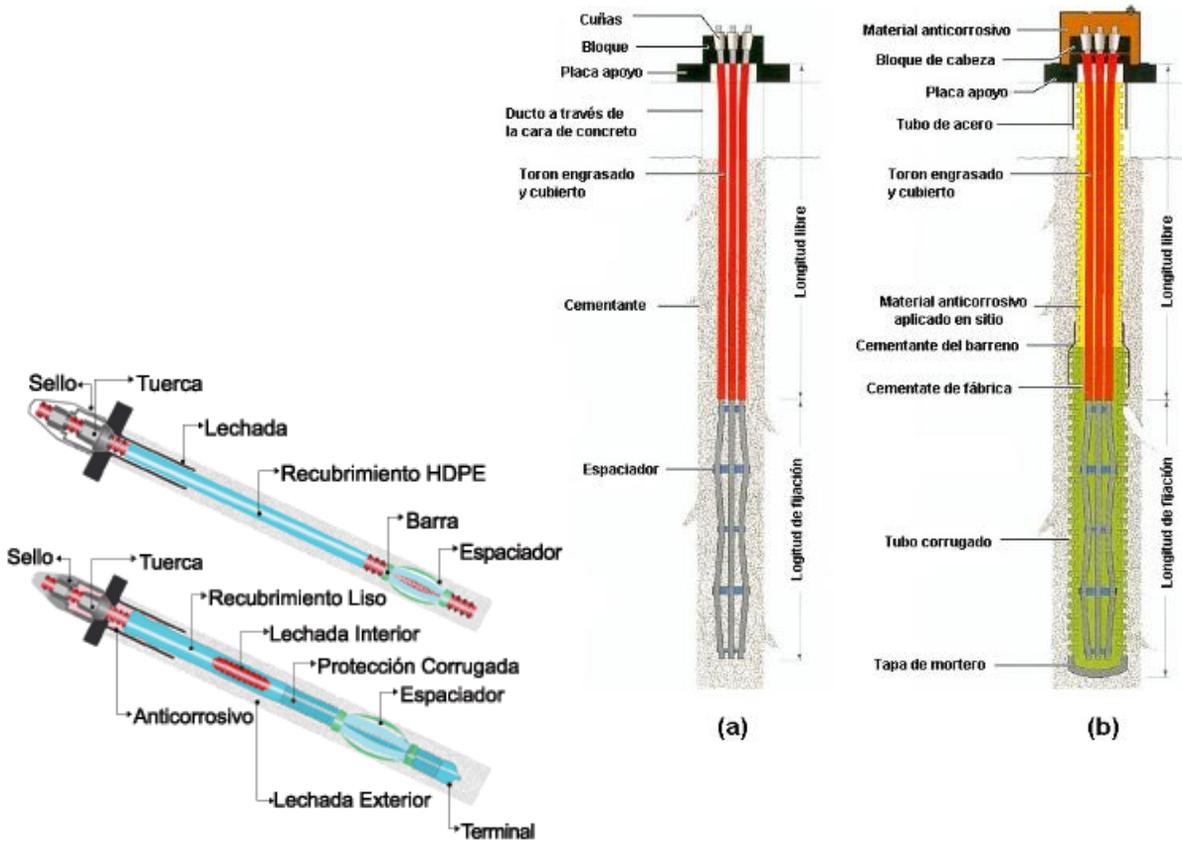
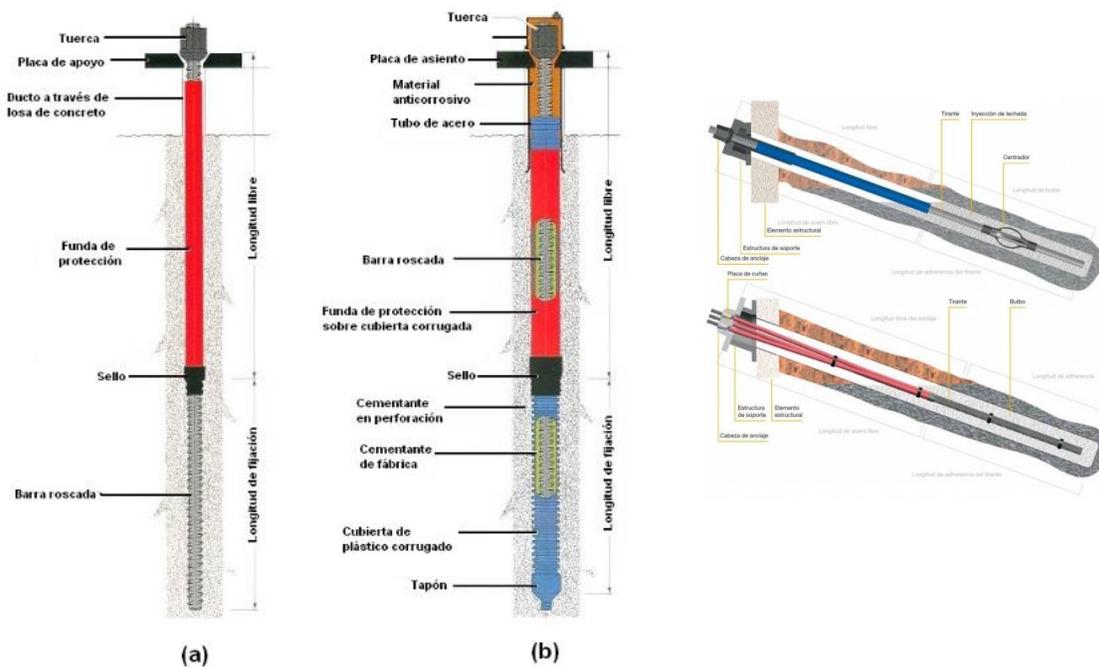


Diagrama del sistema de protección en la cabeza del ancla. Tubo protector (a) y tapa (b)





Sistemas de protección sencilla (a) y doble (b) para un ancla de barra Dywidag.



MAQUINARIA UTILIZADA EN TRABAJO DE ANCLAJE DE TALUDES

WAGON DRILL



DISEÑADA PARA PERFORAR CON MARTILLO DE FONDO DE 2", 3" Y 4", EN DIAMETRO DE 2 3/4" (70 MM) HASTA 5" (127 MM).



PERFORADORA ROTATIVA



KY-100





7-CONCRETO LANZADO EN TALUDES

Concreto lanzado: Se define como mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie. La fuerza del chorro, que produce un impacto sobre la superficie, compacta el material. Normalmente el material fresco colocado tiene un revenimiento cero y puede sostenerse por si mismo sin escurrirse. El concreto lanzado también puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en plafones, en espesores hasta de 50mm. Es la creación de una película proyectando hormigón contra el frente; esta película tendrá el espesor que se desee, de manera que evita la alteración de la superficie del terreno.

El concreto lanzado ofrece ventajas sobre el concreto convencional en muchos tipos de trabajos de construcción y reparación. Un ingeniero calificado, con conocimientos y experiencia, debe decidir dónde y cómo puede usarse el material. El concreto lanzado es frecuentemente más económico que el concreto convencional, debido a que necesita menos trabajo de cimbra y requiere solamente una pequeña planta portátil para mezclado y colocación en las áreas más inaccesibles.

Una propiedad importante del concreto lanzado es su facilidad para formar una excelente adherencia con varios materiales. Tiene características impermeables aun en secciones delgadas, y se pueden usar aditivos para asegurar su impermeabilidad.

El concreto lanzado puede ser usado en:

Estructuras nuevas:(especialmente secciones plegadas o curvas), Por ejemplo: techos, paredes, tanques presforzados, recipientes, albercas, túneles, alcantarillas de aguas negras y revestimientos de lumbreras o tiros.

-Recubrimientos de mamposterías de ladrillo, concreto, piedra o acero para protección o presentación.

-Recubrimiento de acero estructural para proporcionar resistencia al fuego y proteger su capacidad de resistencia.

-Recubrimiento de estructura de concreto, losas, muros de concreto y mampostería, bóvedas de ladrillo y mampostería.

-Reparación de estructuras de concreto dañadas, tales como puentes, revestimientos de tanques, presas, túneles, torres de enfriamiento, chimeneas y estructuras marítimas.



-Reparaciones generales de concreto descascarado en edificios antiguos de Concreto reforzado.

-Reparaciones de estructuras de concreto y mampostería dañadas por sismos o incendios.

-Revestimientos refractarios de chimeneas, hornos, calentadores, cúpulas, etc.

Propiedades del concreto lanzado: El concreto lanzado aplicado correctamente es un material estructural versátil, que posee gran durabilidad y una excelente adherencia con el concreto, mampostería, acero, madera y otros materiales. Estas propiedades favorables dependen de una correcta planeación y supervisión y de la habilidad y atención continua del equipo de concreto lanzado.

Son necesarias técnicas de prueba especializadas y se recomienda que éstas se efectúen en la obra. La relación agua/cemento para el concreto lanzado en el lugar, está compuesta entre 0.35 a 0.50 por peso, que es más baja que la mayoría de los valores para las mezclas convencionales de concreto. En general, las propiedades físicas del concreto lanzado, son comparables con aquellas del concreto convencional de la misma composición. Los valores más reportados para las resistencias a los 28 días están dentro de los límites de 20 a 50 N/mm², pero frecuentemente se han obtenido valores superiores a 70 N/mm². Se han especificado resistencias mínimas de 28 N/mm² para obras de ingeniería controladas. Resistencias más elevadas solamente han sido obtenidas con el uso de equipo de concreto lanzado a alta velocidad.

Una mezcla diseñada para colocarse por métodos tradicionales puede mostrar hasta un incremento de aproximadamente 30 por ciento en resistencia si se aplica como concreto lanzado, esto es debido a que se logra una mejor compactación y al empleo de una relación agua/cemento más baja.

La contracción por secado depende de las proporciones de mezcla empleadas, pero generalmente se encuentra dentro del rango de 0.06 hasta 0.10 por ciento. En columnas, vigas, pisos y muros de cargas, el concreto lanzado puede reemplazar por completo la capacidad estructural de áreas defectuosas o dañadas, siempre que las áreas dañadas se eliminen hasta encontrar el material sano, antes de aplicar el concreto lanzado.

Cemento: El Cemento Pórtland debe cumplir los requisitos de calidad respectivos. Si el concreto lanzado está expuesto a suelo o agua freática que contengan elevadas concentraciones de sulfatos disueltos, deberán usarse cementos resistentes a los sulfatos. Cuando las exigencias estructurales requieran alta resistencia rápida, se preferirá el empleo de un cemento portland de endurecimiento rápido.



Se pueden utilizar para elaborar los concretos lanzados todos los cementos Portland existentes en el país que cumplan con la norma ASTM c 150 ó 595M.

La arena: para el concreto lanzado deberá satisfacer los requisitos de la norma ASTM C-33 para los agregados finos. Generalmente, deberá especificarse un graduado Zona 2 de 5mm a fino, pero puede usarse también arena más gruesa. Puede usarse arena que no cumpla con la granulometría anterior, si las pruebas preliminares establecen que proporciona buenos resultados. Así mismo, la arena empleada para acabados, recubrimientos rápidos y ciertos usos especiales, puede ser más fina que la de esa granulometría. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que las arenas más finas generalmente originan una contracción mayor por secado, las arenas más gruesas dan más rebote.

Para secciones de varios centímetros de espesor, puede ser ventajosa la incorporación de agregados más gruesos en la mezcla, siempre que se disponga de un equipo adecuado para lanzarlo. Cuando se usen los agregados más gruesos, deberán satisfacer los requisitos especificados en la norma ASTM C-33. Deberán rechazarse el sobre-tamaño o los de forma alargada cribándolos, ya que es posible que ocasionen taponamientos de la manguera.

Agua: El agua para el mezclado y curado deberá ser limpia y libre de sustancias que puedan ser dañinas al concreto o al acero. Cuando la apariencia sea un factor importante, el agua para curar también deberá estar libre de elementos que puedan ocasionar manchas.

Aditivos: Puede ser deseable incluir aditivos en el concreto lanzado para usos y condiciones de colocación especiales. Empleando con cuidado los aditivos que pueden producir resultados muy satisfactorios, pero algunos aditivos que han sido satisfactorios en el concreto normal, pueden no ser útiles en el concreto lanzado.

La Ceniza de combustible pulverizada (cenizas volantes). Puede usarse para reemplazar parte del cemento, para absorber agua, como plastificante, impermeabilizante y también para incrementar la resistencia de ruptura, pero no puede usarse como sustituto del cemento, en más del 15 por ciento en peso de éste. Debe tomarse en cuenta que con este aditivo se obtiene una mezcla más oscura.

Mezclado: Los aditivos solubles deberán disolverse en agua antes de agregarse a la mezcla. Los aditivos generalmente se mezclan en un tambor o tanque con agua y la solución se bombea a la boquilla. Los polvos insolubles se mezclan con el cemento antes que éste se mezcle con el agregado.

Refuerzo de fibra :Se han llevado acabo experimentos satisfactorios con fibra de vidrio, filamentos cortos de polipropileno y fibras de acero usadas como refuerzo integral, dispersados aleatoriamente, mezclados integralmente con el concreto



lanzado, investigando una cantidad de usos para evaluar la utilidad de los diferentes tipos de fibra y las diferentes características que pueden impartir al material en conjunto. Estos usos incluyen el recubrimiento de frentes de muelles para absorber los daños de impacto. Las fibras de vidrio son compatibles con el cemento portland ordinario, a pesar de su inclusión satisfactoria en concretos y morteros, usando las técnicas tradicionales de moldeo, se han experimentado dificultades al incluir suficiente fibra de vidrio en el concreto lanzado para impartir alguna mejoría en sus propiedades físicas. Sin embargo, puede decirse que se continua experimentando y que se han efectuado logros alentadores.

La fibra de acero: Tiene la desventaja de que su inclusión en la mezcla puede ocasionar un desgaste fuerte de ciertas partes de la maquinaria y de las mangueras, y un bloqueo ocasional de nido de pájaro, que puede ser bastante difícil de eliminar. Sin duda el concreto lanzado reforzado con fibra puede encontrar muchas aplicaciones especiales y, ya que ofrece cuando menos un material moldeable con excelente resistencia a la compresión y resistencia a la tensión por flexión, puede afectar profundamente ciertos aspectos de la ingeniería civil y los sistemas actuales de construcción.

Diseño de mezcla: El diseño de mezcla no son materiales combinados al azar. Es la adecuada dosificación de cada material para cumplir con una finalidad específica.

Parámetros para diseño de mezcla

CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO DE	DE PARAMETROS PARA MEZCLA CONCRETO LANZADO
MATERIALES	PROPORCIONES POR MASA
CEMENTO PORTLAND (TIPO I,II Y III)	16-20 %
MICROSILICE	1.3-2.5%
AGREGADOS(GRAVA Y ARENA)	75-80%
ACELERANTE (OPCIONAL)	SEGÚN SE REQUIERA
REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO	PARA OBTENER ADECUADA TRABAJABILIDAD (V.H.)
INCLUSOR DE AIRE (OPCIONAL)	SEGÚN SE REQUIERA
FIBRAS SINTÉTICAS HHP (OPCIONAL)	7 A 12 KG/M3
FIBRAS METALICAS (OPCIONAL)	35 A 60 KG/M3



Diseño de mezcla para mortero lanzado vía húmeda

DISEÑO DE MEZCLA TÍPICO PARA	MORTERO LANZADO VÍA HÚMEDA
MATERIALES	PROPORCIONES POR MASA
CEMENTO PORTLAND (TIPO I, II Y III)	415 KG/M3
MICROSILICE	40 KG/M3
ARENA	1500 KG/M3
ACELERANTE (OPCIONAL)	SEGÚN SE REQUIERA
AGUA	190 L/M3
REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO	DOSIFICACION ESTANDAR SEGÚN FABRICANTE
INCLUSOR DE AIRE (OPCIONAL)	PARA UN CONTENIDO DE AIRE 6%
TOTAL	2145 KG/M3

Equipo que se utiliza

- Bomba para concreto
- Compresor
- Manguera lanzadora de concreto
- Manguera transportadora de aire



Almacenamiento de los agregados: No es necesario que los agregados estén perfectamente secos; de hecho, ciertos agregados refractarios y ligeros necesitan humedecerse previamente, pero los montones deberán estar situados en un lugar en donde puedan drenar libremente y no ser inundados por agua freática. Esto se aplica especialmente a la arena, que deberá mantenerse en su condición óptima, cubriéndola con lonas, permitiendo en esta forma, que el viento circule sobre el montón, pero impidiendo que la lluvia la humedezca.

El lanzador es responsable de revisar que la arena sea de buena calidad para el concreto lanzado, debiendo tener un módulo de finura de 2.4 a 3.2 con no más del 2 por ciento de material que pase por la malla No. 200 (75 micras).

El contenido máximo de humedad en la arena debe estar comprendido entre el 5% y el 8%. Si la arena está demasiado húmeda, bloqueará la manguera y formará capas de mortero dentro de la lanzadora; pero si la arena está demasiado seca, el cemento no se adherirá a los granos de arena al mezclarse, lo cual producirá separación excesiva en la manguera.

Cuando la arena que se va a emplear está demasiado húmeda, generalmente no es práctico tratar de sacarla, siendo mejor mezclar la arena húmeda con arena seca suministrada especialmente para ese fin, o adicionarle cenizas volantes (máximo 15 por ciento del peso del cemento)

Dosificación

Se refiere y se recomienda la dosificación por peso, pero la dosificación por volumen es adecuada si ocasionalmente se calibra el equipo por peso. Frecuentemente los agregados ligeros se dosifican mejor por volumen, ya que su densidad depende mucho del grado de humedad que tengan.

Una caja típica de dosificación para producir una mezcla de 1:3.5 por volumen pueden hacerse una serie de estas cajas, cada una que corresponda a una diferente mezcla y marcarse claramente como tal. La caja ilustrada de 120 litros se llena con arena que después se mezcla con un bulto de cemento. Las dimensiones de la caja están basadas en la presunción de que un bulto de 50 kg de Cemento Pórtland ordinario contiene apenas algo menos de 35 litros.

Se considera que lo anterior sucede empleando arena húmeda. La arena con un contenido de humedad del 5 al 8 por ciento puede abundar del 20 al 30 por ciento arriba de su volumen suelto seco por peso unitario y una mezcla de 1:3.5 dosificada en esta forma, usando arena húmeda, puede muy bien ser equivalente a una mezcla de 1:3 usando arena seca.

Esta mezcla se coloca después en el lanzador y se lanza a su lugar, pero debido a la presencia de rebote, que puede ser desde 5 hasta el 50 por ciento, la mezcla que llega podrá tener proporciones de 1:2.5.



Entonces con una mezcla por volumen de 1:3.5 se espera obtener una mezcla colocada en el lugar de 1:2.5. Es esencial que lo anterior se tome en cuenta al redactar las especificaciones; incluyendo que debe dejarse una tolerancia apropiada de acuerdo con la naturaleza del trabajo y el porcentaje que se espere de rebote.



Mezclado: El equipo de mezclado deberá ser capaz de mezclar completamente la arena y el cemento de manera que los granos de arena se recubran por completo en una cantidad suficiente para mantener un suministro constante al lanzador. La mezcla deberá cribarse para impedir la inclusión de piedras, costras de la revoladora, pedazos de costales de cemento, etc. El mezclado a mano es bastante aceptable siempre que sea económico y se recomienda para mezclas de materiales ligeros y refractarios. Las cribas de malla de alambre tejido varían desde 6 mm, y mallas de metal desplegado de 6 x 22mm, hasta cribas cuadradas vibratorias de 20 mm, dependiendo del tipo de trabajo y de las especificaciones del agregado.

Lanzamiento vertical : Cuando el punto de colocación esté a cierta altura arriba del lanzador, las mangueras deberán sopletearse antes de parar el trabajo pues de otra manera la revoltura en las mangueras caerá hacia abajo hasta el extremo inferior al faltar la presión y ninguna presión que se aplique posteriormente será capaz de moverla. Esta situación se presentará también en cualquier caso en que exista una obstrucción se presentará también en cualquier lugar de la parte superior de la manguera. Es una buena práctica duplicar la manguera con objeto de mantener una continuidad en el trabajo mientras que la manguera obturada se vacía. En forma semejante, para el trabajo hacia abajo, en que la obturación no es tan factible, es mejor efectuar una vuelta en la manguera para impedir pulsaciones. Esta vuelta permite que la revoltura quede suspendida correctamente en la corriente de aire.





Rebote: Es una dificultad que se encuentra al usar concreto lanzado. Es muy raro encontrar un lanzador que haya aprendido a controlar el rebote del material en cualquier condición. El material de rebote son agregados que no se adhieren al respaldo donde se lanza el mortero, al refuerzo a la capa de concreto lanzado en sí y que retachan fuera del área de colocación en forma suelta. La proporción inicial de material de rebote es alta si el chorro se dirige contra la cimbra o el refuerzo; sin embargo la formación de una capa de colchón sobre la forma (ayudada por un ligero exceso inicial de material de rebote. Por lo tanto, las secciones gruesas tienen los porcentajes más bajos de material de rebote y las secciones delgadas, los más altos de todos.

- El porcentaje de rebotes en cualquier situación depende de:
- La eficiencia de hidratación (presión de agua lanzador, diseño de la boquilla)
- La relación de agua/cemento (diseño de la mezcla lanzador)
- Granulometría de la arena (arenas más gruesas = más rebote)
- La velocidad de la boquilla (capacidad del compresor, tamaño de la boquilla lanzador)
- El ángulo y distancia del impacto (límites de acceso lanzador)
- El espesor de la aplicación (especificaciones del trabajo lanzador) y en primer término, la habilidad del lanzador)



En seguida damos los porcentajes típicos de material de rebote

Superficie	Por ciento de material de rebote
Pisos o losas	5 a 15
Muros verticales o con pendiente	15 a 30
Trabajo en cielos	25 a 50

La reducción del por ciento de material de rebote es una consideración primordial en la eficiencia y la economía. El análisis de la composición, del material de rebote muestra que, en general, no estaban insuficientemente mojados en la boquilla; pero el hecho de que se presentan rebotes aún con máquinas revolventoras húmedas, muestra que el mezclado apropiado y la humectación no forman una solución completa. Recientemente se ha descubierto que para reducir el rebote de partículas, debe elevarse la presión del agua (más de 700 kN/m²) con el objeto de asegurar una hidratación adecuada del material, boquillas intensificadoras para alinear y compactar el chorro, aditivos para reducir la tensión superficial e incrementar las propiedades humectantes y el adiestramiento del lanzador acerca del efecto que pueda tener sobre el por ciento de rebote, la variación de la distancia de disparo o la velocidad en la boquilla.

Boquilla: Cualquiera que sea de su tamaño deberá estar a más de 1.20 m. ni a menor de 0.60 m. del punto de impacto. Sin embargo, ciertos trabajos se han ejecutado desde distancias de más de 1.80 m. pero no existen riesgos de sus porcentajes de rebote. En beneficio de una buena calidad del trabajo, el material de rebote no deberá usarse nuevamente en la lanzadora; por otra parte, no vale la pena gastar energías en recolectar el material de rebote, pues resulta más costoso que el valor del material rescatado. Sin embargo, con mezclas más pobres (relación cemento-arena 1:4 a 1:5), puede usarse el material de rebote fresco sin contaminar en la mezcla, como un agente secador si la arena está húmeda, pero solamente cuando la resistencia que se espera del concreto lanzado no sea muy alta.

Bolsas de material de rebote: A veces sucede que el material de rebote no cae muy lejos del punto de impacto, sino que se junta en una bolsa y es factible de ser cubierto con concreto lanzado fresco. La bolsa de material de rebote resultante, contiene mortero sin compactación e insuficientemente hidratado, débil que puede ser perjudicial para la calidad del trabajo y debe evitarse en casos como: estructuras para almacenar agua, estructuras con solicitudes de refuerzos, estructuras presforzadas y todo trabajo de protección externa.



Obstrucciones: Si todo el conjunto está limpio, seco y libre de material sin cernir, no puede presentarse ninguna obstrucción. Cuando éstas se presentan en el material de la manguera la causa es generalmente una de las siguientes:

- a) Partículas demasiado grandes en la mezcla (agregados de mayor tamaño, cemento defectuoso) capas endurecidas de cemento, pedazos de costales de cemento que penetran en la manguera:
- b) Arena muy húmeda
- c) Arena muy seca
- d) Agua que entra por las uniones de la manguera
- e) Agua o aceite en el aire comprimido.

La causa (a) se elimina por un cribado cuidadoso.

La causa (b) se elimina por una protección cuidadosa de la arena en el lugar y revisando las entregas de arena.

La causa (c) se elimina revisando el contenido de agua en la arena y humedeciendo la arena antes del mezclado.

La causa (d) se elimina haciendo las conexiones apropiadas de la manguera y envolviendo o protegiendo de cualquier manera las uniones.

La causa (e) solamente puede eliminarse con el uso de separadores centrífugos en el suministro de aire o por el uso de un tanque separador.

El agua en las mangueras de alimentación es sorprendentemente común, especialmente en túneles en que el aire tiene frecuentemente una humedad del 100 por ciento.

Destapar una obstrucción: Puede ser muy peligroso sin las precauciones apropiadas. El método normal es quitar la presión en la lanzadora, desconectar el material de la manguera, revisar que la obstrucción no esté en el cuello de ganso y soplear el cuello de ganso. La manguera se coloca después en la conexión para soplear y se conecta la presión máxima del aire para expulsar el material de obstrucción, que será conducido manguera abajo y puede salir como un proyectil con una denotación considerable en la boquilla. Con mangueras de gran diámetro, una obstrucción que sale de la boquilla puede levantar a un hombre del piso.

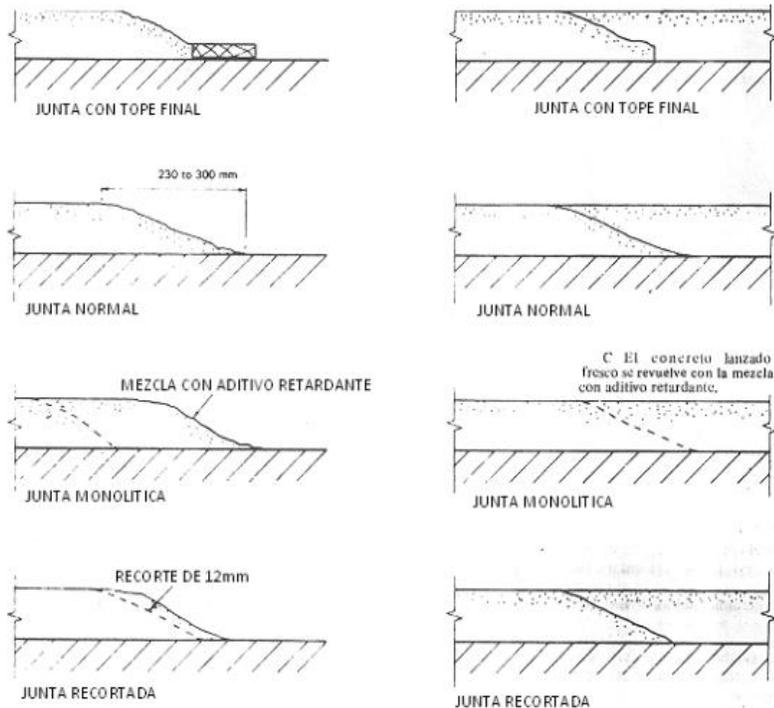


Juntas: Para el uso satisfactorio del concreto lanzado en la construcción y protección, es necesario efectuar juntas de construcción). El concreto lanzado se dispara para formar una orilla en forma de cuña en un ancho de 230 ó 300 mm. para espesores hasta de 75 mm y con un ancho proporcionalmente mayor para espesores más grandes. La superficie inclinada del concreto lanzado se cepilla para quitar la nata y el material de rebote, dejando que fragüe.

El concreto no se corta o se aplana en ningún momento. Antes de iniciar nuevamente la colocación del concreto con un chiflón de aire-agua, se humedece nuevamente. Toda la superficie inclinada se cubre con concreto lanzado fresco, en cuanto sea posible, y el espesor de la capa se empieza a formar de ahí en adelante.

La junta con tope final permite hacer un trabajo de juntas más regular. Las juntas con tope final y la junta normal pueden mejorarse aún más cubriendo la superficie inclinada con un agente de unión antes de continuar con el lanzamiento del concreto. Puede usarse resina epóxica o un polivinil acetato o adhesivo de látex. La junta monolítica es una solución sofisticada, y consiste en colocar la última mezcla del día de fraguado retardado. Al día siguiente se coloca concreto normal lanzado sobre la junta de concreto con retardante que aún está en estado plástico, permitiendo que se forme una junta casi homogénea. Es necesario tener experiencia para obtener éxito.

La junta recortada: se usa para trabajos marítimos y es la misma que la junta normal, a excepción de que la superficie inclinada se ha quitado picándola suavemente para impedir una posible falla de la junta, debido a contaminación por sal de dicha superficie.



Juntas de expansión y contracción: Para estructuras normales es apropiado rellenar las juntas con compuestos especiales para ello. Así, para estructuras que almacenen líquidos. El sellador debe ser un elastómero aprobado o un compuesto similar.

Lanzador

- Asegúrese que la boquilla esté en perfectas condiciones de funcionamiento, el forro fijo y sin desgaste, que los chorros de agua estén libres y no tengan obstrucciones, que las mangueras no tengan incrustaciones y estén colocadas correctamente y que sus conexiones estén hechas en forma adecuada.
- Asegúrese que se recibe el chorro de mezcla en un flujo regular a la presión correcta y uniforme requerida.
- Regular el control del agua para asegurar una compactación adecuada del concreto lanzado, bajo porcentaje de rebote y ausencia de revenimiento.
- Deberá mantener la boquilla en tal forma que el concreto lanzado se proyecte lo más directamente que sea posible sobre las superficies, según lo permitan las condiciones. Esto asegurará una compactación adecuada y un bajo porcentaje de rebote.
- Dirigir el chorro del concreto lanzado hacia las esquinas en una secuencia sensible, para tener la seguridad de que se llenen los rincones con concreto sano y que todo el refuerzo esté embebido en él sin formación de bolsas de arena.
- Dirigir el operador de la lanzadora de acuerdo con sus necesidades y detener el trabajo cuando se presente alguna deficiencia en el abastecimiento.
- Eliminar cualquier bolsa de arena que se forme y cualquier área que tenga corrimientos de concreto o depresiones.
- Disparar el concreto con el espesor, alineamiento y superficie requeridos.

Operador del “Chiflón”

- Ayudar al lanzador con el tubo de “Chiflón” de aproximadamente 1.2m de longitud y cuando menos de 20 mm de diámetro, equipado con una válvula para eliminar por medio de soplado los rebotes de la superficie del trabajo, que están atrás del refuerzo y en los rincones.
- Ayudar al lanzador en cualquier otra forma, por ejemplo, en el caso de que deban cambiarse las mangueras de lugar, eliminar las bolsas de arena, aplanar la superficie del concreto lanzado, eliminar el material del rebote, cuidar de que no se presenten problemas tales como fugas, bloqueos, movimiento de las reglas maestras, etc., y actuar como mensajero y emisor de señales.

Operador de lanzadora

- Asegúrese que la lanzadora está en excelentes condiciones de trabajo.



- Regular el suministro de la mezcla de la lanzadora de acuerdo con las necesidades del boquillero en cuanto a presión y volumen.
- Asegúrese que el suministro de la mezcla no tenga pulsaciones o que en alguna forma deje de ser regular.
- Asegúrese, revisando cuidadosamente todas las conexiones, que no se pierda aire en las mangueras o en la lanzadora.
- Dirigir al operador de la mezcladora de acuerdo con sus necesidades y rechazar cualquier material que se haya dejado por más de dos horas sin utilizar (una hora si la arena estaba húmeda) o cualquier otra mezcla que considere no satisfactoria.
- Sopletear todas las mangueras de material al detenerse el trabajo y vaciar el lanzador si la interrupción dura más de una hora.

Operador de la mezcladora

- Asegúrese que la mezcladora esté limpia y en condición mecánica de primer orden, ésta deberá limpiarse diariamente.
- Mezclar el cemento y la arena en las proporciones previamente calculadas.
- Mezclar por lo menos durante un minuto, ya sea que se use una mezcladora de tambor o de olla.
- Rechazar cualquier cemento insano, que esté mal graduado, de mala calidad o arena con un contenido de humedad mayor del 10 por ciento.
- Por medio de un cribado cuidadoso, tener la seguridad de que no existen agregados grandes, pedazos de costales de cemento, escamas de cemento o cualquier otro material que pudiera bloquear la manguera si se deja entrar a la lanzadora ya sea de la revoladora o de los montones de material mezclado.
- Asegúrese que el cemento esté almacenado cerca y a la mano de la máquina, sobre una tarima que tenga cuando menos 150 mm arriba del nivel del piso y bajo techo.
- Asegúrese que la arena se almacene bajo techo y bajo lonas, de tal manera que pueda drenarse libremente.

La adherencia del concreto lanzado: La adherencia inicial entre el concreto lanzado y el concreto es completamente mecánica, pero el endurecimiento tiene aspectos tanto mecánicos como químicos. Si la superficie que recibe el concreto lanzado está limpia pero áspera, el concreto lanzado que se coloca sobre ella se pegará en la forma de un lodo húmedo que se lanza sobre una pared y que se convierte, por el impacto, en una masa densa, cohesiva, que penetra muy irregularmente en la interface con la superficie sobre la que se lanzó. El concreto lanzado permanece en su lugar como resultado de los efectos combinados de cohesión, succión e intrusión. Una vez en su lugar, siempre que la superficie haya sido humedecida antes de la aplicación de concreto lanzado, se lleva a cabo una reacción química que da por resultado el endurecimiento del cemento para unir entre sí las masas; la adherencia de algunas pastas de cemento del concreto lanzado relativamente ricas en cemento, se verificará por acción capilar o intrusión forzada en poros y fisuras existentes en la superficie, dando por resultado un



incremento efectivo final en la adherencia.

Otros materiales: Cuando se coloca el concreto lanzado sobre ciertos materiales es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Concreto lanzado sobre madera: La madera deberá cubrirse con el papel empleado en la construcción, para evitar que se adhiera a la madera.

Concreto lanzado sobre acero galvanizado: El concreto lanzado no se adhiere al acero recubierto de zinc.

Concreto lanzado sobre aluminio: Inconveniente debido a la posible corrosión electrofítica.

Concreto lanzado sobre tabique o bloques: porosos para la construcción. La adherencia se asegura humedeciendo la base porosa, de madera que siga estando reluciente por la humedad cuando se aplica el concreto lanzado. El concreto lanzado no se adhiere a materiales pulidos y densos.



8-TRABAJOS EN ZONA METROPOLITANA

Cuando observamos el relieve en donde está asentada la Ciudad de México, nos damos cuenta que hay una superficie plana rodeada de montañas con barrancas por donde bajan ríos, la mayoría con un alto grado de deterioro ambiental. Hay coincidencia entre la sociedad civil y diferentes instancias de gobierno sobre la urgencia de recuperar las barrancas o taludes de esta metrópoli. Sin embargo no existe un programa integral para su atención por razones son múltiples.

Para el GDF, en la norma 21, las pendientes de las laderas o taludes determinan hasta donde es barranca; para los geomorfólogos, es una depresión con laderas, por donde hay escurrimientos y es sinónimo de valle y para cada uno de los habitantes de las mismas, existe un concepto único en función de su experiencia. Debido a lo anterior ha sido difícil el trabajo interinstitucional en áreas que son diferentes para cada uno y en consecuencia se carece de un marco jurídico sólido en el manejo de barrancas.

Las barrancas del poniente de la Ciudad se localizan en la Sierra de las Cruces. Estas montañas volcánicas se formaron durante el pliocuaternario debido al emplazamiento de maga en fracturas corticales con dirección NW-SE (noroeste-sureste), Los materiales arrojados, posiblemente desde los volcanes de La Palma y El San Miguel, ubicados en la parte más alta del Desierto de Los Leones, fueron flujos de lava y de piroclásticos, acompañados de cenizas de caída libre, también conocidos como “tepetate” y pumicitas.

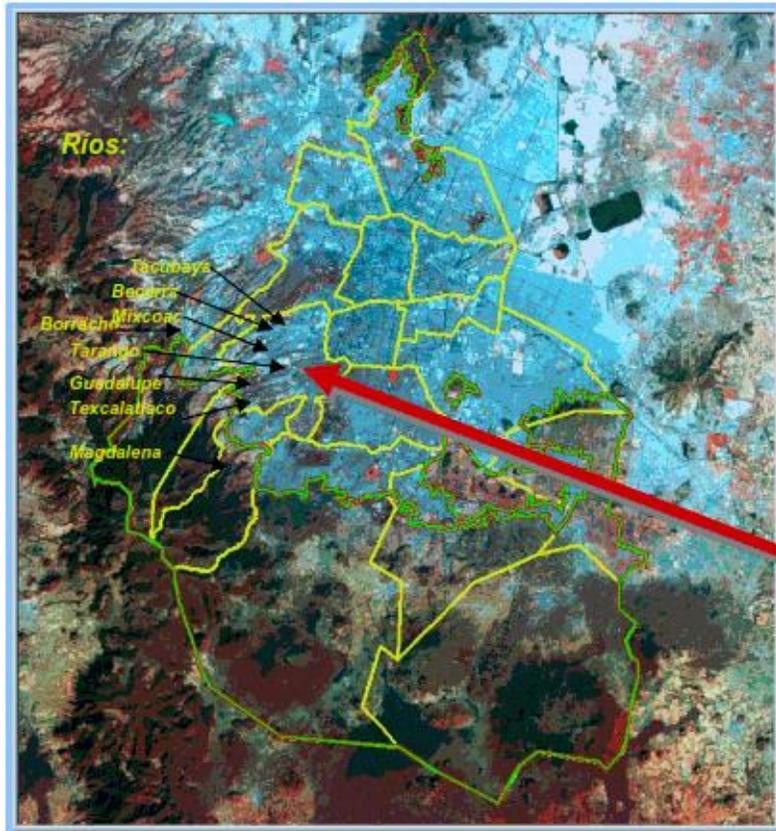
Aunado a lo anterior, se presentaron lahares que son flujos de lodo que arrastran materiales volcánicos y que afloran en las laderas de las barrancas, sin cubierta vegetal o de concreto y que continúan erosionándose. No se descarta, en el origen de las barrancas una relación con la tectónica regional, sin embargo la explicación lógica, indica que del gran parteadas de la Sierra de Las Cruces, bajan corrientes fluviales en sentido hacia el NE (noreste), es decir perpendicular a dicho eje, lo mismo ocurre con la Sierra Nevada, donde se encuentra el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl.

Diagnóstico de la Problemática existente: A continuación se presenta el resultado del trabajo conjunto de campo y gabinete. También se hacen algunas propuestas de solución para la conservación y recuperación de barrancas. La modificación del agua en los sedimentos que constituyen en acuífero en la Cuenca de México trae como consecuencia el aumento del riesgo sísmico y el movimiento de taludes de gran riesgo que puede ser catastrófico en nuestra ciudad.

La sobreexplotación de agua en manto acuífero, se tienen fracturas y fallas en el oriente de la Cuenca de México acuífero, se tienen fracturas y fallas en el oriente de la Cuenca de México.



Las grietas de disecación se ubican en la zona limítrofe del antiguo lago y cuanto más agua se pierda, estas estructuras irán apareciendo en el centro de la ciudad. Cabe señalar que se han tomado varias medidas para “su reparación”, sin embargo el pronóstico es que se volverán a formar dichas grietas.



ALVARO OBREGON TIENE UNA EXTENSION TERRITORIAL DE 7720 HECTAREA, EL 6.28% D.F. QUINTO LUGAR (5) ENTRE LAS DELEGACIONES CON MAYOR SUPERFICIE Y ES LA DELEGACION QUE MAS BARRANCAS TIENE EN EL DISTRITO FEDERAL

VOTO2015

DELEGACIÓN
ÁLVARO OBREGÓN

¿Quién gobierna?
PRD
Joaquín Meléndez, en lugar de Leonel Luna Estrada, quien ahora busca ser diputado local.

Candidatos:

- Enrique Muñoz Escamilla
- Martha Pérez Bejarano
- Teodoro Mario Alonso Paniagua
- María Antonieta Hidalgo
- Polimnia Romana
- Silvia Elena Polo Hernández
- Andrés Castellanos Lara
- Leticia Robles Colín

La controversia:
Leonel Luna fue criticado en 2014 por un viaje a Cuba, que otros perredistas pidieron aclarar si había sido financiado o no con dinero público. La demarcación aseguró que la visita fue pagada por el propio Luna, quien renunció a la corriente Izquierda Democrática Nacional (IDN), de René Bejarano, en febrero de 2015.

Población:
727,034 habitantes
(2010)

Principales problemas:

- **Asentamientos irregulares:** Miles de viviendas están ubicadas en suelos minados, laderas o barrancas, lo que representa un riesgo alto para la gente. El exjefe delegacional Eduardo Santillán calculó que son alrededor de 100,000 viviendas en riesgo.
- **Inseguridad:** De 2011 a lo que va del 2015 los delitos que se cometen en mayor medida son el robo común, de vehículos y el robo con violencia a transeúntes.
- **Pobreza y desigualdad:** Álvaro Obregón aparece como la cuarta con mayor porcentaje de población en pobreza en el DF, con unas 218, 537 personas en esa condición, el 31.3% de los habitantes.

31.30% Población en pobreza

5.70% Tasa de desempleo en 2014

317.7 Tasa de delitos de alto impacto por cada 100,000 habitantes

Fuentes: Sistema Nacional de Seguridad y Convivialidad. Diseño: María Fernanda Ibarra Suárez.

CNN México.com

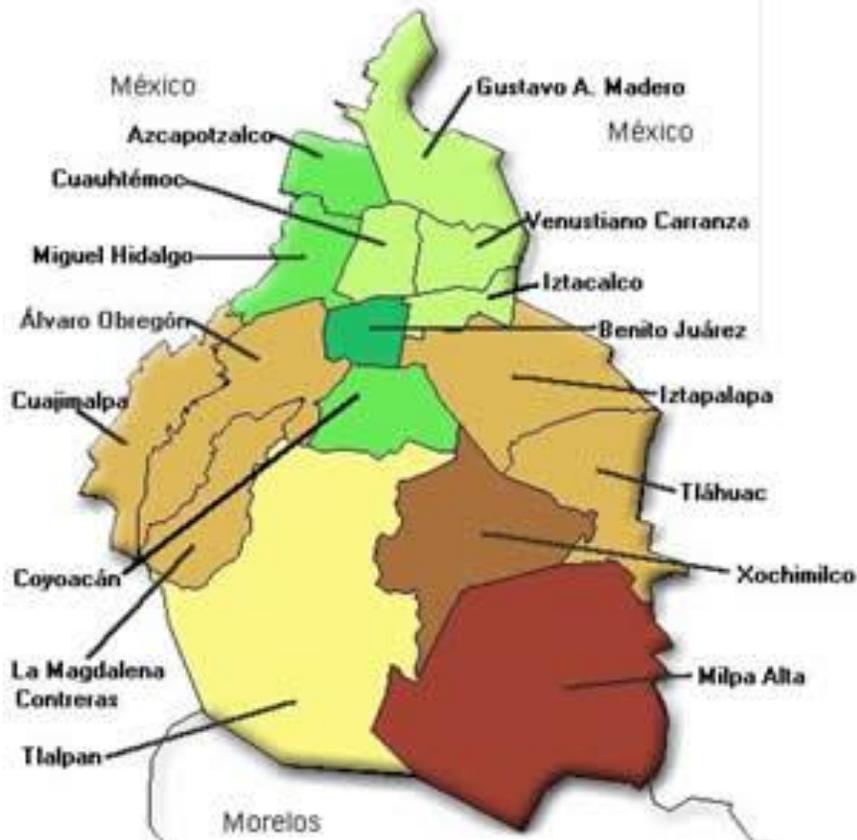
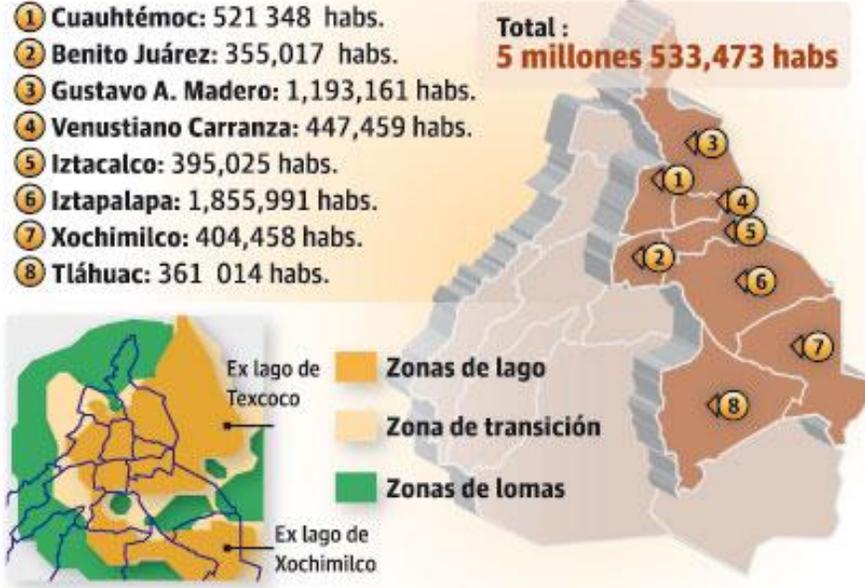


Los puntos sensibles de la capital

Desde el terremoto de 1985 autoridades de la ciudad de México han ubicado las zonas más débiles de la urbe, que ante un movimiento telúrico de las proporciones del de hace 26 años podrían causar otra catástrofe

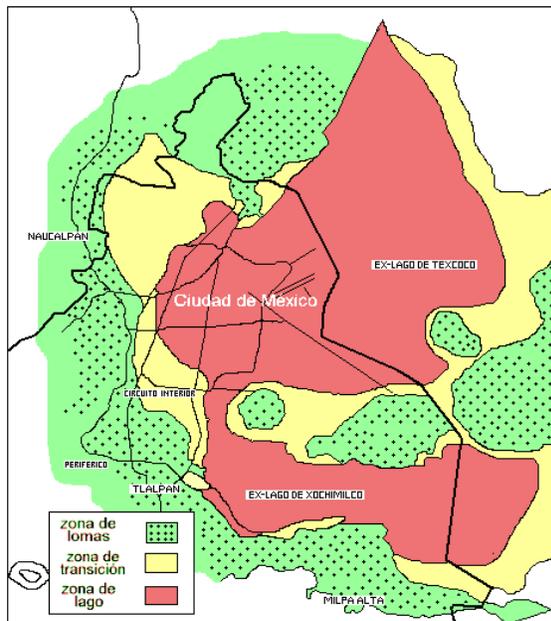
- ① Cuauhtémoc: 521 348 hab.
- ② Benito Juárez: 355,017 hab.
- ③ Gustavo A. Madero: 1,193,161 hab.
- ④ Venustiano Carranza: 447,459 hab.
- ⑤ Iztacalco: 395,025 hab.
- ⑥ Iztapalapa: 1,855,991 hab.
- ⑦ Xochimilco: 404,458 hab.
- ⑧ Tláhuac: 361 014 hab.

**Total :
5 millones 533,473 hab**





LIMITES DE LA CIUDAD DE MEXICO Y SUS COLINDANCIAS



ZONAS DE RIESGO

Debido a la diversidad del terreno en el DF, casi todas las demarcaciones tienen una composición del subsuelo tanto dura como blanda e intermedia, y el impacto de un temblor no sería uniforme

Zonificación sísmica de la ciudad de México

Zona III o de lago
Donde antiguamente se encontraban los lagos de Texcoco y Xochimilco y ha favorecido la amplificación de las ondas sísmicas. A su vez, se subdivide en a, b, c y d que van de menor riesgo sísmico por la fragilidad del terreno a mayor peligro, respectivamente

- Zona III d
- Zona III c
- Zona III b
- Zona III a
- Zona II o de transición
Presenta características intermedias entre la Zonas I y III
- Zona I o firme
Localizada en las partes más altas de la cuenca del valle, formada por suelos rocosos y de alta resistencia

Las áreas más vulnerables son donde estaban los lagos



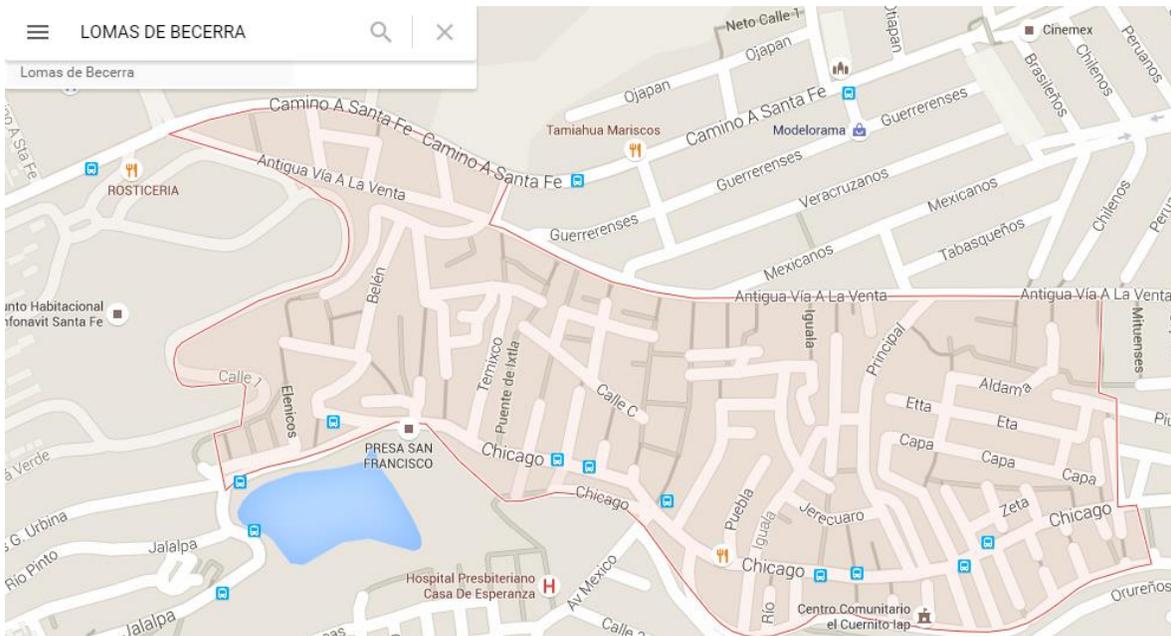
Fuente: Servicio del Sismológico Nacional (SSN)



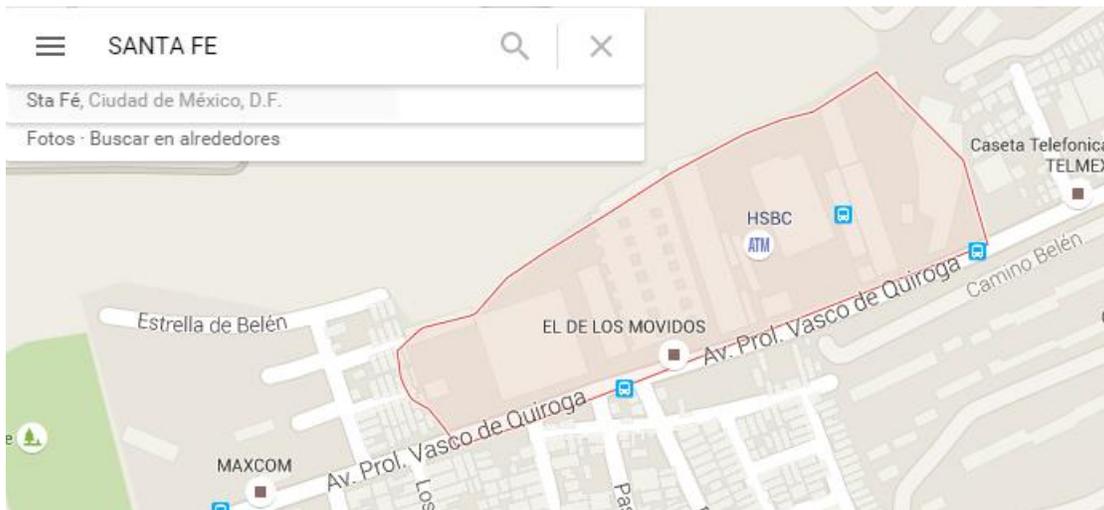
PROBLEMÁTICA (DELEGACION ALVARO OBREGON)
EN COLONIAS: LOMAS DE BECERRA, JALALPA, SANTA FE











PARA LA SOLUCION AL PROBLEMA, EL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL LLEVA ACABO UNA LICITACION PUBLICA PARA CONCURSAR Y RESOLVER LOS DAÑOS QUE PRESENTA LAS COLONIAS. CONSISTE EN QUE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS CONCURSAN PARA REALIZAR LOS TRABAJOS CORRESPONDIENTE AL CATALOGO DE PRECIOS.

CATALOGO DE CONTROL DE EROSION



SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS
Dirección General de Servicios Técnicos
Dirección de Ingeniería de Costos



CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
TAL-01	AMACIZE DE TALUD INCLUYE:MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	1 587.68
TAL-02	CIMBRADO DE TALUD INCLUYE:MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	7938
TAL-03	PERFORACION PARA LA COLOCACIÓN DE ANCLAS INCLUYE:MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M2	7938
TAL-04	INYECCIÓN PARA ANCLAS INCLUYE:MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M2	7938
TAL-05	COLOCACION DE MALLA DE POLIPROPILENO CON FIBRA TRIDIMENSIONAL, PARA CONTROL DE EROSION INCLUYE:MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	7938
TAL-06	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TIERRA VEGETAL FERTIL O NEGRA INCLUYE: MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	1683
TAL-07	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PLANTA LIRIO PERSA INCLUYE: MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	PZA	1532
TAL-08	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PASTO EN ROLLO WASHINGTON BENT.	M2	1300



PARA LOS TRABAJOS EJECUTADOS EN LAS COLONIAS AFECTADAS SE LLEVO ACABO SISTEMAS DE ANCLAJE A LOS TALUDES Y CONCRETO LANZADO





PROBLEMÁTICA (DELEGACION COYOACAN) EN COLONIAS: CANAL NACIONAL, CULHUACAN.

El canal Nacional es un cauce artificial de agua que se encuentra en el centro oriente del Distrito Federal (México). Es uno de los dos cauces a cielo abierto que subsisten en la Ciudad de México; el otro es el río de La Magdalena, que baja de la sierra de las Cruces.

El canal Nacional es el más importante camino de agua prehispánico construido en la Cuenca de México. La longitud actual es de aproximadamente doce kilómetros. En la época prehispánica seguramente fue reconocido como el Huey Apantli, Gran Acequia; y a partir de la Colonia hasta la segunda mitad del siglo XIX llamado de tres maneras de acuerdo a las poblaciones más importantes por las que cruzaba: Acequia Real dentro de la ciudad de México, de esta al pueblo de Mexicaltzingo, Acequia Real a Mexicaltzingo, y desde aquí al pueblo de Chalco, Acequia Real a Chalco.

En 1856 el empresario Mariano Ayllón, que impulsó la primera línea de vapores que hubo en el país por el canal, los rebautizó en su conjunto como Canal Nacional, quizá como un acto republicano para ese momento que vivía el país con un Congreso Constituyente reunido a consecuencia de la triunfante revolución de Ayutla y que habría de redactar la Constitución de 1857. Aunque en ese tiempo no prosperó la propuesta, a principios del siglo XX ya estaba arraigado su nuevo nombre, de tal manera que hoy día es reconocido como la Acequia Nacional o Canal Nacional.¹

Este cauce inicia en el canal de El Bordo en la zona de las chinampas de Xochimilco y se prolonga hacia el norte formando el límite entre Xochimilco y Tlalpan en el tramo del Anillo Periférico Sur a la calzada del Hueso; y a partir de ese punto entre Xochimilco y Coyoacán hasta la confluencia del canal de Chalco a la altura de Santa María Tomatlán. Desde allí el cauce se desvía hacia el noroeste formando la frontera entre Coyoacán e Iztapalapa hasta la calzada de La Viga, donde se orienta hacia el poniente hasta desembocar en el río Churubusco.

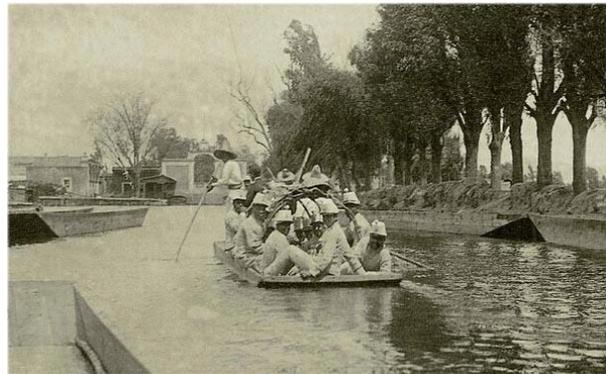
El clima predominante es templado húmedo con lluvias en verano, presenta una temperatura media anual que oscila de 9°C a 14°C.

“Un espacio abierto monumental es un medio físico definido en suelo urbano, libre de una cubierta material, delimitado, proyectado y construido por el hombre con algún fin específico, en el que se reconocen uno o varios valores desde el punto de vista histórico, artístico, estético, tecnológico, científico y sociocultural que lo hacen meritorio de ser legado a las generaciones futuras”





En el caso específico de canal nacional, brinda a la población la oportunidad para el esparcimiento y el encuentro colectivo además de otros servicios ambientales que no se perciben pero que se pueden expresar como la captura de partículas suspendidas, infiltración, barreras contra el viento y ruido, refugio de flora y fauna silvestre, entre otros.



Regulación de Climática a nivel local: la vegetación que se encuentra a lo largo del Canal, amortigua y evita los cambios bruscos de temperatura a una escala local, evitando así la formación de islas de calor.

Retención de sedimentos y control de erosión: Provee la retención del suelo dentro del ecosistema, previniendo la pérdida de éste por el viento y la lluvia.

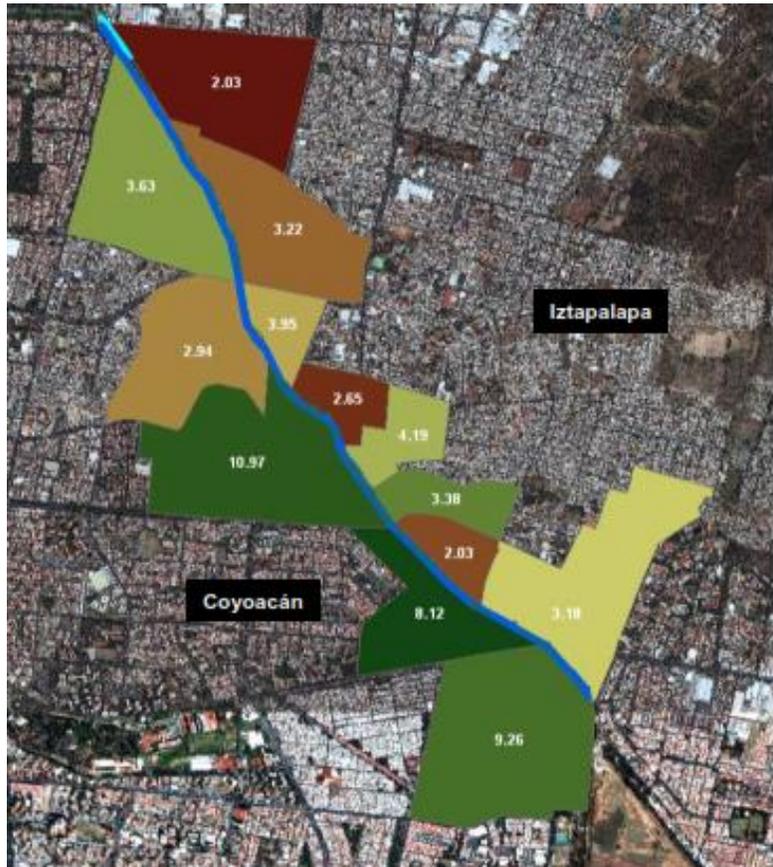
Reciclado de nutrientes: Provee almacenamiento, reciclado interno, procesamiento y adquisición de nutrientes (ciclo de nitrógeno, fósforo, potasio, etc.)

Refugio de especies: Provee hábitat para poblaciones residentes y migratorias, además de zonas de reproducción tanto para especies migratorias como locales.

Recreación: Provee oportunidades para actividades recreativas como caminatas, y uso de bicicletas, y paseos culturales y educativos.

Barrera natural: La vegetación presente contribuye a crear una barrera contra el viento, ruido y partículas suspendidas.

A lo largo de la zona de vegetación se presenta problemas de erosión que causa derrumbe de algunas zonas.

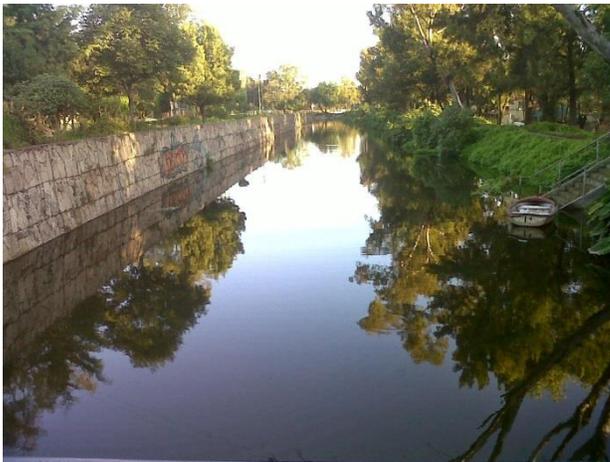




LA SOLUCION A ESTE PROBLEMA: SE PRESENTO LA PROPUESTA DE ESTABILIZAR EL TALUD CON VEGETACION Y MUROS GAVIONES.





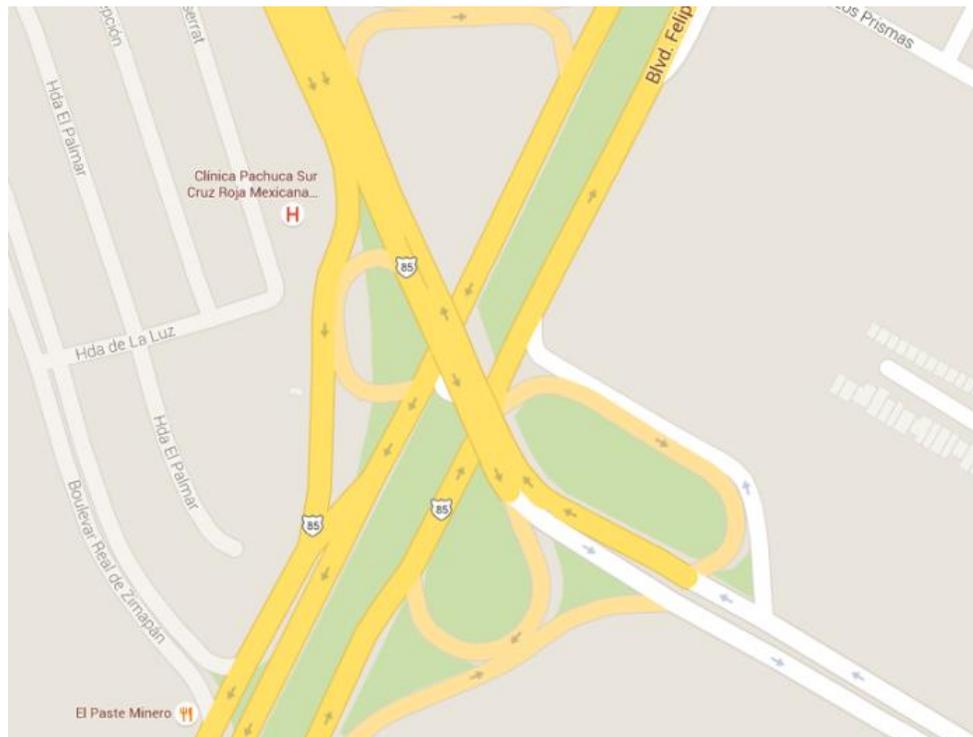






TALUD TRABAJADO EN BUOLEVARD NUEVO HIDALGO EN EL KILOMETRO DE LA AUTOPISTA MEXICO- PACHUCA KM-85

TRABAJOS REALIZADO: ESTABILIDAD DE TALUD CON SITEMA DE ADOPASTO







9-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1-La finalidad de estabilidad de taludes es conocer la posibilidad de falla para que el diseño de cortes y rellenos que den lugar al talud o afecten la estabilidad de la ladera se realicen de forma segura y económica.

2-La estabilidad de un talud es afectada por los factores principales siguientes: modificaciones en su geometría, condiciones de flujo de agua, evolución de la resistencia del suelo y cambios en los esfuerzos actuantes.

3-La estabilidad de taludes busca determinar la magnitud de las fuerzas o momentos que provocan el movimiento y la magnitud de las fuerzas o momentos resistentes que se oponen al movimiento. El factor de seguridad es la relación entre éstos, al que intrínsecamente va ligado un grado de incertidumbre.

4-El diseño tradicional y los métodos en estabilidad de taludes se basa en el cálculo de factores de seguridad, cuyas magnitudes derivan de la experiencia acumulada en la práctica profesional a través de muchos años.

5-Los análisis de confiabilidad se basan en el modelo de capacidad-demanda, en el que un comportamiento no deseable se define como la probabilidad de que la demanda exceda la capacidad.

6-Este análisis de confiabilidad permite tomar en cuenta la incertidumbre asociada a los parámetros del suelo y a las cargas a las que esté sometido. La incertidumbre es producto de dos factores principales: la estratigrafía y propiedades del subsuelo; y las sollicitaciones a las que se verá sometido.

7-Los reglamentos de construcción modernos consideran a factores de carga y factores de reducción para los estados límite de falla y de servicio, en lugar de factores de seguridad.

8-La confiabilidad de un sistema o estructura se define como la probabilidad de que éste cumpla sus funciones de forma adecuada, dentro de un periodo de tiempo y bajo condiciones de operación establecidas.

9-Se han desarrollado diferentes métodos para predecir, a partir de características conocidas de las variables de entrada, los primeros momentos de la variable a calcular, en nuestro caso el factor de seguridad. El nivel de seguridad obtenido dependerá de la precisión con que son modeladas las sollicitaciones y la respuesta del suelo ante ellas. La clasificación de los métodos utilizados en los análisis de confiabilidad corresponde a su nivel de exactitud.



10-BIBLIOGRAFIA

- Mataix, C. 1999. Técnicas de revegetación de taludes. En: Manual de estabilización y revegetación de taludes, López Jimeno, C. (ed). Entorno Gráfico, S.L. Madrid.
- Morgan, R.P.C. y Rickson, R.J. 1995. Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering
- Ramos, A. 1970. Ordenación del Paisaje: Pliego de Condiciones Técnicas para Plantaciones,
- Carreteros: Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera. (2003).
- Diseño de sistemas de subdrenaje con elementos filtrantes en obras viales. Guatemala.
- PAVCO. (2005). Funciones y Aplicaciones de Geotextiles. Obtenido de www.pavco.com
- Rico Alfonso, D. C. (2005). El subdrenaje en las vías terrestres. En D. C. Rico Alfonso, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas (pág. 805). México: LIMUSA.
- Suárez, J. (2006). Control de aguas superficiales y subterráneas. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes. México. Suárez, J. (2006).
- Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Serie: Ingeniería Geoambiental. Ministerio de Industria y practicas de Erosion Control. John Wiley & Sons, INC. Amsterdam.
- Nierlich, Heinz (1994), "Aspectos importantes en la protección de anclajes contra la corrosión", (Simposio internacional de anclas, SMMS).
- Hoek, Brown (1985), "Excavaciones subterráneas en roca", Mc Graw Hill.
- Herrera, S. (2002), "Características y clasificación geológica de las rocas"; Notas del curso de Mecánica de Rocas, DEPMI UNAM, 2005.
- Ovando, E. y Holguín, E. (2002), "Sistemas de anclaje en suelos", (Manual de construcción geotécnica, cap. 5), Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.



- Marsal, R. J. y Mazari, M. (1959), “El subsuelo de la ciudad de México”, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- T.F Ryan, Manual de Concreto lanzado, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto McGraw-Hill 1995.
- Ing. Raúl Bracamontes Jimenez. Manual de Concreto Lanzado. 2004.
- Carlos, Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones 5a ed., Limusa, México , c2005. Páginas 25-75.
- <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>
- http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf
- <http://es.slideshare.net/gabo1717/concreto-lanzadoalejandogomez1>
- file:///C:/Users/Administrador/Downloads/gaviones.pdf

