



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DIVERSAS APLICACIONES DE GAVIONES PARA
LA PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

EDY ROLANDO CHANQUÍN GÓMEZ

ASESORADO POR ING. AUGUSTO RENÉ PÉREZ MÉNDEZ
ING. FREDDY ENRIQUE SIERRA OCH

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIVERSAS APLICACIONES DE GAVIONES PARA
LA PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDY ROLANDO CHANQUÍN GÓMEZ

ASESORADO POR: ING. AUGUSTO RENÉ PÉREZ MÉNDEZ
ING. FREDDY ENRIQUE SIERRA OCH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. SYDNEY ALEXANDER SAMUELS MILSON
VOCAL I	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECIOS
VOCAL II	LIC. AMAHÁN SÁNCHEZ ÁLVAREZ
VOCAL III	ING. JULIO DAVID GALICIA CELADA
VOCAL IV	BR. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL V	BR. ELISA YAZMINDA VIDES LEIVA
SECRETARIO	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	ING. GUILLERMO GARCÍA OVALLE
EXAMINADOR	ING. FERNANDO SAMAYOA
EXAMINADOR	ING. JUAN RAMÓN ORDÓÑEZ
SECRETARIA	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DIVERSAS APLICACIONES DE GAVIONES PARA LA
PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de octubre de 2001.

Edy Rolando Chanquín Gómez

Agradecimientos

- A DIOS** Por darme la vida, sabiduría e inteligencia necesaria para culminar mi carrera con éxito.
- A mis padres** Por confiar en mí y apoyarme durante todos estos años.
- A mis hermanos** Por estar a mi lado todo el tiempo y apoyarme.
- A mis maestros** Por compartirme su sabiduría en cada aula que pasé.
- A mis asesores** Ingenieros Augusto René Pérez Méndez y Freddy Enrique Sierra Och, por dar de su sabiduría y tiempo para terminar este trabajo de graduación.
- A mis amigos** Por apoyarme y animarme en todo momento para terminar lo que un día empecé.
- A CONESA** Por la oportunidad de desarrollarme como profesional durante mis estudios universitarios.
- A MACRO** Arquitecto Roberto Mancio, por la oportunidad de ayudarme a culminar con el presente trabajo de graduación.

Dedicatoria

A DIOS	Señor y Salvador de mi vida
Mis padres	Ángel Chanquín Roman Modesta Gómez de Chanquín
Mis hermanos	Wuiliam Lorenza
Alguien especial	Sandra
Mis sobrinos	Agripino Juana Liseth Floralma
Mi cuñado	Carlos
Mis amigos	En general
Iglesia	Restauración
Facultad	De Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. TIPOLOGÍA DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN TALUDES	1
1.1 Causas que provocan fallas en taludes	1
1.2 Clasificación de las fallas	3
1.3 Análisis para clasificar los diferentes tipos de falla	5
2. DISEÑO DE ESTRUCTURAS	9
2.1 Métodos de diseño	9
2.1.1 Métodos de obras de contención a gravedad	9
2.1.2 Métodos de equilibrio límite	11
2.1.3 Métodos mixtos de equilibrio límite	11
2.1.4 Métodos de los elementos finitos	13
2.1.5 Método sueco	13
2.2 Verificación de estabilidad de una estructura	14
2.2.1 Verificación al deslizamiento	14
2.2.2 Verificación al volcamiento	16
2.2.3 Verificación de las tensiones transmitidas al terreno	18
2.2.4 Verificación en secciones intermedias	20
2.2.5 Seguridad de rotura global	22

3.	ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS	23
3.1	Análisis estructural de la malla en gaviones	23
3.2	Análisis estructural de los materiales para gaviones	25
3.3	Comportamiento en conjunto de una estructura de gaviones en distintos estratos de suelo	28
4.	PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	31
4.1	Protección de taludes	31
4.1.1	Desviación de ríos	32
4.1.2	Recuperación de playas	33
4.1.3	Construcción de muros	37
4.2	Estabilización de taludes	40
4.2.1	Muros con parámetros externo vertical o escalonado	40
4.2.2	Muros con escalones a ambos lados	41
4.2.3	Muros de semigravedad	42
4.2.3.1	Muros de semigravedad con soleras de anclaje	43
4.2.3.2	Muros esbeltos de parámetro escalonado anclado por colchones o paneles de malla	43
5.	CRITERIOS A SEGUIR EN PROYECTOS DE OBRAS CON GAVIONES	45
5.1	Ejecución	45
5.1.1	Materiales para la construcción de gaviones	45
5.1.2	Colocación y armado para la construcción de gaviones	48
5.1.3	Rendimientos para la colocación de gaviones	52
5.1.4	Costo por m ³ de gavión	52
5.2	Drenajes	53
5.3	Empleo de geotextil	54
5.4	Relleno posterior	56

5.5 Supervisión	57
6. EJEMPLO DE PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON GAVIONES EN LA ENTRADA A LA PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO KM. 46.5 DE LA CARRETERA CA-9 (RUTA AL ATLÁNTICO)	59
6.1 Trabajo de gabinete	59
6.1.1 Estudio y análisis del proyecto	59
6.1.2 Diseño de estructura	60
6.1.3 Planos del proyecto	65
6.2 Trabajo de campo	65
6.2.1 Visita técnica	65
6.2.2 Ejecución del proyecto	65
6.2.2.1 Desviación del río Los Plátanos	67
6.2.2.2 Estabilización de taludes	70
6.3 Supervisión	70
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso de falla en un talud	7
2.	Falla en un talud	7
3.	Taludes con posible mecanismo de deslizamiento	8
4.	Diagrama de fuerzas	14
5.	Diagrama de fuerzas	18
6.	Diagrama de fuerzas para el cálculo de tensiones transmitidas al terreno	19
7.	Rotura de suelo - muro	22
8.	Dimensiones de malla hexagonal de doble torsión	23
9.	Permeabilidad en los gaviones permitiendo el drenaje del terreno	25
10.	Principales aplicaciones de los gaviones	30
11.	Protección de talud por medio de gaviones	31
12.	Uso de gaviones cilíndricos	32
13.	Desviación de ríos por medio de gaviones	33
14.	Partes que conforman una obra longitudinal	35
15.	Recuperación de playa a orillas del río Villalobos	36
16.	Muro construido con gaviones	37
17.	Forma correcta de la costura en cajas de gavión y/o colchón	38
18.	Forma de amarre entre cajas de gaviones	39
19.	Muros con parámetros externos verticales o escalonados	41
20.	Muro escalonado anclado con paneles de malla	44
21.	Alambre galvanizado y alambre plastificado con P.V.C.	46

22. Material para llenado de canastas (piedra de cantera)	47
23. Pasos para el armado de las canastas de gavión	48
24. Canastas de gavión amarradas entre sí	49
25. Colocación de tirantes en las cajas de gaviones	50
26. Sistema drenante en muro de gaviones	54
27. Empleo del geotextil	55
28. Sección de carretera dañada por erosión	60
29. Muro con escalones internos formado con gaviones	62
30. Distribución de espigones y muro	63
31. Espigones	63
32. Construcción de muro con escalones internos a orilla de carretera	64
33. Extracción y recolección de piedra	67
34. Dragado y desvío del cauce del río Plátanos	68
35. Recuperación de margen erosionada vista en planta	69
36. Desvío del río y recuperación de playa	69
37. Vista en planta de espigones	75
38. Isométrico de colchón, gavión y espigón	76
39. Isométrico 2 de espigón	77
40. Isométrico 3 de espigón	78
41. Muro con escalones internos	79
42. Ejemplo de diseño de muro	83
43. Protección de talud, San Marcos	87
44. Estabilización de talud con gaviones y grama, San Marcos	87
45. Estabilización de talud, carretera CA-1, Tecpán Guatemala	88
46. Protección y estabilización en tramo carretero, Antigua carretera a Amatitlán	88

47. Utilización de gaviones para la construcción de descargas, recubierta de capa vegetal, sin alteraciones al medio ambiente, San Rafael, pie de la cuenca, San Marcos	89
---	----

TABLAS

I	Medidas en centímetros de la malla	24
II	Diferentes tipos de materiales de relleno para gaviones	26

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Pp	Fuerza de presión pasiva
PaH	Fuerza de presión activa horizontal
q_{max.}	Fuerza de corte máxima
q_{min.}	Fuerza de corte mínima
N	Fuerza normal
T	Fuerza de deslizamiento
W_m	Peso del muro
W_s	Peso del suelo
F.S.	Factor de seguridad
F	Coeficiente de fricción
Fr	Fuerza resistente
M_v	Momento de volteo
M_r	Momento resultante
M_e	Momento estabilizante
e	Excentricidad
α	Ángulo de inclinación
τ	Tensión tangencial
φ	Ángulo de fricción interna del terreno
ρ_n	Compresión del suelo
B	Base del muro
A	Área
δ	Ángulo de fricción interna muro y terreno
SPT	Standard Penetration Test (Resistencia a la penetración) VII

GLOSARIO

Amida	Derivado del amoniaco.
Coefficiente de fricción	Es el ángulo de rozamiento de las partículas de suelo sobre sí mismas.
Colchón	Es un elemento formado por una caja de malla galvanizada o recubierta de PVC, que en su superficie tiene un lado más largo que otro y su espesor es pequeño, además es flexible, por lo cual su función principal es proteger terrenos de la erosión hidráulica.
Colmatación	Rellenar una cuenca o depresión por arrastre de materiales sedimentarios.
Cuña de ruptura	Parte del suelo que toma la forma de una cuña cuando falla.
Deleznable	Que se quiebra, disgrega o deshace fácilmente.
Escorrentía superficial	Corriente de agua que corre en la superficie del suelo.
Espigones	Son estructuras fabricadas por gaviones que tienen por objetivo principal corregir, centralizar, desviar y defender la estabilidad de las márgenes u orillas de ríos sujetas a la erosión.

Equilibrio plástico	Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de una muestra.
Estructura de gaviones	Son estructuras formadas por gaviones y colchones amarrados entre sí y que juntos forman una estructura monolítica.
Etileno	Gas incoloro de sabor dulce y muy inflamable.
Fisuras capilares	Fractura producida en un estrato de suelo por la pérdida de agua.
Fleje	Pieza de acero alargada y curva que sirve para muelles y resortes.
Flujo plástico	Suelo con grandes cantidades de agua.
Friable	Que se quiebra fácilmente.
Gavión	Es un elemento formado por una caja de malla de alambre galvanizado o recubierto de PVC, cerrada por todos lados y reforzada con el mismo alambre. Generalmente son estructuras que tienen la finalidad de soportar empujes por medio de su propio peso, por lo cual cumple una función estructural.

Geotextil	Es también conocido como tela de filtrar, está fabricado por una tela de polipropileno agujado que previene el acarreo de los finos del suelo y es altamente permeable. Disminuye la presión hidrostática en la obra.
Homogéneo	Materiales cuyos elementos son de igual naturaleza o condición.
Intemperismo	Que está expuesto a los fenómenos naturales.
Isotrópico	Propiedades de determinados cuerpos que no dependen de de la dirección en que se miden.
Margoso	Suelo compuesto de grano fino, que contiene notables proporciones de carbonatos.
Material cementante	Material que tiene partículas con capacidad de atraerse y adherirse entre sí.
Muro de gaviones	Estructuras formadas por gaviones y colchones que funcionan monolíticamente para protección de taludes en carreteras y así contra restar todo tipo de falla que pueda ocurrir en el mismo.
Presión hidrostática	Es el empuje o fuerza ejercida por la presión del agua sobre un muro o terreno.
Propileno	Material termoplástico.

Sustentable	Capaz de sostenerse por sí solo.
Talud	Inclinación o declive de un muro o de un terreno.
Tensión capilar	Estado del suelo producido por el aumento o descenso del agua en sus partículas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es una recopilación de información acerca del uso de gaviones como medio de protección y estabilización de taludes. Está dividido en 6 capítulos que comprenden las fallas que provocan que los taludes se desplomen, derrumben, se deslicen, etc. Así mismo se presentan las soluciones para contrarrestar este tipo de fallas utilizando gaviones y colchones de malla galvanizada o recubierta de PVC; se enumeran los métodos utilizados para el diseño de las estructuras formadas por gaviones, los análisis y estudios realizados a este tipo de estructuras.

Además se describen algunas aplicaciones que pueden darse a las estructuras formadas con gaviones, como la protección y estabilización de taludes por medio de la construcción de muros (escalonados, escalonados a ambos lados, semigravedad, semigravedad con soleras de anclaje, anclados por colchones o paneles de malla).

Finalmente se dan algunos criterios recomendables en la ejecución de este tipo de proyectos, y se incluye un ejemplo real de la utilización de estas estructuras.

OBJETIVOS

General

- Dar soluciones a la construcción y reparación en laderas o taludes con peligro de derrumbe.

Específicos

- Estudiar y analizar el método constructivo por medio de gaviones para solucionar problemas en carreteras donde existen derrumbes, al igual que los taludes que por distintas causas necesiten ser estabilizados.
- Plantear mejores soluciones para la protección y estabilización de taludes.

INTRODUCCIÓN

Debido a las necesidades que se presentan en la red vial de Guatemala, es necesario conocer las diversas aplicaciones que se le pueden dar a los gaviones en el ramo de la ingeniería civil, específicamente en lo concerniente a la protección y estabilización de taludes.

Uno de los problemas que aqueja a las carreteras en invierno son las diversas fallas como derrumbes, deslizamientos y combinación de los mismos; lo que produce a su vez accidentes de tránsito, incomunicación, pérdidas económicas, y muchas otras consecuencias.

Entre las alternativas para proteger un talud y al mismo tiempo estabilizarlo, se ha implementado el uso de gaviones, que en determinadas obras tiene más ventajas sobre las obras rígidas.

El presente trabajo tiene por finalidad dar a conocer de manera resumida la forma de utilizar este tipo de estructuras armadas con gaviones para la protección y estabilización de los taludes.

Por medio de este trabajo se demuestra que la utilización de gaviones para la protección de carreteras es una solución eficaz y práctica que en la actualidad hay que tomar en cuenta cada vez que se construyen tramos carreteros.

1. TIPOLOGÍA DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN TALUDES

1.1 Causas que provocan fallas en taludes

La seguridad de una masa de tierra contra falla o movimiento es lo que se llama estabilidad. Cuando ocurren los deslizamientos o hundimientos, es necesario hacer estudios de estabilidad para determinar la causa de la falla; la estabilidad se pierde debido a agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo, la deforestación y la erosión. El aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorable de esfuerzos contribuyen a que el talud busque una posición más estable.

Algunas causas de inestabilidad en la falla de taludes son:

- a.- Expansión de arcillas por absorción de agua.
- b.- Presión de agua intersticial.
- c.- Destrucción de la estructura por choque, vibración o actividad sísmica.
- d.- Fisuras capilares producidas por las alteraciones de expansión y retracción o por tracción.
- e.- Deformación y falla progresiva en suelos sensibles.
- f.- Deshielo en suelos.
- g.- Deterioro de material cementante.
- h.- Pérdida de la tensión capilar por secamiento.

Además debemos tomar en cuenta el factor topográfico, que consiste en la presencia de pendientes que no son uniformes.

Siguiendo con el estudio de las causas, debemos considerar los efectos que produce la precipitación pluvial (lluvia) sobre un mismo suelo, en forma torrencial corta e intensa, que puede tener efectos totalmente distintos, que si cae de forma regular poco intensa y durante un período de tiempo más largo.

Se puede decir que siempre que el suelo lo permita, en el primer caso favorece la escorrentía superficial debido a la impermeabilización rápida del suelo, mientras que en el segundo caso tiene tiempo suficiente para infiltrarse.

La lluvia medianamente intensa pero prolongada favorece a la filtración del agua en el suelo, provocando así la saturación del mismo.

La erosión del suelo es otro factor a tomar en cuenta para el desprendimiento y arrastre de partículas del terreno. Estas acciones son provocadas por el agua, el viento, el hielo y la gravedad.

Hay dos tipos de erosión: naturales, causadas por el propio ciclo de la tierra, es decir la evolución de la misma por diferentes agentes geofísicos que se producen desde tiempos atrás. La otra manera es la causada por la deforestación de lugares con mucha vegetación, al querer utilizar los recursos naturales de forma no sustentable.

1.2 Clasificación de las fallas

De los tipos de falla que pueden ocurrir, se mencionan los más frecuentes:

- Por deslizamiento superficial: consiste en desplazamientos de porciones de tierra muy cercanas al talud. La causa principal es la falta de presión normal confinante en esa zona.
- Por disgregación ocasionada por el agrietamiento que se produce al secarse las arcillas suaves, especialmente las arcillas bentonitas.
- Por disgregación debida a la intemperización, especialmente en calizas y lutitas margosas.
- Por la acción del empuje que se produce al sufrir expansión los estratos margosos y arcillas que se saturan de agua.
- Por desplazamiento de los suelos que se encuentran debajo del pie de los taludes.
- Por la presencia de corrientes ascendentes de agua, que originan la condición conocida como suelo movedizo.
- Por derrumbe de masas fragmentadas, ya sea a través del efecto solamente de la gravedad, o bien estimulado por la fuerza expansiva de las arcillas y margas, o por presiones por erosión y por flujo plástico o lodoso.

También tomaremos como referencia la clasificación de Varnes (1978), la cual se centra en los tipos de movimientos y su relación con el tipo de terreno.

- a) Desprendimientos
- b) Vuelcos
- c) Deslizamientos rotacionales y traslacionales
- d) Corrimientos laterales
- e) Flujos
- f) Movimientos complejos

Los movimientos de los taludes, en forma general, se denominan derrumbes.

Los tipos fundamentales de movimientos de taludes de corte son:

- Desprendimientos
- Corrimientos
- Flujos
- Combinación de los anteriores

Los materiales complejos se agrupan de 2 maneras:

- Substrato
- Suelos

En el grupo de los suelos hay dos tipos: los de partículas gruesas llamadas derrubios y los de partículas finas llamadas tierra.

La clasificación de los movimientos que ocurren en los taludes se basa en:

- El tipo de material
- La forma del movimiento
- La velocidad con que ocurre

1.3 Análisis para clasificar los diferentes tipos de falla

Para poder realizar la clasificación de fallas es necesario realizar un análisis previo de las mismas.

Cuando el material que forma los parámetros de corte tiene un límite elástico bien definido, la falla de talud consiste en el deslizamiento de una parte de dicho parámetro a lo largo de una superficie conchoidal bien definida, que puede aflorar al pie del talud o puede extenderse por debajo del corte y aflorar a cierta distancia enfrente del talud. A este tipo de falla se le conoce como **deslizamiento** y se observa comúnmente en materiales cohesivos como en los de poca cohesión. El suelo, cuando además de ser cohesivo se encuentra en un estado plástico, o bien cuando es un material granular suelto y saturado, es muy frecuente que se dé un tipo de falla llamado **escurrimiento lodoso o flujo plástico**.

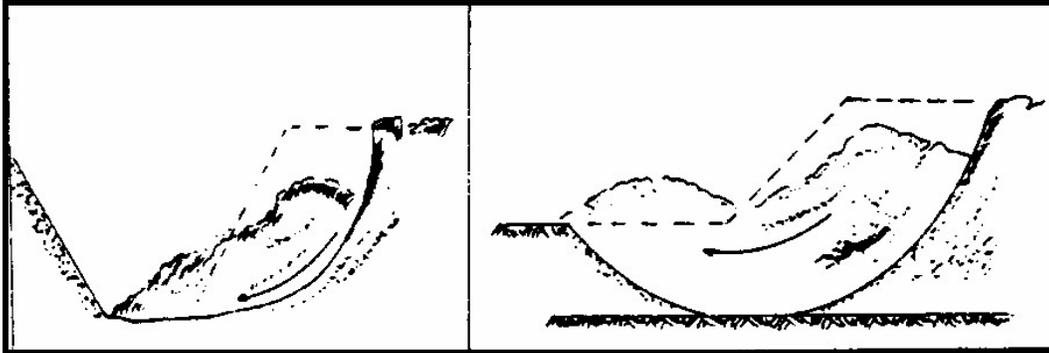
Otro tipo de análisis que se puede mencionar para detectar una falla diferente a las anteriores es cuando el material que forma los taludes se encuentra muy fracturado, o está formado por bloques mal cementados con suelos limosos erosionables. Entonces se producen desprendimientos de los estratos superficiales. A este tipo de falla se le da el nombre de ***derrumbes o desplomes***.

En otras palabras, podemos decir que el análisis para clasificar los diferentes tipos de falla se encuentra en las características del material que forman el suelo, pero también pueden clasificarse de acuerdo con el tiempo en que se presentan.

Cuando la falla ocurre durante la construcción de un corte, ella se debe, por lo general, a que la altura del talud es mayor que la necesaria para que el peso propio del suelo pueda ser equilibrado por la resistencia interna del mismo. Cuando la falla ocurre es muy probable que en la inestabilidad del mismo hayan intervenido causas variadas, tales como presiones hidrostáticas, intemperismo y erosión.

Es muy común ver que cuando se produce la falla en un talud a lo largo de una superficie conchoidal, se defina una nueva superficie de deslizamiento mucho más grande que la primera falla (ver figuras 1 y 2).

Figura. 1 Proceso de falla en un talud



Fuente: Ing. Carlos Crespo, **Mecánica de suelos y cimentaciones**, pág. 218

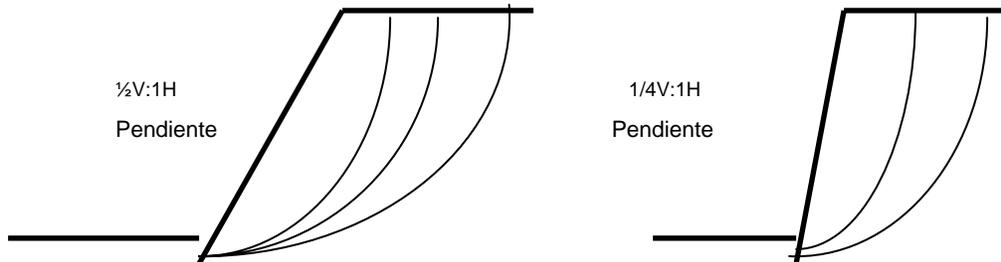
Figura. 2 Falla de un talud



Fuente: Ing. Carlos Crespo, **Mecánica de suelos y cimentaciones**, pág. 218

También se hace necesario destacar que no siempre la estabilidad de un talud se obtiene a medida que se reduce su pendiente. Las presiones hidrostáticas que actúan en el mismo alcanzan valores más altos en taludes con 55° a 60° de inclinación, y como consecuencia es muy común encontrar que un talud de $1/2:1$ es más inestable que uno de $1/4:1$, o bien que el vertical.

Figura. 3 Taludes con posible mecanismo de deslizamiento



Fuente: Félix Osegueda Gine, **Análisis de estabilidad de taludes mediante el método Morgenstern – Price**, pág.13.

En nuestro medio, para analizar la acción de un derrumbe, por lo general se consideran cuatro factores importantes:

- a) Obtener información de la geología del área afectada por el derrumbe, descripción topográfica del manto rocoso subyacente, el tipo, la naturaleza, extensión y el desplazamiento del referido manto rocoso.
- b) Investigar la localización del estrato húmedo que pueda contribuir a originar el derrumbe.
- c) Hacer un reconocimiento topográfico de las zonas en que se puedan originar los derrumbes, incluyendo la localización de corrientes de agua y lagunetas en los cerros cercanos.
- d) Tener información total del suelo: peso unitario, contenido de humedad, granulometría y características de plasticidad, resistencia al corte, etc.

2. DISEÑO DE ESTRUCTURAS ¹

2.1 Métodos de diseño

2.1.1 Método de obras de contención a gravedad

Este método se basa en las teorías de Coulomb y Rankine. La experiencia de obras realizadas y las pruebas efectuadas demuestran que los resultados obtenidos, adaptando estas teorías a proyectos en suelos reforzados, conducen a resultados (dimensionamientos) a favor de la seguridad y muy conservadores.

Existen límites de validez de tales teorías debido a la esquematización de los cálculos que son relativamente simples (terreno en una única camada, sin la presencia del nivel freático, suelo no cohesivo, terreno a contener con superficie constante, etc.).

Estas teorías tratan de determinar los diferentes empujes que se producen en la tierra, tanto en caso pasivo como en activo:

Coulomb supone en su teoría las siguientes premisas:

1. El suelo es isotrópico y homogéneo.

¹ Maccaferri, **Sistema Terramesh**, (Brasil), pp. 13-16

1. La superficie de ruptura es un plano. (Coulomb reconoció que esto no es cierto, pero facilita enormemente los cálculos sin alejarse mucho de la realidad).
2. Las fuerzas de fricción están distribuidas uniformemente a lo largo del plano de ruptura y supone un coeficiente de fricción.
3. La cuña de ruptura es un cuerpo rígido.
4. Existen las fuerzas de fricción entre suelo y muro.
5. La falla es un problema tridimensional.

Rankine propone que la estabilidad de una masa granular sea tratada por medio de la teoría matemática de la estabilidad fraccional sin recurrir a suposiciones ni artificios, tomando en cuenta las siguientes condiciones.

1. Suelo isotrópico y homogéneo.
2. La superficie de falla es un plano.
3. No hay fricción entre suelo y muro.
4. La masa que falla actúa como un cuerpo rígido.
5. La dirección del empuje es paralela al talud del terreno.
6. El talud se prolonga indefinidamente.
7. Considera al suelo sin cohesión $C = 0$.
8. Considera al suelo en un estado de equilibrio plástico.

En ocasiones, los diseñadores utilizan la presión hidrostática que producirá un fluido imaginario llamado peso específico equivalente.

A esta forma de hallar los empujes se le llama equivalente líquida o equivalente fluida. Esto no es más que la modificación de la fórmula de Rankine.

2.1.2 Método de equilibrio límite

Este tipo de métodos puede conducir a factores de seguridad ligeramente conservadores si se comparan con las características reales de los suelos. No obstante su ventaja con respecto al método anterior, se encuentra en el hecho que simulan los posibles mecanismos de deslizamiento (superficie circular, espiral logarítmica, etc.) de forma más realista y permiten la consideración de situaciones de carga y geometría de terrenos más complejas.

El límite de dichas teorías consiste en que las superficies son examinadas en la situación de eminente colapso que por hipótesis se asume que ocurra teóricamente en el campo elástico. Tal hipótesis, en realidad, no considera el fenómeno de plastificación del suelo y la congruencia de las deformaciones entre el terreno y refuerzo que continúa verificándose en el campo plástico hasta la rotura del refuerzo.

2.1.3 Métodos mixtos de equilibrio límite

Estos tienen muchas limitaciones en sus hipótesis fundamentales (definición de la superficie de deslizamiento, características del suelo, etc.). Dichos métodos presuponen que exista una zona crítica en el interior de la posible superficie de rotura que se plastifica, por lo que solicita los refuerzos en virtud de su capacidad de anclaje. En tal zona crítica viene impuesta la congruencia de las deformaciones entre suelo y refuerzo. Los algoritmos de cálculo son, en general, relativamente simples por cuanto se basan en principios ya conocidos del equilibrio límite.

En el caso de los taludes, el análisis se realiza de las siguientes maneras.

Se utiliza para determinar la magnitud del factor de seguridad. Cuando un talud ha fallado, el factor de seguridad es la unidad y en tal caso se puede usar el análisis para estimar la resistencia cortante promedio a lo largo de la superficie de falla, o a lo largo de una porción de la superficie de falla si es que se conoce la resistencia a lo largo del resto de la superficie.

A continuación se mencionan varios principios que son utilizados en este tipo de método.

- a) Se postula un mecanismo de deslizamiento. En las configuraciones sencillas se supone que el talud falla a lo largo de planos o superficies circulares.
- b) Usando estática se calcula la resistencia al corte requerida para equilibrar el mecanismo de deslizamiento supuesto. Lo que significa que la masa potencial deslizante está en un estado de equilibrio límite y que el criterio de falla del suelo o de la roca se satisface en todo el mecanismo de falla propuesto.
- c) La resistencia al corte requerido para que haya equilibrio se compara con la resistencia al corte disponible. Esta comparación se realiza en función del factor de seguridad.
- d) Por iteración, se encuentra el mecanismo de falla con el menor factor de seguridad.

2.1.4 Métodos de los elementos finitos

Desde un punto de vista analítico, simula el comportamiento de la estructura de manera más realista si se le compara con los métodos anteriores. El único límite está en el hecho de que es necesario, para la obtención de resultados aceptables y esperados, describir el problema a ser analizado de la forma más completa posible (datos sobre el suelo, su homogeneidad, eventuales anisotropías, etc.).

La falta frecuente de datos precisos y completos, durante la fase de proyecto y la relativa complejidad de los algoritmos de cálculo desarrollados por el método, hacen que, por ahora, estos métodos sean poco difundidos y generalmente empleados en análisis numéricos específicos.

2.1.5 Método sueco

Se le da el nombre de método sueco a aquellos procedimientos de cálculo de estabilidad de taludes en que son utilizadas las hipótesis de falla circular.

Existen varios procedimientos para aplicar este método a los distintos tipos de suelos, a fin de ver si un talud tiene garantizada su estabilidad. Este método considera el equilibrio de la porción deslizante como el equilibrio de un cuerpo rígido.

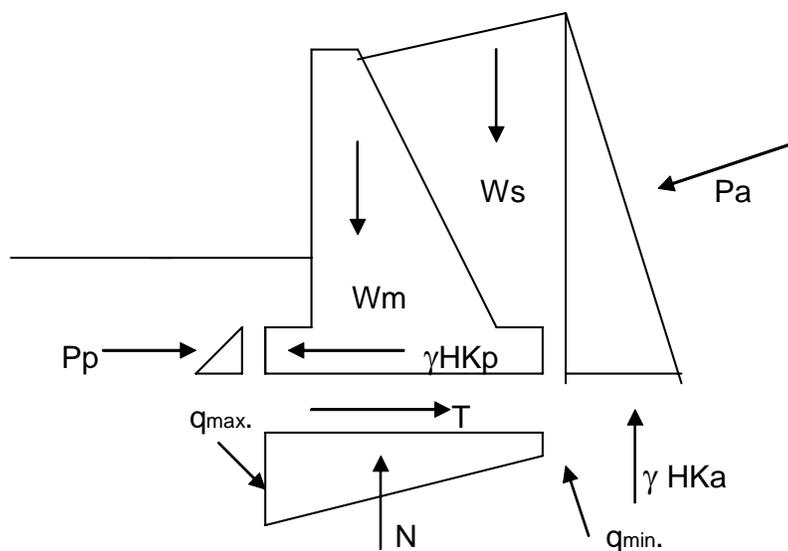
2.2 Verificación de estabilidad de una estructura

2.2.1 Verificación al deslizamiento

Es necesario realizar pruebas de verificación de estabilidad luego de haber realizado el diseño de cualquier estructura, y entre estas pruebas está la llamada verificación al deslizamiento.

Es necesario tomar en cuenta en la práctica, el suelo del frente del muro, solamente hasta la altura de la base del muro en el análisis de estabilidad contra deslizamiento. El suelo en esta parte provee una presión pasiva resistente cuando el muro tiende a deslizarse dentro de ésta. Por lo tanto, si el suelo fuera excavado por alguna razón, después de que el muro sea construido, esta presión pasiva dejaría de ser efectiva y se tendría una falla por deslizamiento en potencia (ver figura 4).

Figura 4. Diagrama de fuerzas



Folleto: **Obras de contención**, pág. 29.

Donde:

W_s	Peso del suelo
W_m	Peso del muro
P_a	Empuje activo
P_p	Empuje pasivo
q_{max}	Presión máxima
q_{min}	Presión mínima
T	Fuerza de tensión
$\gamma H K_p$	Empuje pasivo resultante
$\gamma H k_a$	Empuje activo resultante
N	Fuerza normal

La fuerza sustentante es igual a la suma de fuerzas verticales, incluyendo la componente vertical del empuje.

$$N = \sum F_r$$

La resistencia al deslizamiento no es más que el coeficiente de fricción multiplicado por la fuerza sustentante:

$$T = fN$$

Donde:

F = Factor de deslizamiento.

N = Fuerza sustentante.

f = Coeficiente de fricción

T = Fuerza de tensión

El coeficiente de fricción, f , se toma como la tangente del ángulo (ϕ) de fricción externa: ($2/3 \phi$).

$$f = \text{tg}(2/3\phi)$$

El factor de seguridad contra deslizamiento es usual tomarlo como 1.5, aunque podrá tomarse un valor mayor, según sea el caso.

Por consiguiente, para el análisis de estabilidad contra deslizamiento tenemos que la fuerza resistente dividida por el empuje activo horizontal es igual al factor de seguridad:

$$\text{F.S.} = \frac{F_r}{P_aH}$$

Donde:

F.S. = Factor de seguridad.

F_r = Fuerza resistente

P_aH = Empuje activo horizontal.

2.2.2 Verificación al volcamiento

El empuje sobre un muro tiende a volcarlo alrededor de su pie o base. Este momento de volteo es equilibrado por el momento que desarrolla el peso del muro.

Cualquier muro debe ser estable contra volteo alrededor del pie o base. Para realizar este análisis de estabilidad contra volcamiento, tenemos que:

El momento estabilizante dividido el momento de volteo es igual al factor de seguridad contra volteo.

$$F.S. = \frac{ME}{Mv}$$

Donde:

F.S. = Factor de seguridad contra volteo.

ME = Momento estabilizante.

Mv = Momento de volteo.

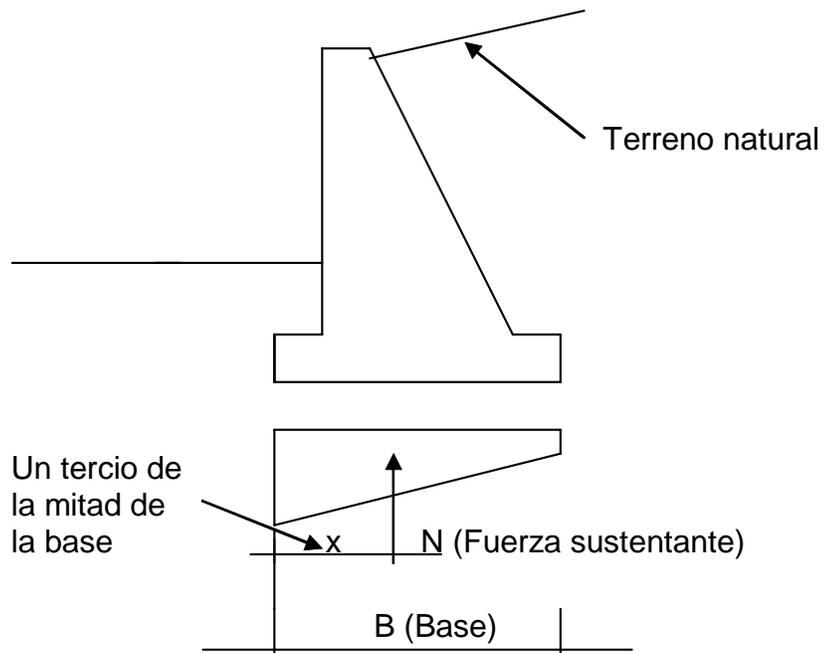
El momento estabilizante está dado por el peso de la estructura, el peso de suelo, la componente vertical del empuje y el empuje pasivo del frente del muro.

El momento de volteo está dado por el empuje horizontal que actúa sobre el muro.

El factor de seguridad contra el volcamiento generalmente se toma como 1.5, aunque puede ser mayor.

Por lo general, si la resultante N cae en el tercio de la mitad de la base, la estabilidad contra volteo es adecuado (ver figura 5).

Figura 5. Diagrama de fuerzas.

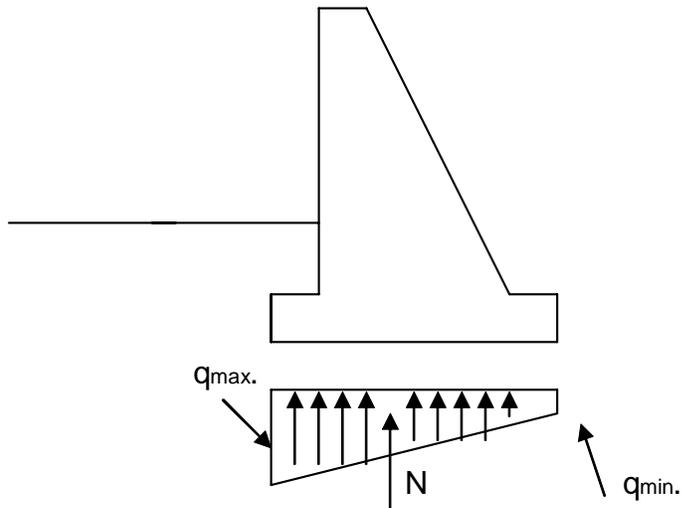


Folleto: **Obras de contención**, pág. 32.

2.2.3 Verificación de las tensiones transmitidas al terreno

Es importante no sobrepasar la capacidad del suelo para absorber carga, o sea su capacidad soporte. Se puede asumir que existe una distribución lineal de tensiones sobre el terreno cuando sucede que la resultante cae dentro del núcleo central de las tensiones resultantes, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 6. Diagrama de fuerzas para el cálculo de tensiones transmitidas al terreno



Folleto: **Obras de contención**, pág. 33.

$$\left. \begin{matrix} q_{max.} \\ q_{min.} \end{matrix} \right\} = \frac{N}{B} (1 \pm 6e/B) ; \text{ para el caso de } e < B/6 \text{ t/m}^2$$

Donde:

$q_{max.}$ = Presión máxima

$q_{min.}$ = Presión mínima

N = Fuerza sustentante

B = Base del muro

e = $B/2 - (M_r - M_v)/N$, es la excentricidad de la resultante.

El valor de la tensión resultante debe mantenerse debajo de la tensión permisible del terreno. Este valor puede obtenerse por diferentes métodos como las expresiones de Terzaghi, Hansen, Meyerhoff, etc.

También puede usarse tablas que dan la resistencia en función del tipo de suelo y para arenas y arcillas, en función del **SPT**.

Debido a la flexibilidad de los gaviones, es posible que la resultante caiga fuera del núcleo central de inercia, sin llegar a valores elevados en la tensión de tracción, ya que se reduce la sección de trabajo de la base.

La excentricidad real será:

$$e' = B / 2 - e ; \text{ para } e > B / 6$$

$$q_{\max.} = 2 N / 3 e' ; t / m^2$$

$$q_{\min.} = q_{\max.}(B - 3e') / 3e' ; t / m^2$$

Se considera conveniente que q_{\min} sea $\leq 2t / m^2$ en tracción y q_{\max} no deba sobrepasar la tensión admisible del terreno.

2.2.4 Verificación de secciones intermedias

También es necesario verificar las secciones intermedias del muro, en las cuales se tiene:

Momento actuante $M = M_r - M_v$, tensión de corte T y esfuerzo normal N . Dadas las características de resistencia a la tracción de los gaviones, la tensión máxima actuante cuando hay una excentricidad.

$$e = B / 2 - M / N, \text{ vale}$$

$$q_{\max} = N / 0.8x;$$

En la cual $X = (B/2 - e)/0.4$

Este valor representa la parte de la sección que está trabajando a la compresión. Los valores de M, N, y T, deben ser analizados como se indicó al tratar la verificación del muro completo.

El valor de q_{\max} . no debe superar al admisible:

$$q_{\text{adm}} = 50 \gamma_m - 30 \text{ (t / m}^2\text{)}$$

La tensión tangencial vale $\tau = T/B$ (t / m²) y deberá ser menor a:

$$\tau_{\text{adm}} = N / B \text{ tg } \varphi + C_g \text{ (t / m}^2\text{)}$$

En la cual $\varphi = 25\gamma_m - 10$, con γ_m (peso específico del muro) expresado en t / m³ y $C_g = (0.003 P_u - 0.005) 10$ (t / m²), siendo P_u el peso de la red metálica (kg/m³). Para gaviones estándar de $h = 1.00$ m vale 8.60 kg/m³ y para gaviones de $h=0.50$ m es 12 kg/m³.

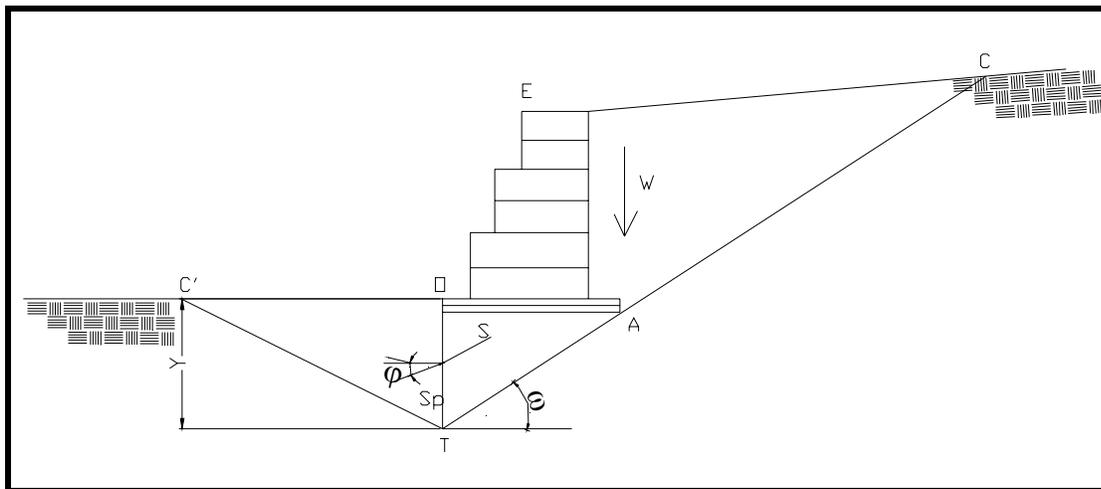
Esto confirma la conveniencia de colocar gaviones de $h=0.50$ m en el tercio inferior de los muros de altura mayor a 3.00 metros. Debido a la resistencia de la malla, las secciones intermedias casi siempre dan valores favorables con respecto a la sección completa.

2.2.5 Seguridad de rotura global

La inestabilidad de una obra en gaviones puede darse para una rotura del conjunto suelo–muro a lo largo de una superficie cualquiera. El análisis se realiza para diversas superficies y se determina aquella de rotura crítica. El coeficiente de seguridad debe dar entre 1.2 y 1.3.

La superficie de rotura es normalmente una espiral logarítmica, pudiendo por simplificación ser admitida circular y calculada por el método de las fajas. Otro método significativo aproxima la superficie de rotura a una recta y el esquema de fuerzas se muestra en la figura siguiente.

Figura 7. Rotura de suelo–muro

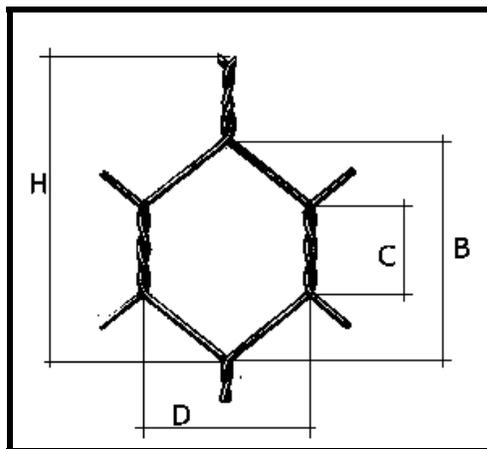


3. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS

3.1 Análisis estructural de la malla en los gaviones

La malla con que están contruidos estos elementos es capaz de satisfacer todas las exigencias requeridas. Además soportan esfuerzos altos al ser utilizados para anclaje y resisten las fuerzas de los materiales del lugar.

Figura 8. Dimensiones de malla hexagonal de doble torsión



Folleto: **Análisis de malla para gaviones** (EEUU, 1984) pág. 2

TABLA I

Medidas en centímetros de la malla

Tipo de malla	D	B promedio	C	H promedio
6 x 8	6.65	9.55	3.00	12.55
8 x 10	8.25	12.25	4.00	16.25
10 x 12	9.90	13.45	4.30	17.75

Folleto: **Análisis de malla para gaviones** (EEUU, 1984) pág. 2

El máximo esfuerzo que el anclaje puede garantizar es:

$$T_a = 2 A \sigma_n * \tan \varphi$$

Donde:

- T_a = Máximo esfuerzo de anclaje
- A = Área resistente del esfuerzo por unidad de longitud
- σ_n = Compresión sobre el refuerzo
- φ = Ángulo de fricción interna del suelo que constituye el relleno estructural.

Los análisis realizados comprueban la hipótesis de traba de las partículas del suelo que están entre los alambres de la malla, comprobándose por lo tanto un aumento de la resistencia.

El elemento determinante para la evaluación de la resistencia y del poder de anclaje de la malla, es el ángulo de fricción interna del suelo a ser utilizado en el relleno, el cual se aconseja que no sea inferior a los valores mínimos de 28° a 30°.

La presencia de un alambre con alma de acero y el tipo especial de PVC utilizado, confieren una excelente resistencia a las llamas, contrariamente a lo que sucede con otros productos sintéticos, que se destruyen completamente en caso de incendios.

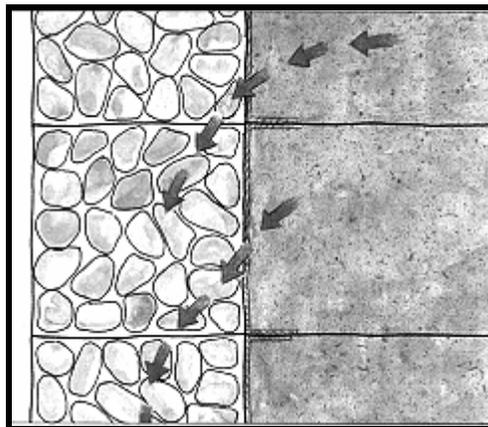
El recubrimiento del alambre por el PVC, impide la conductibilidad eléctrica, proveyendo la seguridad necesaria contra los fenómenos de corrosión provocados por las corrientes galvánicas.

3.2 Análisis estructural de los materiales para los gaviones

Es necesario tomar en cuenta las siguientes características de los materiales para la construcción de gaviones.

Si se usa sólo piedra grande, el peso del gavión es menor que si se usa piedra más pequeña, pero drena más fácilmente el agua que le llegue. Esta es una de las funciones fundamentales de los muros hechos de gaviones.

Figura 9. Permeabilidad en los gaviones permitiendo el drenaje del terreno



Folleto: **Sistema Terramesh, Maccaferri**, pág. 4

Lo mejor será usar piedra de diferentes tamaños, para que su estabilidad por peso y facilidad de drenaje sean satisfactorios a las condiciones de un problema específico.

En el caso de los materiales para relleno, la siguiente tabla da diferentes tipos de materiales y sus pesos, admitiendo una tolerancia de 40% de espacios vacíos.

TABLA II

Diferentes tipos de materiales de relleno para gaviones

Material de relleno	Pesos	
	Lb / p ³	Kg / m ³
Basalto	103.00	1,650.00
Ladrillo	78.00	1,240.00
Concreto roto	84.00	1,340.00
Granito	100.00	1,600.00
Caliza	90.00	1,440.00
Arenisca	87.00	1,390.00
Ripio	94.00	1,500.00
Escoria	94.00	1,500.00

Axel O. Morales G., Tesis: **Recuperación de tierras erosionadas por desbordamientos de ríos con obras de gaviones**, pág. 51

El relleno estructural deberá ser constituido por suelo de buena calidad (granular y bien seleccionado), con ángulo de fricción y permeabilidad elevados, y sobretodo que mantenga sus características a lo largo del tiempo.

Los valores de granulometría examinados van desde los materiales más finos, igual a 0.02 mm (porcentaje no superior al 10%), a piedras de mayores dimensiones (hasta 200 mm).

Pruebas realizadas muestran que una granulometría variable de 0.02 mm hasta 6 mm (porcentaje que pasa = 100%) representa, en general, valores óptimos para el material de relleno.

Son todavía admisibles granulometrías mayores (próximas a los 200 mm), en estos casos se hace oportuno introducir un factor adicional de seguridad para la malla previendo y considerando posibles daños en el revestimiento de PVC.

El empleo de materiales con elevados porcentajes de piedras superiores a los 100 mm (10 a 15% como máximo) es de cualquier manera desaconsejable, también debido a que necesitan cuidados especiales que tornan a los servicios de compactación, muy trabajosos y costosos.

La utilización de materiales granulares seleccionados con las especificaciones mencionadas al principio, garantizan las características de anclaje de la malla, incluso en los casos de variación de la humedad del suelo.

En esta hipótesis es posible, de una forma general, obtener después de la compactación valores de ángulo de fricción para el relleno estructural de por lo menos 36°. De cualquier manera, son admisibles materiales que no correspondan a la clasificación descrita anteriormente, pero que garanticen las características de anclaje y durabilidad de los esfuerzos.

3.3 Comportamiento en conjunto de una estructura de gaviones en distintos estratos de suelo

La primera estructura documentada que presenta una combinación de gaviones y suelo armado fue construida en Sabah, Malasia, en 1979. Un revestimiento vertical de gaviones fue anclado al suelo por medio de tirantes de acero. La estructura, con una altura de 14 metros, soporta un tramo de la autopista que une Kota Kinabalu y Sinsuran. Debido al éxito, esta solución fue utilizada en los siguientes tres años en otras contenciones en esa misma autopista.

Buscando garantizar un refuerzo continuo sobre el plano horizontal, se consideró oportuna la utilización de redes de doble torsión fabricadas con alambres de acero sustituyendo los flejes. De esta manera se crean armaduras longitudinales, continuas y alcanza el desarrollo no sólo de la fricción contra la sección del alambre, sino sobre todo de las propiedades mecánicas de trabazón entre las partículas de material del suelo.

Esto se debe a la gran dimensión del hueco de la malla en relación al diámetro del alambre que se traduce en un aumento general de la resistencia del refuerzo, lo cual no ocurre con materiales que aportan resistencia solamente por fricción.

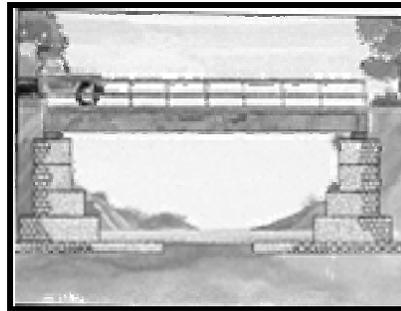
Las características más destacadas de las obras en gaviones se resumen en las siguientes:

- Gran flexibilidad que permite que la estructura se adapte a las deformaciones del terreno manteniendo su estabilidad y eficiencia.
- Elevada resistencia debido al gran peso de la obra, la fricción entre las piedras, su resistencia a la compresión y la elevada tensión de tracción que es soportada por la malla (con baja deformación).
- Permeabilidad adecuada que permite el drenaje de las aguas de infiltración eliminando el empuje hidrostático.
- La puesta en obra es extremadamente sencilla y económica y no requiere de equipos sofisticados ni mano de obra especializada. Para el relleno se puede usar piedra de canto rodado o piedra partida. El llenado se puede realizar manualmente o con el auxilio de equipo normal de obra.
- Se integra armónicamente con el paisaje, permitiendo el desarrollo de vegetación sin que esto traiga inconvenientes, asegurándose por el avance de la naturaleza la estructura construida.

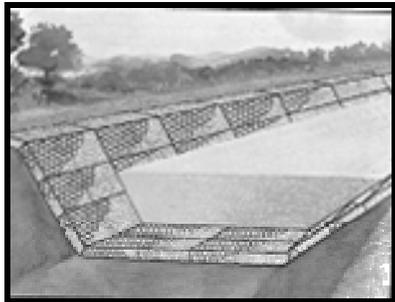
Figura 10. Principales aplicaciones de los gaviones



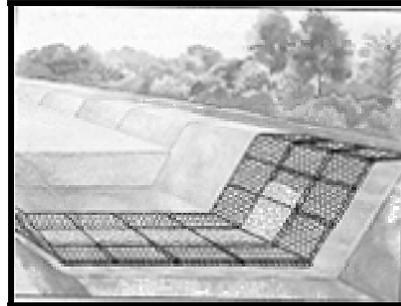
Muro de contención



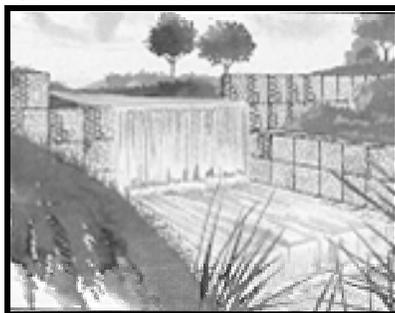
Apoyo de puentes



Canalizaciones



Canalizaciones con argamasa



Diques



Protección de alcantarillas

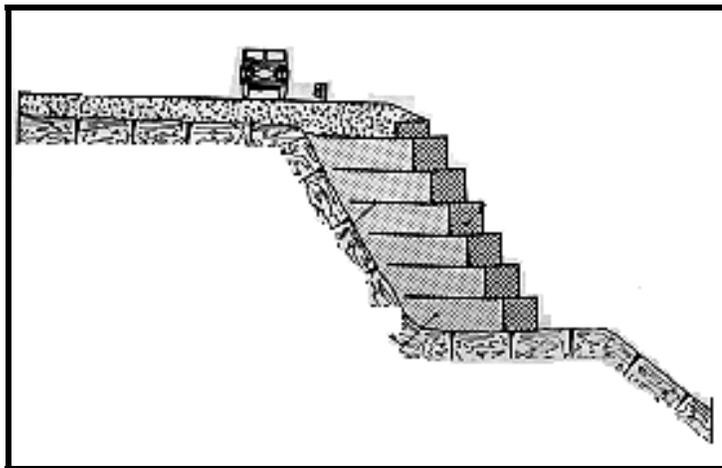
4.- PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

4.1 Protección de taludes

Debido a las cualidades como flexibilidad, economía y eficacia, el uso de los gaviones se extiende cada día más hacia diferentes tipos de obras de construcción.

Son muy utilizados en la consolidación de los movimientos de los taludes, ya que por la propiedad que poseen de poder deformarse sin perder su eficacia y por su alto grado de capacidad de drenaje se adaptan de una manera particular a muchos casos en que deba operarse en terrenos inseguros y con presencia de agua.

Figura 11. Protección de talud por medio de gaviones



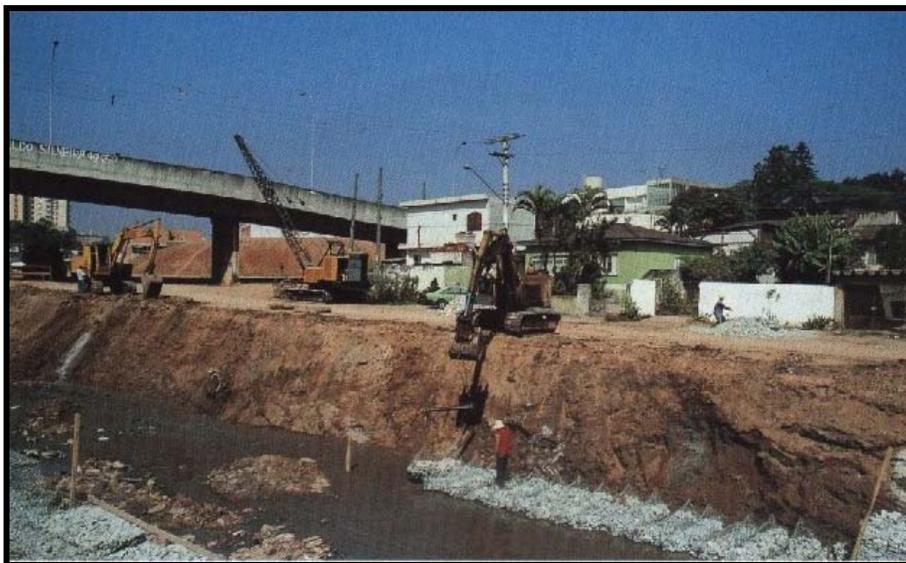
Folleto: **Sistema Terramesh Maccaferri**, pág. 3

4.1.1 Desviación de ríos

Las poblaciones asentadas en las márgenes de ríos se encuentran amenazadas por inundaciones, deslaves, avalanchas de tierra, derrumbes, socavamientos etc., sobre todo en época de invierno. Debido a esto se hace necesario buscar soluciones, tomando en cuenta el factor económico, ambiente y el método constructivo más fácil y rápido que se adecue a las condiciones del lugar.

Para la protección de alguna obra del curso de una corriente de agua, es conveniente hacer uso de los gaviones cilíndricos para los trabajos preliminares de relleno que desvíen el cauce del río. Estos son construidos en la parte de afuera del río para luego ser lanzados al fondo, formando así una base sobre la cual se asientan los gaviones rectangulares.

Figura 12. Uso de gaviones cilíndricos



Folleto: **Gaviones cilíndricos Maccaferri**, pág. 1

El gavión en el río acelera el estado de equilibrio del cauce; evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes; además, el gavión controla las crecientes protegiendo valles y poblaciones contra las inundaciones.

Figura 13. Desviación de ríos por medio de gaviones



Revista: **Gaviones ideal**, pág. 8

4.1.2 Recuperación de playas

Para la recuperación de playas o de tierras se utilizan las obras longitudinales, con las cuales se logra desviar el flujo principal del río. Estas consisten en defensas o barreras construidas sobre el lecho primitivo, las cuales pueden tener varias fases de construcción, con una primera, segunda y tercera elevación, según sus necesidades.

Estas obras longitudinales, en su primera fase, son estructuras que tienen agua por ambos lados, pero al estrechar la corriente provoca el aumento de la fuerza de arrastre en el lecho y, como consecuencia, se produce una profundización del fondo en la zona encauzada, razón por la cual al construir una defensa se toma en cuenta el poder erosivo de la corriente en la base de ésta.

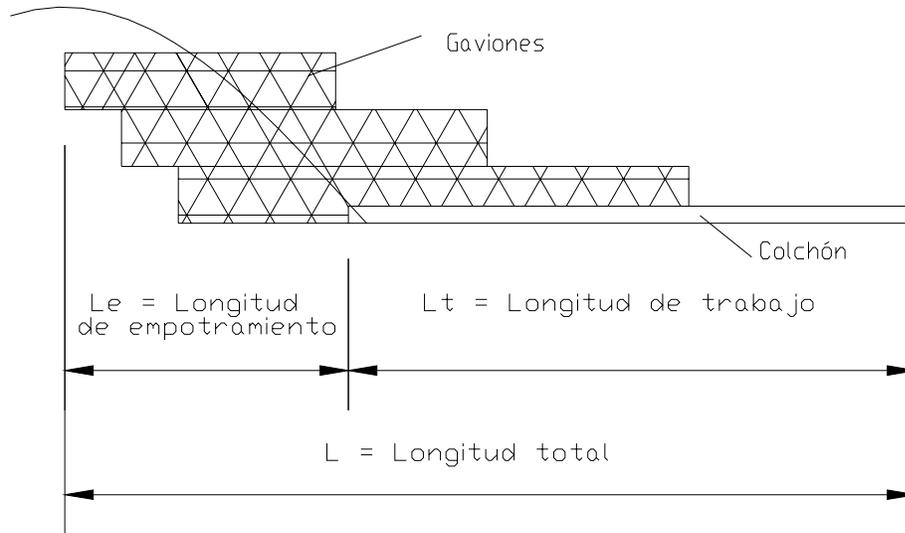
Debido a estos efectos, las obras longitudinales deben tener cierta flexibilidad por el lado del lecho del río, a fin de que se adapten siempre al suelo de fundación y se eviten las socavaciones excesivas provocadas por la profundización de la corriente.

Al mismo tiempo que se forma el nuevo lecho, se realiza la colmatación por sedimentación de los terrenos situados detrás de la obra longitudinal. Los trabajos se organizan de tal manera que, por una parte, favorezcan la entrada del agua cargada de sedimentos hacia zonas situadas detrás del defensivo, y por otra, impidan que se produzcan en él corrientes que puedan estorbar la sedimentación.

Es importante organizar los trabajos de manera que el agua misma efectúe todos los transportes de tierras.

El extremo superior de la obra longitudinal se empotra fuertemente con la antigua orilla para favorecer la estabilidad, pero al mismo tiempo se deja un espacio para ejecutar obras de riego que favorezcan la sedimentación.

Figura 14. Partes que conforman una obra longitudinal



Folleto: **Diseño de estructuras Maccaferri**,. pág. 15

En el área recuperada se construyen obras transversales o traviesas, para dificultar la formación de corrientes que transporten acarreos detrás del defensivo.

Si las obras transversales son desbordables, la cara posterior se construye de modo que no pueda ser socavada por el agua que por ella se precipite. Para este propósito se utilizan materiales existentes en la zona, como ramas o arbustos.

La sedimentación detrás de la obra longitudinal y entre las piezas de madera, se tiene que proteger contra los arrastres que podrían ocasionar la formación de corrientes; esta protección se efectúa por medio de líneas de estacas, paralelas a las piezas de madera, y posteriormente en todo el terreno, para proteger y favorecer la sedimentación.

En lugares donde no es posible provocar la sedimentación por desborde de las aguas a través de la defensa longitudinal, donde hay agua con alto grado de material en suspensión, es encauzada por canales a los diferentes sectores del área recuperada, formando lagunas de sedimentación entre el muro longitudinal, la orilla y las obras transversales.

Figura 15. Recuperación de playa a orillas del río Villalobos



Fotografía: **Proyecto río Villalobos**

4.1.3 Construcción de muros

Los gaviones representan una solución extremadamente válida, desde el punto de vista técnico y económico, para la construcción de obras de contención, para cualquier ambiente, condición climática y aún en zonas de muy difícil acceso.

Figura 16. Muro construido con gaviones

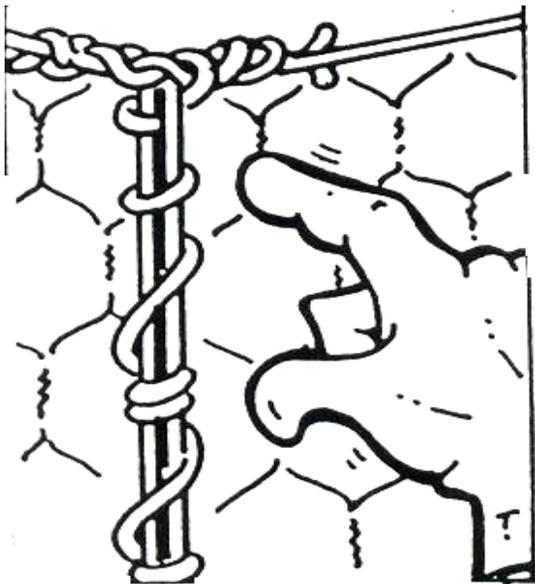


Folleto: **Maccaferri**, pág. 1

La malla metálica posee elevada resistencia mecánica y la doble torsión impide que ésta se desarme ante el cortado de un alambre, asegurando que en cada cruce se tenga un punto fijo manteniendo la flexibilidad de la malla y evitando las deformaciones posibles. La permanencia en el tiempo se asegura a través de la fuerte galvanización de los alambres y, en el caso de condiciones particularmente agresivas para el zinc, se dispone de alambres fuertemente galvanizados revestidos de PVC.

En la obra, los gaviones son montados en forma individual por medio de costuras continuas con alambre 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.

Figura 17. Forma correcta de la costura en cajas de gavión y/o colchón



Folleto: **Colocación de gaviones caja**, Maccaferri, pág. 1

Las mismas costuras son utilizadas a lo largo de las aristas en contacto para la unión de los diferentes módulos, ya sea lado a lado o sobrepuestos. 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, así asegurado, 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 en forma monolítica manteniéndose constante la fricción interna de la piedra.

El alambre utilizado en las costuras y suministrado con los gaviones es en general de diámetro menor, lo cual lo vuelve más manejable, pero con resistencia suficiente para absorber las sollicitaciones de la estructura.

Figura 18. Forma de amarre entre cajas de gaviones



Folleto: **Colocación de gaviones caja**, Maccaferri, pág. 1

Las piedras para el relleno deben tener un elevado peso específico, no ser friables, poseer un tamaño mínimo superior a la mayor medida de la malla y uno máximo que se encuentre en el orden del doble del mínimo.

4.2 Estabilización de taludes

4.2.1 Muros con parámetros externos verticales o escalonados

El muro con escalones externos a igualdad de volumen posee una mayor estabilidad. Es conveniente inclinar el muro contra el terreno en un ángulo α generalmente de 6° pudiéndose alcanzar los 10° , de esta forma disminuye el valor del coeficiente de empuje activo.

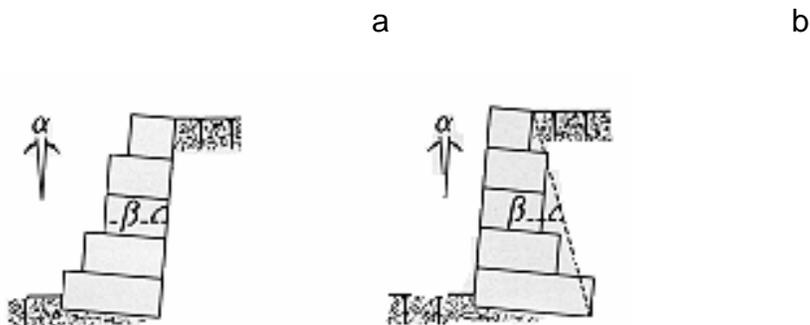
El coeficiente de empuje activo se adopta en el cálculo del estado límite activo de terreno. El método de Coulomb se basa en el estudio del equilibrio de una cuña de suelo indeformable, sobre la que actúa el peso propio, la fuerza de rozamiento y eventualmente la cohesión.

La cuña activa se produce cuando hay un desplazamiento de la estructura de contención, lo cual sucede sólo si la misma es deformable, como en el caso de los gaviones. En el caso de muros muy rígidos se desarrollan empujes mayores que los correspondientes al empuje activo.

En el caso de muro con parámetro vertical interno, la superficie de empuje es el propio parámetro interno del muro. En este caso se considera la superficie que une los extremos internos superior e inferior del muro.

Las configuraciones más utilizadas son las ilustradas en las figuras 19 a y 19 b.

Figura 19. Muros con parámetros externos verticales o escalonados



Folleto: **Estructuras flexibles en gaviones**, Maccaferri, pág. 4

4.2.2 Muros con escalones a ambos lados

Para el cálculo de diseño de este tipo de muro son utilizados los pasos mencionados anteriormente. Para los muros con parámetros externo vertical o escalonados, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a. La deformabilidad
- b. La capacidad de soporte del suelo
- c. Estabilidad
- d. Construcción de la base antisocavante

Este tipo de muro puede ser utilizado en sustitución del muro con parámetro interno o escalonado.

Entonces se puede decir que para terraplenes compactados también puede utilizarse un valor de $\varphi = 30^\circ$. Tras el muro se admite también una distribución uniformemente variada de presiones, con lo cual el empuje toma una configuración triangular.

En los muros en gaviones se puede asumir $\delta = \varphi$. Si tras el muro hay un geotextil $\varphi = 0.90 \delta$.

Estos valores favorables se deben a la alta rugosidad de la estructura en gaviones que aumentan sensiblemente la fricción.

4.2.3 Muros de semigravedad

Este tipo de muro es muy poco utilizado en las obras de protección de taludes, por lo que no se entrará en detalles. En lo que se refiere a diseño, es necesario realizar un chequeo contra volteo, deslizamiento y presiones sobre el terreno. Estos muros resisten los empujes mediante su propio peso, y son económicos para alturas menores de 4.5 m.

La estabilidad de este tipo de muro se logra sólo con su peso propio, por lo que se requiere de grandes dimensiones dependiendo de los empujes. La dimensión de la base de estos muros oscilan alrededor de 0.43 de su altura.

4.2.3.1 Muros de semigravedad con solera de anclaje

Estos muros al igual que los de semigravedad no son muy utilizados, pero también prestan una solución práctica y rápida para protección de taludes. El método de diseño es el mismo que los muros anteriores.

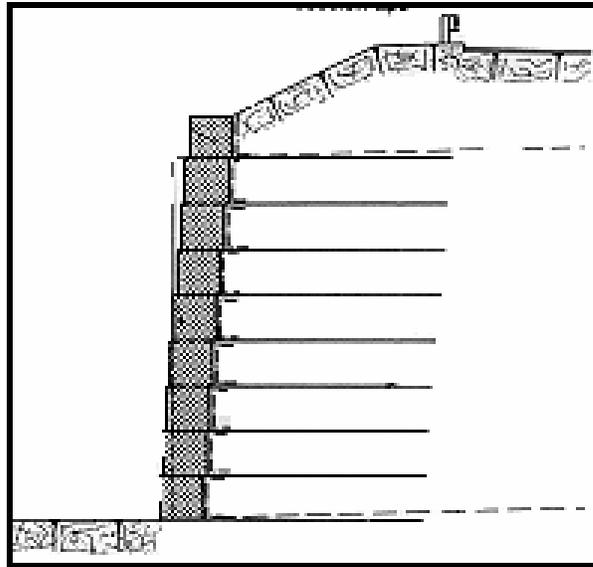
A diferencia de los muros anteriores, éste cuenta con una solera que se coloca debajo del muro, la cual sirve para anclarlo en la superficie del terreno. Dicha estructura puede ser construida con material ciclópeo, concreto o los mismos colchones para gaviones, lo cual se realiza con el fin de proporcionar una mejor solución al problema, ya que funciona como un solo bloque.

4.2.3.2 Muros esbeltos de parámetro escalonado anclados por colchones o paneles de malla

Este sistema de muro consiste en la colocación de gaviones en forma escalonada pero con la diferencia de que van anclados al talud por medio de colchones de gaviones o paneles de malla galvanizada. Esto se hace con el fin de tener un anclaje con las paredes del muro para contrarrestar los empujes ocasionados por el mismo material del muro.

Lo anterior dará una mejor resistencia a la protección del talud, su forma de diseño es igual a la de los muros con parámetros escalonados.

Figura 20. Muro escalonado anclado con paneles de malla



Folleto: **Estructuras flexibles en gaviones**, Maccaferri, pág. 22

5. CRITERIOS A SEGUIR EN PROYECTOS DE OBRAS CON GAVIONES

5.1 Ejecución

5.1.1 Materiales para la construcción de gaviones

Los materiales para la construcción de gaviones deben ser de muy buena resistencia, durabilidad y seguridad.

Tales materiales deben ofrecer garantías especiales para:

Protección contra la corrosión debido a:

- Agresividad del suelo y/o del agua
- Fenómenos de corrientes galvánicas
- Agentes atmosféricos

Seguridad contra daños provocados por:

- Acciones mecánicas generadas por los esfuerzos de compactación del suelo
- Incendio
- Acciones de animales o vandalismo

Todos los alambres deben estar galvanizados y reforzados. En zonas de aguas agresivas o en obras marinas se utilizan materiales de este tipo y además plastificados con PVC.

El alambre para cosidos y atirantados será galvanizado reforzado de 2.40 mm de diámetro, y se tendrá que proveer junto con los gaviones una cantidad suficiente para la construcción de la obra.

La cantidad estimada de alambre es de 8% para los gaviones de 1.0 m de altura, y de 6% para los de 0.5 m con relación al peso de los gaviones suministrados.

Figura 21. Alambre galvanizado y alambre plastificado con PVC



Miriam J Vargas de Morgado, **Tesis: Análisis del comportamiento del factor de seguridad en la estabilidad de taludes**, pág. 10

Para el llenado de las canastas puede usarse piedra de canto rodado, de cantera o material adecuado, pero teniendo siempre la precaución de no emplear piedra deleznable que contenga óxido de hierro, excesiva alcalinidad o en cuya composición puedan existir compuestos salinos, ya que cualquiera de esos elementos podría atacar el alambre a pesar de su fuerte protección de zinc.

Figura 22. Material para llenado de canastas (piedra de cantera)



Folleto: **Gabion System, Terra Aqua**, pág. 3

Las piedras no tendrán rajaduras, fisuras ni otros defectos que puedan provocar su deterioro por causas naturales o reducir su tamaño de manera que se salgan de las canastas de los gaviones.

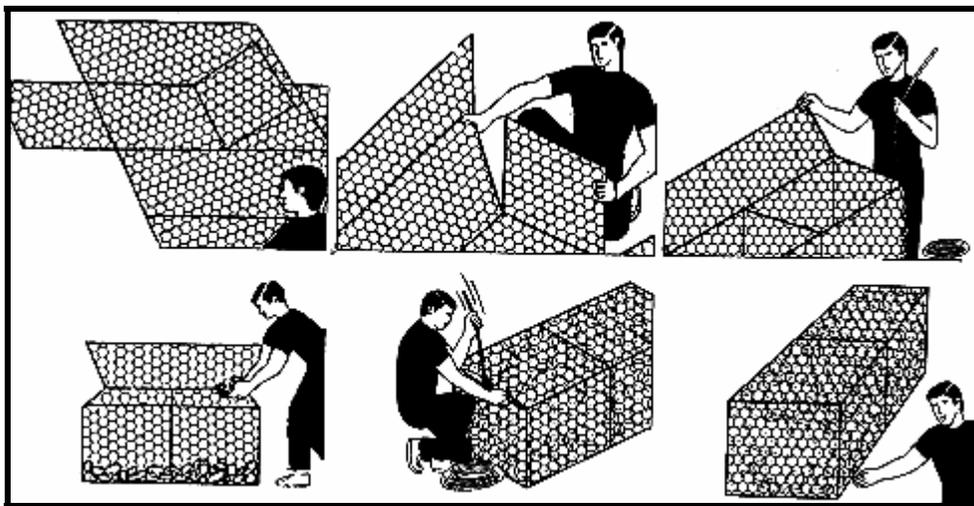
No se permitirá que las cantidades de tierra, arena, arcilla y/o piedra fina exceda el 5% del peso del relleno de piedra.

5.1.2 Colocación y armado para la construcción de gaviones

La colocación y armado de gaviones y colchones se realiza de la siguiente manera:

Se desdoblán las estructuras metálicas en el lugar de trabajo y se extienden en el suelo. Alzando las paredes y cosiendo las aristas verticales con el alambre apropiado se obtienen las cajas.

Figura 23. Pasos para el armado de las canastas de gavión



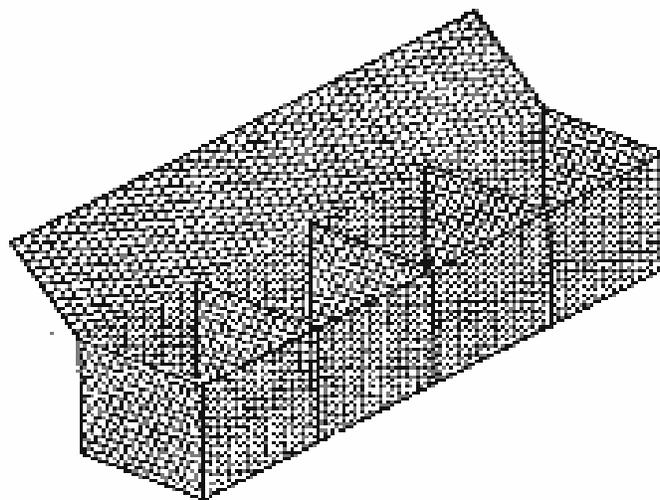
Folleto: **Gaviones** Maccaferri, pág 1.

Dichas costuras son ejecutadas en modo continuo, pasando el alambre por todos los huecos de las mallas con doble vuelta cada dos huecos (ver figura 17).

Después de haber preparado una buena cantidad de gaviones y/o colchones, se prosigue a colocarlos de acuerdo a su ubicación y diseño, bien atados entre sí, por medio de resistentes costuras a lo largo de todas las aristas en contacto.

Todos los gaviones deben ir armados entre sí, tanto los que son adyacentes como los que están superpuestos por anillos o grapas hechas con el mismo alambre.

Figura 24. Canastas de gavión amarradas entre sí



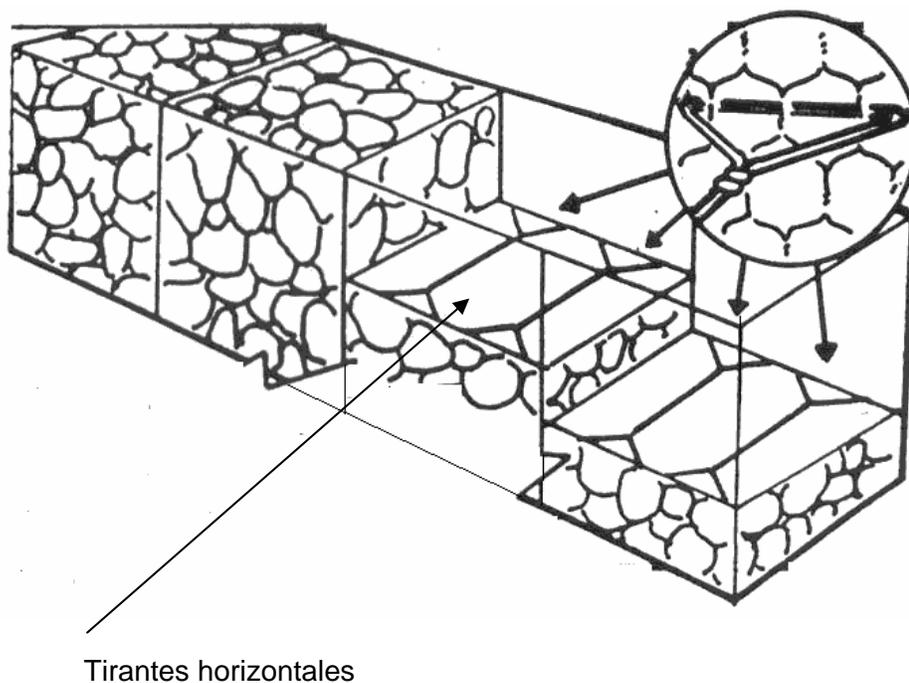
Folleto: **Estructuras flexibles** Maccaferri, pág. 3

Es conveniente amarrarlos entre sí antes de rellenarlos para facilitar la operación de costura.

Si la altura de los gaviones es de 1.00 m. se deben colocar tirantes en el interior de éstos, con el fin de evitar una excesiva deformación en las cajas, lo cual sucede cuando hay amontonamientos de roca y espacios vacíos.

Los tirantes se colocan a 30 cm. de los bordes superior e inferior. En los gaviones de 50 cm. de altura es necesario colocar tirantes a 25 cm. del borde superior.

Figura 25. Colocación de tirantes en las cajas de gaviones



Folleto: **Colocación de gaviones caja**, Maccaferri, pág. 2

Los tirantes pueden ser colocados en forma horizontal o vertical, según su forma y función, de acuerdo a las necesidades en las distintas partes de la obra.

Los tirantes verticales se utilizan por costumbre en los zampeados o en los revestimientos con gaviones sin diafragma altos de 0.50 ó 0.30 metros, mientras los tirantes horizontales se emplean, como ya se dijo, con todos los gaviones altos de 1.00 m.

La etapa de llenado con piedras es el paso más importante en la construcción de la estructura con gaviones, pues de ella depende su estabilidad.

El tamaño de la piedra está directamente relacionado con el porcentaje de huecos en el gavión y por lo tanto con el peso específico y la capacidad de soporte de cada bloque.

A mayor tamaño de piedras de relleno, mayor es el porcentaje de huecos y menor el peso específico obtenido. Por lo tanto, se recomienda que los gaviones colocados en la base de una obra (en este caso colchones) sean llenados con piedras pequeñas.

Todo el proceso descrito en los párrafos anteriores se realiza en forma manual y no se necesita de mano de obra calificada. Existen ocasiones en que sí se utiliza maquinaria pesada para la colocación de gaviones ya llenos con piedra como en lechos de río, lagos, etc. que formarán la base que servirá mas adelante para la construcción de algún muro.

5.1.3 Rendimientos para la colocación de gaviones

Para obtener los mejores resultados y rendimientos al momento de ejecutar cualquier proyecto de este tipo, es necesario tomar en cuenta varios factores.

- Ubicación del proyecto
- Acceso al proyecto
- Reconocimiento del lugar para extracción de piedra
- Costo de mano de obra para recolección de piedra
- Asesoría y adiestramiento para el armado de las canastas de gavión y otras

Éstas sólo son algunas recomendaciones y sugerencias que es necesario tomar en cuenta, pero que pueden variar de acuerdo al proyecto y la experiencia que se tenga.

Un buen rendimiento promedio puede estar entre los 20.00 m³ /diarios de gavión con una cuadrilla de 25 personas.

5.1.4 Costo por m³ de gavión

El mejor precio por metro cúbico, lineal o cuadrado de gavión dependerá mucho de todos los factores ya mencionados, así como de la experiencia que tenga el calculista en este tema. A continuación se mencionan algunas características que se sugiere tenga presente la persona encargada del cálculo.

- Costo unitario de la canasta para gavión y/o colchón.
- Costo del alambre para el cosido y atirantado.
- Costo de la piedra para el llenado de los gaviones.
- Costo de transporte de las canastas, alambre y piedra hasta el lugar de la obra.
- Costo de mano de obra.
- Rendimiento de mano de obra para la colocación de los gaviones.

5.2 Drenajes

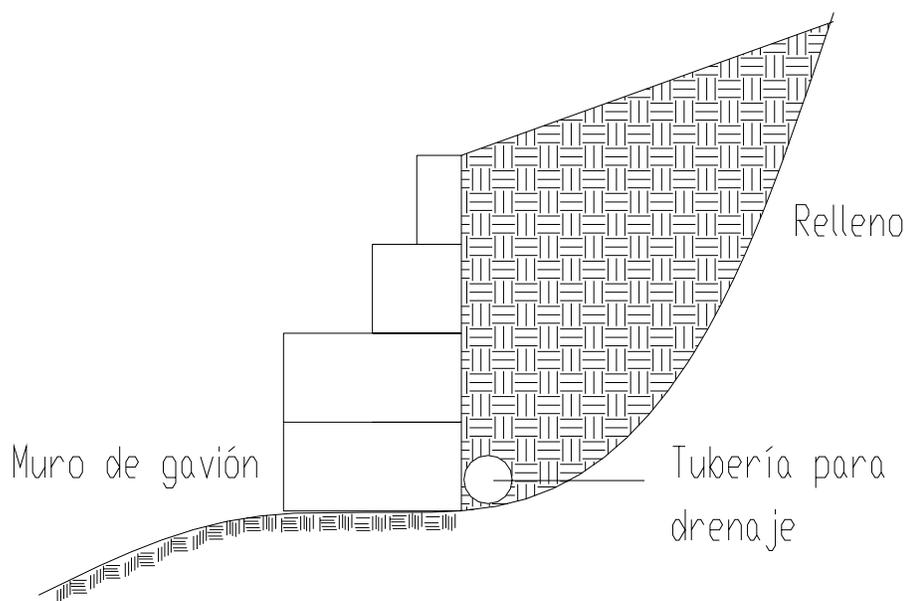
En comparación con otras obras de contención, los gaviones debido a su alta permeabilidad tienen una seguridad adicional en el caso de actuación de un empuje superior al del proyecto

Para muros inclinados y apoyados sobre bases de concreto es oportuno colocar tubos drenantes recubiertos por grava, atrás de la obra y en la base. A lo largo del mismo se deben colocar dispositivos para conducir el agua por fuera de la obra.

El drenaje del terreno puede ser más eficaz con la colocación de contrafuertes en la espalda del muro. Normalmente tienen una extensión que coincide con la cuña de máximo empuje, siendo más largos en la parte superior y disminuyendo en las camas inferiores. Su espesor normalmente es de 1.0 m, y son colocados a una distancia entre ellos igual a 2 veces la altura del muro. A pesar de que la función principal de los contrafuertes es esencialmente drenante, ellos ejercen también un papel de robustecimiento de la obra y pueden ser admitidos como estructura de anclaje.

A continuación se muestra un esquema del sistema de drenaje en la espalda de la estructura.

Figura 26. Sistema drenante en muro de gaviones



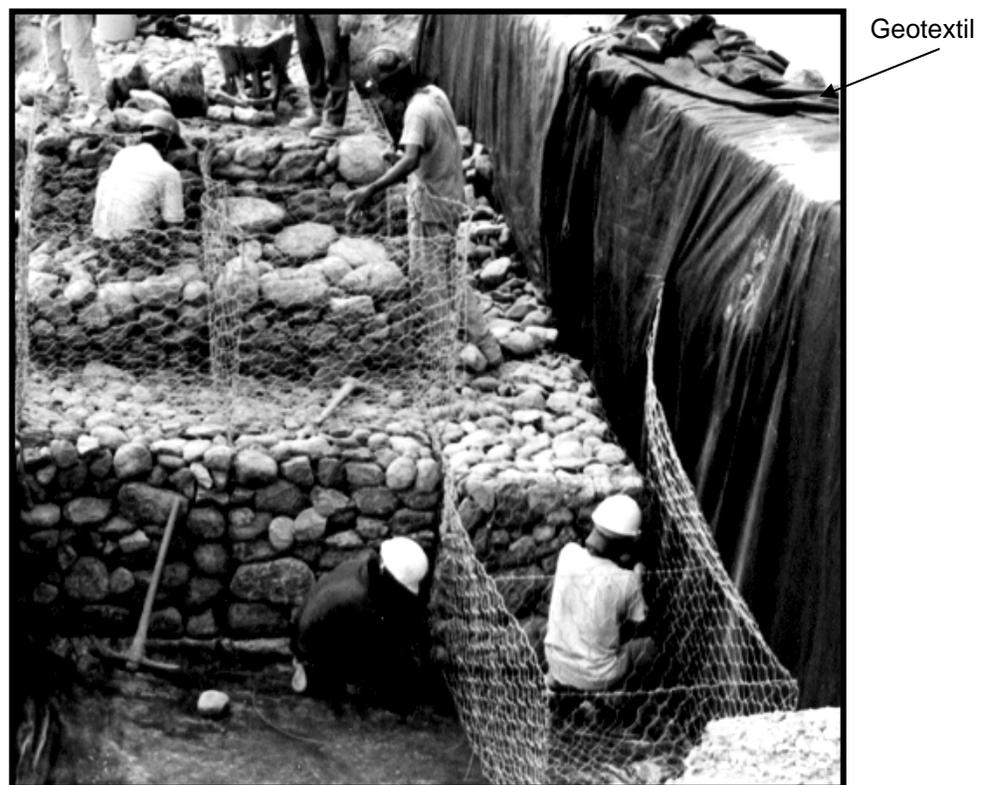
Folleto: **Estructuras flexibles en gaviones**, Maccaferri, pág. 13

5.3 Empleo de geotextil

En obras realizadas en presencia de suelos finos, cuando puede haber escape de material, se debe tomar particular atención en ejecutar el relleno con un material seleccionado para formar un filtro o preverse uno natural con una capa de 0.5 m de espesor, con una buena granulometría.

Es aconsejable la colocación de un filtro geotextil a lo largo de la base del muro cuando se rellena en la parte posterior del gavión, para terrenos de baja capacidad soporte o sujetos a la saturación de agua.

Figura 27. Empleo del geotextil



Proyecto: **Protección de talud Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico)**

La tela de filtrar debe ser un geotextil del tipo no tejido, el cual consiste en filamentos poliméricos que forman una red estable, de tal forma que los filamentos conserven su posición relativa y que se apeguen a las especificaciones de los geotextiles para filtro.

El geotextil debe ser de un polímero sintético de cadena larga, y debe estar libre de desgarres, defectos o fallas que alteren sus propiedades físicas. Además debe cumplir con los requerimientos indicados en cada proyecto.

5.4 Relleno posterior

Se recomienda que el relleno posterior del muro sea hecho con material de buena calidad y si fuera utilizado un material cohesivo, el mismo debe ser compactado en capas de 20 centímetros.

Dicho procedimiento mejora las características del terreno y minimiza el valor del empuje activo. De esta forma han sido ejecutados diversos muros sin colocarse filtro, demostrando un resultado satisfactorio. En este caso, si se inicia alguna fuga de suelo, se deposita entre el material de relleno de los gaviones disminuyendo el índice de vacíos y en poco tiempo se alcanza la estabilización natural del sistema.

Es oportuno evaluar la posibilidad de utilizar materiales del lugar, eventualmente mezclándolos con otros de mejores cualidades (arenas, gravas, estabilizantes químicos, etc.) siempre que éste sea parcialmente idóneo.

El material de relleno debe ser volcado y compactado en capas sucesivas con espesores no superiores a 30 cm. La compactación del relleno junto al paramento deberá ser efectuada con auxilio de compactadores

manuales. El grado de compactación a alcanzar deberá estar de acuerdo con las normas especificadas para la obra.

Generalmente en la fase de diseño se asume una compactación tal que determine una densidad mínima para el relleno, próxima a los 1800 kg/m³. Una compactación mayor es aconsejable cuando son previstos asentamientos, a lo largo del tiempo, que pueden actuar sobre eventuales estructuras constituidas sobre el relleno.

5.5 Supervisión

La supervisión debe ser realizada por una persona profesional con experiencia en el ramo de la construcción, o que tenga conocimientos básicos de la forma que se esté utilizando en cada proyecto. En este caso es aconsejable que la persona encargada del proyecto tenga nociones acerca de estructuras con gaviones.

Es importante que la supervisión verifique el material que se utiliza para el llenado de las canastas metálicas, así como el procedimiento del armado y el amarre de cada canasta de gavión o colchón.

Es necesario además chequear los anclajes del muro con el terreno natural cuando se construyan obras para la protección de taludes.

Se debe supervisar el empleo apropiado y la colocación del geotextil, así como el material de relleno y su compactación.

6.- EJEMPLO DE PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON GAVIONES EN LA ENTRADA A LA PLANTA SAN MIGUEL, DE CEMENTOS PROGRESO KM. 46.5 DE LA CARRETERA CA-9 (RUTA AL ATLÁNTICO)

6.1 Trabajo de gabinete

6.1.1 Estudio y análisis del proyecto

En el acceso a la planta de Cementos Progreso, ubicada en el Km. 46.5, carretera CA-9 (ruta al Atlántico), el río Plátanos pasa muy cerca del pie del talud de esta carretera, éste era dañado en época de lluvia debido al crecimiento del caudal del río.

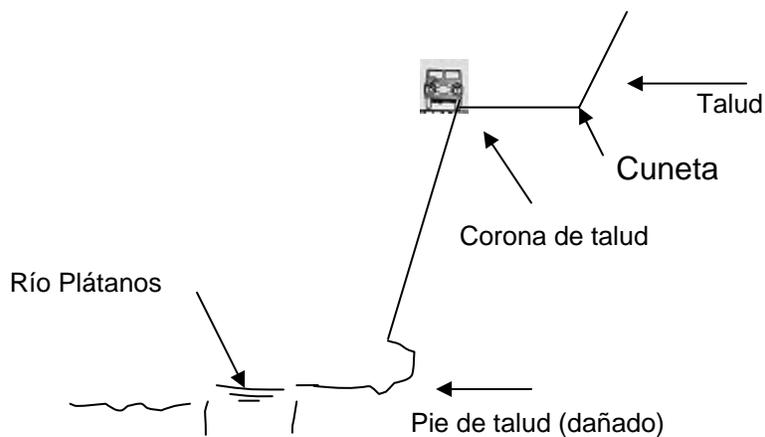
Para contrarrestar y evitar que el pie del talud continuara socavándose, y los posibles derrumbes de la carretera, se realizó un estudio con el fin de que ocurriera un desastre. La mejor solución fue la construcción de estructuras formadas con gaviones.

6.1.2 Diseño de estructura

Se procedió de la siguiente manera:

- a. Se estableció la existencia de poblados cercanos a las laderas del río, para evitar desastres y/o accidentes.
- b. Se evaluó el grado de erosión en el pie del talud (el tramo dañado era de aproximadamente de 60 metros de longitud variando la erosión entre 0.50 y 0.75 m de radio en todo el tramo). Ver figura 28.

Figura 28. Sección de carretera dañada por erosión



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la Planta de Cementos Progreso.

- c. Se estudiaron las causas de la erosión y se determinó que era provocada principalmente por:
 - La deforestación en las márgenes del río.
 - La pérdida de capacidad de retención de agua del suelo.
 - La crecida del río en invierno.

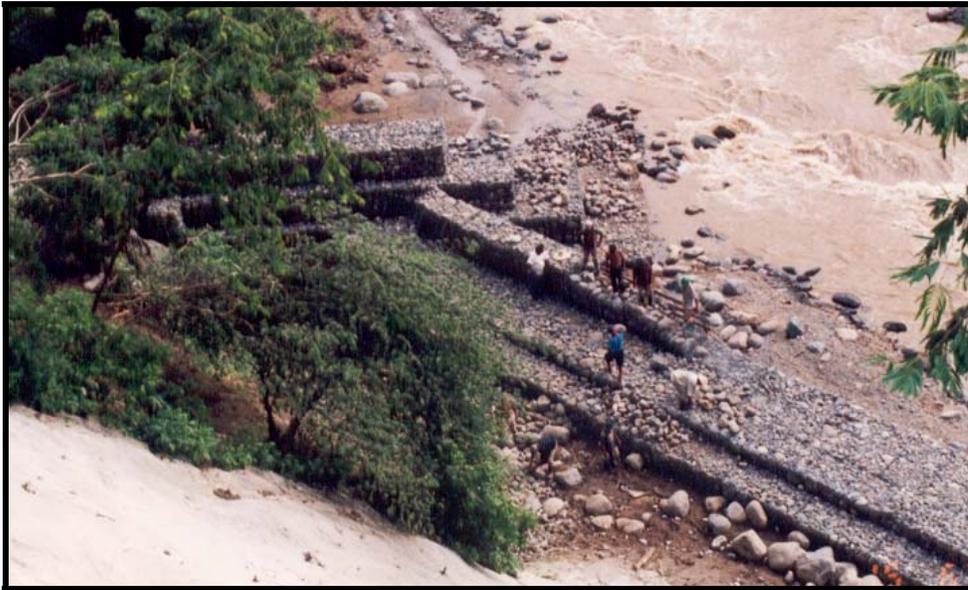
- d. Se investigo el comportamiento del río en el tramo durante la época seca y lluviosa.
- Durante el tiempo de verano, el río tiene un ancho aproximado de 3.00 m y una profundidad promedio de 0.50 m, en el tramo.
 - En invierno, el río alcanza un ancho aproximado de 5.00 a 7.00 m, con una profundidad de 1.50 m; en algunos lugares hasta 2.50 m.
 - El material que arrastra es piedra y arena.

Con toda la información recopilada se decidió la construcción de tres espigones y un muro en la parte principal del pie del talud, con el propósito de recuperar playa y evitar que la erosión continuara. También se construyeron otros tres muros pequeños en la parte superior del talud para proteger la carretera de posibles derrumbes.

El muro se construyó en la estación 0+300, y se diseñó con escalones internos; sus dimensiones son de 24 metros de largo por 4.00 metros de ancho y 4 metros de alto (384.00 m³ de gavión), en la base con colchones de 2.00 * 4.00 metros y espesor de 0.23 metros (22.08 m³ de colchón); en la parte superior se utilizaron gaviones de 1.00 * 2.00 * 1.00 metros, (ver detalle en anexo A, pág. 79).

Se rellenó (96.00 m³) en la parte de atrás del muro con material del lugar protegiendo la estructura con geotextil, para evitar el paso de material fino.

Figura 29. Muro con escalones internos formado con gaviones

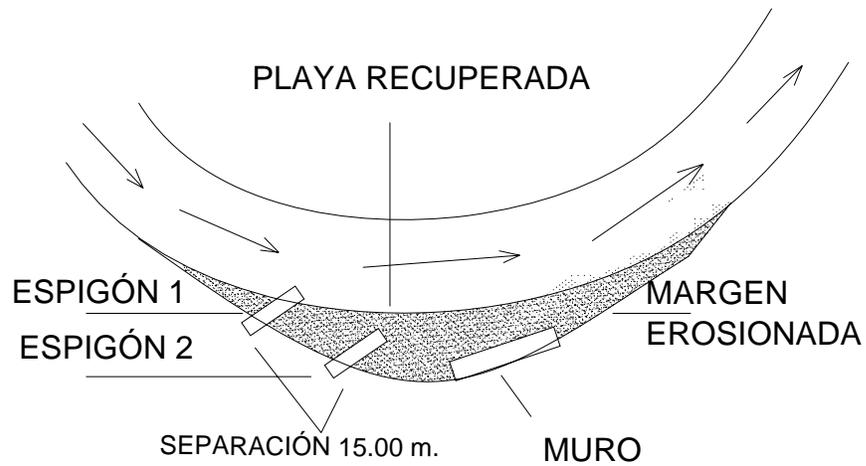


Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la Planta de Cementos Progreso.

Los espigones se diseñaron y construyeron en las márgenes del río, con el propósito de alejarlo y recuperar parte de la playa perdida por causa de las crecidas del mismo.

Las dimensiones son de 6.00 * 8.00 m. con altura de 4.00 m. Tiene una separación entre cada espigón de aproximadamente 15.00 metros, (ver detalle en figura 30 y 31).

Figura 30. Distribución de espigones y muro



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

Figura 31. Espigones



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

Los muros construidos en la orilla de la carretera se diseñaron con escalones internos, las dimensiones de cada muro son 7.00 *3.00 m y una altura de 3.00 m, cubiertos con geotextil en la parte expuesta al relleno, anclados con paneles de malla galvanizada al terreno natural, (ver figura 32).

Figura 32. Construcción de muro con escalones internos a orilla de carretera



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

6.1.3 Planos del proyecto

Las dimensiones y detalles del proyecto (espigones y muro) se encuentran en el anexo A, páginas de la 75 a la 79.

6.2 Trabajo de campo

6.2.1 Visita técnica

Visita realizada con el propósito de recopilar toda la información posible del lugar para proceder a la ejecución del proyecto.

Entre los datos están las características topográficas del río, el tramo erosionado, (ver sección 6.1.2) el área de la playa a recuperar, tipo de materiales existentes, acceso al lugar, tipo de maquinaria a utilizar, calidad de mano de obra, etc.

6.2.2 Ejecución del proyecto

La construcción del proyecto duró 4 meses (ver programa de trabajo en anexo A, pág. 80), desarrollándose de la siguiente forma:

1. Levantamiento topográfico del área a trabajar
2. Dragado de río para desviar el cauce y dejar libre el área de trabajo
3. Extracción de material inapropiado

4. Excavación, relleno, trazo y nivelación del terreno para la construcción de muros y espigones
5. Extracción y recolección de la piedra
6. Armado de las canastas de gavión y colchón
7. Construcción de espigones
8. Construcción de muro
9. Relleno en la parte posterior de espigones y muro
10. Trazo, excavación y nivelación en la parte superior del talud a orilla de la carretera
11. Construcción de muros escalonados con gaviones
12. Conformación y compactación de base granular
13. Imprimación y colocación de carpeta asfáltica en carretera

El personal y maquinaria utilizada se desglosa de la siguiente forma:

- a) Un ingeniero residente
- b) Un planillero
- c) Un encargado de maquinaria
- d) Un maestro de obra
- e) Una cuadrilla de topografía
- f) Operadores de maquinaria
- g) Una cuadrilla de 70 peones
- h) Un tractor Caterpillar D7G, el cual se utilizó para la desviación del río
- i) Una excavadora John Deer 690C, para la extracción de piedra y dragado del río
- j) Tres cargadoras frontales marca Caterpillar 936F, 936 y 926. las cuales se usaron para cargar y almacenar piedra para el llenado de los gaviones y rellenar

- k) Dos camiones de volteo de 12 m³. de capacidad, para acarrear piedra, material de relleno y otro tipo de material.

Figura 33. Extracción y recolección de piedra



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

6.2.2.1 Desviación del río Plátanos

La ejecución de este trabajo se desarrolló de la siguiente forma:

- a. Se tomaron las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes, por ejemplo, la revisión periódica de la maquinaria para su buen funcionamiento y repartición de equipo de protección personal a todos los empleados (botas, guantes y cascos).
- b. La cuadrilla de topografía seccionó el terreno original para proceder al dragado.

- c. El dragado del río se realizó con maquinaria pesada (excavadora y tractor), para desviar el cauce y así despejar el área para la construcción de los espigones y muro.

Figura 34. Dragado y desvío del cauce del río Plátanos

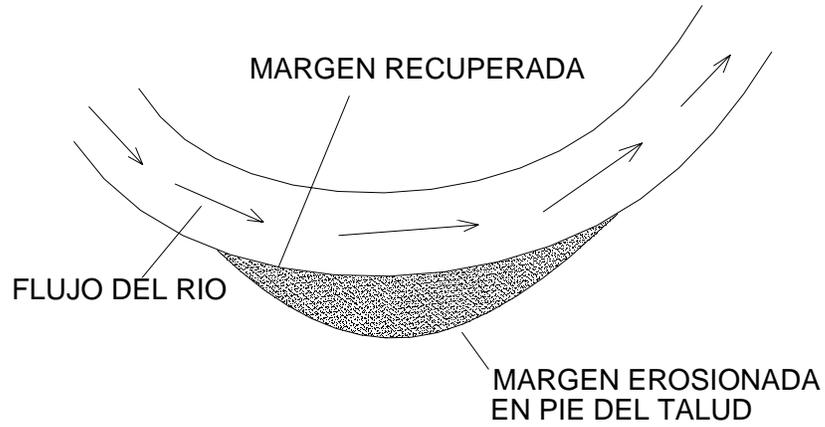


Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

- d. Con el dragado se extrajo piedra para el llenado de colchones y gaviones.
- e. Se procedió al armado, colocación y llenado de las canastas.
- f. Se rellenó la parte de atrás de los espigones y el muro con material del lugar para anclar las estructuras al terreno natural.

Los resultados fueron satisfactorios, se logró desviar el cauce del río lo suficiente para proteger el pie del talud, también se recuperó una playa de 5.00 a 6.00 m de ancho, (ver figura 35 y 36).

Figura 35. Recuperación de margen erosionada vista en planta



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

Figura 36. Desvío del río y recuperación de playa



Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico) sobre el río Plátanos, acceso a la planta de Cementos Progreso

6.2.2.2 Estabilización de taludes

Este trabajo se realizo en la parte superior del talud, para evitar que se siguiera agrietando la carretera. Se logro la estabilización con la construcción de muros con escalones internos.

La construcción de los muros se realizo de la siguiente manera:

- 1 Trazo, excavación y extracción de material inapropiado.
- 2 Nivelación de la base para construcción de los muros con gaviones
- 3 Almacenamiento de piedra para llenado de canastas
- 4 Armado de canastas.
- 5 Construcción y anclado de muros al terreno natural
- 6 Colocación de geotextil
- 7 Relleno con suelo cemento (70% selecto + 30% cemento)
- 8 Conformación y compactación con base granular
- 9 Imprimación y colocación de carpeta asfáltica de 3 cms. de espesor

6.3 Supervisión

La empresa contratante realizo todos los trabajos de supervisión por medio de profesionales (un arquitecto y un ingeniero), encargados de verificar que todos los materiales fueran de la mejor calidad y que cumplieran con los requisitos y especificaciones correspondientes. También verificaron que los métodos y técnicas de construcción fueran los adecuados y que se cumplieran con todas las normas de seguridad para los trabajadores.

CONCLUSIONES

1. La estabilidad de un talud se pierde debido a agentes naturales, como las presiones hidrostáticas, intemperismo, deforestación, erosión y otros.
2. Para proteger y estabilizar un talud, es importante tener la información y conocimiento necesario sobre las causas y tipos de falla que ocurren en un movimiento de tierra; y así encontrar la solución adecuada para prevenir cualquier percance o accidente.
3. Los métodos utilizados para el diseño, en obras de estabilización de taludes darán siempre un resultado confiable; algunos mas precisos que otros, pero con los resultados esperados.
4. Las estructuras formadas con gaviones son una solución confiable y efectiva, para la estabilización y protección de taludes debido a su versatilidad, flexibilidad, permeabilidad, durabilidad y economía.
5. En la actualidad las estructuras formadas con gaviones son una de las técnicas mas recomendadas para la protección de tramos carreteros, debido a su fácil manejo y adaptación al medio ambiente.
6. El precio de los gaviones es variable al igual que la piedra para llenar las canastas, ya que depende de la ubicación del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Para la construcción de estructuras con gaviones, se necesita que se cuente con la asesoría de personas profesionales y calificadas con experiencia y conocimiento de rendimientos en la colocación y armado de las canastas y así tener un buen manejo de costos.
2. Es importante que los materiales utilizados en las cajas de gaviones, colchones y de relleno (piedra) cumplan con las normas y especificaciones mínimas para el buen funcionamiento de cualquier estructura.
3. Para la construcción de estructuras con gaviones y/o colchones, se necesita la supervisión detallada del armado y amarre de las cajas para prevenir la deformación en las estructuras.
4. Para la ejecución de proyectos donde se utilizan estructuras formadas con gaviones, se deben seguir las recomendaciones e indicaciones mínimas mencionadas en este trabajo o cualquier otra fuente de información, como folletos, revistas, libros, internet, etc.
6. En toda obra se deben tomar en cuenta la localización y la magnitud de las fuerzas que actúan sobre la estructura al momento de diseñar.
5. Debido a que los gaviones se adaptan al ambiente natural con facilidad se aconseja la utilización de este sistema constructivo para la estabilización y protección de taludes.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRESPO Villalaz, Carlos. **Mecánica de Suelos y Cimentaciones**. 4ª. ed
México: Editorial Limusa, 1996.
2. “**DISEÑO de Obras Longitudinales en Gaviones**”. folleto Maccaferri,
Brasil 1989.
3. “**ESTRUCTURAS Flexibles en Gaviones**”. folleto Maccaferri, Brasil
1990.
4. “**GABION Systems**”. folleto American Made Terra Aqua Land Water,
Estados Unidos.
5. “**GAVIONES Ideal**”. folleto Ideal Alambrec S.A. Ecuador.
6. “**GAVIONES Prodac**”. folleto Prodac, Perú.
7. MORALES Gaitán, Axel Oswaldo. **Recuperación de tierras erosionadas por desbordamientos de ríos con obras de gaviones**. Tesis ing. civil Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1990.
8. OSEGUEDA Gine, Felix. **Análisis de estabilidad de taludes mediante el método Morgentern Price**. Tesis ing. civil Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1980.

ANEXO A

Planos de diseño del proyecto entrada a la Planta San Miguel, de Cementos
Progreso, Km. 46.5 Carretera CA-9 (ruta al Atlántico)

Figura 37. Vista en planta de espigones

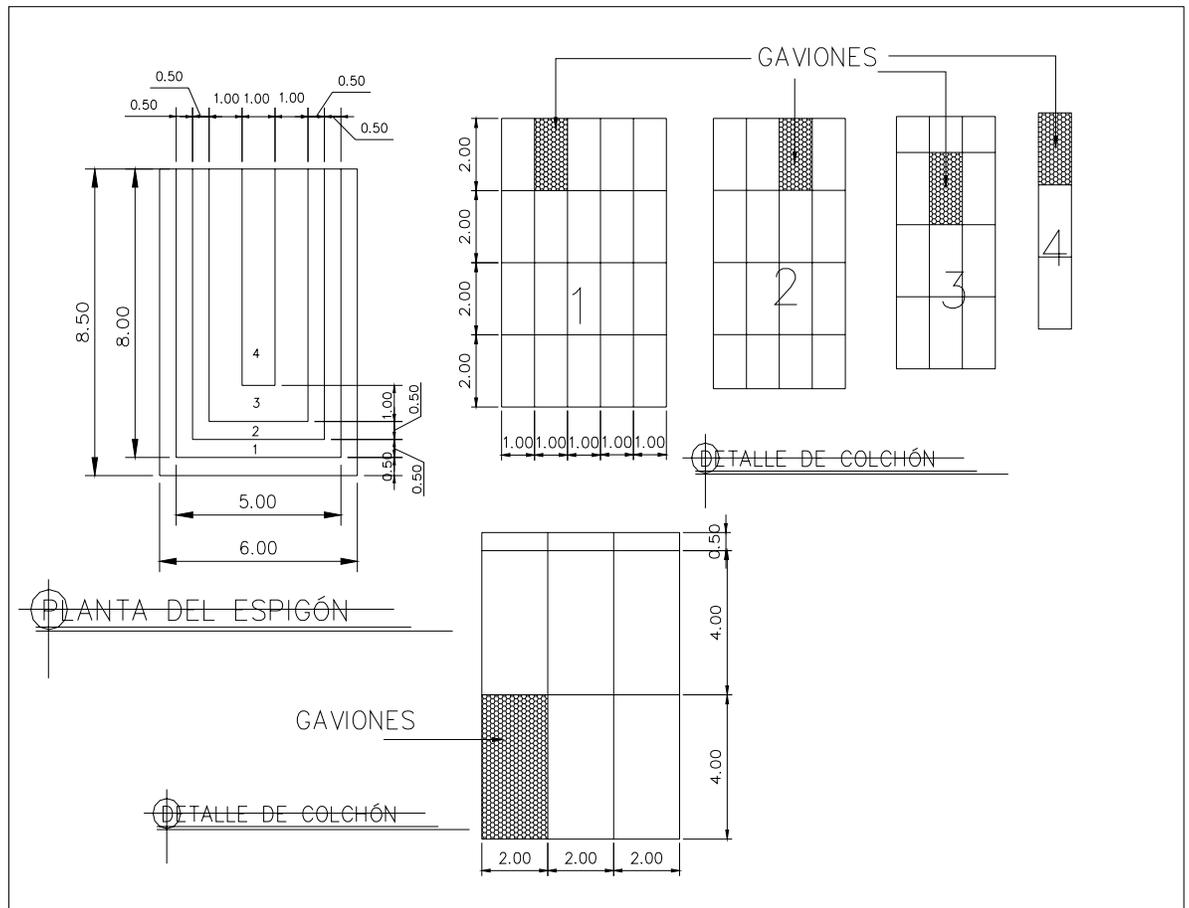


Figura 38. Isométrico de colchón, gavión y espigón

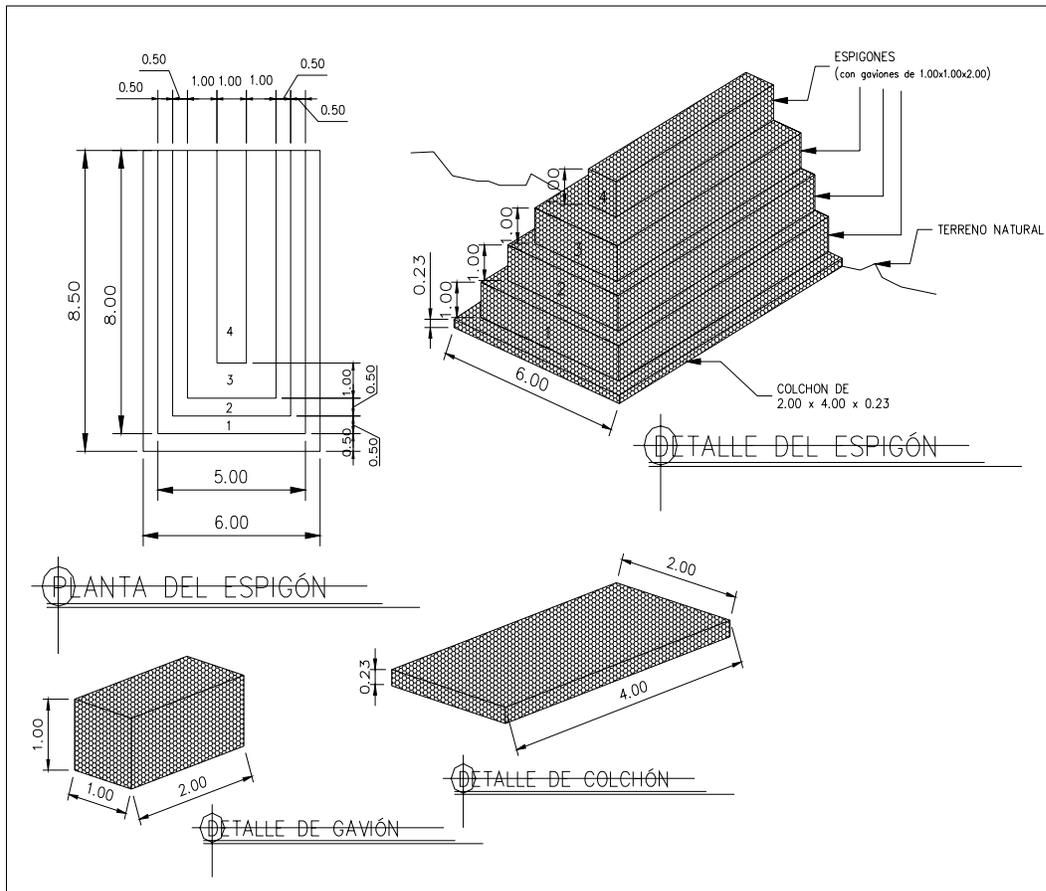


Figura 39. Isométrico 2 de espigón

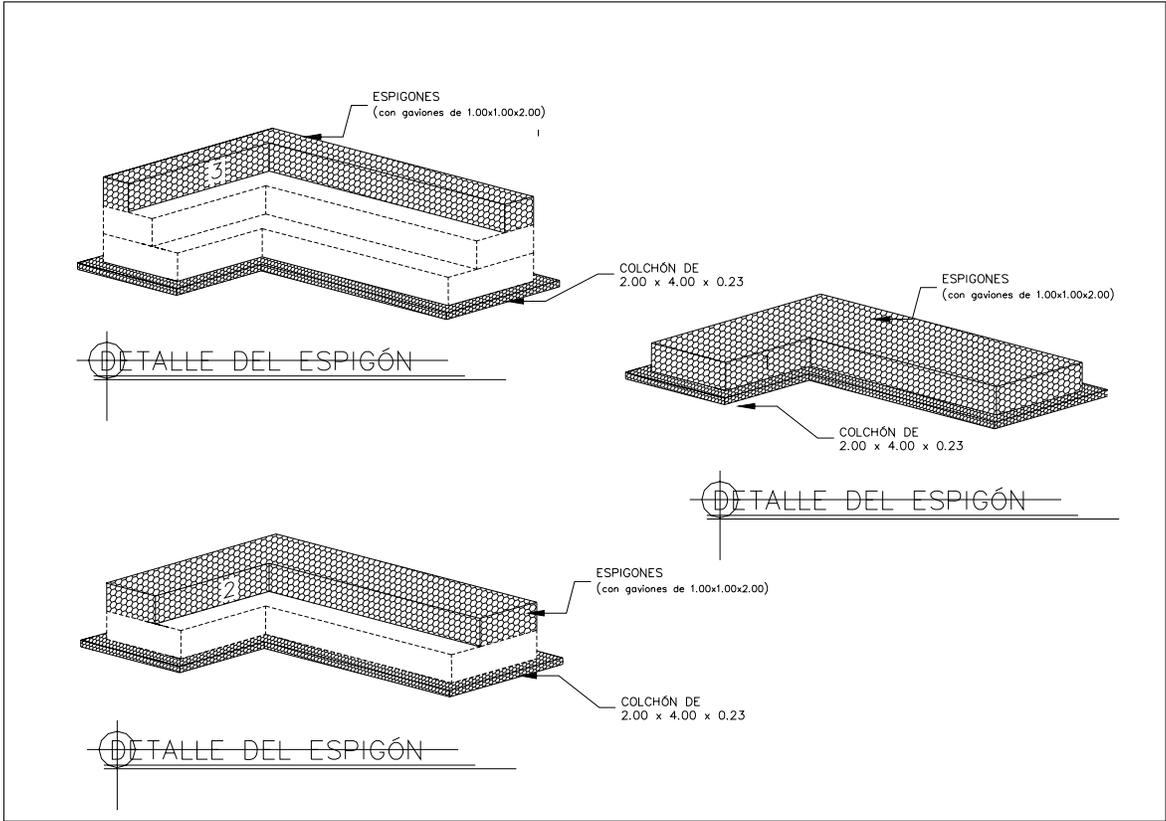


Figura 40. Isométrico 3 de espigón

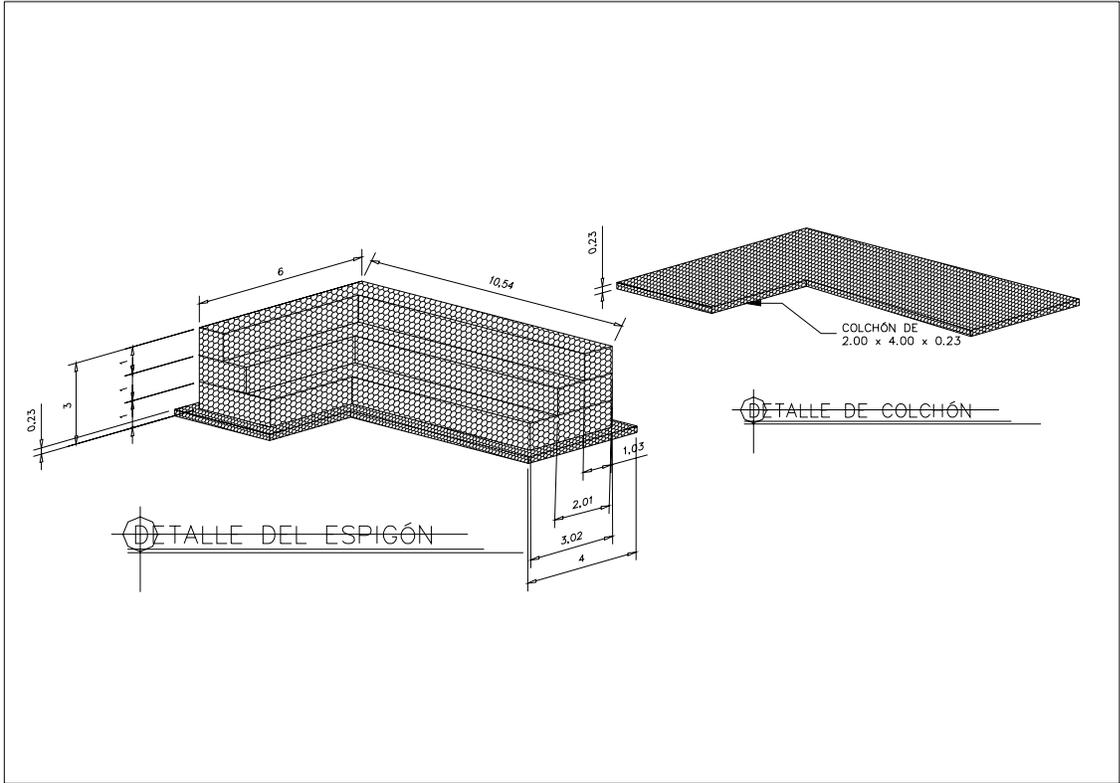
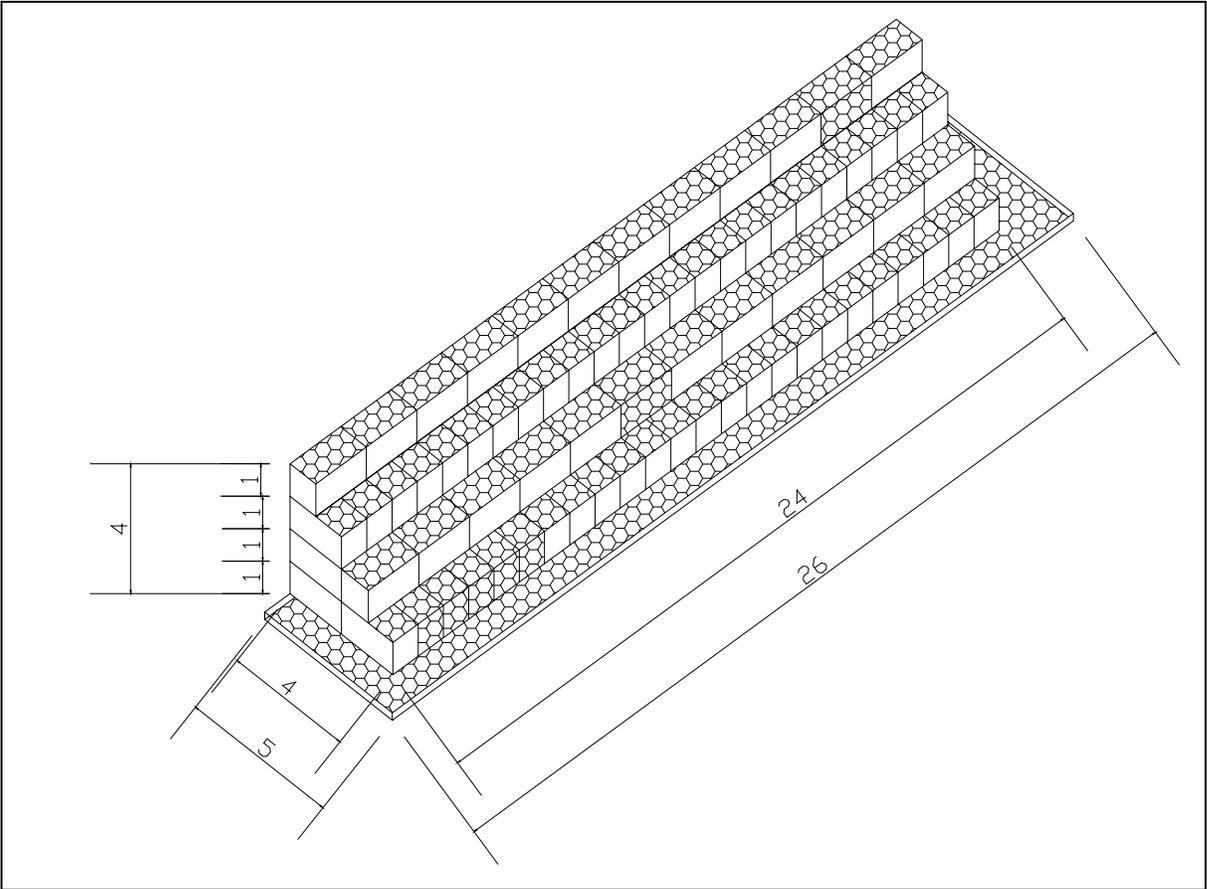


Figura 41. Muro con escalones internos



**PROYECTO: ACCESO A LA PLANTA DE CEMENTOS PROGRESO,
KM. 46.5 CARRETERA CA-9 (RUTA AL ATLÁNTICO) SOBRE EL RÍO PLÁTANOS**

PROGRAMA DE TRABAJO

DESCRIPCIÓN	MES															
	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Campamento	■															
Limpieza	■															
Trazo y nivelación		■														
Dragado de río			■	■												
Recolección de piedra				■	■	■										
Construcción de espigones						■	■	■	■	■	■	■				
Construcción de muro en río								■	■	■	■	■				
Construcción de muros en carretera										■	■	■	■	■		
Colocación de geotextil													■	■	■	
Relleno final															■	■

ANEXO B

Ejemplo de cálculo de un muro de contención construido con gaviones

EJEMPLO DE DISEÑO DE MURO¹

Los muros de gaviones son estructuras a gravedad y su diseño generalmente sigue los procedimientos de la ingeniería civil. Las notas, cálculos y dibujos que se presentan en esta sección se ofrecen como una guía general del diseño de muros de contención de gaviones, y deben tener en consideración con el fin de proporcionar un adecuado factor de seguridad.

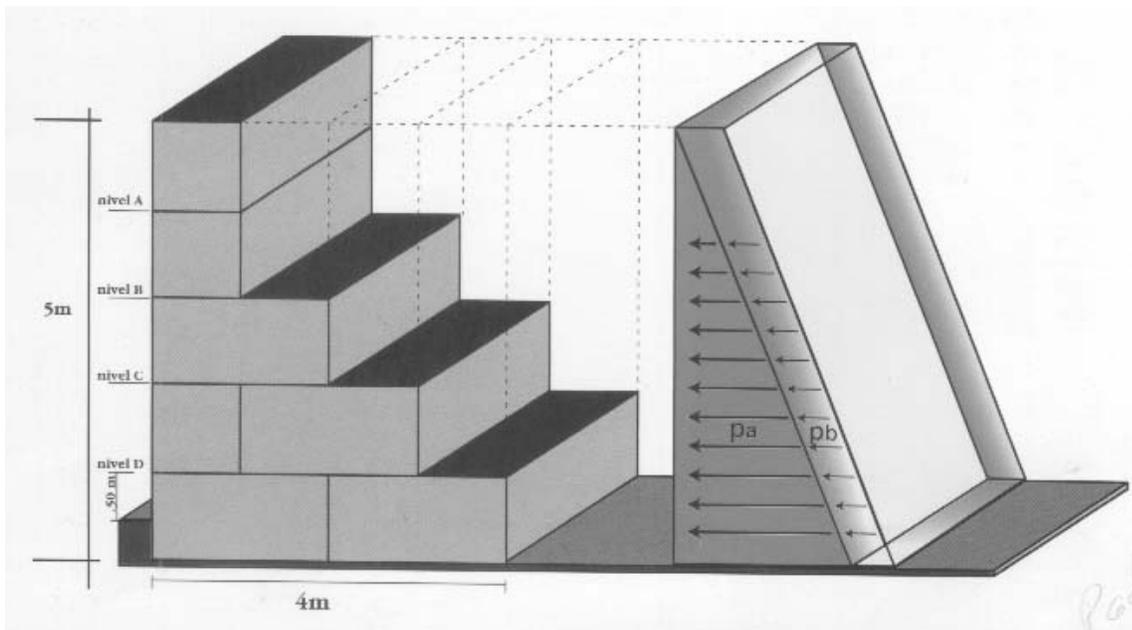
- . Es uso que tendrá el terreno sobre el muro de gaviones.
- . Tipo e importancia de la obra a construirse sobre este terreno.
- . Relleno en la parte posterior del muro.
- . Posibilidad de hacer gradas en el frente expuesto del muro, con el fin de aplicar el mayor peso sobre la parte posterior del mismo, lo cual permite una mejor resistencia al volteo.
- . Tipo de piedras o material de relleno de los gaviones.

Datos y definiciones

- . Peso específico del relleno posterior: γ = 1,800 kg/m³
- . Presión admisible del suelo de fundación: P_s = 15,000 kg/m²
- . Factor de presión activa: K_a = 0.27
- . Peso específico del relleno de los gaviones: γ_r = 1,600 kg/m²
- . Sobrecarga asumida: q = 500 kg/m²
- . Ángulo de fricción interna del suelo: ϕ = 35°
- . Presión activa: P_a
- . Presión sobrecarga: P_b
- . Momento de volcamiento: M_v
- . Momento resistente: M_r

- . Factor de seguridad: f_s
- . Peso total del muro: W
- . Presión sobre el suelo: P_w
- . Fuerza horizontal en la base: H
- . Resistencia por fricción: R
- . Posición de la resultante (desde el talón): t

Figura 42. Ejemplo de diseño de muro



Gaviones ideal, pág. 9

Chequeo nivel A

$$P_a = 1800 \times 0.27 \times 1 = 486 \text{ kg/m}^2$$

$$P_b = 500 \times 0.27 = 135 \text{ kg/m}^2$$

$$M_v = 486 \times 1^2/6 + 135 \times 1^2/2 = 148 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$M_r = 1600 \times 1^2 \times \frac{1}{2} = 800 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$F_s = 800/148.5 = 5.38 > 1.5 \text{ satisface.}$$

Chequeo nivel B

$$P_a = 1800 \times 0.27 \times 2 = 972 \text{ kg/m}^2$$

$$P_b = 500 \times 0.27 = 135 \text{ kg/m}^2$$

$$M_v = 972 \times \frac{2^2}{6} + 135 \times \frac{2^2}{2} = 918 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$M_r = 1600 \times 2 \times \frac{1}{2} = 1600 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$F_s = 1600/918 = 1.74 > 1.5 \text{ satisface}$$

Chequeo nivel C

$$P_a = 1800 \times 0.27 \times 3 = 1458 \text{ kg/m}^2$$

$$P_b = 500 \times 0.27 = 135 \text{ kg/m}^2$$

$$M_v = 1458 \times \frac{3^2}{6} + 135 \times \frac{3^2}{2} = 2794 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$M_r = 1600 + 1600 \times 2 \times 1 \times \frac{2}{2} + 1800 \times 2 \times 1(1 + \frac{1}{2}) = 10200 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$F_s = 10200/2794 = 3.65 > 1.5 \text{ satisface.}$$

Chequeo nivel D

$$P_a = 1800 \times 0.27 \times 4 = 1944 \text{ kg/m}^2$$

$$P_b = 500 \times 0.27 = 135 \text{ kg/m}^2$$

$$M_v = 1944 \times \frac{4^2}{6} + 135 \times \frac{4^2}{2} = 6264 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$M_r = 10200 + 1600 \times 3 \times 1 \times \frac{3}{2} + 1800 \times 3 \times 1(2 + \frac{1}{2}) = 30900 \text{ kg} \times \text{m}$$

$$F_s = 30900/6264 = 4.93 > 1.5 \text{ satisface.}$$

Chequeo en la base

$$P_a = 1800 \times 0.27 \times 5 = 2430 \text{ kg/m}^2$$

$$P_b = 500 \times 0.27 = 135 \text{ kg/m}^2$$

$$Mv = 2430 \times 5^2/6 + 135 \times 5^2/2 = 11812 \text{ kg x m}$$

$$Mr = 30900 + 1600 \times 4 \times 1 \times 4/2 + 1800 \times 4 \times 1(3 + 1/2) = 68900 \text{ kg x m}$$

$$Fs = 68900/11812 = 5.83 > 1.5 \text{ satisface.}$$

Chequeo de la presión sobre el suelo de fundación

$$W = 1600 \times (1 + 1 + 2 + 3 + 4) + 1800 \times (2 + 3 + 4) + 500 \times 3 = 35300 \text{ kg}$$

$$t = 68900 - 11812/35300 = 1.62 \text{ m}$$

$$Pw = 35300/4 \pm 6 \times 35300 \times 0.38/4^2 = 8825 \pm 5030$$

$$Pw = 3795 \text{ kg/m}^2$$

$$Ps = 15000 \text{ kg/m}^2 \text{ satisface}$$

Chequeo por deslizamiento

$$H = 2430 \times 5/2 + 135 \times 5 = 6750 \text{ kg}$$

$$R = 35300 \times 0.5 = 17650 \text{ kg}$$

$$Fs = 17650/6102 = 2.61 > 2 \text{ satisface.}$$

¹ Todo el ejemplo de cálculo para el diseño de un muro de contención formado con gaviones fue tomado del folleto, **Gaviones Ideal**, Ecuador, pág. 9.

ANEXO C

Fotografías de proyectos que utilizan gaviones para la estabilización y protección de taludes

Figura 43. Protección de talud, San Marcos



Figura 44. Estabilización de talud con gaviones y grama, San Marcos



Figura 45. Estabilización de talud, carretera CA-1, Tecpán Guatemala



Figura 46. Protección y estabilización en tramo carretero, Antigua Carretera a Amatitlán



Figura 47. Utilización de gaviones para la construcción de descargas, Recubierta de capa vegetal, sin alteraciones al medio ambiente, San Rafael, pie de la Cuenca, San Marcos



