



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA
EROSIÓN EN BORDAS DEL RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA**

Byron Estuardo Anzueto Ruiz

Asesorado por el Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Guatemala, enero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA
EROSIÓN EN BORDAS DEL RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

BYRON ESTUARDO ANZUETO RUIZ

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO MELINI SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordoñez Hernández
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS DEL RÍO GUACALATE, ESCUINTLA GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha mayo de 2013.


Byron Estuardo Anzueto Ruiz

Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Ingenieria Civil, Sanitaria y Ambiental. Avalúos
colegiado 2548

8 de noviembre de 2013

Licenciado

Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Licenciado Guillen:

*Le informo que he revisado el trabajo de graduacion **ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA.** Desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **BYRON ESTUARDO ANZUETO RUIZ** quien conto con la asesoria del suscrito.*

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobacion al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo de usted atentamente,



Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
asesor

Guillermo Francisco Melini Salguero
INGENIERO CIVIL
Col. 2548



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,
9 de enero de 2014

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Estuardo Anzucto Ruiz, quien contó con la asesoría del Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar
ECONOMISTA
Colegiado No. 4758



/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística

Guatemala, 24 de enero de 2014
Ling.5/14

Ingeniero Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Byron Estuardo Anzueto Ruiz**, con número de carné: **2009-15244** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS DEL RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA.**



A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. González Domínguez".

Licenciada Rosa Amelia González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Byron Estuardo Anzueto Ruíz, titulado **ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS DEL RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2014.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE COSTOS PARA MUROS DE GAVIÓN PARA PREVENIR LA EROSIÓN EN BORDAS DEL RÍO GUACALATE, ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Byron Estuardo Anzuetto Ruiz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, enero de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi padre y el creador de todo y sin él no estaría aquí.
- Mis padres** Byron Anzueto y Sandra Ruiz de Anzueto. Por su amor y apoyo incondicional y ser la luz que Dios puso en mi vida.
- Mis hermanos** Jonathan Anzueto y Christian Anzueto. Por todos los momentos compartidos y por ser parte de mi inspiración.
- Mis abuelos** Carlos Enrique Anzueto (q.e.p.d.) y Gerson Augusto Ruiz. Por todos sus sabios consejos y ser un ejemplo de vida.
- Mis abuelas** Esther Barrios de Anzueto y Marina Albanez de Ruiz. Por todo su cariño y por estar siempre conmigo.
- Mis tíos** Guillermo Anzueto, Mynor Anzueto, Marvin Anzueto, Carlos Anzueto y a sus respectivas esposas. Por todo su apoyo y cariño y por ser una importante influencia en mi carrera.

Mis tías

Samara Ruiz y Ana Luisa Ruiz. Por su cariño y amor y por estar siempre pendientes de mí.

Mis primos

Mynor, Cinthya, Guillermo, Enrique, Silvia, Alison, Bryan, Daniel, Brandon, María Jose, Carlos, Andre, Alejandra Anzueto y Javier Vasquez. Por todos los buenos momentos compartidos y por ser como mis hermanos.

Mis sobrinas

Paula Anzueto, Valeria Anzueto y Sofia Anzueto. Porque con su sonrisa pueden alegrar mi día.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios donde obtuve mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por ser la facultad donde me desempeñe y pude adquirir mi formación académica y buenas amistades.
Mis padres	Por confiar en mí y ser el pilar en mi carrera.
Mi familia	Por estar pendiente de mí y por todo su cariño y apoyo.
Carlos Enrique Anzueto (q.e.p.d.)	Por cada consejo y sonrisa compartida y por haber sido un ejemplo en mi vida.
Ingeniero Guillermo Anzueto	Por su apoyo y colaboración en el presente trabajo.
Licenciada Samara Ruiz	Por ser ese apoyo a lo largo de mi carrera.
Ingeniero Guillermo Melini	Por su apoyo y colaboración en el presente trabajo.

A mis amigos

Por ser esa mano amiga siempre dispuesta a sacarte una sonrisa.

A mis amigos de la facultad

Porque este camino estuvo lleno de momentos felices y divertidos gracias a cada uno de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DE LOS GAVIONES.....	1
1.1. Gavión	1
1.1.1. Antecedentes de los gaviones en Guatemala	1
1.1.2. Descripción de los gaviones	2
1.1.2.1. Características de los gaviones	2
1.1.3. Tipos de gaviones.....	8
1.1.4. Características técnicas.....	13
2. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO GUACALATE I.....	15
2.1. Morfología geológica del río	15
2.1.1.1. Características de la cuenca.....	17
2.1.1.2. Tierras a recuperar en el río	18
2.1.1.3. Estudio de crecidas máximas del río ...	21
3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS DE SECCIONES.....	25
3.1. Antecedentes.....	25
3.2. Radio hidráulico.....	26
3.3. Perímetro mojado	27

3.4.	Velocidades hidráulicas.....	28
3.5.	Tipos de secciones hidráulicas	30
3.6.	Detalles de la sección óptima.....	322
3.6.1.	Pendiente de taludes.....	333
3.6.2.	Alturas de socavación	344
4.	DISEÑO DEL MURO GAVIÓN	355
4.1.	Criterio de cálculo.....	35
4.2.	Criterios de verificación de estabilidad	36
4.2.1.	Verificación de deslizamiento	38
4.2.2.	Verificación de volteo	39
5.	ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN Y DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA	477
5.1.	Materiales.....	47
5.1.1.	Malla para canastas	47
5.1.2.	Material de relleno.....	499
5.1.3.	Piedra bola	50
5.1.4.	Geotextil	511
5.2.	Análisis de costos de mano de obra.....	52
5.2.1.	Armado de canastas	533
5.2.2.	Llenado de canastas	53
5.2.3.	Colocación del geotextil.....	54
6.	MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y OTROS COSTOS	555
6.1.	Herramienta y equipo	55
6.1.1.	Costos de depreciación	56
6.1.2.	Costos de alquiler de maquinaria	57

6.2.	Otros costos	58
6.2.1.	Costos administrativos.....	65
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES		73
BIBLIOGRAFÍA.....		75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructuras monolíticas	3
2.	Estructura resistente.....	3
3.	Estructuras durables.....	5
4.	Estructuras permeables.....	6
5.	Estructuras amigables con el ambiente.	7
6.	Estructuras prácticas y versátiles.....	8
7.	Tipos de gaviones.....	9
8.	Gaviones tipo caja.	10
9.	Gaviones tipo colchón.	11
10.	Gaviones tipo saco.	12
11.	Afluentes que desembocan en el río Guacalate.....	17
12.	Subcuenca del río Guacalate.	18
13.	Posición geográfica del muro	20
14.	Atlas de las regiones hidrológicas.	22
15.	Inspección previa.	25
16.	Área y perímetro mojado.	27
17.	Sección hidráulica del río Guacalate 1.....	28
18.	Tipos de secciones hidráulicas.....	311
19.	Sección óptima.	32
20.	Pendiente de taludes.	33
21.	Socavación.....	34
22.	Tipos de falla.....	377
23.	Falla por deslizamiento.....	399

24.	Chequeo de volteo.....	40
25.	Esquema de la sección del muro.....	422
26.	Geometría del muro gavión.....	433
27.	Esquema de fuerzas actuantes en el gavión.....	455
28.	Esquema de dimensiones de caja de gavión.....	488
29.	Esquema de corte de borda.....	49
30.	Ubicación de geotextil.....	51
31.	Fianzas administrativas.....	61
32.	Cálculo del factor de indirectos.....	66

TABLAS

I.	Dimensiones de gaviones tipo caja.....	11
II.	Dimensiones gaviones tipo colchón.....	12
III.	Geología del suelo en porcentaje subcuenca Guacalate I.....	19
IV.	Coeficiente para crecida $QMM=BA^n$	23
V.	Caudales modulares, K, según curva de frecuencia Log-Normal.....	23
VI.	Tabla de rugosidades de Manning.....	29
VII.	Dimensiones gaviones a utilizar en el muro.....	47
VIII.	Integración de costo de malla para gavión.....	48
IX.	Integración de costo de corte de la borda.....	50
X.	Integración de costo de piedra para gavión.....	50
XI.	Integración de costo de geotextil.....	522
XII.	Integración de costo de armado de canastas.....	53
XIII.	Integración de costos de llenado de canastas.....	544
XIV.	Integración de costo de colocación y corte del geotextil.....	54
XV.	Integración de costo de herramientas.....	566
XVI.	Porcentaje de depreciación de herramienta y equipo a utilizar en esta obra.....	57

XVII.	Costo de alquiler de equipo	588
XVIII.	Integración de precios de materiales gavión tipo 1	67
XIX.	Integración de precios de materiales gavión tipo 2	67
XX.	Integración de mano de obra	68
XXI.	Integración de maquinaria, herramienta y equipo	68
XXII.	Total de costos.....	69

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura del muro
B	Base del muro
cm	Centímetro
corr/km²	Corriente por kilómetro cuadrado
°	Grados
KN/m	Kilo Newton por metro
KN/m³	Kilo Newton por metro cúbico
KNm/m	Kilo Newton metro por metro
KPa	Kilo Pascales
±	Más, menos
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m/m	Metro por metro
m/s	Metro por segundo
mm	Milímetro
'	Minutos
%	Porcentaje
pulg	Pulgada
Q	Quetzales
”	Segundos
S	Segundos
ton/m²	Tonelada por metro cuadrado

U

Unidad

Q

Quetzal

GLOSARIO

Acequia	Zanja o canal por donde se conducen las aguas para regar y para otros fines.
Azolvamiento	El depósito de los sedimentos acarreados por el agua en lagos, depósitos subterráneos, presas, embalses, cauces de las corrientes y zonas inundables.
Diafragma	Pieza estructural rígida que puede soportar el esfuerzo cortante al estar cargado en una dirección paralela a un plano.
Ductilidad	Es una propiedad que presentan algunos materiales, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse.
Fletes	Precio que ha de pagarse por el alquiler de un barco, avión o camión, o por la carga transportada.
Gabro	Es una roca ígnea plutónica compuesta principalmente de plagioclasa, cálcica y piroxeno en proporciones de volumen similares.

Geotécnicos	Aplicación de principios de ingeniería a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
ISR	Impuesto Sobre la Renta.
IVA	Impuesto al Valor Agregado.
Modular	Piezas a las que se les puede dar diferentes formas o dimensiones.
Monolítica	Muy compacto, con una unión tan fuerte entre sus distintas partes como si fuera de una sola pieza.
Paralelepípedos	Cuerpo geométrico constituido por seis paralelogramos, de los cuales son iguales y paralelos los opuestos entre sí.
Permeable	Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado.
Rotura	Raja, quiebra o desgarradura en un cuerpo sólido.

Tardos

Parte de una cosa que ha sido separada de ella o que se considera como elemento individual.

Interface

Se utiliza para nombrar a la conexión física y funcional entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación.

RESUMEN

Al requerir la realización de un proyecto en el ámbito de la ingeniería civil, será necesario un análisis de costos ya que este determinará su factibilidad y viabilidad bajo el punto de vista económico, máxime si son obras del sector privado.

Con la finalidad de obtener un análisis previo confiable se realizó este trabajo de graduación, ya que se calcularon los costos de realizar un muro de gavión para solucionar la problemática de la erosión en las bordas del río bajo el puente Guacalate.

Para lo cual se procedió a diseñar el muro de gavión para así poder obtener el costo de dicha obra tomando en cuenta los pasos del proceso constructivo, los materiales, mano de obra, herramienta y maquinaria necesaria para un proyecto de esta índole y así poder determinar si el muro de gaviones es una solución factible y adecuada y económicamente sostenible para poder dar solución a los problemas de erosión en las bordas del río Guacalate.

OBJETIVOS

General

Analizar si el costo de la inversión de un muro de gaviones es factible y viable económicamente.

Específicos

1. Comparar los costos en la utilización de este muro gavión con otras alternativas para el control de la erosión
2. Verificar si la utilización de mano de obra y maquinaria del lugar reducen los costos de la obra.
3. Analizar cualquier posible riesgo o inconveniente en la realización del muro gavión.

INTRODUCCIÓN

Si no se protegen las bordas de los ríos es normal que se erosionen debido a la fuerza de sus corrientes y a la sedimentación que se provoca debido a las características del suelo. Para controlar este problema se cuentan con una cantidad de soluciones como: los muros de gavión, de gravedad, de concreto reforzados, el suelo enclavado y forestación el área a proteger.

Como una solución viable y confiable para el análisis del río Guacalate, se propone un muro de gaviones con una altura de 4 metros y una longitud de 8 metros para así controlar la erosión bajo el puente de dicho río, la cual es una zona de mayor riesgo.

En el presente trabajo se analiza el diseño y costo de este muro desde su etapa administrativa hasta sus diferentes etapas constructivas desglosando el diseño de los gaviones, características del río, estudios hidráulicos, construcción del muro, cuantificación y costos del mismo. Teniendo así una vista completa de los aspectos a tomar en cuenta, tanto técnicos como económicos.

En dicho trabajo se propone una solución técnica y económicamente viable para controlar los problemas de erosión en este río, protegiendo el puente del mismo nombre, y que dicho procedimiento podría aplicarse en otros ríos del país obviamente tomando en cuenta las condiciones especiales de cada lugar.

El trabajo consta de seis capítulos, en capítulo uno; se hace mención de las generalidades de los gaviones; en capítulo dos, las características del río Guacalate; en capítulo tres, estudios hidráulicos de secciones; en capítulo cuatro, el diseño del muro gavión; en capítulo cinco, análisis de cuantificación y de costos de materiales y mano de obra; y en capítulo seis, maquinaria herramienta y otros costos. Al final se hace mención de las conclusiones recomendaciones a que se llegó producto del trabajo realizado y la bibliografía consultada.

1. GENERALIDADES DE LOS GAVIONES

1.1. Gavión

Son elementos modulares con formas variadas, confeccionados a partir de redes generalmente metálicas que llenados con piedras de tamaño adecuado, forman estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión. El montaje y el llenado de estos elementos pueden ser realizados manualmente o con equipo mecánico común.

Estas soluciones son extremadamente ventajosas, desde el punto de vista estructural, técnico y económico, pues poseen un conjunto de características funcionales que no existen en otros tipos de estructuras.

Para que funcione la estructura monolíticamente se deben unir los gaviones entre sí, a través de costuras con el mismo tipo de red o malla utilizada para armar el gavión.

1.1.1. Antecedentes de los gaviones en Guatemala

En Guatemala fueron de las primeras estructuras utilizadas para estabilizar taludes muchas avenidas importantes, también se utilizaron mucho para proteger edificaciones en zonas con riesgo de deslizamientos sobre todo en la Ciudad Capital y el departamento de Chimaltenango.

Hoy los gaviones rellenos de piedra, representan una gran solución a diversos problemas como lo son la erosión, protección a taludes y muros de contención, su uso se ha ampliado y perfeccionado en el territorio nacional

1.1.2. Descripción de los gaviones

Los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos.

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

1.1.2.1. Características de los gaviones

Los gaviones, son estructuras muy utilizadas con las características físicas y mecánicas necesarias para controlar los problemas de deslizamiento y erosión de suelos ante diferentes condiciones.

Monolíticas: todos los elementos que forman las estructuras en gaviones son unidos entre sí a través de amarres ejecutado a lo largo de todas las aristas en contacto. El resultado es un bloque homogéneo que tiene las mismas características de resistencia en cualquier punto de la estructura.

Figura 1. **Estructuras monolíticas**



Fuente: [es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones](https://es.scribd.com/doc/49846528/C%C3%A1lculo-de-muro-de-gaviones).
Consulta: 24 de julio de 2013.

Resistentes: la malla proporciona una distribución más uniforme de los esfuerzos a los que está sometido y tiene resistencia nominal a la tensión.

Figura 2. **Estructura resistente**



Fuente: [es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones](https://es.scribd.com/doc/49846528/C%C3%A1lculo-de-muro-de-gaviones).
Consulta: 24 de julio de 2013.

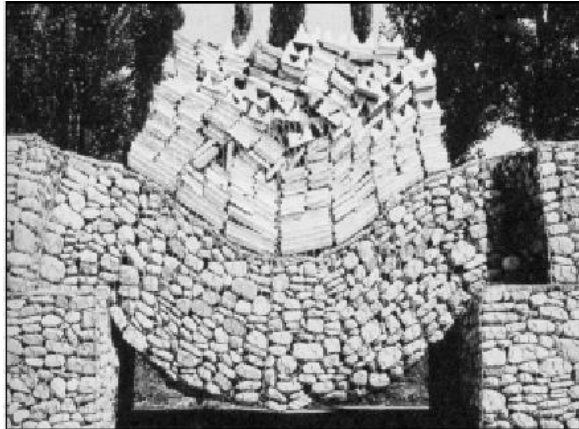
Durables: para garantizar mayor durabilidad, los alambres reciben revestimientos especiales para evitar su corrosión. Estos revestimientos, aplicados a los alambres que forman las mallas de los gaviones, garantizan que el deterioro de la estructura será extremadamente lento y con efectos menos graves de lo que registra cualquier otro tipo de solución, aun cuando sean usadas en ambientes agresivos, en estas condiciones la vida útil del revestimiento supera los 50 años.

Se debe considerar que, con el tiempo, los vacíos que se encuentran entre las piedras son ocupados por la vegetación o la deposición del suelo transportado por el agua y el viento lo que consolida aún más la estructura y aumenta su peso mejorando su estabilidad.

Flexibles: estas estructuras permiten las deformaciones y movimientos del terreno sin perder su estabilidad y eficiencia. Debido a su flexibilidad es el único tipo de estructura que no requiere cimentaciones profundas aun cuando sean construidos sobre suelos con baja capacidad de soporte.

Esa característica también permite que la estructura se deforme antes del colapso permitiendo la detección anticipada del problema y dando oportunidades de realizar intervenciones de recuperación, minimizando gastos y evitando accidentes.

Figura 3. **Estructuras durables**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/c%C3%A1lculo-de-muro-de-gaviones.

Consulta: 24 de julio de 2013.

Permeables: los gaviones son sistemas permeables y autodrenantes, aliviando por completo el empuje hidrostático sobre la estructura. Es necesario comentar que los problemas con drenajes son la causa más común de inestabilidad de estructuras de contención.

Figura 4. **Estructuras permeables**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones.

Consulta: 24 de julio de 2013.

De bajo impacto ambiental: actualmente las obras de ingeniería de infraestructura deben causar el menor impacto posible al medio ambiente necesitando la aprobación. Durante su construcción y a lo largo de la vida útil de la obra la estructura se adapta muy bien al medio, debido a su composición no interpone una barrera impermeable para las aguas de infiltración y percolación, las líneas de flujo hidráulica no son alteradas y el impacto para la flora y fauna local es el mínimo posible.

Otra situación es que el entorno paisajístico y arquitectónico es agradable por los materiales utilizados para la realización del muro de gavión que se mezcla con el medio circundante integrándose visualmente al lugar.

Figura 5. **Estructuras amigables con el ambiente**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones.
Consulta: 24 de julio de 2013.

Prácticas y versátiles: presentan extremada facilidad constructiva ya que los materiales utilizados son económicos y fácil de conseguir: malla, piedra y tablas (para encofrado). Y mano de obra necesaria para el montaje y llenado de los elementos, está formada básicamente por peones (ayudantes), dirigidos por un maestro de obras. Pueden ser construidas sobre cualquier condición ambiental, con o sin equipamiento mecánico aun en lugares de difícil acceso.

Figura 6. **Estructuras prácticas y versátiles**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gavion.

Consulta: 25 de julio de 2013.

Económicas: cuando son comparadas a otros tipos de soluciones, con las mismas resistencias estructurales, presentan costos directos e indirectos más económicos. Pudiéndose construir en etapas.

1.1.3. Tipos de gaviones

Según su geometría existen tres tipos de gaviones, tipo colchón, tipo saco y tipo caja. Cada tipo de gavión tiene diferentes usos y características las cuales depende de las condiciones topográficas, geométricas y físicas de cada proyecto a ejecutar.

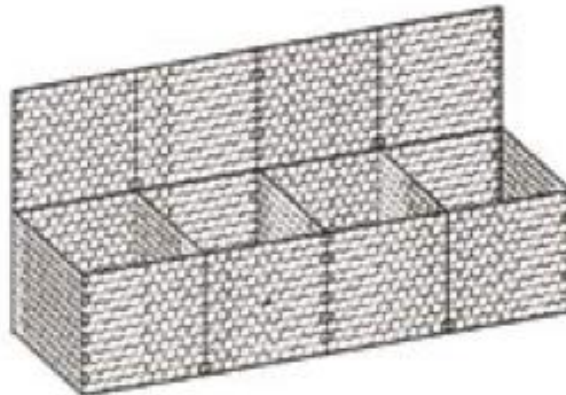
Figura 7. Tipos de gaviones



Colchón



Saco



Caja

Fuente: www.prodac.com.pe/descargas/catalogo_gavion.pdf. Consulta: 28 de mayo de 2013.

Tipo caja: los gaviones tipo caja son paralelepípedos regulares de diferentes dimensiones constituidos por una red de malla metálica tejida que forma la base la tapa y las paredes frontales y traseras de la canasta del gavión las cuales son rellenas con material pétreo (piedra bola), con diámetro nunca inferior a la dimensión de la malla hexagonal.

Las dimensiones de los gaviones tipo caja son estandarizadas:

- El largo, siempre múltiplo de 1metro, varía de 1metro a 4 metros, con excepción del gavión de 1,5 metros.
- El ancho es siempre 1metro.
- Y el alto puede ser de 0,5metros o 1metro.

Figura 8. **Gaviones tipo caja**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Calculo-de-muro-de-gaviones.

Consulta: 28 de julio de 2013.

Tabla I. **Dimensiones de gaviones tipo caja**

Dimensiones gaviones tipo caja		
Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)
2	1	1
3	1,5	1
4	2	0,5

Fuente: elaboración propia.

Tipo colchón: los gaviones tipo colchón son paralelepípedos regulares de gran área y pequeño espesor de diferentes dimensiones. Formado por dos elementos separados la base y la tapa construida por una red de malla metálica tejida y rellenos con material pétreo de tamaño y peso apropiado.

Figura 9. **Gaviones tipo colchón**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones.
Consulta: 28 de julio de 2013.

Tabla II. **Dimensiones gaviones tipo colchón**

Dimensiones gaviones tipo colchón		
Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)
3	2	1
4	2	0,5
5	2	0,5
6	2	0,5

Fuente: elaboración propia.

Tipo saco: utilizado principalmente en obras de emergencia o en lugares donde no es posible realizar una instalación en condiciones óptimas. A diferencia de los gaviones tipo caja o tipo colchón, los gaviones saco se arman fuera de la obra y con maquinaria pesada se colocan en su posición final.

Figura 10. **Gaviones tipo saco**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones. Consulta: 28 de julio 2013.

1.1.4. Características técnicas

Las características técnicas determinarán el uso, capacidad y durabilidad de los gaviones. Para que estos trabajen de manera adecuada, se deberá cumplir al menos con estos criterios.

- La malla estará constituida por una red tejida de forma hexagonal obtenida por el resultante de entrecruzar dos hilos de alambre por tres medios giros. El tipo de malla conforme a la norma (ASTM A 975 97).
- La tolerancia en las dimensiones de la abertura de la malla será de $\pm 5\%$. Los diámetros de los alambres usados en la fabricación de los gaviones.
- Los alambres que se usan para la fabricación, armado e instalación de los gaviones deben ser de acero de calidad SAE 1008, de acuerdo a las siguientes especificaciones:
 - La resistencia a la tracción debe cumplir con la norma ASTM A 641.
 - El recubrimiento utilizado es del tipo galvanización pesada o triple galvanizado, el cual proporciona protección contra la abrasión y corrosión, cumpliendo las especificaciones de la norma ASTM A 641 Clase 3.

2. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO GUACALATE I

2.1. Morfología geológica del río

Las características morfológicas de la cuenca, ayuda a conocer las características de los cauces, así como su respuesta drenante ante eminentes crecidas.

Fuente de los datos: estudio morfométrico de la subcuenca río Guacalate, de Instituto Geográfico Nacional (IGN) realizado en noviembre de 2006.

- Área de la subcuenca:

$$A_k=384,39\text{km}^2$$

- Orden de la subcuenca:

$$K=7$$

- Perímetro de la subcuenca:

$$P_k= 85,02 \text{ km}$$

- Factor de forma:

$$1/R_f = 4,75$$

- Densidad de drenaje:

$$D_k = 22,12 \text{ km/km}^2$$

- Frecuencia de corrientes:

$$F_k = 8 \text{ corr/km}^2$$

- Pendiente media del terreno:

$$S_{tg} = 288,09 \text{ m/m}$$

- Radio de elongación:

$$R_d = 0,52$$

- Coeficiente de Robustez:

$$C_i = 11,07$$

2.1.1.1. Características de la cuenca

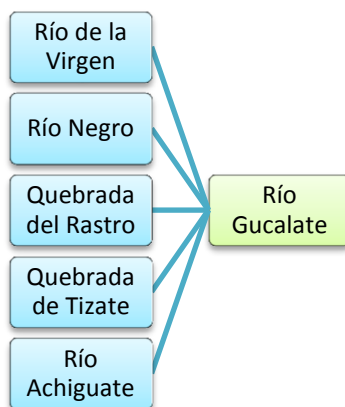
La subcuenca del río Guacalate, está ubicada dentro de los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla, este nace en la desembocadura del río pensativo.

La subcuenca Guacalate tiene una forma redondeada y una densidad de drenaje bastante buena.

El río tiene una longitud aproximada de 20 kilómetros y su caudal es bajo con pocas probabilidades de crecidas pero en tiempo de invierno o cuando hay época de lluvia su desbordamiento es eminente causando estragos en la agricultura principalmente en el departamento de Escuintla y Sacatepéquez.

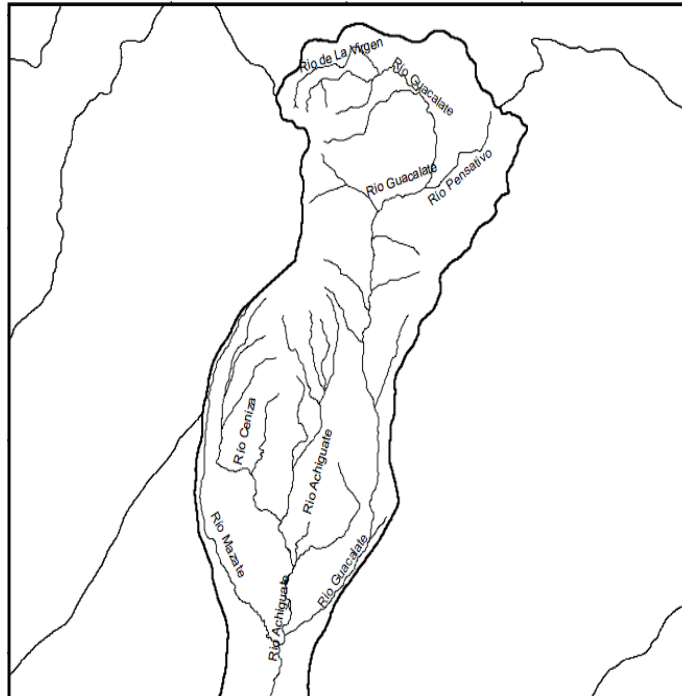
Las corrientes que forman el río Guacalate:

Figura 11. Afluentes que desembocan en el río Guacalate



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Subcuenca río Guacalate**



Fuente: ANLEU FORTUNY, Rafale Ignacio. Zonificación de la cuenca del río Achiguate-Guacalate Una propuesta de integración de criterios para la reducción del riesgo a desastre. p.40.

2.1.1.2. Tierras a recuperar en el río

A las tierras a recuperar se les denomina zona de acción del componente, por lo que es importante tener definido el área y la extensión de tierras que se desea recuperar o proteger.

Para la recuperación de tierras en las laderas de los ríos es importante tener un amplio conocimiento de la cuenca en donde se determina sus afluentes principales, caudales en época de lluvia y verano.

Es imposible tener un estudio topográfico de todo un río, el cual va cambiando año con año debido a crecidas y erosiones por eso se realizan dichos estudios en determinadas secciones de los ríos y en determinadas épocas del año.

Geología del suelo: la subcuenca en su mayoría está formada por rocas y sedimentos de origen volcánico. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la geología de la cuenca a nivel de reconocimiento:

Tabla III. **Geología del suelo en porcentaje subcuenca Guacalate I**

Material	% Del Área
Pómez y cenizas de origen diversos	32,81%
Rocas volcánicas sin dividir (Mio-plioceno, andesita, material lahárico)	5,46%
Rocas volcánicas del cuaternario	32,08%
Aluviones del cuaternario	29,65%

Fuente: elaboración propia.

Coordenadas y ubicación específica del análisis:

Latitud: 14° 20' 39"

Longitud: -90° 48' 09"

Elevación: 491 metros

Figura 13. **Posición geográfica del muro**



Fuente: googlemaps. Consultada: 12 julio de 2013.

2.1.1.3. Estudio de crecidas máximas del río

Se considera como caudal de máxima crecida ordinaria a la media de los máximos caudales en su régimen natural, producidos durante 10 años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente.

Para el análisis se determinara el caudal de crecida máximo o caudal pico del río Guacalate I, para un período de retorno de 25 años mediante el método del atlas del INSIVUMEH.

- Método del Atlas del INSIVUMEH:

El período de retorno será de 25 años ya que ese será el período de diseño de nuestro muro de gaviones.

Usar las ecuaciones:

$$Q_{MM} = B * A^n \quad \text{Y} \quad Q_{TR} = K_{TR} * Q_{MM}$$

Dónde:

A= área de la cuenca en km²

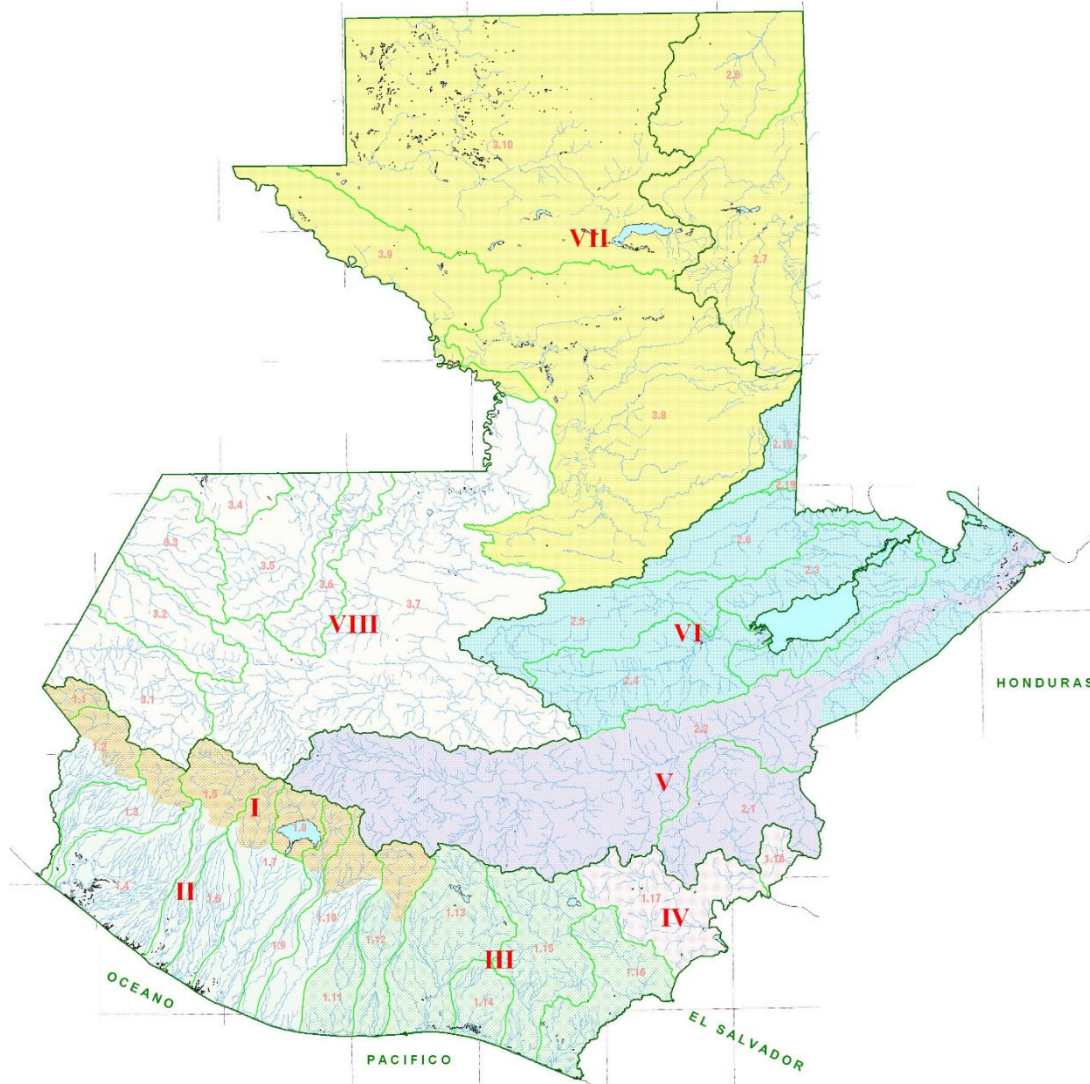
B,n= parámetros tomados de la tabla IV, según la región

K_{tr}= coeficientes que se pueden tomar de la tabla V, conforme al período de retorno de diseño y región analizada donde Tr es el período de retorno

Q_{MM} = caudal modular de la región

Q_{tr}= caudal máximo de crecida por período de retorno

Figura 14. Atlas de las regiones hidrológicas



Fuente: Departamento de Recursos Hídricos, INSIVUMEH.

Tabla IV. **Coeficiente para crecida $QMM=BA^n$**

REGIÓN	B	n
REGIÓN I: ALTIPLANO OCCIDENTAL	0,08	1,03
REGIÓN II: PACIFICO SUR-OCCIDENTAL	84,00	0,24
REGIÓN III: PACIFICO SUR-ORIENTAL	0,26	1,04
REGIÓN IV: ALTIPLANO ORIENTAL	0,15	1,21
REGIÓN V: MOTAGUA	3,62	0,64
REGIÓN VI: POLOCHIC-CAHABON	0,75	0,91
REGIÓN VII.; PLANICIE DEL PETEN	0,22	0,90
REGIÓN VIII; NOR-OCCIDENTAL	2,99	0,65

$QMM(m^3/s)$ y $A=$ área de cuenca tributaria (km^2)

Fuente: Departamento de Recursos Hídricos, INSIVUMEH.

Tabla V. **Caudales modulares, K, según curva de frecuencia Log-Normal**

Tr	REGIÓN I	REGIÓN II	REGIÓN III	REGIÓN IV	REGIÓN V	REGIÓN VI	REGIÓN VII	REGIÓN VIII
100	3,59	3,62	5,62	5,66	3,01	3,61	3,35	3,56
50	3,04	3,05	4,06	4,43	2,61	2,87	2,71	2,95
30	2,66	2,66	3,15	3,63	2,33	2,40	2,30	2,54
25	2,53	2,53	2,87	3,37	2,23	2,25	2,17	2,40
20	2,37	2,37	2,55	3,06	2,11	2,07	2,01	2,24
10	1,89	1,88	1,75	2,20	1,74	1,59	1,58	1,76
5	1,49	1,42	1,16	1,46	1,38	1,20	1,21	1,33
2	0,82	0,82	0,66	0,65	0,87	0,80	0,82	0,81

Fuente: Departamento de Recursos Hídricos, INSIVUMEH.

Cálculo de caudal máximo:

Área de la subcuenca Guacalate 1 = 384,39 km²

$$Q_{MM} = B * A^n$$
$$Q_{MM} = 0,26 * 384,39^{1,04}$$
$$Q_{MM} = 126,80 \text{ m}^3 / \text{s}$$
$$Q_{TR} = K_{TR} * Q_{MM}$$
$$Q_{TR} = 2,87 * 126,80$$
$$Q_{TR} = 363,92 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Este es un método aproximado y se puede comparar con otros métodos existentes para calcular caudales máximos.

3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS DE SECCIONES

3.1. Antecedentes

Previo a la ejecución del estudio hidráulico se hace una visita al campo para identificar el cruce del eje, de proyecto con la corriente natural; de esta visita se observan las características físicas e hidráulicas y puedan representar algún problema.

Se toma nota de cualquier circunstancia que altere las condiciones naturales desde el punto de vista hidráulico. Se elabora un croquis y se propone una velocidad de flujo estimada en campo, además de registrar los niveles máximos de agua alcanzados en la zona donde se realizará el estudio.

Los datos servirán de comparación con los resultados obtenidos con el estudio hidrológico, el cual se preparará en gabinete.

Figura 15. **Inspección previa**



Fuente: bajo el puente Guacalate.

3.2. Radio hidráulico

La obtención del radio hidráulico se determina mediante la división del área hidráulica y el perímetro mojado ya sea de un tramo en particular o de toda la sección hidráulica

$$R = \frac{A}{P_m}$$

Dónde:

R = radio hidráulico

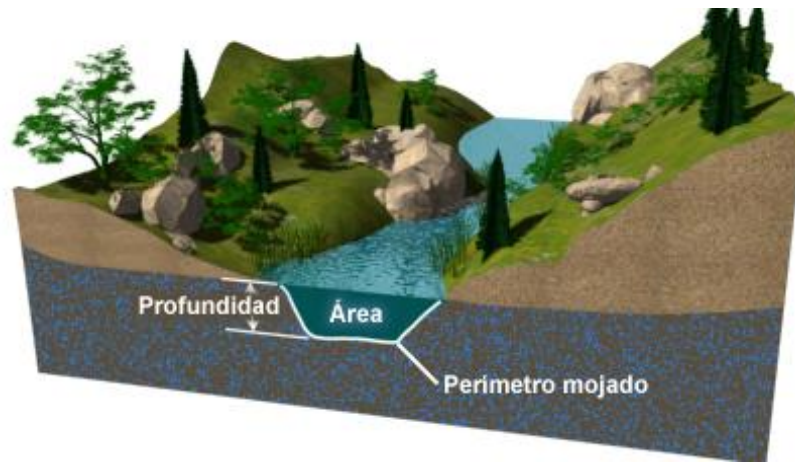
A = área de la sección

P_m = perímetro mojado

$$R = \frac{52,29}{39,56} = 1,32\text{m}$$

Ver sección del río (figura 16).

Figura 16. **Área y perímetro mojado**

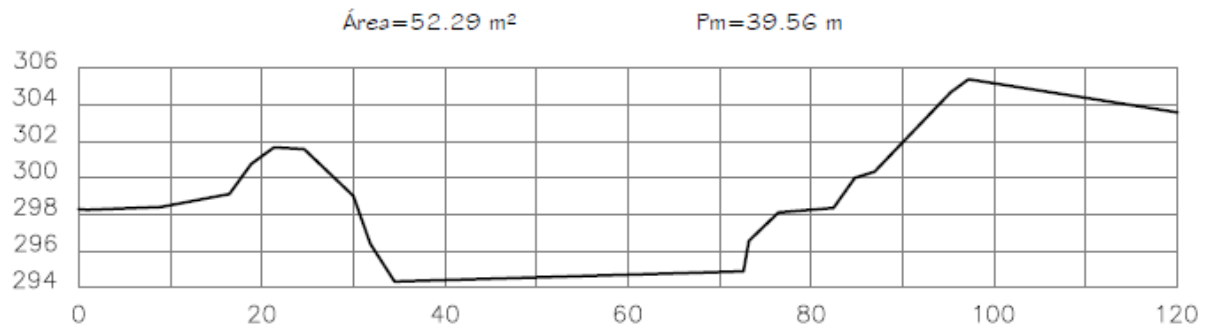


Fuente: ANLEU FORTUNY, Rafale Ignacio. Zonificación de la cuenca del río Achiguate: Una propuesta de integración de criterios para la reducción del riesgo a desastre.

3.3. **Perímetro mojado**

Se llama perímetro mojado a la longitud del fondo del cauce que es bañada por la corriente del río, como es sabido en condiciones naturales la sección hidráulica en su fondo, es irregular por lo que se acostumbra a tomar de forma manual la longitud de cada tramo y se sumaran los tramos de la sección que se encuentren con agua, esta longitud será un poco mayor que si se tomara la longitud total de la sección.

Figura 17. **Sección hidráulica río Guacalate 1**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

3.4. **Velocidades hidráulicas**

Para el cálculo de la velocidad de diseño se utilizará la ecuación de Manning, utilizando en ella la pendiente hidráulica obtenida por los niveles de agua máximos extraordinarios.

La relación sección-pendiente permite obtener el gasto de una corriente a partir de la fórmula de Manning. Para esto se requiere conocer las características topográficas del tramo de río, donde se quiere valorar el gasto y el nivel de agua para las secciones transversales del inicio y terminación del tramo.

La sección hidráulica debe ser lo más uniforme posible, para no tener secciones de control o subsecciones dentro de él.

Fórmula de Manning:

$$V = (1/n)(R^{2/3})(Sh^{1/2})$$

Dónde:

n = al coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional

R = radio hidráulico, en m

Sh= la pendiente del gradiente de energía

V = velocidad del tramo en m/s

Datos:

n = 0,035 (ver tabla de Manning)

R = 1,32m

Sh= 1,00 m

Tabla VI. **Tabla de rugosidades de Manning**

Condiciones del caudal de agua	n	1/n
Canales de tierra sin revestir		
Tierra limpia uniforme; canales recién ultimados	0,017	58,83
Légamo o arcilla solidos sin crecimiento de vegetación	0,025	40,00
Hierba corta, poca maleza	0,024	41,67
Suelo accidentado con piedras	0,035	28,57
Mantenimiento escaso, maleza en toda la altura del caudal	0,040	25,00
Fondo limpio arbustos en taludes	0,070	14,29

Fuente: elaboración propia.

$$V = (1/0,035)(1,32^{2/3})(0,04^{1/2})$$

$$V = 6,87 \text{ m/s}$$

Calculando velocidad máxima con caudal máximo de diseño:

$$V_{max} = Q_{TR}/A$$

Datos: (De caudal máximo sección 2.1.1.3)

$$Q_{max} = 363,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A=52,29 \text{ m}^2$$

$$V_{max} = \frac{363,93}{52,29}$$

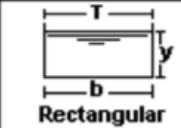

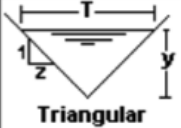


$$V_{max} = 6,96 \text{ m/s}$$

3.5. Tipos de secciones hidráulicas

El estudio de las propiedades hidráulicas de la sección transversal posee singular importancia puesto que dicha sección define muchas de las características hidráulicas del flujo.

Las secciones más comunes son: rectangular, trapezoidal, triangular y semicircular. En acequias que conducen poco caudal se suele emplear la rectangular y en las mayor caudal la trapezoidal. La sección triangular y semicircular se suele usar en las acequias prefabricadas.

Figura 18. Tipos de secciones hidráulicas

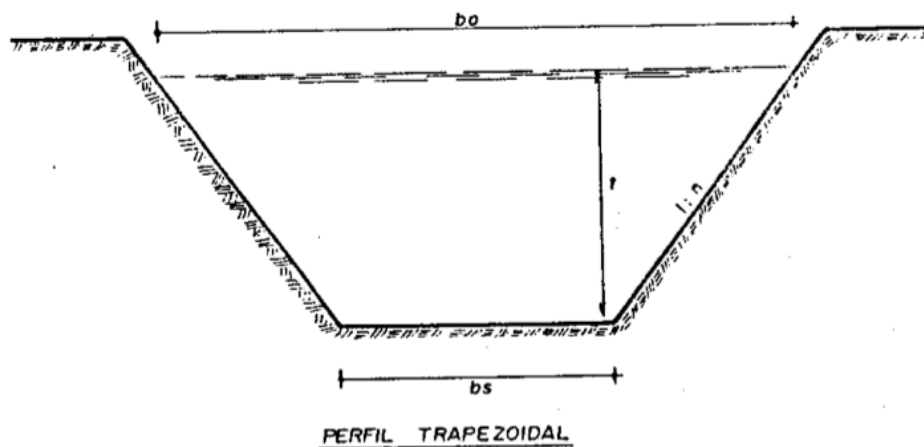
Sección	Área hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Espejo de Agua
 <p>Rectangular</p>	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 <p>Trapezoidal</p>	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 <p>Triangular</p>	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 <p>Circular</p>	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 <p>Parabólica</p>	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: www.julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/2.0_propiedades_seccion_transversal.pdf. Consulta 2/agosto/2013.

3.6. Detalles de la sección óptima

Para una sección de un río es muy común el uso de secciones trapezoidales en especial si estos son caudalosos. Para el análisis de este río también se determinó que la sección óptima a utilizar es una sección trapezoidal sencilla.

Figura 19. Sección óptima



Fuente: http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/laderas_andinas/paginas/caales.htm Consulta: 2/agosto/2013.

Dónde:

b_o = ancho de la superficie

b_s = ancho de fondo

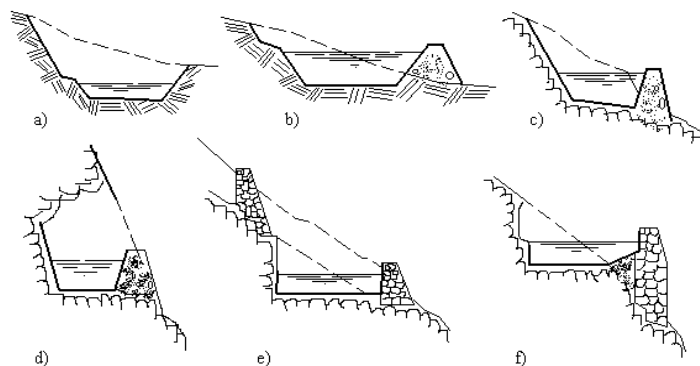
t = tirante

3.6.1. Pendiente de taludes

El trazado de un canal en terrenos de fuerte pendiente requiere de cuidados especiales, para evitar excesivos volúmenes de excavación y obras complementarias.

En zonas con pendientes no pronunciadas y estables, el canal puede desarrollarse por medio de secciones de corte total o secciones combinadas corte-relleno (figura 20 a y b). En los sectores empinados y estables resultará conveniente incorporar un muro en el sector exterior (figura 20 c y f). En sectores descubiertos o desnudos convendrá el corte parcial y construir un muro de retención en el sector exterior. Si el terreno cuenta con un estrato aluvial o de suelo menos estable, se incorporará un muro de protección en el sector interior sobre el talud del canal para asegurar la estabilidad del estrato y evitar el ingreso de grandes cantidades de sedimento (figura 20 e).

Figura 20. Pendiente de taludes



Fuente:http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/laderas_andinas/paginas/canales.htm Consulta 4/agosto/2013.

3.6.2. Alturas de socavación

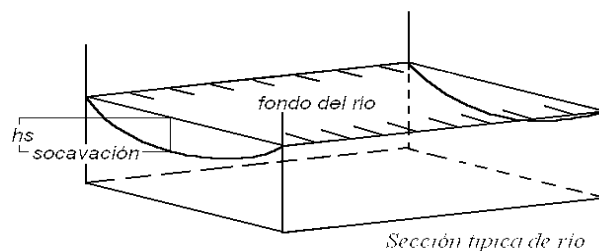
Para establecer las alturas de socavación es preciso tener en cuenta los siguientes conceptos:

Es necesario evaluar la erosión máxima esperada en una sección, al pasar un gasto de diseño o de interés singular, al cual se le atribuye una cierta recurrencia o periodo de retorno.

En la aplicación que puede referirse a las consecuencias derivadas de acciones artificiales tales como estrechamiento de causes, lineamientos correctivos, presencia de singularidades. La erosión se detendrá a una profundidad alcanzada que cumpla con la condición de equilibrio.

Para sedimentos cohesivos la capacidad alcanzada a través del tiempo de asentamiento aumenta la resistencia al esfuerzo de corte. En caso de suelos cohesivos la profundidad de socavación aumenta.

Figura 21. **Socavación**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos20/controlinundaciones/controlinundaciones.shtml>.
Consulta: 2 de agosto de 2013.

4. DISEÑO DEL MURO GAVIÓN

4.1. Criterio de cálculo

Los muros de gaviones son estructuras de gravedad y como tal pueden ser dimensionados.

De esta manera las teorías clásicas de Rankine desarrollada en 1837 prediciendo las presiones activas y pasivas del terreno, haciendo referencia a las variaciones de tensiones que se producen en una masa de suelos, cuando se provoca un relajamiento o un aumento de la tensión horizontal. Coulomb se realiza para definir resistencia al corte de suelos y rocas en diferentes casos de tensión efectiva, llamado criterio de falla de Mohr-Coulomb, y así también el método del equilibrio límite, puede ser utilizado en la determinación de los empujes actuantes.

Las características del suelo contenido deben ser analizadas cuidadosamente, ya que de ellas dependen los resultados del análisis, se debe tratar que el suelo sea lo menos cohesivo posible.

Para el ángulo de fricción δ entre el suelo y la estructura, se puede adoptar el mismo valor del ángulo interno ϕ del suelo, pues la superficie de los gaviones es bastante rugosa. En caso de haber un filtro de geotextil entre el suelo contenido y el muro de gaviones el valor de δ debe ser disminuido, adoptándose normalmente $\delta=0,9\phi$ a $0,95\phi$.

En caso que las condiciones específicas del problema analizado sean más complejas, no permitiendo la utilización directa de la teoría de coulomb, se recurre generalmente al método de equilibrio límite. En este caso, el trabajo requerido para determinar el empuje actuante es considerablemente mayor. Los programas de computadora ayudan al proyectista con esta tarea.

Como norma general, la base del muro se determinará utilizando la siguiente fórmula:

$$B = \frac{1}{12} (1 + H)$$

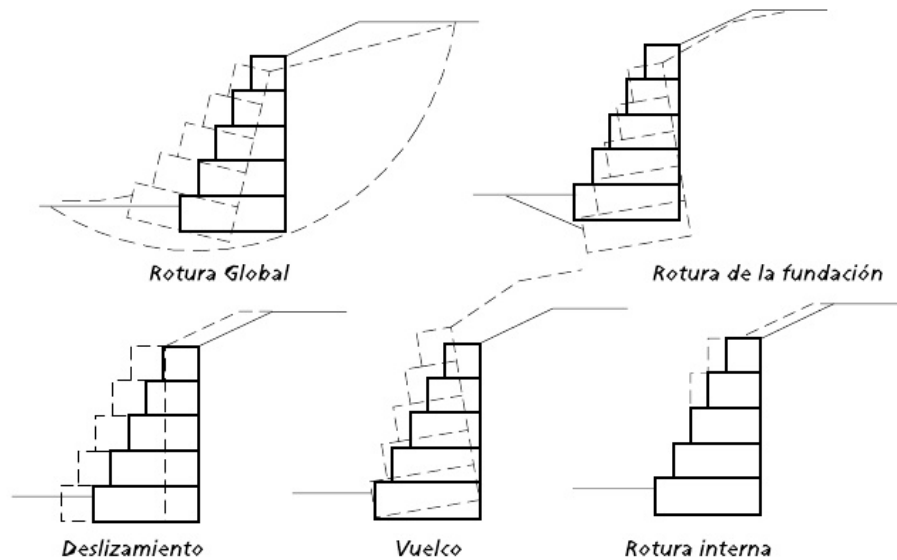
Dónde:

H = altura total del muro

4.2. Criterios de verificación de estabilidad

Es necesario la verificación de seguridad de la estructura de contención a los diferentes tipos de rotura. En caso de muros de contención de gaviones, los tipos principales de rotura que pueden ocurrir están mostrados en la figura 22.

Figura 22. Tipos de falla



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Calculo-de-muro-de-gaviones. Consulta 7/agosto/2013.

- Deslizamiento sobre la base: ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro, sumada al empuje pasivo disponible al frente de la estructura, es insuficiente para neutralizar el efecto del empuje activo actuante.
- Vuelco: ocurre cuando el momento estabilizante del peso propio del muro en relación al punto de vuelco es insuficiente para neutralizar el momento del empuje activo.
- Rotura de la capacidad soporte del suelo: ocurre cuando las presiones aplicadas por la estructura sobre el suelo de fundación son superiores a su capacidad de carga.

- Rotura global del macizo: deslizamiento a lo largo de una superficie de rotura que envuelve la estructura de contención.
- Rotura interna de la estructura: rotura de las secciones intermedias entre gaviones, que puede ocurrir tanto por deslizamiento como por exceso de presión normal.

4.2.1. Verificación de deslizamiento

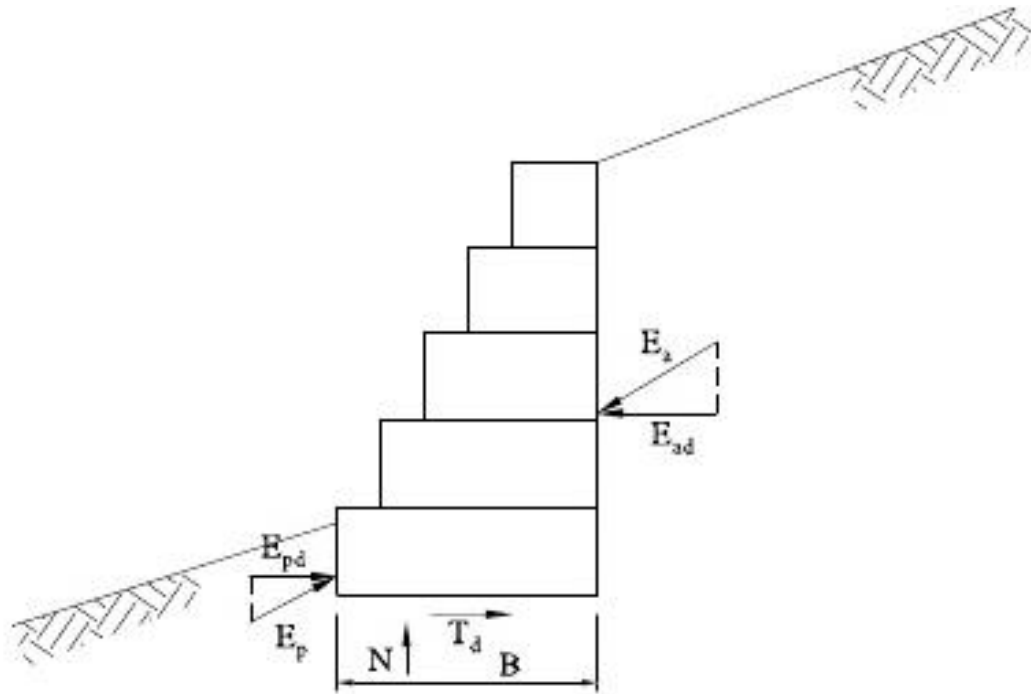
El deslizamiento de la estructura ocurre cuando la resistencia contra el deslizamiento a lo largo de la base del muro de contención, sumado al empuje pasivo disponible en el frente, no es suficiente para contraponer el empuje activo. Se puede definir un coeficiente de seguridad contra el deslizamiento:

$$F_d = \frac{T_d + E_{pd}}{E_{ad}}$$

Donde E_{ad} y E_{pd} son las componentes de los empujes activo y pasivo en dirección al desplazamiento, y la fuerza T_d es la resistencia disponible a lo largo de la base de la estructura (figura 23).

Se sugiere también que el valor de $F_d \geq 1,5$ sea para suelos no cohesivos y $F_d \geq 2,0$ para suelos cohesivos.

Figura 23. **Falla por deslizamiento**



Fuente: [es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones](https://es.scribd.com/doc/49846528/C%C3%A1lculo-de-muro-de-gaviones).

Consulta 2 de agosto de 2013.

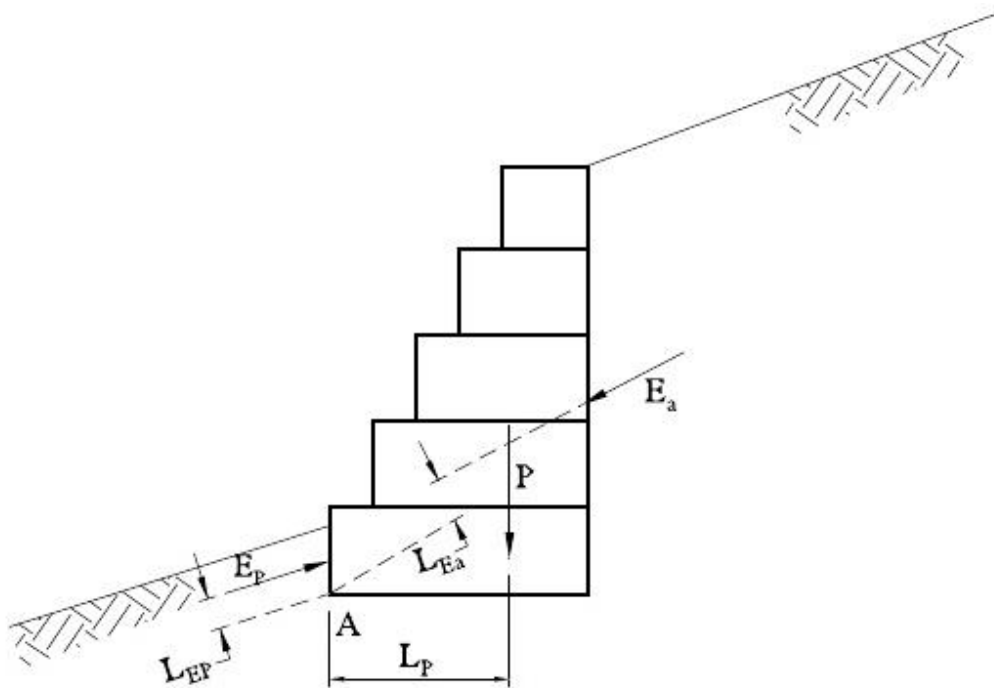
4.2.2. **Verificación de volteo**

El vuelco de la estructura de contención puede ocurrir cuando el valor del momento del empuje activo en relación a un punto A situado en el pie del muro (figura 24) supera el valor del momento del peso propio de la estructura sumado al momento del empuje pasivo. El punto A es denominado punto de giro.

El coeficiente de seguridad contra el vuelco está dado por:

$$F_t = \frac{M_p + ME_p}{ME_a}$$

Figura 24. **Chequeo de volteo**



Fuente: [es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones](https://es.scribd.com/doc/49846528/C%C3%A1lculo-de-muro-de-gaviones).

Consulta: 2 de agosto/2013.

Otra forma de definirse el coeficiente de seguridad contra el vuelco, es considerar que sólo la componente horizontal del empuje activo de E_a contribuye con el momento de vuelco, mientras que su componente vertical E_{av} contribuye con el momento resistente (figura 24). Así el coeficiente de seguridad F_t sería:

$$F_t = \frac{M_p + M_{Ep} + M_{Eav}}{M_{Ea}}$$

Esta última forma de F_t es más utilizada por que evita que el coeficiente de seguridad contra el vuelco resulte negativo cuando la recta soporte del vector que representa la fuerza E_a pasa por debajo del punto de giro.

Como valor mínimo para el coeficiente de seguridad contra el vuelco se sugiere que $F_t \geq 1,5$.

Datos para diseño del muro:

$$H = 4,00 \text{ m}$$

$$L = 8,00 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 18,3 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_{\text{suelo}} = 30^\circ$$

$$C.s = 14 \text{ Ton/m}^2$$

$$R.al = 35 \text{ KN/m}$$

$$\gamma_{\text{piedra}} = 18,3 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_{\text{piedra}} = 40^\circ$$

Donde:

H: altura de la borda

L: longitud del muro

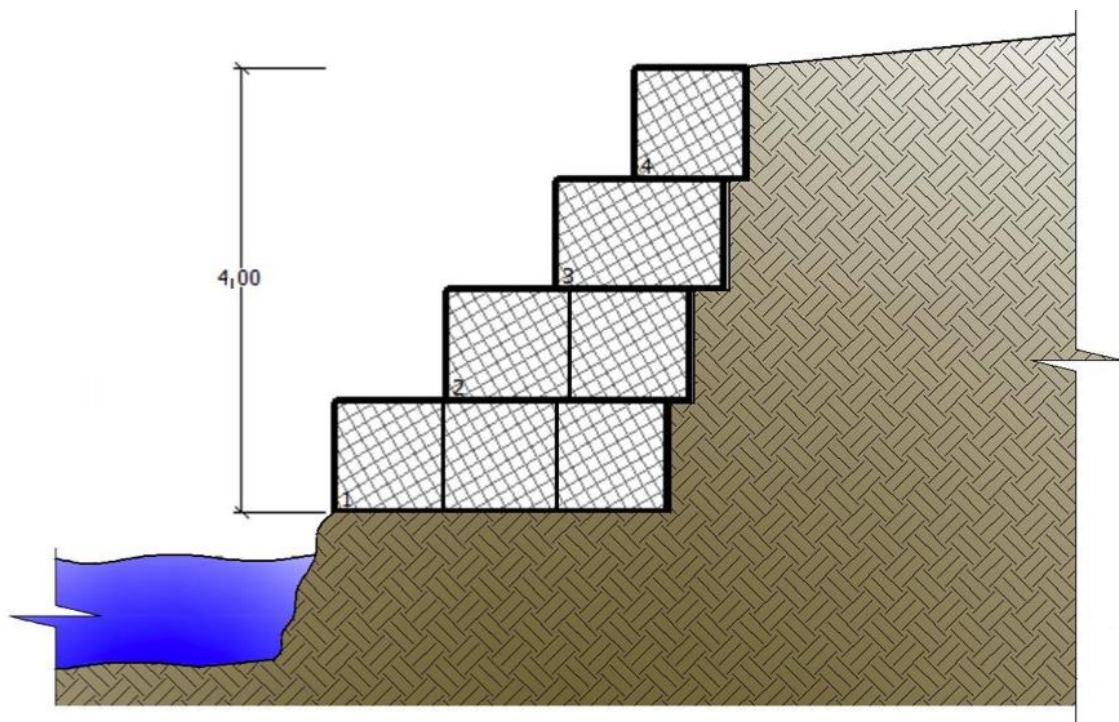
γ : peso específico

ϕ : ángulo de fricción interna

C.s: capacidad soporte del suelo

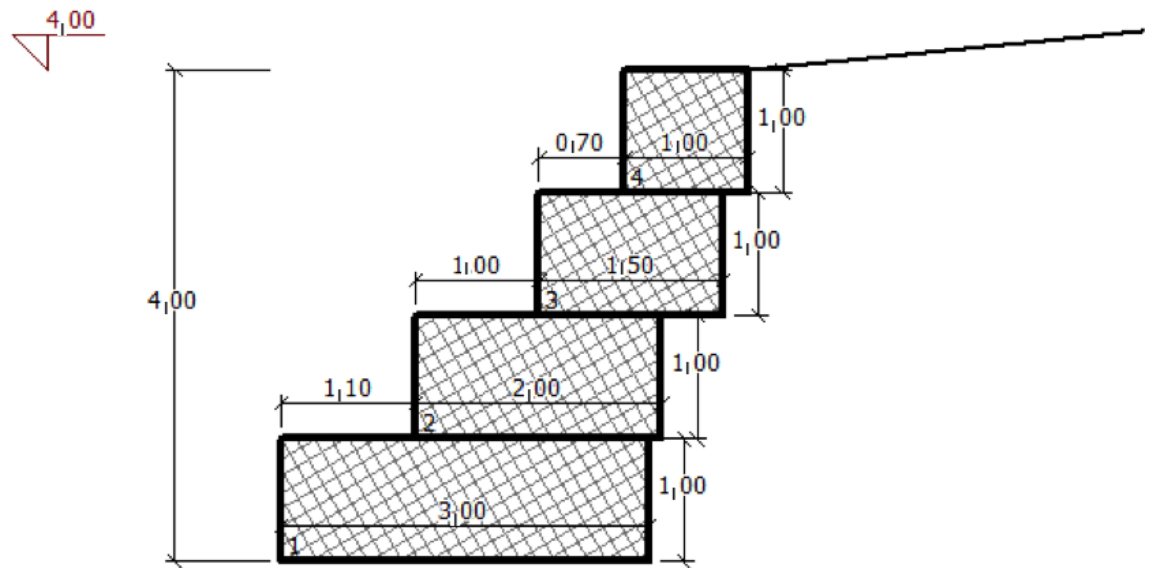
R.al: resistencia alambre

Figura 25. **Esquema de la sección del muro**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 26. Geometría del muro gavión



Fuente: elaboración propia, con programa GEO5.

Datos del análisis:

Verificación de la estabilidad de volteo:

Momento estabilizador: $M_{res} = 226,73 \text{ KN}\cdot\text{m/m}$

Momento de vuelco: $M_{act} = 22,88 \text{ KN}\cdot\text{m/m}$

Factor de seguridad = $9,91 > 1,50$

Conjunto para estabilidad de vuelco es aceptable.

Verificación del deslizamiento:

Fuerza horizontal resistente: $F_{res} = 117,57 \text{ KN/m}$

Fuerza horizontal: $F_{act} = 22,88 \text{ KN/m}$

Factor de seguridad = $5,14 > 1,50$

Junta para deslizamiento es aceptable.

Verificación de la capacidad portante de la base de la zapata:

Máximo esfuerzo en la base de la zapata $\sigma = 77,13 \text{ KPa}$

Factor de seguridad = $1,78 > 1,50$

Capacidad portante del terreno de cimentación es aceptable.

Capacidad portante contra presión transversal:

Capacidad portante de la junta = $35,00 \text{ KN/m}$

Cálculo de estado de esfuerzo = $1,94 \text{ KN/m}$

Factor de seguridad = $18,05 > 1,50$

Comprobar la presión transversal es aceptable.

Comprobar la diaclasa entre bloques:

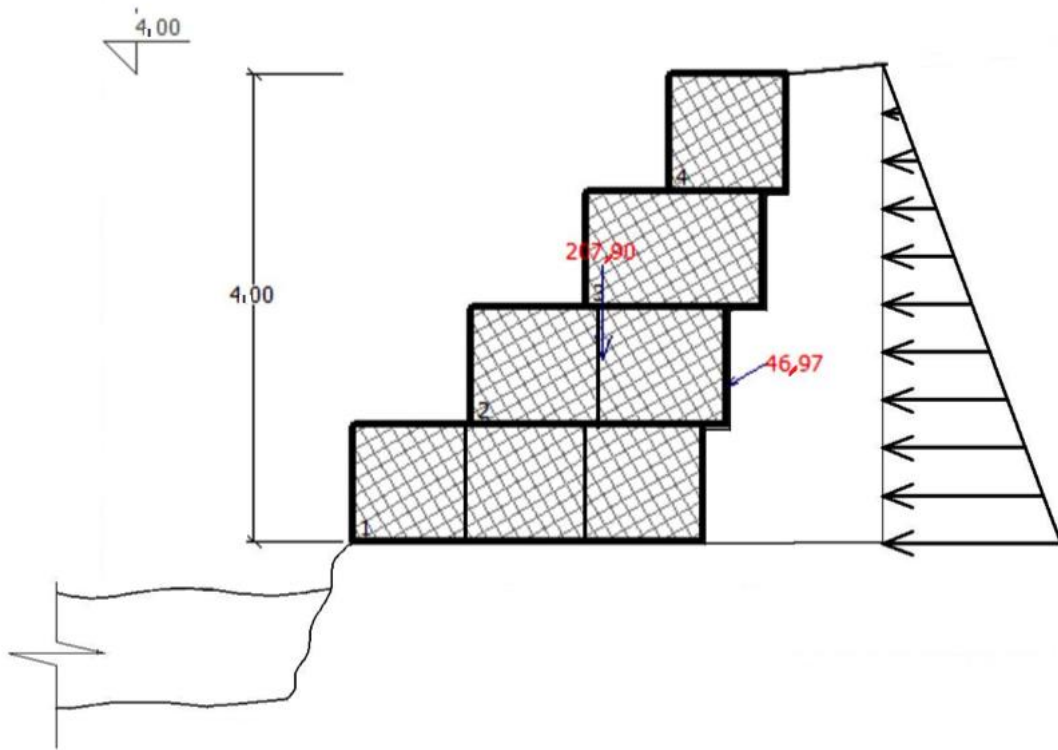
Malla de la capacidad portante del material = $35,00 \text{ KN/m}$

Cálculo de estado de esfuerzo = $1,94 \text{ KN/m}$

Factor de seguridad = $18,05 > 1,50$

Junta entre bloques es aceptable.

Figura 27. Esquema de fuerzas actuantes en el gavión



Fuente: elaboración propia, con programa GEO5.

5. ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN Y DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

5.1. Materiales

Los materiales que se utilizarán para armar los gaviones, deben ser analizados y cuantificados, ya que así podrán ser cotizados de forma eficiente y objetiva.

5.1.1. Malla para canastas

Se utilizará malla de 6x 8 y diámetro de 2,50 milímetros que cumple con las normas descritas anteriormente en el capítulo 1.1.3.

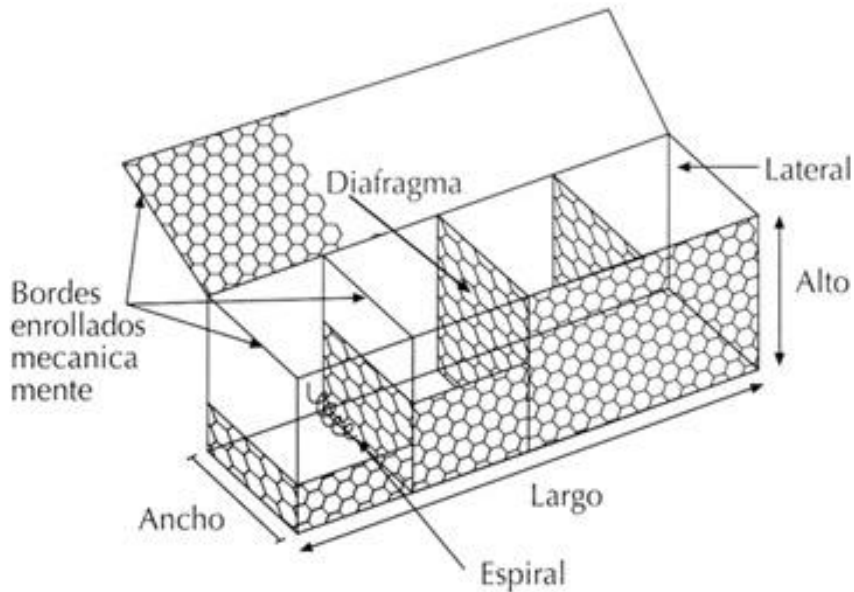
Se utilizaran los gaviones tipo caja con estas dimensionales:

Tabla VII. Dimensiones gaviones a utilizar en el muro

	Tipo 1	Tipo 2
Alto	1,00 m	1,00 m
Ancho	1,00 m	1,50 m
Largo	2,00 m	2,00 m
Numero de diafragmas	1	1

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Esquema de dimensiones de caja de gavión**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gaviones. Consulta: 9/agosto/2013.

Tabla VIII. **Integración de costo de malla para gavión**

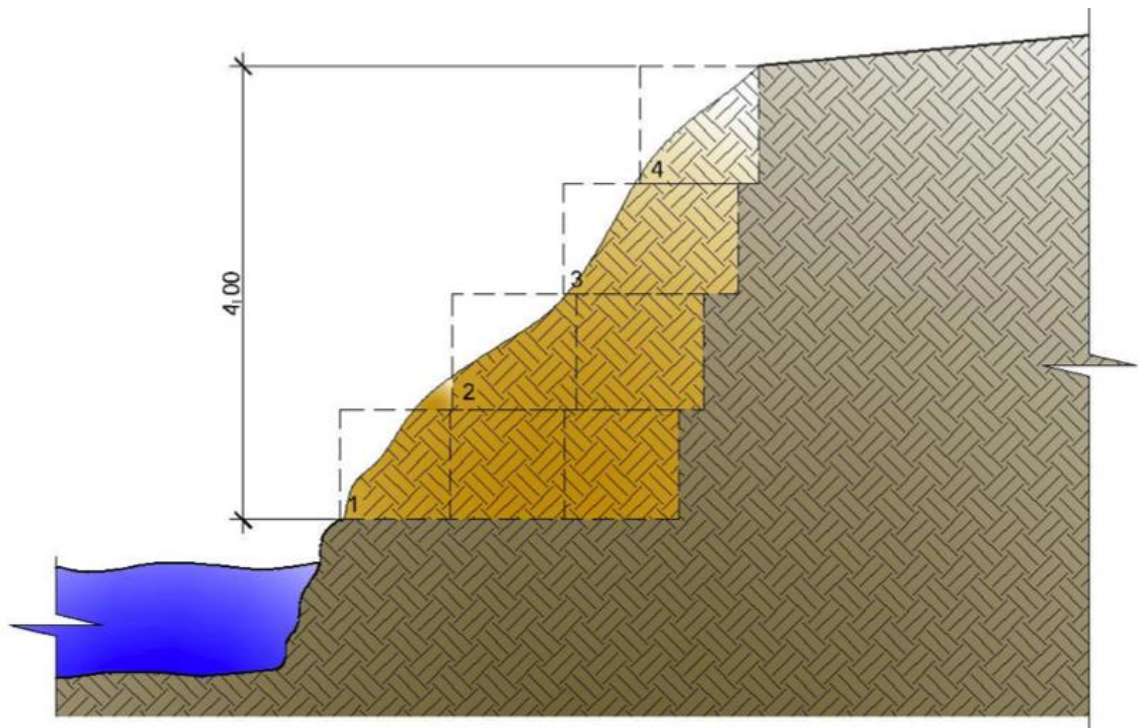
Renglón	Unidad	Cantidad	P. U	Total
Malla para 1 gavión tipo 1	m ²	12,00	Q. 25,50	Q. 306,00
Malla para 1 gavión tipo 2	m ²	15,50	Q. 25,50	Q. 395,25

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Material de relleno

Se llama así al movimiento de tierras que se debe realizar, ya sea material de corte o relleno. El cual se debe hacer a la sección antes de que sean colocados los gaviones.

Figura 29. Esquema de corte de borda



Fuente: Elaboración propia, con programa AutoCAD.

Tabla IX. **Integración de costo de corte de la borda**

Renglón	Unidad	Cantidad	P. U	Total
Corte para colocar gavión en borda.	m ³	58	Q. 68	Q. 3 944,00

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Piedra bola

En el lugar a orillas del río se encontró piedra bola con las características y tamaño adecuados para llenar las canastas, lo que es beneficiosos para nuestro proyecto ya que este renglón no tendrá ningún costo de fabricación ni traslado.

Tipo de piedra: Gabro

Peso específico: 2752,30 kg/m³.

Tabla X. **Integración de costo de piedra para gavión**

Renglón	Unidad	Cantidad	P. U	Total
piedra para 1 gavión tipo 1	m ³	2	Q. ----	Q. ----
piedra para 1 gavión tipo 2	m ³	3	Q. ----	Q. ----

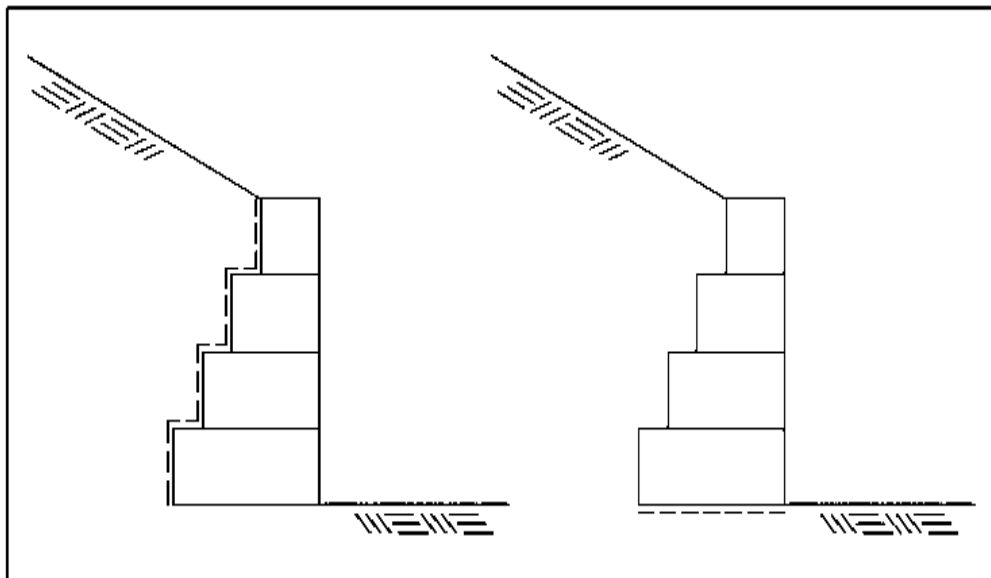
Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Geotextil

El geotextil es generalmente empleado detrás de las estructuras en la interface ente los gaviones y el material de relleno (figura 34), especialmente cuando estas estructuras también tienen la función de defensa hidráulica.

Para mantener la continuidad del filtro se debe prever un traslape mínimo de 30 centímetros, al final de cada paño o con equipamiento adecuado proceder a la costura entre los paños de geotextil.

Figura 30. **Ubicación de geotextil**



Fuente: es.scribd.com/doc/49846528/Calculo-de-muro-de-gaviones. Consulta: 9/agosto/2013.

Tabla XI. **Integración de costo de geotextil**

Renglón	Unidad	Cantidad	P. U	Total
Geotextil para gavión tipo 1	m ²	40	Q. 6,70	Q. 268,00
Geotextil para gavión tipo 2	m ²	18	Q. 6,70	Q. 120,60

Fuente: elaboración propia.

5.2. **Análisis de costos de mano de obra**

Una cuadrilla para la instalación del gavión tipo caja el cual será utilizado en este trabajo, se compone habitualmente de seis obreros, distribuida en la siguiente forma:

- Una personas en desempaque y armado
- Dos personas colocando el gavión en sitio y cociéndolo
- Dos personas llenando los gaviones y colocando tensores
- Una persona cerrando las tapas

Con esta cuadrilla terreno afinado y materiales a pie de obra se puede obtener un rendimiento de 15 metros cúbicos por jornada de trabajo.

Las prestaciones fueron calculadas según la ley dando un 66,33 por ciento del salario.

5.2.1. Armado de canastas

Para el armado de canastas se necesitan tres obreros 2 personas armando el gavión en sitio y una cerrando tapas. Esto se realiza con el objetivo de no perder tiempo en cambios de lugar innecesarios, y que cada obrero se especialice en lo que está haciendo.

Tabla XII. Integración de costo de armado de canastas

Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
armadores de gavión	m ²	240	Q. 4,10	Q. 984,00
cerradores de tapas	m ²	50	Q. 1,90	Q. 95,00
			subtotal	Q. 1079,00
			prestaciones	66,33%
			total	Q. 1794,70

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Llenado de canastas

Para llenar las canastas con la piedra bola se designaran 2 obreros los cuales también colocaran los tensores de los gaviones los cuales evitarán que los gaviones se separen unos de otros.

Tabla XIII. **Integración de costos de llenado de canastas**

Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
llenado del gavión	m ³	60	Q. 32,00	Q. 1920,00
			subtotal	Q. 1920,00
			prestaciones	66,33%
			total	Q. 3193,54

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. Colocación del geotextil

Para cortar y colocar el geotextil en el área designada del muro (figura 30), se designaran tres obreros uno para cortar y los otros dos para colocarlo. La colocación del mismo debe ser lo más cuidadosa posible ya que esto influirá en la calidad final del muro.

Tabla XIV. **Integración de costo de colocación y corte del geotextil**

Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
colocación y corte del geotextil	m ²	58	Q. 12,00	Q. 696,00
			subtotal	Q. 696,00
			prestaciones	66,33%
			total	Q. 1157,66

Fuente: elaboración propia.

6. MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y OTROS COSTOS

6.1. Herramienta y equipo

La herramienta y equipo a utilizar para el proceso de armado de los gaviones es muy básico y ligero por lo que representa una ventaja para este tipo de soluciones.

- Una pica
- Una pala
- Una carretilla con llanta inflable
- Tres pinzas de corte
- Tres alicates (para el armado y cosido de la malla)
- Tres ganchos de hierro (para el amarre simple)
- Una barra metálica de 1,50 metros (para alinear y tensionar la canasta)
- Una palanca de uña (para el proceso de cierre de la tapa)

Tabla XV. **Integración de costo de herramientas**

Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
Alicates	U	3	Q. 46,43	Q. 139,29
Barra metálica	U	1	Q. 13,50	Q. 13,50
Carretillas	U	1	Q. 218,21	Q. 218,21
Palanca de uña	U	1	Q. 90,00	Q. 90,00
Palas	U	1	Q. 30,22	Q. 30,22
Picas	U	1	Q. 28,57	Q. 28,57
Pinzas	U	3	Q. 53,79	Q. 161,38
			total	Q. 681,17

Fuente: elaboración propia.

6.1.1. Costos de depreciación

Costo o gasto en que incurre una empresa por el uso de sus activos fijos como oficinas, edificios, vehículos, maquinaria, herramienta entre otros, y se calcula a través de un porcentaje sobre la obra.

Se considera como costo cuando los activos que la generan se encuentran directamente involucrados en el proceso de construcción como por ejemplo: maquinaria, vehículos y herramientas usados en la obra.

Porcentajes usados regularmente:

- Edificios: 5%
- Infraestructura pública: 3%
- Vehículos: 20%

- Maquinaria, equipos y otras unidades para la producción: 20%
- Equipo de transporte: 20%
- Muebles y enseres: 10%
- Equipos de cómputo: 33,33%
- Herramienta Construcción: 6%-14%

Tabla XVI. **Porcentaje de depreciación de herramienta y equipo a Utilizar en esta obra**

Renglón	Unidad	Cantidad
Pickup empresa	%	20
Retroexcavadora	%	20
Herramienta	%	7
Porcentaje medio		15,67%

Fuente: elaboración propia.

6.1.2. Costos de alquiler de maquinaria

El costo de maquinaria en muros de gavión en comparación con otro tipo de proyectos es mínima, ya generalmente la maquinaria que se necesita es una retroexcavadora y un camión de volteo para realizar los cortes o rellenos del perfil del muro. Para el caso particular solo se tendría el costo de la retroexcavadora ya que no se tiene acarreo del suelo ni del material de relleno del gavión (piedra bola).

Tabla XVII. **Costo de alquiler de equipo**

	Precio/hora
Retroexcavadora	Q.200,00
Tractor D4	Q.300,00
Vibrocompactador	Q.200,00
Camión de Volteo 7m ³	Q.120,00

Fuente: elaboración propia con datos de La Cámara Guatemalteca de la Construcción.

En este análisis el costo de la retroexcavadora ya se incluyó en el renglón: corte para colocar gavión en borda ver capítulo 5.1.2.

6.2. Otros costos

Estos son llamados también costos indirectos o administrativos, ya que aunque no están ligados directamente a la obra representan un costo adicional para el constructor.

- Costos de operación y oficina en obra

Puede decirse que son similares a los de operación central, naturalmente con otra estructura técnico-administrativa y con la salvedad de que se considerarán los gastos de traslado de personal para obras, comunicaciones, fletes, construcciones provisionales y varios.

- Personal técnico-administrativo: normalmente incluye sueldos y prestaciones de jefes de obra, residentes y ayudantes técnicos, personal de topografía, mecánicos, jefe administrativo de obra, contadores, auxiliares, almacenistas, veladores, chóferes, vigilancia.
- Traslado de personal a la obra: son los pagos por transporte periódico del personal técnico y administrativo de su lugar de residencia a la obra como: mudanzas, pasajes, peajes, gasolina, lubricantes y mantenimiento menor.
- Comunicaciones: son los destinados a mantener la comunicación permanente entre la obra y la oficina central como: teléfonos celulares, fax, radios, etcétera.
- Fletes: son los gastos por traslado de materiales e insumos del almacén central a la obra, como: combustibles y mantenimiento de las camionetas o vehículos de la obra.
- Construcciones provisionales: son aquellos que se hacen para mantener las instalaciones provisionales para la dirección, supervisión y administración de la obra como: cercas, oficinas provisionales, instalaciones para habitación, comedores, almacenes, baños, instalaciones eléctricas, servicios sanitarios, etcétera.

- Seguridad de la obra y del personal: son aquellos gastos que se efectúan para dar seguridad a la obra y al personal como: equipo contra incendio, señalización, botiquín de primeros auxilios.
- Financiamiento

Es sumamente importante lo relativo a este concepto ya que, antes de iniciar una obra y poder cobrar un anticipo al cliente, se habrán realizado una serie de gastos financiados por la constructora que no siempre se recuperan dado que no se van a ganar todos los concursos ni todos los proyectos.

Es indispensable que el lapso de tiempo entre la ejecución de los trabajos y la aprobación de los mismos y entre la aprobación y el cobro real sea lo menos posible ya, que de otro modo, la empresa tendrá que financiar los trabajos para no interrumpir su ritmo y puede ocurrir que las utilidades de la empresa se vean reducidas o bien operar con pérdida.

Es importante el concepto de liquidez, debido a que el balance de activos y pasivos no es la parte medular de una compañía pues el activo, en ocasiones, puede no representar efectivo disponible para cubrir compromisos inmediatos y, si bien se acepta que el activo puede, cumplir con compromisos inmediatos, existen obligaciones que están directamente relacionadas con un tiempo perentorio.

No se debe permitir que se limite el uso inmediato de nuestro capital de trabajo, por lo tanto, nuestra selección de clientes y de obras será parte determinante de nuestra liquidez y necesidades de financiamiento.

Una pérdida prevista permitirá tomar decisiones de salvamento, tales como, recorte de gastos fijos, reducción de costos, solicitudes de financiamiento, entre otros, y, en última instancia, liquidar dicha compañía, sin afectar interese de terceros.

- Seguros de la obra

Generalmente, para otorgar un contrato a alguna empresa constructora la parte contratante necesita tener una garantía de que el contratista cumplirá con sus compromisos por ello le exige una fianza o seguro, siendo una obligación para el contratista, se considera parte del costo de operación.

Figura 31. **Fianzas administrativas**



Fuente: elaboración propia.

- Sostenerimiento de oferta

Esta fianza garantiza que el oferente va a mantener invariables las condiciones de su oferta hasta la adjudicación. Es requisito para poder participar en las licitaciones o cotizaciones promovidas por entidades del Estado.

Su vigencia comprende el período comprendido desde la recepción y apertura de plicas hasta la aprobación de la adjudicación, y en todo caso, tendrá una vigencia de 120 días y se cauciona en un rango del 1 por ciento al 5 por ciento del valor del contrato. Tendrá vigencia hasta que se firme el contrato respectivo y se obtengan las fianzas de cumplimiento y de anticipo.

- Fianza de cumplimiento

Se cauciona por un monto del 10 por ciento en bienes y servicios, Suministros y adquisiciones. Y del 10 por ciento al 20 por ciento en obras, ambas cubren el 10 por ciento en pago de salarios y prestaciones laborales y el 90 por ciento en el cumplimiento del contrato de acuerdo con las especificaciones, planos y demás documentos contractuales.

- Fianza de anticipo

Se cauciona por el 100 por ciento del anticipo.

- Fianza de conservación de obra, calidad o funcionamiento:

Se cauciona por el 15 por ciento del valor del contrato y cubre el funcionamiento de la obra durante un plazo de 18 meses, a partir de la recepción de la misma, si fuera el caso de existir dolo (mala fe) el plazo a cumplir aumentará a 5 años.

- Fianza de saldos deudores

Es por el 5 por ciento del valor del contrato y garantiza el pago de los saldos deudores que puedan resultar a favor del Estado, de la entidad correspondiente o de terceros en la liquidación y debe otorgarse simultáneamente con la fianza de conservación de obra como requisito previo para la recepción de la obra.

- Imprevistos

Aun cuando una empresa tenga una buena organización, el medio ambiente, y el elemento humano generan situaciones imprevisibles y, por consiguiente, no contempladas en el planteamiento inicial. Ante esta situación se justifica que se agregue a los precios unitarios o a los presupuestos un margen convencional que cubra una proporción de los riesgos imprevisibles. Este se pondera en un porcentaje del costo directo.

- Utilidad

Es el porcentaje de ganancia justo, equitativo e indispensable para cumplir dentro del régimen de libre empresa de economía privada, aceptando los riesgos profesionales.

Normalmente la utilidad que manejan la mayoría de las empresas constructoras se encuentra entre el 10 y el 15 por ciento aunque, debido al ciclo de recuperación y a los riesgos que acompañan a cualquier inversión (ya sea el caso de un contrato por administración, a precios unitarios, o uno a precio alzado (incluye materiales y mano de obra) con la posibilidad de máximo riesgo), los porcentajes que se determinen para cada obra de construcción deberán ser diferentes.

Lógicamente, la empresa cuidará que su utilidad le permita no sólo sobrevivir, sino crecer, capacitarse y desarrollarse. Las bases y normas generales para la construcción y ejecución de obras públicas establecen que, en la integración de precios para la contratación de obra pública, la utilidad quedará representada por un porcentaje sobre la suma de los costos directos más los costos indirectos. Dentro de este cargo queda incluido el ISR y el IVA que, por ley, debe pagar el contratista.

Es una necesidad imperiosa para la empresa constructora estar al tanto de los casos susceptibles de exención y de las modificaciones que se realicen a la ley, debido a las repercusiones que conlleva su desconocimiento.

6.2.1. Costos administrativos

Dentro de estos costos de operación se consideran los gastos realizados por la dirección y administración de la constructora para su supervivencia; estos gastos se dividen proporcionalmente entre la o las obras que se ejecuten en un período fiscal (1 enero al 31 de Diciembre) de acuerdo con el monto del contrato e independientemente del tamaño de la constructora.

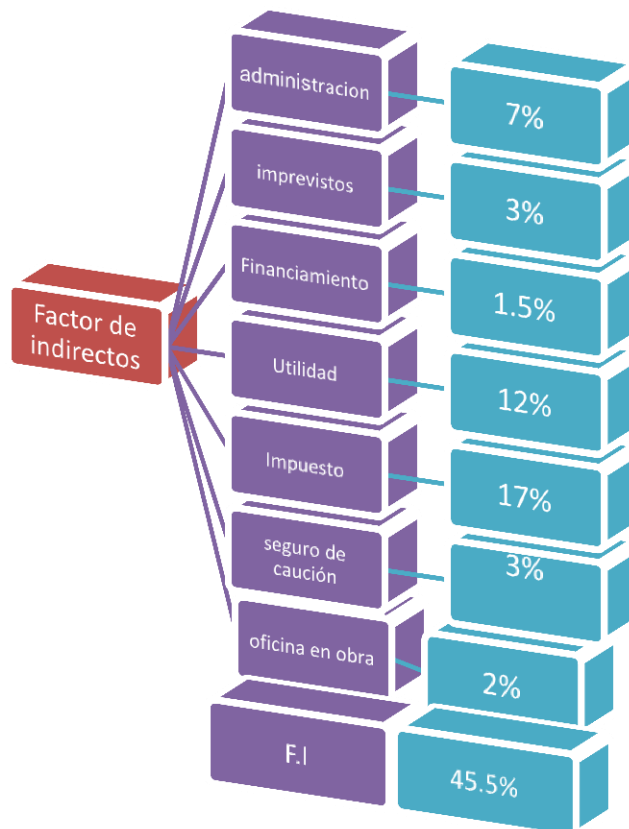
A continuación se mencionan los rubros que deben evaluarse para la determinación del primer presupuesto de operación o costo indirecto de la administración central.

Gastos técnicos y/o administrativos: son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de staff de una empresa, tales como: honorarios o sueldos de ejecutivos, consultores, auditores, contadores, técnicos, secretarias, recepcionistas, jefes de compras, almacenistas, chóferes, mecánicos, veladores, dibujantes, ayudantes, personal de limpieza, seguridad y conserjería por asuntos jurídicos, fiscales y otros.

Materiales de consumo: son todos los gastos en artículos de consumo para que pueda funcionar eficientemente la empresa, tales como: papelería impresa, útiles de escritorio, copias xerográficas, discos compactos, disquetes, cartuchos de tinta, artículos de limpieza, pasajes, azúcar, café.

Seguros y obligaciones: son aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa y convenientes para la dilución de riesgos a través de seguros que impidan una súbita descapitalización por siniestros. Entre estos se puede enumerar seguros de robo, de vida, de incendio, de accidentes para automóviles y camionetas, así como las cuotas para colegios y asociaciones profesionales.

Figura 32. **Cálculo del factor de indirectos**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Integración de precios de materiales gavión tipo 1

Materiales				
Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
Gavión tipo 1	U	24	Q. 317,12	Q. 7 610,88
malla para gavión tipo 1	m ²	12	Q. 25,50	Q. 306,00
piedra para gavión tipo 1	m ³	2	Q. 0,00	Q. 0,00
Geotextil	m ²	1,66	Q. 6,70	Q. 11,12
			total	Q. 317,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Integración de precios de materiales gavión tipo 2

Materiales				
Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
Gavión Tipo 2	U	4	Q. 425,40	Q. 1 701,60
malla para gavión tipo 2	m ²	15,5	Q. 25,50	Q. 395,25
piedra para gavión tipo 2	m ³	3	Q. 0,00	Q. 0,00
Geotextil	m ²	4,5	Q. 6,70	Q. 30,15
			total	Q. 425,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Integración de mano de obra

Mano de obra				
Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
armadores de gavión	m ²	240	Q. 4,10	Q. 984,00
cerradores de tapas	m ²	50	Q. 1,90	Q. 95,00
llenado de gavión	m ³	60	Q. 32,00	Q. 1 920,00
colocación y corte del geotextil	m ²	58	Q. 12,00	Q. 696,00
subtotal				Q. 3 695,00
prestaciones				66,33%
total				Q. 6 145,89

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Integración de maquinaria, herramienta y equipo

Maquinaria, herramienta y equipo				
Renglón	Unidad	Cantidad	P.U	Total
corte para colocar gavión en borda (retroexcavadora)	m ³	58	Q. 68,00	Q. 3 944,00
pinzas	U	3	Q. 53,79	Q. 161,38
alicates	U	3	Q. 46,43	Q. 139,29
picas	U	1	Q. 28,57	Q. 28,57
palas	U	1	Q. 30,22	Q. 30,22
carretillas	U	1	Q. 218,21	Q. 218,21
palanca de uña	U	1	Q. 90,00	Q. 90,00
barra metálica	U	1	Q. 13,50	Q. 13,50
total				Q. 4 625,17

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Total de costos**

Total de costos directos	Q. 20 083,54
% de indirectos	45,50%
Costo Total (directos+ indirectos)	Q. 29 221,55

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Los muros de gaviones generalmente no precisan cimentación, son flexibles, se adaptan al terreno, son drenantes, de fácil diseño, su montaje es rápido, se utiliza mano de obra no especializada, trabajan por gravedad y lo más importante es que son soluciones económicas y duraderas.
2. La reducción del costo para la elaboración de un proyecto es relevante y significativa ya que representa un ahorro para el contratista, empresa o institución que la esté ejecutando.
3. Como ventaja significativa y relevante, porque constituye reducción de costos, es que en el lugar de la construcción de los gaviones se localiza insumos como material pétreo (piedra bola) para su llenado.
4. Otra ventaja importante es la obtención de mano de obra no calificada en las cercanías del lugar de la construcción de los gaviones.
5. Como único inconveniente se determine que la velocidad de la corriente de este río es alta, principalmente en época lluviosa.

RECOMENDACIONES

1. Es importante cimentar bien el muro y un buen proceso constructivo para que este tenga las características físicas y mecánicas para lo cual fue diseñado.
2. Los precios de materiales, mano de obra y maquinaria se encuentran en constante cambio o variación por eso es siempre importante la actualización de los mismos para evitar problemas a la hora de presupuestar o licitar una obra.
3. El ejecutor debe mantener uno o dos supervisores al construirse el muro ya que es importante que se cumplan las normas de diseño que garanticen su buen funcionamiento.
4. Es recomendable el mantenimiento preventivo al muro gavión, cada cierto tiempo para evitar inconvenientes y prolongar su vida útil.
5. El muro gavión a elaborar debe construirse en época de verano, verificando las estaciones hidrológicas cercanas para evitar problemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANLEU FORTUNY, Rafael Ignacio. *Zonificación de la cuenca del río Achiguate-Gucalate: una propuesta de integración de criterios para la reducción de desastres*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2008. 115 p.
2. BIANCHINI INGENIERO. *GAVIONES sistemas de protección fluvial muros de contención urbanismo, manual*. [en línea] http://prodac.com.pe/descargas/catalogo_gavion.pdf. [Consulta: 9/agosto/2013].
3. CERVANTES ABARCA, Alejandro. *Costo de Operación de la empresa constructora*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco anuario. 2007. 90 p.
4. MACCAFERRI INDUSTRIAL GROUP. *Diseño de obras longitudinales en gaviones*, manual. Brasil 1989
5. _____. *Estructuras flexibles en gaviones*, manual. Brasil 1990 [en línea]. <http://scribd.com/doc/49846528/Cálculo-de-muro-de-gavion>. Consulta: 25 de julio de 2013.

6. _____ . *Obras de contención manual técnico*. 2001. 217 p.
7. MARQUEZ JOCOL, Sergio Vinicio. *Costos de mano de obra en la construcción de edificios respecto al dólar*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1998. 42 p.
8. MORALES GAITAN, Axel Oswaldo. *Recuperación de tierras erosionadas por desbordamiento de ríos con obra de gaviones*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1999. 73 p.
9. PEREZ, Felix. *Medios cálculos estructurales de edificaciones y asesoría técnica, manual técnico*. [en línea].
http://www.chqs.net/archivos/informes/archivo_1_040310_la+estructura+veloz.pdf [Consulta: 25 de julio de 2013].

