# Propuestas de Soluciones Técnicas para la Estabilización de Taludes de Roca Blanda en la Vía Guayaquil – Progreso

María Auxiliadora García Morán [1], Ing. Miguel Ángel Chávez [2]
[1] Ingeniera Civil, FICT/ESPOL, 2007
[2] Ingeniero Civil Msc., FICT/ESPOL
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
mariuxigm@yahoo.com [1], miquelangeloch@yahoo.com [2]

## Resumen

*El desarrollo del turismo en la Costa ecuatoriana ha permitido la ejecución de obras importantes, como la Autopista Guayaquil – Santa Elena, la cual ha sido observada técnicamente en varias oportunidades. Se ha seleccionado un tramo de la vía, cuyo funcionamiento se ve afectado por la estabilidad de taludes de gran altura de suelo y roca blanda a muy blanda, tomando como abscisa 0+000 el peaje ubicado en la población de Chongón y finalizando en la abscisa 40+000, en las cercanías de la parroquia Progreso,. Los tipos de roca que se encuentran en la zona son areniscas, conglomerados, limolitas y lutitas, estas últimas presentan serios problemas de inestabilidad. Uno de los principales problemas que presentan los taludes del tramo de la vía Guayaquil – Progreso, es la erosión, debido a las condiciones climatológicas severas (precipitaciones y pérdidas de humedad). Adicionalmente, los estribos de los puentes presentan problemas de socavación por el estrangulamiento del cauce debido a la colocación de soluciones mal aplicadas. Se proponen soluciones técnicas en base a investigaciones de campo, laboratorio y oficina para los problemas antes descritos.*

**Palabras Claves:** *Talud, Erosión, Roca Blanda, Hormigón Proyectado, Estribos, Enrocado.*

## Abstract

*The tourism development of the Ecuadorian Coast, bring the execution of important works like the Guayaquil – Santa Elena roadway, this way has had previous technical observations in the past. It has been choose a section, which begins in Chongón village (abscise 0+000), and finish in the Progreso village nearness (abscise 40+000), the section chosen its affected by slope problems, specially when these have greater than 10 meters and its composition is soil and soft rocks. Rock types that are possible to find in this zone are: Sandstone, Clastic rock, Siltstone and Lutite, the last ones have serious instability problems. One of the problems in slopes is the erosion, due to the several climatic conditions (rain and evaporation). Additionally, the abutments arches have undermining problems by the strangling of the river-course by the employment of bad applications solutions. Technical solutions are proposed in base to camp, laboratory and office investigations.*

**Key words:** *Slope, Erosion, Shot Concrete, Abutment arch, Soft Rocks.*

# 1. Introducción.

Se procedió con el análisis de estudios, informes técnicos, y diseños realizados por entidades públicas, en especial el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y la Comisión de Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGÉ), determinándose los aspectos más importantes para este estudio. Además, se efectuó un reconocimiento geológico – geotécnico, caracterizando distintos tramos, con ayuda de ensayos de laboratorio. Se establecieron los parámetros topográficos, hidrológicos, hidráulicos, y de diseño vial con los cuales se efectuó un análisis integral que permitió la determinación de soluciones técnicas, cada una de las cuales son formuladas y descritas.

# 2. Análisis de Información Disponible.

Debido a que no se ha tenido acceso a un estudio geotécnico completo para el área de estudio, fueron necesarios trabajos adicionales.

## 2.1 Topografía.

No se ha podido disponer de levantamientos topográficos detallados de la vía, por lo que se utilizaron las hojas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) en escala 1:50000, de la zona de estudio, y se realizó trabajo de campo con la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

## 2.2 Geología.

Se procedió a identificar las Formaciones Geológicas que se presentan en el tramo de estudio, encontrándose:

- Grupo Azúcar
- Tosagua (Miembro Zapotal)
- Progreso (Miembro Subibaja)


Figura 2.2.1 Detalle formaciones Geológicas vía Guayaquil – Progreso (3).

## 2.3 Hidrología.

Se obtuvieron los datos de precipitaciones en la zona de estudio, estableciéndose la presencia de dos estaciones climatológicas, la invernal, desde Octubre a Mayo, y la seca durante la cual las precipitaciones son casi nulas, variando la media anual entre los 1000 a 250 mm. Sin embargo, durante el Fenómeno de El Niño de 1998 - 1999 se obtuvieron valores de 4500 mm. y 2200 mm. de precipitación respectivamente.

## 1.4 Diseños Viales.

Esta información se obtuvo de los estudios contratados por el MOP. La sección típica de la vía comprende una autopista asentada en terreno ondulado, consta de 4 carriles con 2 calzadas, separados por un parterre central. El inicio del estudio se encuentra en el peaje, cerca de la población de Chongón, (abscisa 0+000) y el final cerca de la parroquia Progreso (abscisa 40+000). En el tramo del estudio se encuentran 9 puentes, de los cuales se analizará la estabilidad de los estribos.

Tabla 2.4.1 Puentes construidos en la vía Guayaquil – Progreso (2)

| Nombre | Longitud (m) | Ancho (m) |
|---|---|---|
| Cerezo | 14,00 | 12,35 |
| Descarga presa Chongón | 72,80 | 11,00 |
| Sin nombre | 40,10 | 12,35 |
| Cajas | 20,00 | 12,35 |
| Canal Chongón | 18,80 | 12,00 |
| Bayanca | 20,00 | 12,90 |
| Daular | 40,00 | 12,35 |
| Río Grande | 42,00 | 12,50 |
| Camarona | 47,60 | 12,50 |

# 3. Trabajo de Campo.

Constituye un aspecto importante en este trabajo con el fin de constatar el estado de la vía, para determinar el tipo de inestabilidad en los taludes y estribos y, posteriormente, establecer posibles soluciones.

## 3.1 Abscisaje.

Se presenta una descripción de los lugares de interés de acuerdo al kilometraje del MOP y el abscisado que se ha asignado para este trabajo.

Tabla 3.1.1 Abscisaje de la vía Guayaquil – Progreso

| KILOMETRAJE VIA | DESCRIPCION | ABSCISADO TESIS |
|---|---|---|
| 24 | Peaje | 0+000 |
| 25 | Puente Cerezo | 1+680 |
| 26 | Parque El Lago | 2+000 |
| 27 | Talud 1 | 3+000 |
| 27 | Talud 2 | 3+600 |
| 27 | Puente Descarga Chongón | 3+700 |
| 28 | Puente sin nombre | 4+300 |
| 28 | Puente Cajas | 4+850 |
| 29 | Puente Canal Chongón | 5+642 |
| 29 | Talud 3 | 5+700 |
| 30 | Talud 4 | 6+000 |
| 30 | Talud 5 | 6+300 |
| 32 | Talud 6 | 7+950 |
| 32 | Gasolinera PyS | 8+600 |

| | | |
|---|---|---|
| 32 | Talud 7 | 8+700 |
| 33 | Puente Bayanca | 9+310 |
| 35 | Puente Daular | 11+840 |
| 38 | Consuelo | 14+040 |
| 43 | Cristal | 19+059 |
| 46 | Entrada Cerecita | 24+600 |
| 49 | Talud 8: Cerecita | 26+200 |
| 50 | Puente Río Grande | 26+900 |
| 52 | Puente Camarona | 27+994 |
| 53 | San Isidro | 29+000 |
| 61 | Talud 9: Progreso | 37+359 |

## 3.2 Descripción Geológica.

En los taludes No. 1 al No. 4, se determinó la presencia de la Formación Grupo Azúcar, la cual se caracteriza por la presencia de conglomerado, areniscas y lutitas; algunos casos presentan vetas de yeso en los estratos de arenisca.

En los taludes del No. 5 al No. 7, se presenta la Formación Tosagua, Miembro Zapotal, la que se manifiesta por conglomerado con guijarros sub angulares, estratos de arenisca de grano medio y lutitas.

En los taludes de mayor altura, No. 8 y 9, aflora la Formación Progreso, con estratos de arenisca, lutita y limolita, además de estratos sedimentarios con evidencia de mar poco profundo

## 3.3 Descripción Geotécnica.

Se realizó una breve descripción de la morfología, rumbo y buzamiento de los estratos y familias de fracturas que conforman los taludes a analizar en este trabajo.

## 3.4 Muestreo Geotécnico y Determinación de Parámetros.

Se tomaron muestras alteradas e inalteradas en el tramo de estudio, considerando los taludes que han presentado problemas de inestabilidad.

Tabla 3.4.1 Muestreo Geotécnico (*: Derecho)

| No. | Abscisa Tesis | Talud No. | Muestra | Tipo de Muestra |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 6+300 | 5 | Arenisca meteorizada | Alterada |
| 2 | 26+079 | 8 (d)* | Limolita | Alterada |
| 3 | 26+644 | 8 | Lutita fracturada | Alterada |
| 4 | 37+199 | 9 | Limolita | Alterada |
| 5 | 37+569 | 9 | Arenisca de grano fino | Inalterada |

Debido a la naturaleza blanda de las rocas a analizar, en la mayoría de los casos fue imposible obtener una muestra inalterada.

Se procedió a determinar parámetros como densidad, humedad, absorción, gravedad específica, peso específico, etc., además de resistencia a la compresión simple, en el caso de la muestra inalterada.

Como resultado, se encontró arcillas de media a baja plasticidad (limolita), y arcillas de plasticidad elevada (lutita)

Tabla 3.4.2 Resultados Ensayos Laboratorio Muestras Alteradas

| No. Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| ***Talud No.*** | 5 | 8 (derecho) | 9 | 9 |
| ***Humedad (%)*** | 3,20 | 1,57 | 4,41 | 3,05 |
| ***Gravedad Específica Seca*** | 2,41 | 2,55 | 2,48 | 2,50 |
| ***Peso Específico (g/cm3)*** | 1,55 | 1,70 | 1,81 | 1,79 |

En la muestra inalterada se procedió a extraer testigos, en los cuales se evidenció la presencia de vetas de yeso, como muestra la siguiente figura. En los ensayos de resistencia a la compresión se determinó un valor aproximado de 294 kgf/cm2.


Figura 3.4.1 Imagen de testigo extraído, muestra inalterada.

## 3.5 Descripción Hidrológica.

El método aplicado para evaluar las cuencas de drenaje será el Racional, con un tiempo de retorno de 25 años, debido a la incidencia del Fenómeno de El Niño cada 7 a 9 años.

El *método racional,* utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = c\ i\ A$$

Donde:

$Q$: Caudal máximo, expresado en $m^3/seg$

$c$: Coeficiente de escorrentía

$i$: Intensidad de precipitación en un periodo igual al tiempo de concentración, en mm/h.

$A$: Área que recorre la cuenca hidrográfica en $m^2$

El valor de c viene dado por el MOP, de acuerdo a esto se tiene un valor de 0,30, el cual resulta una subestimación del caudal, por lo que se tomó 0,80 para determinar las cuencas de los cauces y 0,50 para los taludes.

## 3.6 Descripción Hidráulica.

Hasta el momento no se ha verificado el funcionamiento de algunas alcantarillas y puentes con la presencia de condiciones críticas del fenómeno de El Niño, por esta razón no es posible establecer con certeza si dichas obras pasarán esta prueba.

### 3.7 Descripción Estructural.

Dentro del trabajo de campo se pudo determinar falencias estructurales en los estribos de ciertos puentes ubicados en el tramo de estudio, exposición de armaduras (El Cerezo y Daular), presencia de enrocado y/o muros de gaviones en todas las estructuras, lo que a corto plazo produce asolvamiento del cauce, derivando en socavación de los estribos del puente.

## 4. Análisis de Problemas de Estabilidad.

### 4.1 Erosión.

Es un proceso de desgaste, desprendimiento y transporte de sedimentos, que se presenta en casi todos los taludes, ya que se constatan zanjones y cárcavas de erosión, tanto en la corona de los taludes como en estos, lo cual se evidencia cuando las alcantarillas son colmadas de sedimentos. Adicionalmente, se encontró procesos de erosión en los suelos presentes en los puentes y alcantarillas, concretamente en pilas y estribos, las cuales son afectadas por la acción directa de los caudales de los cauces.

Para los taludes que estudia esta tesis se determinó que la erosión se presenta principalmente debido condiciones climatológicas, es decir, a la incidencia de precipitaciones (invierno) y la disminución de humedad (verano).

Tabla 4.1.1 Detalle de la Erosión en Taludes de la Vía Guayaquil – Progreso

| Talud | Tipo de Erosión | Grado de Afectación | Fotografía |
|---|---|---|---|
| 1 | Por precipitaciones | Las vetas de yeso hacen que la lluvia lave el material y desestabilice el talud. |  |
| 2 | Reducción de Humedad y por Precipitaciones | La lutita inter estratificada es fácil de desprenderse. El yeso en las vetas tiende a ser lavado por la lluvia |  |
| 3 | Reducción de humedad e Hídrica (Precipitaciones) | La vegetación en paredes del talud impide un mayor avance de la erosión. |  |
| 4 | Reducción de Humedad | La vegetación en el talud, disminuye la afectación de la erosión. |  |
| 5 | Reducción de Humedad y por Precipitaciones (Hídrica) | Arenisca friable, alto grado erosión y lavado de material |  |
| 6 | Disminución de humedad y por Precipitaciones (Hídrica) | La arcilla en el lente de lutita es sensible al transporte, alto grado de erosión en esa sección del talud. |  |
| 7 | Por Precipitación (Hídrica). | No presenta mayores problemas de erosión |  |
| 8 | Disminución de humedad e Hídrica (Precipitaciones) | Estado de erosión muy agravado, con lavado de material. |  |
| 9 | Reducción de humedad e Hídrica (Precipitaciones) | Grave estado de erosión, la elevada pendiente en algunas secciones no le favorece. Lavado de material |  |

### 4.2 Estabilidad de Taludes.

De acuerdo a lo observado en el terreno, se establecen algunas posibilidades de tipos de falla por cortante. En la mayoría de los casos, se deduce la posibilidad de que se produzcan las denominadas fallas no circulares, dando como resultado deslizamientos rotacionales y trasnacionales.

Se procedió a analizar la estabilidad de los taludes de acuerdo a los parámetros geotécnicos, topografía y grado de erosión, de lo cual se establecieron como los casos más graves los Taludes No. 5, 8 y 9, estos últimos mayores a 10 metros de altura.

TALUD No. 5

Se determinaron las mejores (F.S.>1) y peores condiciones de estabilidad (F.S. <1).

Tabla 4.2.1 Parámetros de Estabilidad, Talud No. 5 de la Vía Guayaquil – Progreso

| Parámetros | F.S. <1 | F.S.>1 |
|---|---|---|
| Cohesión | 10 kPa | 20 kPa |
| Ángulo de Fricción | 25º | 30º |
| Ubicación de Nivel Freático | Sobre sup. de rotura | Bajo sup. de rotura |

TALUD No. 8
Se analizaron los taludes de limolita y lutita ubicados a ambos lados de la vía Guayaquil Progreso, cercanos a la población de Cerecita, obteniéndose las condiciones que pretenden limitar la estabilidad de los taludes.

Tabla 4.2.2 Parámetros de Estabilidad, Talud No. 8 de la Vía Guayaquil – Progreso

| Parámetros | F.S. <1 | F.S. ≥1,90 |
|---|---|---|
| Cohesión | 10 kPa | 20 kPa |
| Ángulo de Fricción | 28º | 28º |
| Ubicación de Nivel Freático | Encima de superficie de rotura | Bajo superficie de rotura |

TALUD No.9
Presenta estratos de limolita y arenisca bien diferenciados, presentando esta última mayor estabilidad, poniendo mayor atención al estrato de limolita debido a su grave estado de erosión.

Tabla 4.2.3 Parámetros de Estabilidad, Talud No. 9 de la Vía Guayaquil – Progreso

| Parámetros | F.S. <1 | F.S. ≥1 |
|---|---|---|
| Cohesión | 10 kPa | 20 kPa |
| Ángulo de Fricción | 28º (Limolita) | 25º (Arenisca) |
| Ubicación de Nivel Freático | Encima de superficie de rotura | Bajo de superficie de rotura |

## 4.3 Estabilidad de Estribos.

Todos los puentes analizados en este tramo presentan muros de gaviones o enrocado en sus estribos, este tipo de solución es una práctica frecuente para controlar la erosión y socavación, pero se ha constatado que los gaviones y el enrocado tienen una corta duración (meses) como estructura bien conformada, casi siempre se desacomodan y empieza su deterioro, llegando a destruirse, entonces las rocas se trasladan al fondo del cauce, contribuyendo al asolvamiento del mismo.

Además, presentan abundante vegetación en sus márgenes, por lo que es importante puntualizar, que si ésta contribuye a controlar la erosión, cuando ocurre una invasión al canal, lo que le quita capacidad de conducción.

## 4.4 Operatividad de Sistemas de Drenaje.

Una deficiencia de drenaje provoca bloqueo de alcantarillas y agrietamiento de cunetas. En el tramo de la vía recientemente construido, aún no se visualizan problemas, las cunetas no presentan daños en su estructura; sin embargo, en casi toda la vía nueva ya aparece acumulación de material caído desde el talud.

Figura 4.4.1 Vista parcial base del Talud No. 9, Abscisa 37+359

# 5. Propuesta de Soluciones Técnicas.

Dentro del contexto general, se establecen dos tipos de problemas de estabilidad: erosión y deslizamientos, frente a los cuales se plantean algunas soluciones que deben ser valoradas en función de sus costos y funcionalidad, debido a que se trata de una obra ya construida.

## 5.1 Control de Erosión.

Una de las soluciones para controlar la erosión sería la re vegetación, sin embargo, debido a que los cortes que se realizaron han hecho exponer estratos o capas rocosas que, por tanto, no contienen suelo vegetal, hace esta solución impracticable. A esto se suma la circunstancia de que los taludes que han quedado tienen una fuerte pendiente, por lo que tampoco es posible colocar sobre ellos una capa de suelos, ya que se deslizaría.

La re vegetación es factible de realizarse sobre la corona del talud, de preferencia con vegetación nativa de la zona (bosque tropical seco) con la finalidad de controlar los procesos erosivos y por tanto la generación de sedimentos que lleguen a los canales de coronación, y que afecten el sistema de drenaje de la vía.

## 5.2 Estabilidad de Taludes.

En los recorridos de campo se constató que las soluciones de estabilización de los taludes consisten principalmente en su geometría y en la utilización de bermas. Adicionalmente se han construido cunetas de coronación y canales, que conducen el agua a las cunetas de vía.

Partiendo de numerosas experiencias se ha llegado a comprobar que el hormigón proyectado es una de las mejores soluciones para estabilizar taludes que por su altura y o características geológicas, pueden llegar a fallar con el tiempo. Se trata de una solución integral ya que permite controlar la erosión y al mismo tiempo evitar el deterioro del talud.

Este tipo de hormigón tiene una alta resistencia a la compresión y también al cortante, siendo este último parámetro muy importante para lograr la estabilidad final del talud. La resistencia a la compresión que alcanza el Hormigón Proyectado es alrededor de 20 a 45 MPa,, lo cual es superior a la resistencia original del material que recubre (10 – 20 kPa) (4).

Se utilizará una mezcla tipo seca, es decir, el agua se adiciona a la mezcla en la boquilla, se elige esta mezcla debido a la menor relación agua cemento, la capacidad de transportarse largas distancias y alta durabilidad.

La ACI (American Concrete Institute) propone una dosificación de acuerdo al peso de los materiales.

Tabla 5.2.1 Dosificaciones Hormigón Proyectado, Mezcla Seca. Publicación SP – 14, ACI

| CÓDIGO MEZCLA | PROCESO HÚMEDO O SECO | TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO | PROPORCIONES DE LA MEZCLA PREVIO AL GUNITADO | CONDICIÓN DEL AGREGADO | POSICIÓN | CONCRETO PROYECTADO EN SITIO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | PESO UNITARIO lb/ft$^3$ | CONTENIDO CEMENTO sacos/yd$^3$ | RELACIÓN AGUA/ CEMENTO (BRUTA) | RELACIÓN AGUA/CEMENTO (NETA) | % CONTENIDO DE AIRE |
| DC-10 | SECO | ARENA | 1:4 en volumen | | Vertical | 148.20 | 10,56 | 0.35 | 0.29 | ND |
| DC-11 | SECO | ARENA | 1:4 en volumen | | Vertical | 148,50 | 8,96 | 0.41 | 0.36 | ND |
| DC-12 | SECO | ARENA | - | | Vertical | 146,50 | 14,52 | 0.22 | 0.20 | ND |
| DC-13 | SECO | ARENA | - | | Vertical | 144.60 | 8,99 | 0.34 | 0.29 | ND |
| DC-14 | SECO | 4/4 in | 1 : 2 : 2 en volumen | | Vertical | 147.50 | 8,52 | 0.31 | 0.26 | ND |
| DC-15 | SECO | 3/4 in | 1: 3,48: 2,60 peso | | Horizontal | 148.00 | 8.30 | 0,43 | 0.38 | ND |
| DC-16 | SECO | 1/2 in | 1: 2,49: 1,77 peso | | Horizontal | 149,30 | 10.20 | 0.37 | 0,33 | ND |
| DC-17 | SECO | 1/2 in | 1: 2,49: 1,77 en peso | | Horizontal | 148,70 | 12,30 | 0.29 | 0.26 | ND |

**Impermeabilización de Bermas**

En el trabajo de campo se constató que las bermas de ciertos taludes podrían favorecer la infiltración, generando así inestabilidad. Si bien, en algunos casos se han construido canales de hormigón armado en las bermas, es importante considerar que se trata de drenar toda la superficie expuesta de las bermas. Además, el hormigón armado es muy rígido para ese tipo de formaciones geológicas, con rocas muy blandas.

La solución que se propone es impermeabilizar dichas bermas con una capa de suelo cemento que tenga una inclinación hacia el talud y que además forme una sección en V abierta, logrando un canal receptor y conductor a la vez; adicionalmente, el suelo cemento admite deformaciones y asegura la impermeabilidad.

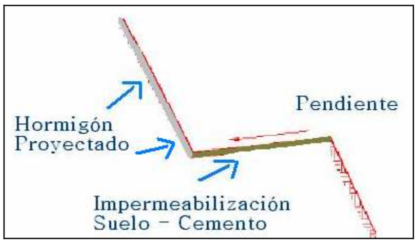


Figura 5.2.1 Detalle Impermeabilización Bermas con Suelo – Cemento

## 5.3 Mejoras en la Estabilidad de Estribos.

Los procesos erosivos en este tipo de obras se deben principalmente, al efecto que causan las corrientes de agua cuando se presentan avenidas. Las soluciones que se han dado son las de enrocado y gaviones, las cuales tienden a estrechar la sección de los cauces (1) y se observa que dichas soluciones se encuentran en proceso de falla o afectación, es decir, a corto plazo van a ser destruidas por los caudales.

Debido al comportamiento que se observa en la zona estudiada como en otros sectores, la solución definitiva para ese tipo de problemas debe ser la limpieza de los cauces y la construcción de una nueva estructura de puente (1), la cual permita atravesar el cauce sin afectar la geometría de este, es decir, permitiendo el libre flujo de los caudales.

Si no se opta por la solución planteada, otra solución que se propone es eliminar dichos obstáculos en los puentes y construir muros atirantados para proteger así los estribos, conservando así un cauce más amplio que el actualmente existente.

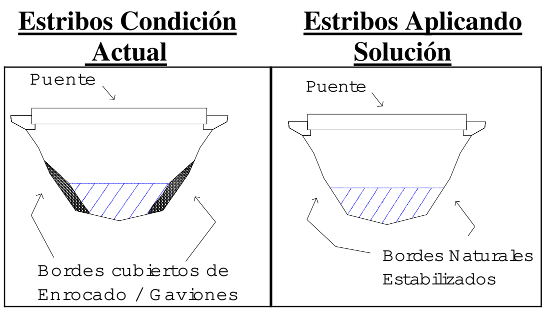


Figura 5.3.1 Comparación Estabilización Estribos

## 5.4 Mejoras en la Operatividad del Sistema de Drenaje.

En la gran mayoría de los taludes de roca blanda, un buen drenaje es un factor fundamental, sobre todo si se implementa la solución de hormigón proyectado, pues el agua que fluye internamente podría ser detenida con la capa de gunitado.

Para lograr este objetivo y de acuerdo a experiencias anteriores, se plantea colocar drenes horizontales de poco diámetro (3 cm.) y a profundidades variables entre 1 y 2 m.

## Bibliografía.

(1)CHÁVEZ MONCAYO M. A., Estudios y Diseños para Estabilizar el cerro de km. 3+000 de la Vía Terminal Pascuales, Guayaquil, Ecuador, 2004.

(2)HIDROPAVER, Estudios de Evaluación e Ingeniería Definitivos de la Carretera Chongón Cerecita Progreso ubicada en la Provincia del Guayas, Quito, Ecuador, Julio del 2001.

(3)NÚÑEZ DEL ARCO EUGENIO, Geología del Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador, 2003.
(4)www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/proyectadoT8.htm