**12no SIMPOSIO INTERNACIONAL**

**DE ESTRUCTURAS, GEOTECNIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**.

**Técnica de protección de los taludes en la autopista Son-Tuy Loan. Viet Nam.**

**Technical protection of the slopes on the Son-Tuy Loan highway. Viet Nam.**

**Ing. Orestes Espinosa Castillo.**

Orestes Espinosa Castillo. EMPROY VC, Cuba, orestes@emproyvc.co.cu

**Resumen:**

La proyección y ejecución del trazado la autopista Son-Tuy Loan en Viet Nam, se enmarca sobre el macizo montañoso en la región central de este país, presentándose una geología compleja, por la existencia de un metamorfismo regional, esto trae como consecuencia que la roca se encuentre en un estado muy alterado, con numerosas grietas, fallas, alto contenido de arcillas. Durante el periodo de lluvias aumenta el volumen de las arcillas, causando deslizamientos en los taludes, por este motivo se han diseñado y ejecutado, novedosas técnicas de protección de los taludes.

Summary:

The projection and execution of the Son-Tuy Loan highway in Viet Nam, is framed on the mountainous massif in the central region of this country, presenting a complex geology, due to the existence of a regional metamorphism, this has as a consequence that the rock is in a very altered state, with numerous cracks, faults, high content of clays. During the rainy season the volume of clays increases, causing landslides in the slopes, for this reason they have been designed and executed, innovative techniques for protecting the slopes.

* **Problemática:**

En otras carreteras aledañas a estas, se ha tomado como referencia la importancia que reviste un profundo análisis, relacionado con la geología, las aguas subterráneas de las zonas por la que atraviesa el trazado, de ahí el énfasis en diseñar buenas soluciones de protección de los taludes.

* **Objetivo:**

Minimizar los factores de riesgo y vulnerabilidad, que pueden causar daños a la vía y la seguridad vial.

* **Metodología:**

Se realizó una revisión bibliográfica sobre sobre las técnicas utilizadas en el mundo, corroborando las eficacias de las utilizadas en este proyecto.

**1. Introducción**

La ruta de la autopista Son-Tuy Loan se enmarca dentro del Proyecto de la Carretera Ho Chi Minh (Viet Nam) tiene una longitud total de 77,5 km y atraviesa 2 provincias, Thua Thien Hue y Da Nang (de las cuales 36 km se encuentran en Thua Thien Hue). El primer punto en Km 0 + 00 coincide con el punto final de Cam Lo - La Son road y se cruza con la carretera La Son-Nam Dong en Km4 + 600 (provincia de Thua Thien Hue); el punto final en el Km77 + 472 coincide con el inicio de la autopista Da Nang - Quang Ngai (ciudad de Da Nang).

La autopista Son-Tuy Loan , se encuentra sobre el macizo montañoso en la región central de este país, presentando una geología compleja, por la existencia de un metamorfismo regional, esto trae como consecuencia que la roca se encuentre en un estado muy alterado, con numerosas grietas, fallas, alto contenido de arcillas. Durante el periodo de lluvias aumenta el volumen de las arcillas y ocurren deslizamientos en los taludes.

El metamorfismo regional se desarrolla de forma progresiva, desde las zonas superficiales de la corteza terrestre hasta la más profundas, a medidas que aumenta gradualmente la temperatura y la presencia a la que está sometida las rocas; por ser un proceso gradual de clasificación de este metamorfismo se hace mediante grados (grado muy bajo, bajo, medio y alto), cada uno de ellos se ha caracterizado por la presencia de determinados minerales (minerales índices).

La zona donde se enmarca nuestro trazado estamos en presencia de rocas esquistosas. Los esquistos constituyen un grupo de rocas caracterizados por la preponderancia de [minerales](https://es.wikipedia.org/wiki/Mineral) laminares que favorecen su fragmentación en capas delgadas.

**2. Metodología**

* Se realizó una revisión bibliográfica sobre sobre las técnicas utilizadas en el mundo, corroborando las eficacias de las utilizadas en este proyecto.

**3. Desarrollo.**

De manera general las perturbaciones en el tráfico son causadas mayormente por falla de taludes. La estabilidad de un talud se mantiene principalmente por balance entre la resistencia cortante del terreno y la fuerza deslizante de gravedad del talud.

Sin embargo, la estabilidad de un talud está influenciada grandemente por:

1. Disminución en la resistencia del terreno por infiltración de agua en el terreno o lluvia fuerte.
2. Cambio en el balance de gravedad debidos a cortes artificiales y rellenos.
3. Aumento de la presión de poros debido a lluvias fuerte o movimiento del agua freática.
4. Aumento de la aceleración debido a sismo.

Los levantamientos y mediciones son de gran importancia, ya que las áreas donde se esperan fallos frecuentes están determinadas por condiciones geológicas y pueden predecirse topográficamente. Se requieren trabajos apropiados de protección con el objeto de prevenir la falla de taludes.

El sembrado del talud con césped es el método preferido debido a su costo y aspecto estético. Se emplean estructura de protección de taludes como alternativas cuando es difícil de realizar el sembrado debido a las condiciones meteorológicas, topográficas, agronómicas, de gradiente o de agua infiltración. Como principio, deben evitarse las áreas donde pueden ocurrir deslizamientos en la etapa de selección, pero si estas áreas son inevitables en la construcción de las carreteras, serán necesarios los trabajos de protección apropiados.

La existencia del agua es una de las mayores causas de fallas de taludes y deslizamientos, de modo que deben tomarse precauciones totales contra la acción del agua. Deben planearse cuidadosamente durante la construcción, obras de drenajes permanente y temporal.

**Condiciones Meteorológicas**

El clima es afectado por su situación geográfica de modo que la variación anual del clima es grande. En el verano, de Junio a Agosto, la temperatura del aire y la cantidad de precipitación son elevadas en las áreas a lo largo del mar, debido al monzón del Océano Pacífico. En particular, los meses lluviosos con la máxima precipitación ocurren de Mayo hasta mediados de Julio.

También, los tifones generados en el Océano Pacífico Sur son traídos por los monzones para resultar en fuertes lluvias y vientos que ocasionan graves daños no solamente a las carreteras sino a otros sistemas de transporte, algunas veces paralizando temporalmente su funcionamiento como consecuencia.

Los deslizamientos se clasifican bajo el punto de vista de la topografía, geología o forma de movimiento, pero se toman en cuenta especialmente las propiedades de las masas deslizantes con el objetivo de seleccionar reconocimientos adecuados y medidas de protección.

**Cortes en rocas**

Las rocas de basamento tienen muchas líneas débiles, tales como zonas de falla y fractura sometidas a movimientos tectónicos, junturas columnares y planares creadas por la contracción de enfriado.

La estabilidad de estos taludes está gobernada por el grado de desarrollo de fisuras y el grado de fracturas. Debe realizarse un análisis general en base a refracción sísmica, coeficientes de grieta, y la comparación de los registros hechos para los taludes vecinos.

A veces se examina la estabilidad de un talud después de determinar el coeficiente de agrietamiento, que indica la frecuencia de ocurrencia de fisuras en el basamento, establecido en base a las velocidades de propagación de las ondas elásticas y las perforaciones.



Figura 1. Cortes en rocas, conformación de taludes.

**Sistemas de protección y contención de taludes**

Existen diversos sistemas de protección para estabilizar taludes, algunos de ellos innovadores y rentables.

Los métodos constructivos se han seleccionado, considerando las características morfológicas de esta zona rural; presencia de agregados de gran tamaño, topografía con grandes pendientes, filtraciones, así como la eficacia y eficiencia del sistema de protección.

1. **Muros de contención con gaviones**

Se entiende como gavión a cajas modulares elaboradas de mallas metálicas hexagonales de triple o doble torsión de diferente tamaño, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación. Son flexibles, permeables y monolíticas. Son estructuras drenantes que permiten disipar la energía del agua y disminuir presiones hidrostáticas. Entre estos tipos de gaviones tenemos: Gaviones caja, gavión tipo colchón y gaviones saco.

La continuidad monolítica se logra en campo con los amarres de alambre galvanizado. En esta forma trabajarán como una estructura completa con mayor resistencia al deslizamiento, volteo y fallas por esfuerzo.

La forma de trabajo de las estructuras con gaviones es gracias a su peso propio, por ese motivo para su análisis de diseño se considerará el empleo de gaviones caja y los muros de contención por gravedad.



 Figura 2. Gavión Caja.

Los diafragmas tienen como propósito limitar el movimiento interno del relleno de piedras y reforzar más el armazón, cuyo largo no deberá ser superior a una vez y medio el ancho del gavión.

 Los muros de contención con gaviones tienen las siguientes características:

* Flexibles: Los gaviones poseen una gran adaptación al terreno, absorben todos los asentamientos sin requerir ningún tipo de cimentación especial.
* Ecológicos: Se integra fácilmente al medio ambiente, permiten una regeneración del paisaje y una nulidad del impacto visual final que no posee el hormigón.
* Montaje rápido: Posee una gran simplicidad constructiva y rapidez en la ejecución.
* Drenantes: Las piedras de relleno ofrecen un mayor grado de permeabilidad en toda la estructura, permitiendo drenar el agua alojada en su interior.
* Resistentes: El trabajo en conjunto de los gaviones ofrece una buena resistencia a la compresión y tracción.
* Económicos: Para rellenar los armazones metálicos, se pueden utilizar piedras de poca calidad, o aun de desecho, comúnmente encontradas cerca del sitio de la obra.
* Durables: Ofrecen un periodo de duración mayor a 20 años de vida; tiempo en que los arrastres depositados en los intersticios de las piedras y la sedimentación de los mismos originan la formación de un bloque compacto y sólido.
* No precisan cimentación: Se apoyan sobre el terreno sin necesidad de otra estructura (trabajan a gravedad).
* Adaptación al terreno: Todo cambio en su forma por hundimiento de su base por presión interna, es una característica funcional y no un defecto, conservando su solidez estructural sin fracturas.
* Fácil diseño: No necesitan mano de obra especializada.
* Mano de obra no especializada: Es posible capacitar rápidamente trabajadores no calificados con supervisión de algunos calificados, para armar los gaviones, rellenarlos y sujetarlos entre sí con alambre de hierro galvanizado, no es indispensable equipos mecánicos.

**Principales aplicaciones**

* Encauzamiento y canalizaciones de ríos de óptimo rendimiento.
* Protección contra desprendimientos de piedras en laderas.
* Protección y defensa de márgenes, incluida su integración medioambiental.
* Construcción de muros de contención en carreteras, caminos forestales, líneas férreas, zonas urbanas y obras de todo tipo que precisen contención de tierras junto con una adecuada integración en el entorno.
* Construcción de Diques.
* Protección de erosión por oleajes en taludes de presas.
* Construcción de puentes y pasarelas provisionales.

**Especificaciones técnicas**

Los gaviones en el mercado mundial poseen una diversidad de dimensiones, por esa

razón en el presente trabajo se ha considerado las siguientes dimensiones estándares disponibles:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) | Volumen (m3) | Diagramas (u) |
| 1.5 | 1 | 0.5 | 0.75 | - |
| 2 | 1 | 0.5 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0.5 | 1.5 | 2 |
| 1.5 | 1 | 1 | 1.5 | - |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 3 | 2 |

Tabla 1. Gaviones caja con diagrama

**Resistencia**

El gavión como producto terminado, según norma ASTM 975-97 diámetros de res, tamaños de cocadas, tipos de recubrimientos, resistencia mínima, etc.), debe poseer las aleaciones de acero dulce recocido incluyendo el acero para las operaciones e amarre y atirantamiento durante la colocación en obra.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Descripción de la prueba | Recubrimiento PVC | Recubrimiento Metálico |
| KN/m | Kgf/m | KN/m | Kgf/m |
| Paralelo a la torsión | 42.3 | 4.31 | 51.1 | 5.21 |
| Perpendicular a la torsión | 20.4 | 20.08 | 26.3 | 2.68 |
| Conexión a las aristas | 17.5 | 1.78 | 20.4 | 2.08 |
| Conexión panel con panel | 17.5 | 1.78 | 20.4 | 2.08 |
| Prueba de punzonamiento | 23.6 | 2.41 | 26.7 | 2.72 |

Tabla 2. Resistencia de los gaviones

**Revestimientos**

El gavión debe ser fabricado en red de alambre con revestimiento Galmac. Este alambre debe ser revestido con una aleación de zinc 5% y aluminio7 (siendo la cantidad mínima de revestimiento en la superficie de los alambres de 244 g/m2).

|  |  |
| --- | --- |
| Características | Gavión Caja (recubrimiento) |
| Metálico | P.V.C |
| Tipos de mallas |  | 8 cm x 10 cm |
| Aberturas de mallas |  | 3.25 pulg x 4.50 pulg |
| Øde alambre de la malla  | (mm) | 3.050 | 2.700 |
| Øde alambre de borde | (mm) | 3.800 | 3.400 |
| Øde alambre de amarre | (mm) | 2.200 | 2.200 |
| Øde alambre de traslapes | (mm) | 3.000 | 3.000 |
| Øde alambre de atiesado  | (mm) | 2.200 | 2.200 |
| Espesor de revestimiento PVC | Mínimo | No aplicable | 0.50 (0.020)  |

Tabla 3. Espesores de revestimientos en gaviones.

**Características de la red.**

* Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de los laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3mm para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia
* Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m. debe ser dividido en celdas por diafragmas colocadas cada metro.
* El lado inferior de los laterales y de los diafragmas debe ser cosidos al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de 2,2mm de diámetro.
* Con los gaviones caja, deben ser provistos de una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento de 2,2mm de diámetro. Su cantidad, con relación al peso de los gaviones, es de 8% para los de 1,00m de altura y de 6% para los de 0,50m.
* La norma ASTM 975 –97 recomienda dimensiones de cocadas según la velocidad del agua, y no recomienda el uso de cocadas con dimensiones mayores (10x20), pues disminuye la resistencia estructural e hidráulicamente es ineficiente, inclusive su funcionalidad puede verse comprometida.
* Para el caso de gaviones caja, se recomienda usar cocadas de 8 x 10 con diámetros de alambres de 2.7 mm. y 3 mm. respectivamente, dependiendo si este es plastificado o triple zincado.

**Proceso de construcción**

1. Preparar convenientemente la superficie de asiento. Colocar sobre está la estructura metálica: desdoblarla, extenderla en el suelo y pisarla red hasta eliminar las irregularidades.

2. Doblar los paneles para formar la caja, juntar los cantos superiores entrecruzando

 los alambres que salen de los paneles.

3. Cortar un pedazo de alambre de 1.5 m de largo y fijarlo en la parte inferior de las

 aristas. Amarre los paneles en contacto, alternando vueltas simples y dobles a cada

 malla (estas costuras se ejecutaran en forma continua). Repetir la operación con los

 diafragmas.

1. Amarrar varias cajas en grupos, siempre con el mismo tipo de costura. Lleve los grupos de cajas hasta el lugar determinado en el diseño y amarrarlos a las cajas ya colocadas, por medio de resistentes costuras a lo largo de todas las aristas en contacto. Esta operación de vincular entre sí las distintas piezas es de fundamental importancia para la estabilidad de la obra, ya que estas formas deben actuar como una estructura monolítica para tolerar las deformaciones y asentamiento que pueden llegar a producirse.
2. Alinear las cajas antes de rellenarlas, puede usarse encofrados de madera para una buena terminación de alineación.
3. Llenar las cajas hasta 1/3 de su capacidad total. Fijar dos tirantes horizontales y llenar

hasta los 2/3. Fije otros dos tirantes y acabe el llenado hasta 1 a 5 cm por arriba de la altura de la caja.

1. Cerrar el gavión, bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

**Diseño**

Los muros de gaviones se pueden diseñar con escalones externos o escalones internos. Los de escalones internos, es decir con paramento exterior plano, algunas veces son preferidos por razones funcionales o estéticas, pero desde el punto de vista estático resultan en general más adecuados los de escalones externos, incluso por razones de altura, para altura mayores de 5 m ó 6 m se aconsejan muros de escalones externos. En el caso de escalonamiento interno se advierte la necesidad de inclinar la obra al menos 6° (α).

El diseño de obras de contención a gravedad se basa en las teorías de Coulomb y Rankine. La experiencia de obras realizadas demuestran que los resultados obtenidos, conducen a dimensionamientos a favor de la seguridad y muy conservadores. Estas teorías tratan de determinar los diferentes empujes que se producen en la tierra, tanto en caso pasivo como en activo.

En el proceso de diseño de gaviones se comprueba la seguridad al deslizamiento, al vuelco y a la distribución de presiones, en cuanto al proceso de diseño del muro de contención de hormigón ciclópeo se realiza las verificaciones a la compresión, tracción, al vuelco y al deslizamiento en las dos secciones superior e inferior Las estructuras de contención deben proveer una adecuada estabilidad contra deslizamientos.

El factor de seguridad contra deslizamiento debe ser por lo menos 1.5 para rellenos de baja cohesión y cerca de 2.0 para rellenos cohesivos.



El Factor de seguridad contra el vuelco es de 1.5, con un valor sugerido de 2.0 para suelos cohesivos respectivamente.



A continuación se presentan algunas imágenes en la ejecución y protección de taludes con el uso de gaviones y piedras, obtenida de un corte próximo, teniendo en cuenta el nivel máximo de crecida del rio.

**Recomendación**

Emplear los geotextiles por que actúan como filtro evitando la contaminación de los gaviones con los finos del talud, a causa de las filtraciones.

Disipan las presiones hidrostáticas sobre el espaldón de los gaviones, asegurando su estabilidad e impiden la socavación de los materiales del talud.

Figuras 3,4. Protección de taludes con Gaviones.

Otras técnicas utilizadas en el diseño y ejecución de taludes fueron:

* Construcción de reticulados de vigas de hormigón in situ, anclado con pernos al substrato de suelo, protegidos con siembra de vegetación entre los reticulados.
* Reticulado de mallas electrosoldadas, protegidas con hormigón proyectado, intercalados con bermas y disipadores.
* En caso de taludes mayores de 6.00m se concibió, además de los métodos anteriores, para controlar el flujo de agua a ejecución de bermas, colocación en los taludes tubos de drenaje de PVC, protegidos en sus entradas con bolsas de geo textil y piedras de diámetros de hasta 10-20 mm y disipadores de hormigón in situ, para conducir el agua hasta su punto de intersección con el drenajes laterales de la vía.

**Trabajos de anclaje en taludes.**

Los trabajos de anclaje se realizan en taludes donde existen junturas o grietas en el

afloramiento rocoso del talud de rocas duras o blandas, y es posible que el talud colapse o se caiga. Los trabajos de anclaje en el talud previenen el colapso y la separación de la roca basal, ajustando directamente la roca inestable.

Los trabajos de anclaje en taludes se utilizan para aumentar la estabilidad de otros

trabajos, tales como armazones de concreto vaciado in-situ, pilotes, concreto lanzado y muros de contención.

Cada anclaje tiene tres partes: la parte principal de anclaje, el miembro en tensión y el cabezal del anclaje.

Los anclajes pueden dividirse en tres clases, dependiendo del método de anclaje de la parte principal de anclaje a la roca basal.

 1) Anclaje tipo friccionante: Este tipo transfiere la fuerza de tracción del anclaje a la roca basal, por medio de la resistencia friccionante entre la roca basal y la periferia de la parte principal del anclaje.

2) Anclaje tipo portante: Una parte o la mayor parte principal del anclaje se agranda y la fuerza de tracción del anclaje es resistida por la presión de tierra pasiva de la parte principal del anclaje.

3) Anclaje tipo combinación: Es una combinación de los tipos.

Las barras de acero, los cables y alambres de acero que se usan en concreto pretensado, se emplean para reducir la relajación de los materiales de acero debido a la alta tensión que actúa en los miembros de anclaje.

Existen muchas clases de aceros de pretensado utilizados como miembros de tensión y existen disponibles varias clases de equipos de tensado adecuados a los miembros en tensión.

La resistencia del anclaje está gobernada por la resistencia de tracción de la parte anclada y la elongación del anclaje. Cuando se aplica una fuerza de tracción a un anclaje localizado en el terreno con una resistencia relativamente grande, como en roca basal, ocurrirá la falla en la parte adherente entre el anclaje y la roca. Por otro lado, las fallas ocurrirán en el terreno si el anclaje se coloca en un terreno de baja resistencia, como en sedimentos.

La fuerza de resistencia de tensión última de la parte adherente entre el anclaje y

el terreno puede calcularse de la ecuación.

*T=*p  *D (l-l1)* t.

Dónde:

T = Fuerza resistente de tensión última del anclaje (kg).

D = Diámetro de la parte principal del anclaje (cm).

l = Longitud total del anclaje (cm).

l1 = Longitud de la parte no anclada (cm).

t *=* Resistencia cortante de tracción entre el terreno y la parte *principal* del anclaje (kg/cm²).

Si se asume un factor de seguridad Fs, la longitud del anclaje puede determinarse de la siguiente ecuación.

 *l* - *l1=*tp *D T Fs*

 El valor de ***t*** debe determinarse mediante un ensayo de tracción en el terreno, siendo mayor que 15 a 25 kg/cm² para roca dura y de 5 a 15 kg/cm² para roca blanda y roca meteorizada.

La porción principal del anclaje debe, cuando sea posible, estar anclada a la roca basal no meteorizada. Adicionalmente, la parte principal del anclaje debe instalarse más profundamente que la superficie de deslizamiento anticipada. Ya que los factores en el terreno real son complejos, los resultados de la investigación de campo deben examinarse en detalle y debe establecerse el plan más efectivo de anclajes.

Cuando se usan los anclajes como estructuras semi-permanentes, los miembros de acero en tensión deben tratarse apropiadamente para prevenir la corrosión. Con este propósito se realiza el inyectado a la parte libre del miembro en tensión después del anclaje y se colocan coberturas a los miembros de acero, llenando de anticorrosivo los vacíos entre la cobertura y los miembros de acero. De otro modo, el anticorrosivo se aplica a la parte de longitud libre.

Se realiza un ensayo de tensión para más de por lo menos tres anclajes o más del 5% del número total de anclajes. Luego el ensayo de verificación se realiza en todos los demás anclajes, cuando la inyección de la parte principal del anclaje adquiere una resistencia predeterminada.

Se emplea una carga de 1.2 a 1.3 veces la fuerza de diseño del anclaje como la carga máxima del ensayo de tensión, y una carga de 1.0 a 1.2 veces la fuerza de diseño del anclaje para el ensayo de verificación.

La roca fracturada y la roca basal deben perforarse simultáneamente con una perforadora. Luego debe introducirse un perno de roca en la perforación para fijar la roca fracturada inestable en la superficie del terreno a la roca basal.

La punta del perno de roca está partida longitudinalmente, de modo que el perno puede anclarse al introducir una cuña e hincar el perno en la perforación. Luego se rellena mortero en la perforación y se ajusta el perno desde el exterior para el anclado.

Se requiere reforzar con concreto el área alrededor de los fragmentos, tales como cantos rodados, cuando existe el peligro de una caída de roca. Esto se hace independientemente si se emplean o no pernos de roca.

Figura 5: Se utilizaran diferentes tipos de anclajes.

**Drenaje para Taludes de Corte y Relleno.**

El daño al talud debido al agua puede dividirse, de manera general, en: erosión superficial debido al agua superficial del talud y fallas debido al aumento en la presión de poros o disminución en la resistencia cortante del suelo que forma el talud, por socavación e infiltración de agua.

 El drenaje del talud debe diseñarse de modo que sea efectivo en prevenir la erosión superficial y la falla.

También, aunque las facilidades de drenaje satisfagan todas las funciones necesarias, pueden existir algunos daños en zonas de aguas abajo si las facilidades de drenaje terminal son insuficientes. Por lo tanto, las facilidades de drenaje deben estar conectadas a terminales con amplia capacidad.

Cuando se diseñan las facilidades de drenaje, la lluvia, la topografía, las condiciones de superficie del terreno, los suelos, las condiciones del nivel freático y los sistemas existentes de canales de drenaje deben examinarse completamente en avance, determinándose la descarga de drenaje.

Sin embargo, es difícil entender precisamente el movimiento del agua de infiltración subterránea solamente en base a reconocimientos anteriores a la construcción. La presencia del agua subterránea o una capa permeable se detecta a menudo por primera vez durante la ejecución de los trabajos. Por lo tanto, es importante proporcionar facilidades de drenaje efectivo durante el trabajo, mediante el cambio del diseño original del drenaje si fuera necesario. Las dimensiones de las facilidades de drenaje bajo planeamiento deben tener una tolerancia de aproximadamente el 20%, para tomar en cuenta la deposición de sedimentos. Sin embargo, una mayor tolerancia puede ser necesaria para taludes, los cuales pueden tener sedimentos de escorrentía considerables durante lluvia severa o en lugares donde la inspección y limpieza de las facilidades pueda ser difícil de ejecutar.

**Taludes de corte.**

En el caso de taludes grandes, la cantidad de agua que corre a través del talud puede ser muy grande en la parte de aguas abajo, por lo que se requiere instalar facilidades de drenaje en bermas, para remover el agua con el objeto de prevenir la erosión debido al agua superficial.

Para los lugares donde se esperan manantiales de agua de las superficies de corte o donde ocurren manantiales durante lluvias, debe asegurarse la estabilidad mediante la instalación de obras de protección de taludes, como disipadores con lloraderos horizontales como drenaje.

Adicionalmente, deben tomarse precauciones adicionales de drenaje temporal durante los trabajos de taludes de corte. Desde que el flujo del agua superficial en un terreno natural se afecta grandemente después del trabajo de corte, debe planearse drenaje con una capacidad lo suficientemente grande.

Debe notarse que aunque exista drenaje temporal durante la ejecución de los trabajos, el agua puede no estar apropiadamente colectada al drenaje, si éste ha sido deficientemente construido, o el agua puede fluir al lado posterior del drenaje, resultando algunas veces en fallas del talud. Las facilidades de drenaje temporal construidas por excavación del terreno deben utilizarse como facilidades de drenaje del agua subterránea, aún después de terminados los trabajos.

Figura 6: Un buen análisis de las aguas subterráneas, evitan la erosión y fallas en los taludes.

A continuación ilustramos algunas imágenes referidas a la ejecución de protección de los taludes, los diferentes tramos de nuestro trazado, relacionado con las variadas técnicas aplicadas.





Figura 7 y 8: Protección de taludes e cortes mayores de 6.00 m, ejecución de bermas, disipadores, y reticulados de vigas de hormigón, sistemas de drenajes con tubos platicos de PVC, bolsas de geo textil rellena con piedras pequeñas. Hormigón proyectado con bombas de hormigón.

 

Figura 9 y 10: Protección de taludes con el empleo de mallas electrosoldadas fijadas con pernos hacia el suelo, sujetos con platina de acero y tuerca, cubierto con hormigón proyectado.



Figura11: Protección de talud intersectado en su extremo superior con una berma recolectora del drenaje pluvial para que no afecte el talud.



Figura 12: Protección con reticulado de vigas de hormigón armado in situ, sujetas ancladas con pernos al macizo.



Figura 13: Reticulado relleno con tierra vegetal y siembra de arbustivas pequeñas.

**CONCLUSIONES**

Se ha tomado como referencia la importancia que reviste un profundo análisis, relacionado con la geología y las aguas subterráneas de las zonas por la que atraviesa el trazado, lográndose de esta forma el correcto enfoque para diseño de buenas soluciones con el objetivo fundamental de minimizar los factores de riesgo y vulnerabilidad, que pueden causar deslizamiento de los taludes y como consecuencias afectar la seguridad vial.

**BIBLIOGRAFÍA**

Armas Novoa, R y Horta Mestas, E: Presas de Tierra. Editorial ISPJAE, La Habana. 1987.

Edy Rolando Chanquín Gómez Tesis\_ Diversas aplicaciones de gaviones para la protección y estabilización de taludes. Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería Escuela De Ingeniería Civil. Septiembre.2004

Juárez Badillo, E y Rico Rodríguez, A: Mecánica de Suelos. Vol. I y II. Segunda edición. Editorial Limusa. México. 1996.

Maccaferri gaviones do Brasil LTDA, "Estructuras flexibles en gaviones", Brasil.

Manual de especificaciones técnicas. Proyecto: Construcción de Gaviones en la ladera del río Subachoque, Afluente del río Bogotá, Barrio Escullón Municipio de Madrid Cundinamarca.

Mendoza, M, "Nociones de Geotecnia", cap. 24 Manual de Ingeniería de Ríos, Comisión Nacional del Agua, México, 1992.

Secretaría de Obras Públicas, "Gaviones Metálicos", Departamento de Antioquía, Colombia.

Sopena Mañas, L. M: Terraplenes. Curso sobre Últimos Avances en la Ingeniería Geotécnica. La Habana, Cuba. 13 al 15 de Noviembre de 2000.

Protección de taludes con Gaviones. Teniendo en consideración, el nivel de agua máxima.

Protección de taludes con Gaviones. Teniendo en consideración, el nivel de agua máxima.

Protección de taludes con Gaviones. Teniendo en consideración, el nivel de agua máxima.

France Gabons, Le Puzin (1988), Agostini R., Mazzalai P., Papatti, Filets metalliques a mailles hexagonales pour la protection des falaises et talus.

España, Cuba, MOPT Universidad de Cantabria e IPSJAE, (1995), Dr. Ing. Francisco Ballester.

Muñoz, Dr. Ing. Roberto Jesús Fonseca, Sistemas de estabilización y protección de taludes y laderas rocosas Geotecnia y cimientos, Jiménez Salas J. A., Cimentaciones y aplicaciones de la Geotecnia (pp146 - 153).

Geotecnia y cimientos, (1981), Jiménez Salas J. A., Justo Alpañes J. L., Serrano A. A.,

Mecánica del suelo y de las rocas (pp 775 - 778).

Especificaciones generales para la construcción de carreteras M-014 División general.

Reglamentos y sistemas. Secretaría de estados de obras públicas y comunicaciones. República Dominicana, Mayo 1985.

Manual centroamericano. Especificaciones para la construcción de carreteras y puentes.

Proyecto USAID No. 596-0181-20 Fundevi LANAME, Costa Rica, Marzo 2001.

http//www.abianchini.es