



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

PROYECTO DE DISEÑO DE OBRAS PARA LA RECUPERACIÓN DE

LOS ARROYOS ANTEQUERA Y TACUARÍ

INFORME DE INGENIERÍA

ABRIL DE 2.018

INFORME DE INGENIERÍA

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría

Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay



1. INTRODUCCIÓN

El estudio de ingeniería del proyecto se inicia con el relevamiento de los antecedentes existentes en Hábitat, Senavitat y otros estudios que están llevando a cabo la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Asunción, complementados con seis visitas al sitio para elaborar un mapa de riesgo de las condiciones de los asentamientos existentes al borde de los cauces.

Paralelamente se realiza el diseño de una investigación geotécnica para obtener datos fundamentales acerca de las condiciones geológicas geotécnicas del sitio que permitan obtener los parámetros de resistencia al corte necesarios para la elaboración del diseño de ingeniería de protección de los cauces existentes y orientar los flujos de crecida ordenadamente de modo a obtener la seguridad del diseño en el largo plazo.

Con el diseño de esa investigación geotécnica se llevaron a cabo la ejecución de perforaciones con ensayos de SPT, en ambas márgenes de los cauces y en el mismo cauce. Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio para su análisis. En el Informe respectivo se pueden ver en detalle los resultados obtenidos.

Al mismo tiempo que se ejecutaban las perforaciones para la investigación geotécnica, se llevaron a cabo estudios hidrológicos – hidráulicos del área de aporte a los cauces. El área de estudio principal para dichos estudios corresponde a los cauces de los arroyos Antequera y Tacuarí, desde la calle Manuel Gondra al sur, hasta la calle Florencio Villamayor al Norte, lo cual corresponde a la zona de la Chacarita Alta (territorio con la cota 63 m.s.n.m. como mínima).

Los cauces o arroyos en estudio forman parte del macro-drenaje de la ciudad de Asunción y por lo tanto fueron analizados con las consideraciones que se enuncian en sus ordenanzas. Según lo establecido por la Municipalidad de Asunción, los canales y alcantarillas deben calcularse para un periodo de recurrencia de 25 años y verificar su funcionamiento para 50 años. Se ha realizado el diseño para 50 años de recurrencia.

Como resultados de esos estudios, se verifica que para los caudales de 10 años el nivel de agua es bajo, pero las velocidades ya son muy elevadas, fruto de las pendientes elevadas en toda la zona de la Chacarita Alta. Por tanto los problemas generados corresponden a erosiones de las márgenes y descalce de estructuras existentes, y no, precisamente, a inundación de los sectores ocupados.

Se incluyó por ello la modelación hidro-dinámica de los arroyos para diseñar las escaleras disipadoras en los tramos necesarios que garanticen la disminución de las velocidades. Esto se realiza con un modelo hidrodinámico en el que las modificaciones de la configuración de las estructuras previstas modifican los caudales máximos generados, pudiendo de esta manera simular como un sistema. Se ha utilizado el modelo Storm and Sanitary Analysis.



La modelación incluye la zona alta de la Ciudad desde dónde llegan las alcantarillas colectoras, la Chacarita Alta y la Chacarita Baja hasta el cruce de la Costanera.

Mediante la modelación desarrollada se dimensionaron hidráulicamente las estructuras necesarias para soportar las avenidas de escurrimiento del agua.

Con datos de los estudios geotécnicos, planialtimétricos, hidrológicos e hidráulicos se diseñó la solución de ingeniería de contención de taludes en los cauces de los Arroyos Antequera y Tacuari para proteger la Chacarita Alta, de Protección del pie del talud con muros laterales que son partes del canal y protección contra la erosión progresiva del fondo de dichos cauces.

Para definir la altura de los muros laterales de los canales de ambos cauces lo que determinó la misma fue el análisis de estabilidad de los taludes.

El objetivo de este Informe de Ingeniería es presentar los estudios realizados con la justificación técnica del diseño de las estructuras de control: muros, protección de fondo y rellenos laterales.

2. ASPECTOS GEOTÉCNICOS

Los afloramientos están constituidos por las arenas cementadas de Asunción, que constituyen el firme por excelencia, donde asientan la mayoría de los edificios de Asunción y ciudades aledañas.

Se encuentran aflorando o a profundidades inferiores a los doce metros, en el área que nos ocupa, cubiertos por suelos arenosos, en algunos casos sueltos, siendo fácilmente identificables por el brusco aumento de su resistencia.

Los frecuentes derrumbes de las paredes de estos afloramientos, demostraron que aquel material, mal llamado tosca o arenisca, tradicionalmente considerado como roca, no era tal a pesar de su apariencia rocosa y la resistencia que opone al ser excavado, JJ Bosio 1991.

Este material, compuesto por clastos de arenas y cementantes limosos, son muy susceptibles al efecto de lavado de los finos (el cementante) por efecto del agua (sea pluvial o servida). Este lavado de finos, produce un descenso brusco de los clastos, produciendo el colapso de la estructura.

En particular, por el tipo de obra que nos ocupa, se ubicaron nueve sondeos a percusión, con realización de ensayos de penetración S.P.T en los suelos que sobreyacen al "rechazo", e Índices Bosio NB en los mismos, a cada metro o cambio de estrato y recuperación de muestras para ensayos de rutina en laboratorio. Los sondeos tuvieron profundidades diferentes, alcanzando el sondeo P8, diez metros, el sondeo P9, once metros, el sondeo P4, doce metros, el sondeo P7, trece metros, el sondeo P6, quince metros y los sondeos P1, P2, P3 y P5, diez y seis metros,



perforándose un total de ciento veinticinco metros lineales y setenta y siete centímetros (125.77 ml).

En la lámina 1 del Informe Geotécnico N°: 68/18 se puede apreciar el esquema de ubicación de los sondeos y la nivelación de la boca de los mismos referida al relevamiento planialtimétrico realizado por el Ing. Benjamín Real, dentro del marco del mismo proyecto.

En las láminas 2 10, del citado Informe N°: 68/18 se pueden apreciar los perfiles geotécnicos de los sondeos a percusión con datos sobre la resistencia a la penetración, posición y potencia de los acuíferos y descripción de los estratos atravesados por medio de ensayos de rutina de laboratorio (clasificación y límites).

El perfil geológico presenta suelos con “rechazo”, formados por arenas limosas (SM) y arenas algo limosas (SP-SM) de densidad relativa muy densa. Sobreyacen dichos suelos con “rechazo”, suelos areno limosos (SM) y areno algo limosos (SP-SM) de densidad relativa muy suelta a densa.

Los suelos con “rechazo”, NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO S.P.T. MAYORES A CINCUENTA ($N > 50$), fueron registrados en los sondeos en las cotas: +64.55 (P1), +64.95 (P2), +67.55 (P3), +66.85 (P4), +57.73 (P5), +68.70 (P6), +59.22 (P7), +60.55 (P8) y +60.11 (P9).

En la fecha en que fueron realizados los sondeos se registraron acuíferos potentes en las cotas: +67.20 (P1), +68.60 (P2), +68.00 (P3), +63.70 (P4), +62.00 (P5), +68.40 (P6), +66.67 (P7), +62.60 (P8) y +64.86 (P9).

En el sondeo P5 a los 6 m, en el sondeo P7 a los 6 m y 10 m y en el sondeo P9 a los 6 m, se registraron “bolsones”.

En el sondeo P3 se registraron “concreciones” por encima de los suelos con “rechazo” y en el sondeo P8 se registraron escombros hasta los 1.45 m.

Parámetros de resistencia al corte de los suelos atravesados para análisis de estabilidad: De acuerdo a la evaluación geotécnica realizada, según los resultados de los ensayos de SPT y experiencias similares de otras obras se puede tomar para los siguientes parámetros, con algún grado de conservadurismo:

- 1) Suelos de estrato superior al “Rechazo”, constituido por arenas limosas y/o arcillosas:

Peso específico γ : $1,80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción interna: $\Phi = 26^\circ$

Cohesión: $C = 0,3 \text{ Kg/cm}^2 = 29,42 \text{ Kpa}$

- 2) Suelos de Rechazo “Arena cementada”:

Peso específico γ : $1,85 \text{ t/m}^3 = 18,14 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción interna: $\Phi = 28^\circ$

Cohesión: $C = 0,4 \text{ Kg/cm}^2 = 39,23 \text{ Kpa}$



3. ASPECTOS HIDROLÓGICOS HIDRÁULICOS

Los cauces o arroyos en estudio forman parte del macro-drenaje de la ciudad de Asunción y por lo tanto fueron analizados con las consideraciones que se enuncian en sus ordenanzas. Según lo establecido por la Municipalidad de Asunción, los canales y alcantarillas deben calcularse para un periodo de recurrencia de 25 años y verificar su funcionamiento para 50 años.

Los estudios hidrológico-hidráulicos se pueden ver en detalle en los **Estudios hidrológicos e hidráulicos**, que forman parte de las distintas especialidades que intervienen para la elaboración del diseño.

Para los fines señalados, dentro de los estudios hidrológicos, se incluyó la modelación hidro-dinámica de los aportes a los cauces y los mismos arroyos para diseñar los tramos necesarios a intervenir que garanticen la disminución de las velocidades en los diseños de las estructuras hidráulicas a plantear.

Para cumplimentar con dicho objetivo, se realiza un modelo hidrodinámico en el que las modificaciones de la configuración de las estructuras previstas modifican los caudales máximos generados, pudiendo de esta manera simular como un sistema. Se ha utilizado el modelo Storm and Sanitary Analysis.

La modelación incluye la zona alta de la Ciudad desde dónde llegan las alcantarillas colectoras, la Chacarita Alta y la Chacarita Baja, siguiendo los cauces hasta el cruce de la Costanera.



Figura 1. Zona de los cauces a intervenir en el proyecto. Ubicación de los arroyos Antequera y Tacuarí (línea celeste) visualizado en Google Earth



Mediante la modelación desarrollada se dimensionaron las estructuras necesarias para soportar las avenidas. Considerando que Asunción requiere que los drenajes se calculen para 25 años y se verifique para 50 años y que los arroyos estudiados forman parte del Macrodrenaje, se ha realizado el diseño para 50 años de recurrencia.

Para dicho menester, se considera en el modelo un muro de gaviones como primera alternativa, por ser un tipo de construcción muy utilizado últimamente en el Paraguay, con resultados muy satisfactorios, debido a la existencia de varias canteras de piedra alrededores de Asunción y que pueden ser utilizadas como proveedoras en dicho tipo de estructura. Favorecido, por otro lado, por la existencia de mano de obra calificada para llevar adelante la construcción de este sistema de estructura. No se puede dejar de mencionar tampoco las nuevas tecnologías que incorporan las mallas de alambres especiales para constituir la caja en la cual se alojan las piedras para formar las estructuras de los muros.

Las estructuras de Gaviones compiten favorablemente en calidad, tecnología y economía con muros similares de piedra bruta y de hormigón, con la ventaja de que dichas estructuras de gaviones son flexibles y pueden absorber pequeñas deformaciones luego de su entrada en servicio sin afectar su integridad estructural.

En general, en el presente caso, la altura de los muros laterales diseñados, son mayores que lo necesario para las alturas de agua que se producen para el tiempo de recurrencia de 50 años de los caudales de aporte. Esta altura del agua esta por debajo de la parte superior del muro entre 1,0 a 1,5m. Ello debido a que las secciones del canal que se formarán con los muros laterales y la solera tienen la capacidad hidráulica para evacuar los caudales de aporte que corresponde a ese periodo de retorno, lo que permite una muy buena recuperacion de las márgenes de los arroyos.

Se presentan a continuación secciones típicas de los canales que conforman los muros y las soleras del Canal, incluyendo el perfil longitudinal con los niveles de agua que corresponde al perfil hidráulico para el periodo de retorno de 50 años, producto del modelo hidrodinámico aplicado.



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

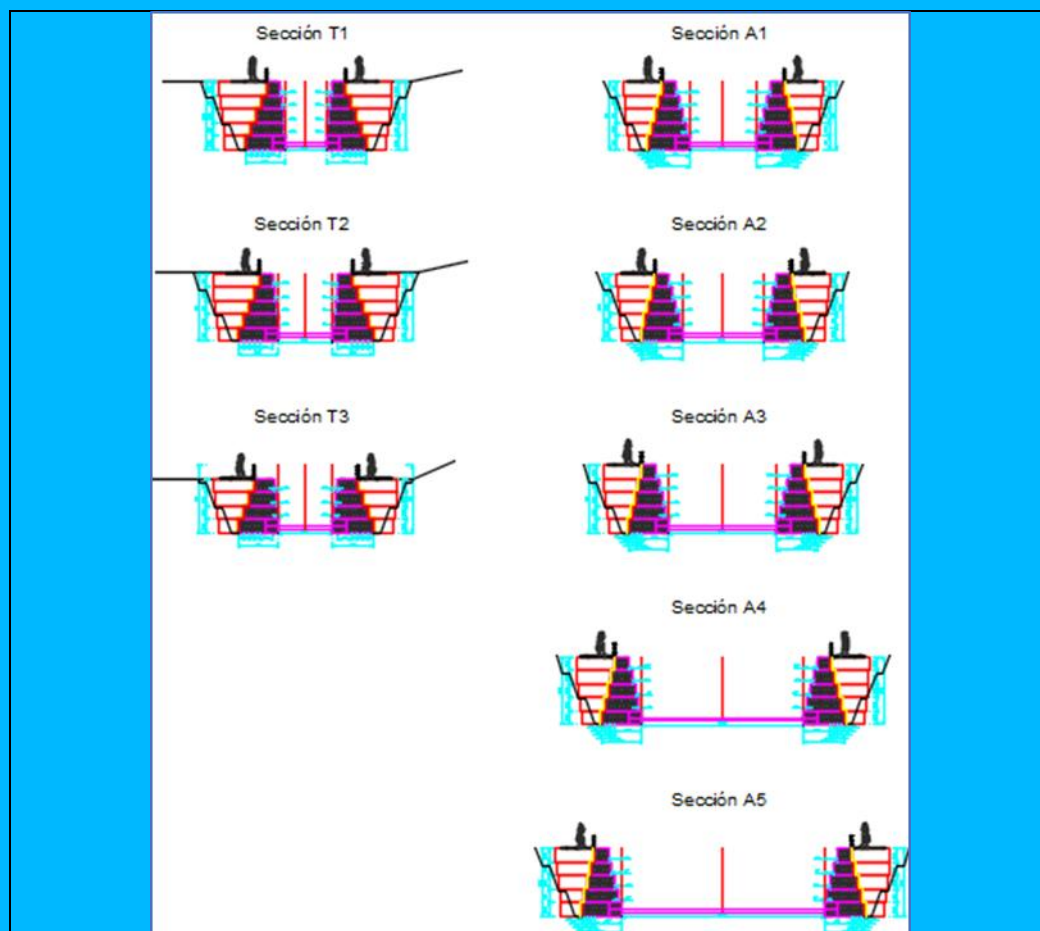


Figura 2. Secciones típicas de los canales de los arroyos con los muros laterales Secciones A (Arroyo Antequera), Secciones T (Arroyo Tacuari)

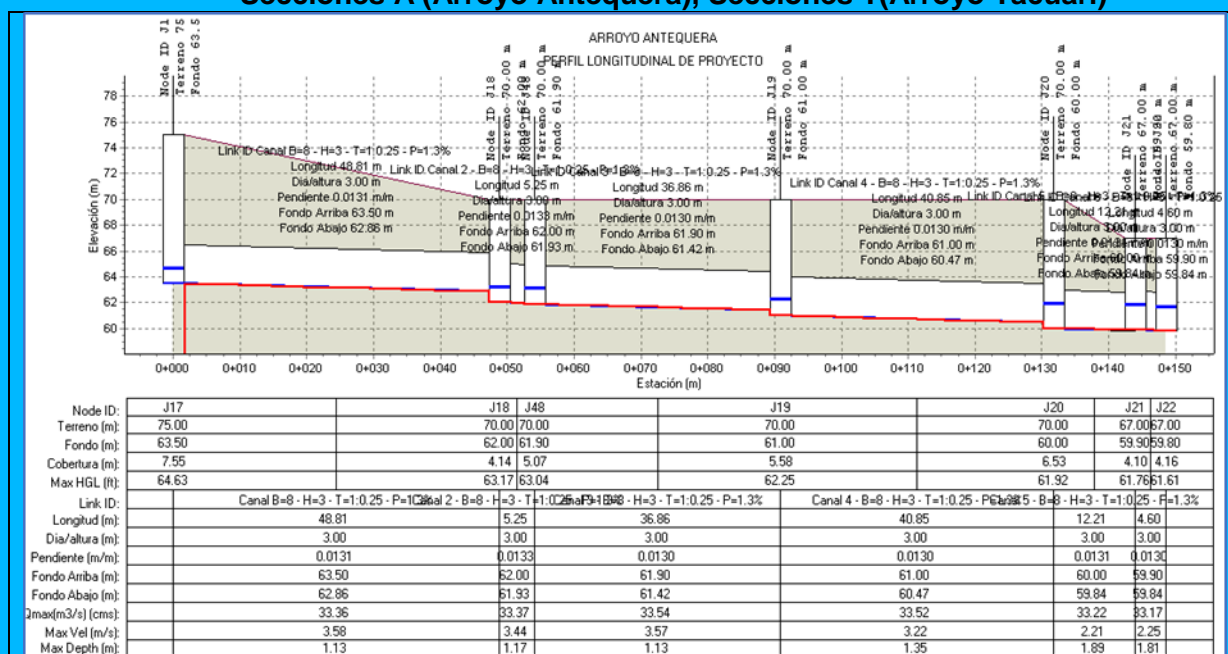


Figura 3. Perfil longitudinal de un sector del Arroyo Antequera.

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría

Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77

Asunción - Paraguay

**LOGOS**

Ingeniería - Consultoría

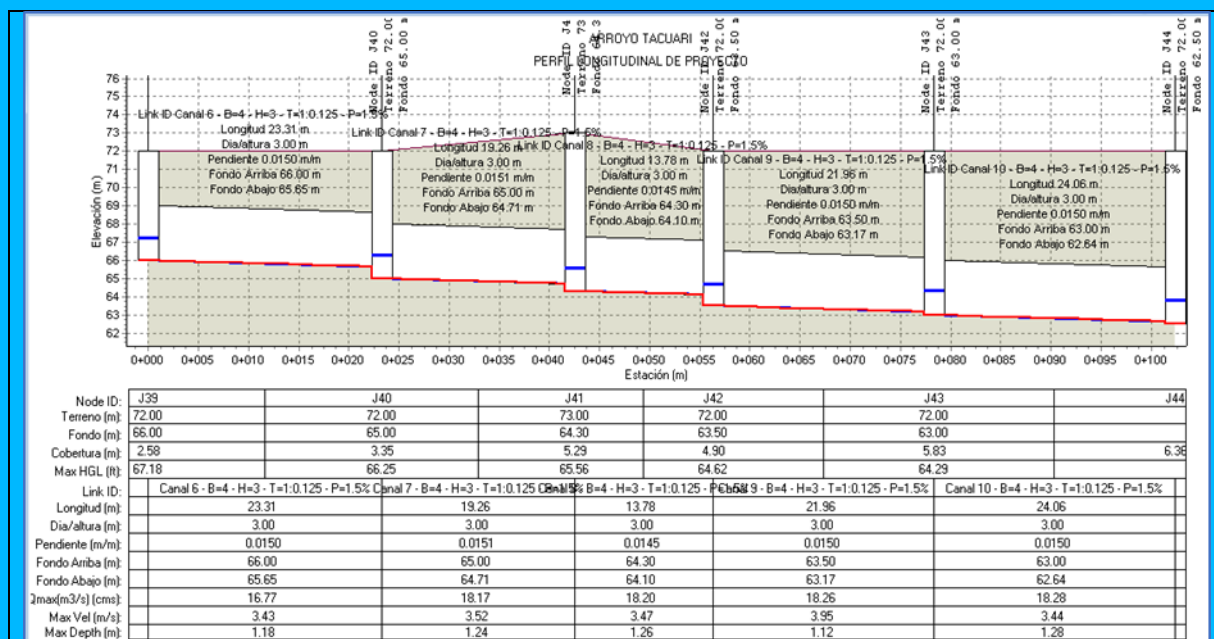


Figura 4. Perfil longitudinal de un sector del Arroyo Tacuarí

4. DISEÑO DE INGENIERÍA DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA

4.1) Generalidades

Con el análisis de estabilidad de los taludes y el diseño hidráulico de los cauces a intervenir, se plantea la solución del revestimiento de taludes con geomantas reforzadas con mallas metálicas contra la erosión y el diseño estructural del nuevo cauce revestido conformado por los muros laterales flexibles con gaviones caja y geotextil, el revestimiento del fondo del los cauce con colchones Tipo Reno y geotextil para constituir un Canal de evacuación de las aguas que escurren por el mismo con periodo de retorno de crecidas de 50 años.

En el momento de inicio de los estudios de ingeniería con la intervención de las distintas especialidades involucradas: geotecnia, hidráulica y estructura, se plantearon varias alternativas de diseño para la protección de taludes, diseños de los muros laterales flexibles, plataformas antisocavantes en el fondo del canal.

En los estudios se plantearon la adopción de estructuras simples, de materiales disponibles en el medio y con una tecnología que sea conocida y de aplicación continua en construcciones similares.

De este modo se plantearon diversas alternativas.



4.2) Estructuras de Hormigón:

Los muros que se pueden plantear deben ser de gravedad, que tenga suficiente peso para resistir el empuje activo que se produce a trasdos. Si bien esta tecnología es de uso corriente en el medio, su tamaño, por ser de gravedad, debe ser similar en volumen a otras estructuras similares, más económicas como el muro de piedra y/o el muro de gaviones.

4.3) Muros de piedra bruta:

En tamaño, estos muros, que son de gravedad, deberían ser también similares al muro de hormigón para resistir el empuje activo que se desarrolla a trasdos de los mismos. Tal como se indicó en los estudios hidrológicos e hidráulicos, las secciones del canal que se formarán con los muros laterales tienen que tener la capacidad hidráulica para evacuar los caudales de aporte que corresponde a ese periodo de retorno de 50 años y que permita la recuperación de las márgenes de los arroyos. Por lo tanto, debe existir continuidad entre muros y el fondo del canal, por lo cual requiere para su implementación la colocación de juntas transversales en el fondo del canal y un sistema de drenaje horizontal en los muros laterales que permita una salida rápida de las aguas de infiltración a trasdos. A la cual se le debe sumar un fondo de piedra con incorporación de filtros verticales capaz de aliviar cualquier subpresión que pudiera surgir tratando de levantarla, o cual constituye una desventaja frente a otras alternativas.

4.4) Muro de gaviones:

Los muros de gaviones son estructuras conformadas por una caja o cesta de forma prismática rectangular, confeccionada con malla hexagonal de alambres especiales convenientemente protegidos, rellena de piedra.

Las mallas de alambres para conformar la caja o cesto, actualmente son fabricadas con aplicación de tecnología de última generación empleando malla hexagonal de doble torsión, producido a partir de alambres de acero de bajo contenido de carbono, en el diámetro de 2,40 mm, revestido con aleación especial y revestimiento polimérico adicional.

Los bloques de piedra con los cuales se rellenan el cesto o la caja pueden provenir de las canteras de basalto de Villa Hayes o de las canteras de arenisca dura de Limpio o de Itá con distancia de transporte que no superan los 35 km.

Estas estructuras de gaviones tienen la ventaja de que son relativamente flexibles pudiendo adaptarse a pequeñas deformaciones de la fundación sin que pierda su estabilidad estructural.

Son muy sencillas de armar y colocar, razón por la cual su utilización se encuentra muy difundida en Paraguay, con resultados muy satisfactorios, debido a lo largo de más de 20 años de su aplicación en obras similares. A su vez, favorecido por la difusión que tuvo el sistema en el medio, existe una gran experiencia de mano de



obra calificada para llevar adelante la construcción de este sistema. No se puede dejar de mencionar tampoco las nuevas tecnologías que incorporan las mallas de alambres especiales para asegurar su durabilidad en el tiempo.

Por lo señalado anteriormente, las estructuras de Gaviones compiten favorablemente en calidad, tecnología y economía con muros similares de piedra bruta y de hormigón.

Cabe asimismo mencionar la existencia de una firma especializada en el Paraguay, que se encarga de suministrar en tiempo y forma los alambres especiales que conforman la malla, y brindar asesoramiento técnico en caso necesario.

Luego de una evaluación técnica apoyada por las ventajas que representa frente a los demás sistemas indicados, y reconociendo todo lo señalado anteriormente como muy favorable en el presente caso, se recomienda adoptar este sistema en el proyecto.

Cabe también señalar que la altura de los muros laterales diseñados, en todo el cauce hasta la calle Florencio Villamayor, en general es de 5 m y es mayor que lo necesario, el tirante de agua que se produce en el periodo de retorno de 50 años está por debajo de la máxima altura del muro entre 1,0 a 1,5 m. De esta manera, las secciones del canal que formarán los muros laterales flexibles de gaviones conjuntamente con la plataforma antisocavante de colchón tipo Reno tienen la capacidad hidráulica para evacuar los caudales de aporte que corresponden para ese periodo de retorno, permitiendo de este modo una buena recuperación de las márgenes.

La vinculación de los muros laterales con la plataforma antisocavante de colchón tipo Reno del canal, se realiza también con un sistema similar empleando cajas de los mismos alambres hexagonales, especiales, ya mencionados y que se emplean en la conformación de los gaviones, en las que se colocan las piedras.

La gran ventaja estructural de todo el sistema es que son estructuras abiertas, muy permeables, permitiendo de este modo la disipación de cualquier sobrepresión hidrostática horizontal que se pueda producir o subpresión que se pueda generar bajo la colchoneta Reno, en la solera, evitando la posibilidad de rotura de la estructura por este tipo de solicitaciones.

5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS MUROS DE GAVIONES

En el diseño de ingeniería de los muros de gaviones se utilizan los valores dados por el estudio geotécnico donde se indican los;

Parámetros de resistencia al corte de los suelos atravesados para análisis de estabilidad.



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

Se adoptaron muros de 5 m, llegando con la conformación de la base y la solera hasta una altura de 5,5 m. La base es de 3 m y verticalmente tiene una contrapendiente de alrededor de 14 grados.

Cada 25 m se adopta un contrafuerte interno variando de un metro (1 m) en la base hasta tres metros (3 m) en el coronamiento, todo apoyado en el talud de excavación.



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

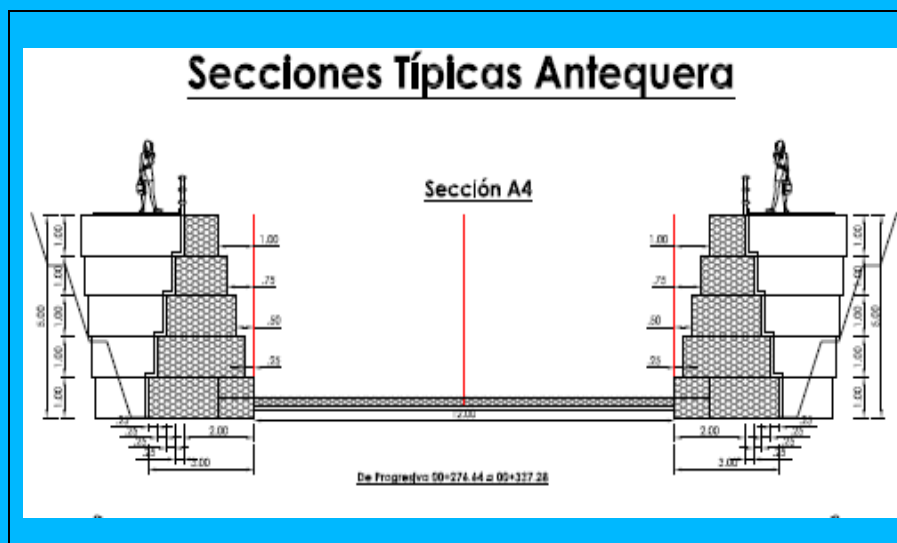


Figura 5. Sección típica del Canal conformado por los muros laterales y el fondo del canal revestido con la plataforma antisocavante colchón Reno.

Para el espaldón del muro se adopta un relleno de arena limpia permeable que deberá ser obtenido del río Paraguay por medio de dragado y transportado al sitio para ser colocado en capas de un metro a medida que avanza la construcción del muro de gaviones en altura. Esto es a los efectos de conferirle un espaldón permeable que permita su drenaje rápido por el mismo muro en caso de lluvia sin generar sobrepresiones hidrostáticas horizontales.

El muro en detalle se indica a continuación:

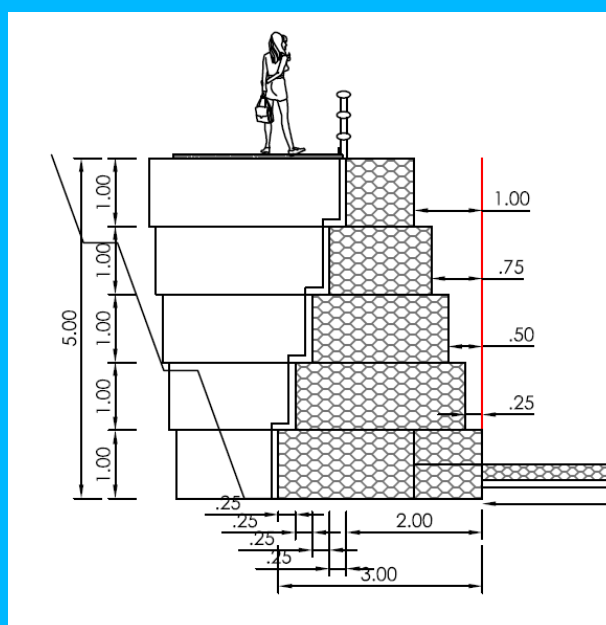


Figura 6. Sección Típica del Muro de H=5.0 m. que soporta el Talud de Chacarita Alta.

Sobre la base de este diseño en el lugar mas crítico se realiza el Análisis de estabilidad de taludes del muro.



6. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE LOS MUROS DE GAVIONES

Para el análisis estructural de los muros se divide en dos partes: Análisis de estabilidad global, con superficies de falla profundas, y análisis de estabilidad del muro al empuje activo.

6.1 ANALISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL CON SUPERFICIE DE FALLA PROFUNDA:

Se realiza según distintos escenarios posibles: 1) Al final de la excavación para construcción del muro y 2) luego de la construcción del muro cuando se encuentra operativo.

Para estas circunstancias se toman los parámetros de resistencia al corte de la fundación y de los suelos remanentes de la excavación, como asimismo los correspondientes a los materiales de construcción: muro y relleno en el espaldón.

Los parámetros de resistencia al corte de los suelos, tal como se indicó en el capítulo 2 ASPECTOS GEOTÉCNICOS:

1) Suelos de estrato superior al “Rechazo”, constituido por arenas limosas y/o arcillosas:

Peso específico γ : $1,80 \text{ t/m}^3 = 17,65 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción interna: $\Phi = 26^\circ$

Cohesión: $C = 0,3 \text{ Kg/cm}^2 = 29,42 \text{ Kpa}$

2) Suelos de Rechazo “Arena cementada”:

Peso específico γ : $1,85 \text{ t/m}^3 = 18,14 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción interna: $\Phi = 28^\circ$

Cohesión: $C = 0,4 \text{ Kg/cm}^2 = 39,23 \text{ Kpa}$

Para el muro y relleno de acuerdo a los estudios de obras similares se puede adoptar para los parámetros de resistencia al corte:

1) Relleno de arena limpia en el espaldón del muro, constituido por arenas finas del tipo SP:

Peso específico γ : $1,85 \text{ t/m}^3 = 18,14 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción interna: $\Phi = 30^\circ$

Cohesión: $C = 0,0 \text{ Kg/cm}^2 = 0,0 \text{ Kpa}$

2) Muro de Gaviones:

Peso específico γ : $2,10 \text{ t/m}^3 = 20,59 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de fricción interna: $\Phi = 45^\circ$



Cohesión: $C=0,0 \text{ Kg/cm}^2 = 0,00 \text{ Kpa}$

Para los análisis de estabilidad global se se ha empleado la herramienta SLOPE/W 2007 DE GEOSLOPE INTERNATIONAL, para el caso de un deslizamiento profundo a los efectos de verificar todas las condiciones de estabilidad para los distintos escenarios, para el estado más desfavorable analizado, con altura de muro de 5,0 m.

A continuación se indican los análisis efectuados considerando dos posiciones probables del techo del suelo de Rechazo o arena cementada para las siguientes condiciones:

CASO 1: Fin de excavación, con techo de arena cementada en la cota 66 y luego con el techo de la arena cementada en la cota 64.

CASO 2: Fin de construcción del muro, con techo de arena cementada en la cota 66 y luego con el techo de la arena cementada en la cota 64.

Los factores de seguridad de acuerdo a la corrida del modelo para cada escenario analizado son:

Para el **CASO 1**, resulta: Coeficiente de seguridad es de $F_s=2,116$ cuando se considera que el techo de la arena cementada se encuentra en la cota 66. Para la cota 64, el factor de seguridad es de $F_s=2,080$. Los valores de coeficientes de seguridad mayores a $F_s=2$, confirman que la excavación a realizar será estable.

Para el **CASO 2**, resulta: Coeficiente de seguridad es de $F_s=2,324$ cuando se considera que el techo de la arena cementada se encuentra en la cota 66. Para la cota 64, el factor de seguridad es de $F_s=2,270$. Los valores de coeficientes de seguridad mayores a $F_s=2$, confirman que el Muro será estable.

A continuación se indican los resultados de los análisis para los casos analizados que representan el estado mas desfavorable:

CASO 1. FIN DE EXCAVACIÓN.

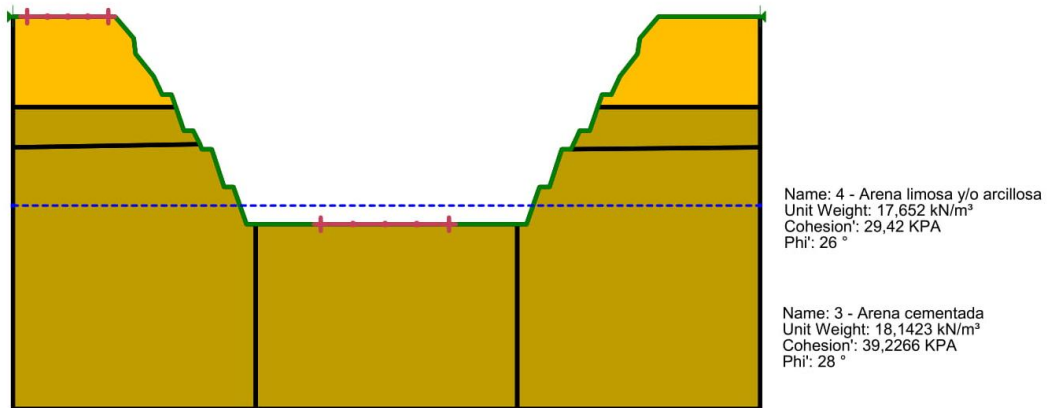
1.1 Cota de Arena Cementada 66



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

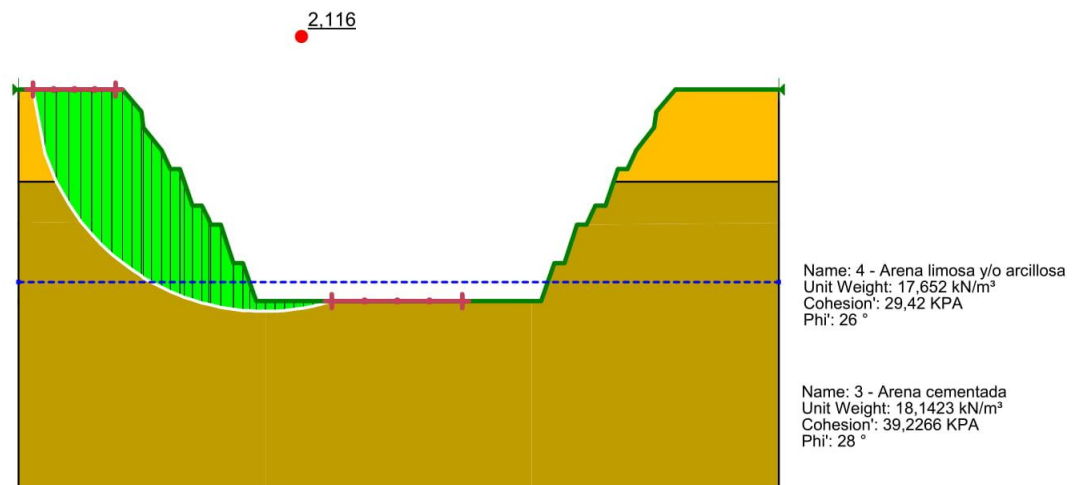
CASO 1.1. FIN DE EXCAVACIÓN. Cota de Arena Cementada 66..gsz



Antes del modelado

Figura 7. Sección transversal del canal con propiedades de suelos.

CASO 1.1. FIN DE EXCAVACIÓN. Cota de Arena Cementada 66..gsz



Después del modelado. $F_s = 2,116$

Figura 8. Sección transversal del canal con Factor de Seguridad de Falla Global.

1.2 Cota de Arena Cementada 64

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría

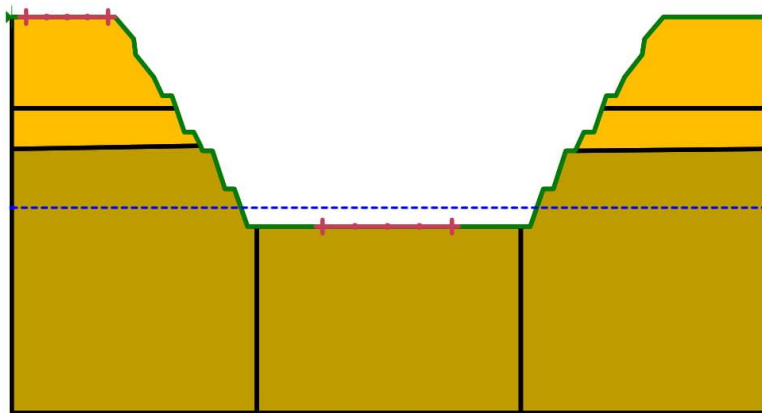
Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

CASO 1.2. FIN DE EXCAVACIÓN. Cota de Arena Cementada 64..gsz



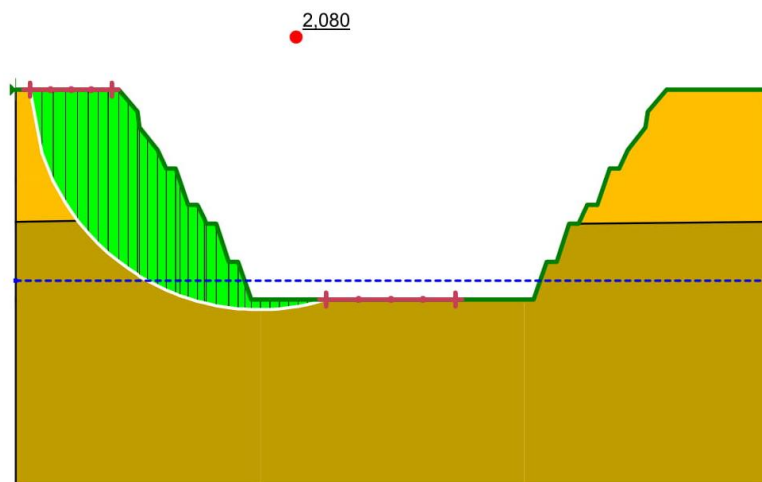
Name: 4 - Arena limosa y/o arcillosa
Unit Weight: 17,652 kN/m³
Cohesion: 29,42 KPA
Phi: 26 °

Name: 3 - Arena cementada
Unit Weight: 18,1423 kN/m³
Cohesion: 39,2266 KPA
Phi: 28 °

Antes del modelado

Figura 9. Sección transversal del canal con propiedades de suelos.

CASO 1.2. FIN DE EXCAVACIÓN. Cota de Arena Cementada 64..gsz



Name: 4 - Arena limosa y/o arcillosa
Unit Weight: 17,652 kN/m³
Cohesion: 29,42 KPA
Phi: 26 °

Name: 3 - Arena cementada
Unit Weight: 18,1423 kN/m³
Cohesion: 39,2266 KPA
Phi: 28 °

Después del modelado. $F_s = 2,080$.

Figura 10. Sección transversal del canal con Factor de Seguridad de Falla Global.

CASO 2. FIN DE CONSTRUCCIÓN.

2.1 Cota de Arena Cementada 66

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría

Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77
Asunción - Paraguay



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

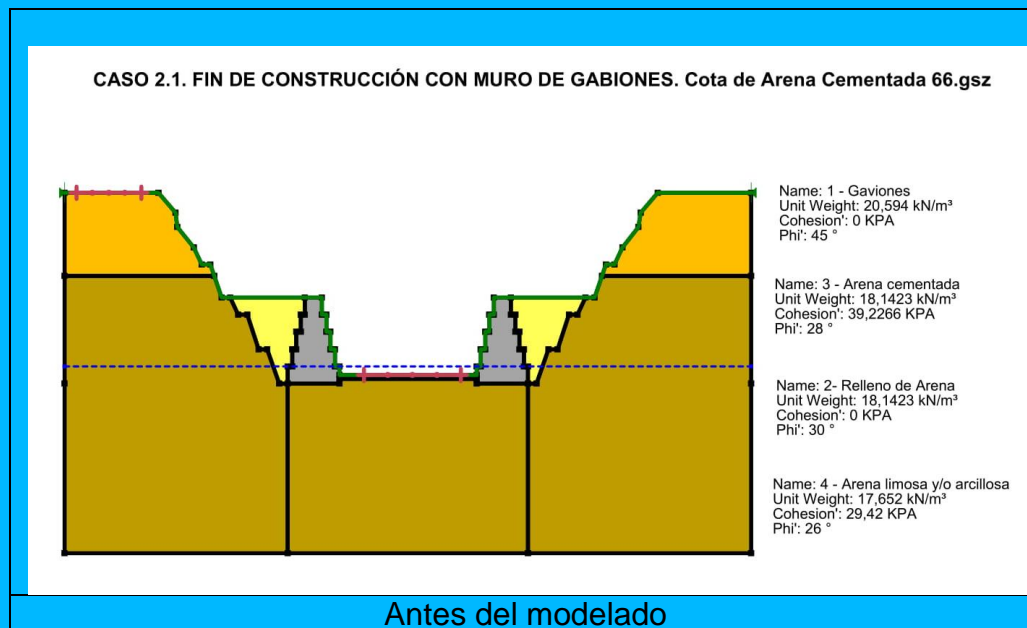


Figura 11. Sección transversal del canal con propiedades de suelos y muro de gaviones construido.

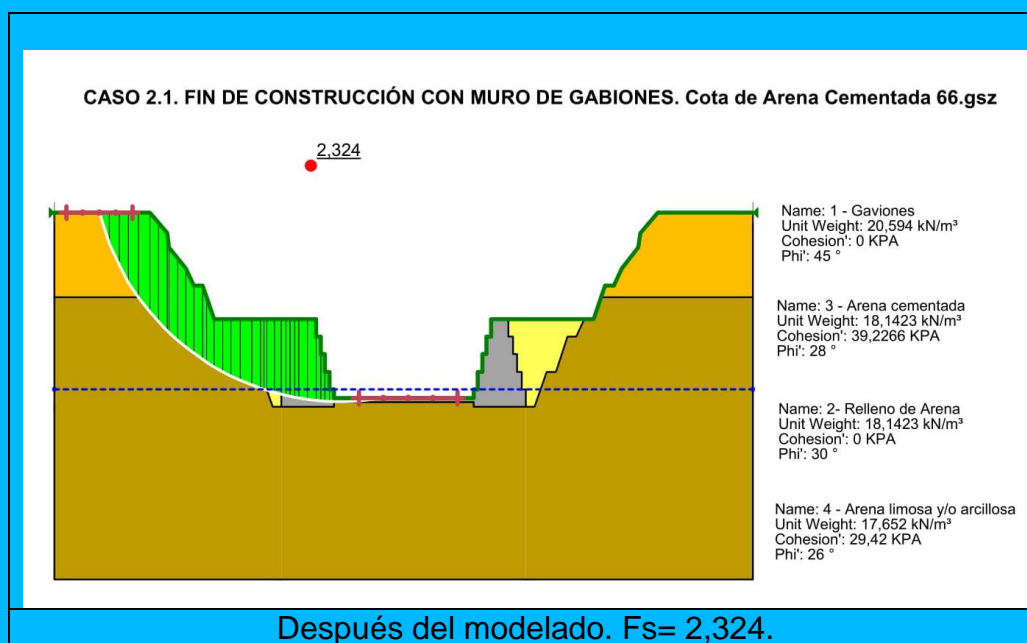


Figura 12. Sección transversal del canal con el muro de gaviones con Factor de Seguridad de Falla Global.

2.2 Cota de Arena Cementada 66

Logos S.R.L. - Ingeniería - Consultoría

Ntra. Sra. de la Asunción, 930 - Teléfono: (595 21) 44 52 69 - Fax: (595 21) 44 52 77

Asunción - Paraguay



LOGOS

Ingeniería - Consultoría

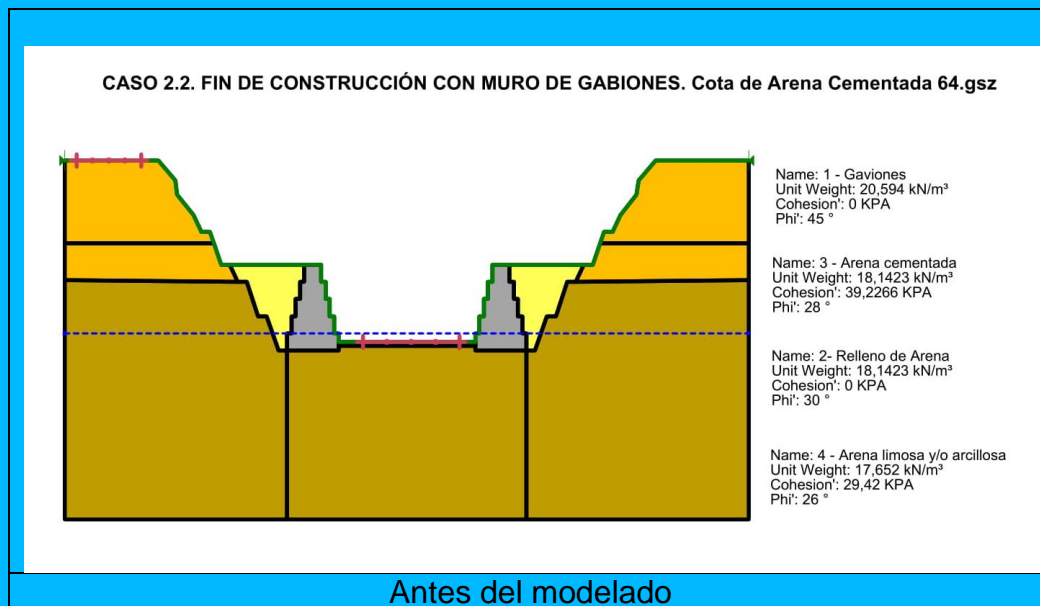


Figura 13. Sección transversal del canal con propiedades de suelos y muro de gaviones construido.

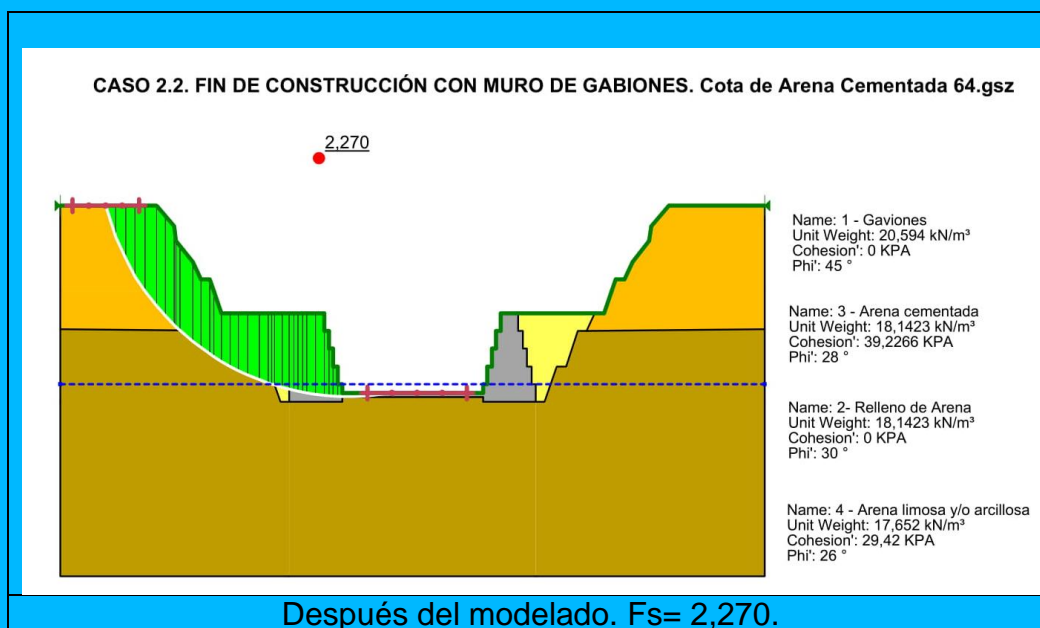


Figura 14. Sección transversal del canal con el muro de gaviones con Factor de Seguridad de Falla Global.

6.2 CÁLCULO DEL EMPUJE ACTIVO SOBRE EL MURO DE GABIONES

Fuerza activa de Ranking (Tabla 7.4 de pp.305 Ref.1)

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \times H m^2 \times K_a$$

$K_a = 0,333$ para $\alpha = 0$ y $\phi = 30^\circ$ (Tabla 7.4 de pp.305 Ref.1)



Tomar $k = 0,333$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 1,85 \text{ t/m}^3 \times (5,0)^2 \text{ m}^2 \times 0,333 = 7,700 \text{ t/m}$$

$$H_m = 5,0/3 = 1,667 \text{ m}$$

$$P_a = 7,700 \text{ t} = 7,700 \text{ t/m}$$

Momento Resistente – Muro de Gaviones

Área	Sección	t/m ³	Peso/m (t)	Brazo del Mom (m)	Mom tm
1	1,0 x 3,00	2,10	6,30	1,50	9,45
2	1,0 x 2,50	2,10	5,25	1,50	7,87
3	1,0 x 2,00	2,10	4,20	1,50	6,30
4	1,0 x 1,50	2,10	3,15	1,50	4,72
5	1,0 x 1,00	2,10	2,10	1,50	3,15

Tabla 1. Momento resistente del muro de gaviones.

$$\sum M_R = 31,50 \text{ tm}$$

$$\text{Momento Activo} = 7,700 \times 1,67 = 12,83 \text{ tm}$$

$$F_s = \frac{31,50}{12,83} = 2,45$$

Por lo tanto, existen buenas condiciones de estabilidad al empuje activo sobre el muro de Gaviones. El muro también es estable al volcamiento debido al empuje activo.

REFERENCIAS

Ref. 1. "Ingeniería de Cimentaciones". Braja M. Das. California State University. 5ta Edición.

A continuación, se presenta la Tabla 7.4 de Coeficientes de Empuje activo de acuerdo a la Referencia 1

**Tabla 7.1** Coeficiente K_a de presión activa de tierra [de la ecuación (7.17)]

$\downarrow \alpha$ (grados)	ϕ' (grados) \rightarrow						
	28	30	32	34	36	38	40
0	0.361	0.333	0.307	0.283	0.260	0.238	0.217
5	0.366	0.337	0.311	0.286	0.262	0.240	0.219
10	0.380	0.350	0.321	0.294	0.270	0.246	0.225
15	0.409	0.373	0.341	0.311	0.283	0.258	0.235
20	0.461	0.414	0.374	0.338	0.306	0.277	0.250
25	0.573	0.494	0.434	0.385	0.343	0.307	0.275

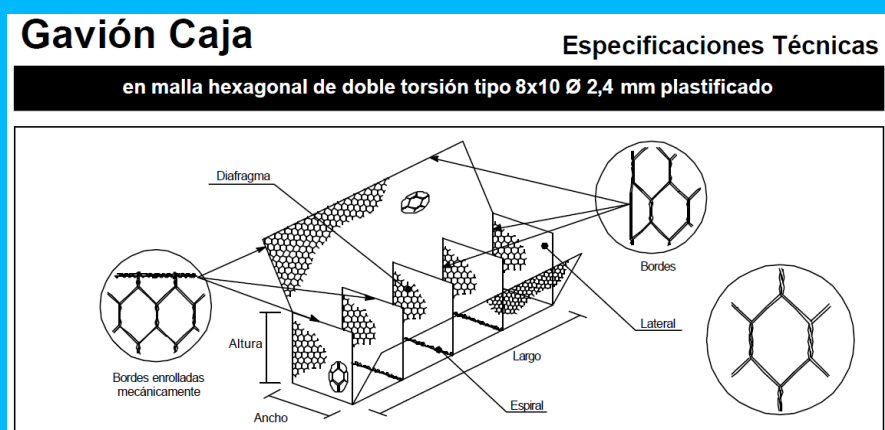
Tabla 2. Coeficiente K_0 de presión activa de tierra.

7. Descripción del Presupuesto de Materiales y Mano de Obra de Gaviones Caja, Colchones Reno, Geotextil y otros”.

Cotización de materiales *especiales* para la Obra de Protección y Contención de los cauces Antequera y Tacuary.

1. Descripción de los materiales.

- **Gaviones caja:** malla hexagonal a doble torsión (Norma Paraguaya NP 17 055 00), con alambre fuertemente galvanizado en caliente más PVC con alambre \varnothing 2,4 mm. (**Norma Paraguaya NP 17 054 99**). Malla 8 cm x 10 cm. Altura de caja de 0,50 m o 1,00 m.



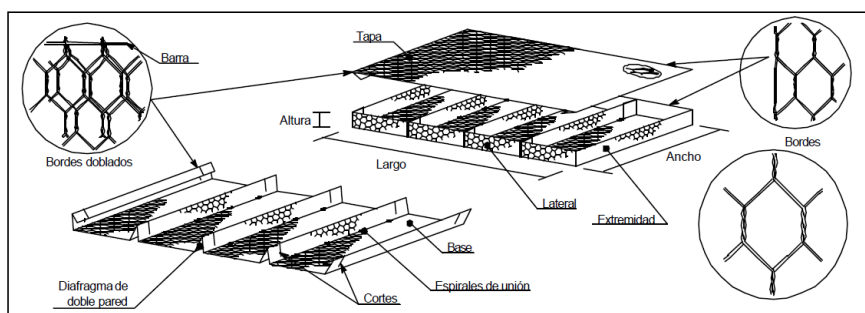
- **Colchones Reno:** malla hexagonal a doble torsión (Norma Paraguaya NP 17 055 00), con alambre fuertemente galvanizado en caliente más PVC con alambre \varnothing 2,0 mm. (**Norma Paraguaya NP 17 054 99**). Malla 6 cm x 0 cm. Espesores de 0.23 m.



Colchón Reno

Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 6x8 Ø 2,0 mm plastificado



- **Geotextil** : agujado producido con hilos o fibras de poliéster, Resistencia al punzonamiento CBR , según ABNT NBR 13359, ≥ 1.5 kN.

2. Presupuesto.

2.1 Presupuesto de Materiales especiales. Cómputo según estudio.

Tipo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
2.1.1 Gaviones cajas Zn+PVC H=0,5 m	m ³	1392.50	\$ 39.00	\$ 54,307.50
2.1.2 Gaviones cajas Zn+PVC H=1,0 m	m ³	13252.50	\$ 32.00	\$ 424,080.00
2.1.3 Colchones Reno Zn+PVC e = 0,23 m	m ²	5250.00	\$ 12.50	\$ 65,625.00
2.1.4 Geotextiles MacTex® H 40.2	m ²	19780.00	\$ 1.35	\$ 26,703.00
2.1.5 Geomanta MacMat R	m ²	10800.00	\$ 11.00	\$ 118,800.00
			Total US\$ IVA incluido	\$ 689,515.50

OBS .: Precio de materiales puestos en el Gran Asunción.

2.2 Presupuesto de Mano de obra de Ejecución y otros (en Gs).



Tipo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Gs.)	Precio Total (Gs.)
2.1 Servicios Preliminares				
2.1.1 Excavación	m ³	35117	Gs 75,000	Gs 2,633,775,000
2.1.2 Regularización de la base	m ²	10850	Gs 12,000	Gs 130,200,000
2.1.3 Relleno de arena	m ³	18977	Gs 50,000	Gs 948,850,000
2.2. Mano de obra de ejecución				
2.2.1 Carga de Gaviones caja	m ³	14645	Gs 160,000	Gs 2,343,120,000
2.2.2 Carga de Colchones de Gaviones	m ²	5250	Gs 47,000	Gs 246,750,000
2.2.3 Colocación de geotextiles	m ²	19780	Gs 5,000	Gs 98,900,000
2.2.4 Colocación de Geomantas	m ²	10800	Gs 20,000	Gs 216,000,000
2.3. Materiales comunes y otros				
2.3.1 Piedra Bruta (*)	m ³	20291	Gs 165,000	Gs 3,347,942,400
2.4. Movilización, Desmovilización y viáticos	Global	1	Gs 322,652,400	Gs 322,652,400
			Total Gs IVA incluido	Gs 10,288,189,800

OBS.: El monto total deberá ser ajustado en el momento de la ejecución de acuerdo a las mediciones en obra.

De la provisión de piedra se ocupará el cliente. Si la piedra no se puede entregar a pie de obra, el cliente se ocupará de su traslado hasta el sitio del muro o se establecerá un costo para dicho trabajo. De los ítems en rojo se encargará el cliente. Un frente de trabajo con 10 personales más apoyo de una retroexcavadora producen 40 m3 de gaviones colocados.

3. Forma de pago:

MATERIALES: 50% a la aceptación de la propuesta, contra entrega de productos.

MANO DE OBRA: Contra certificación de trabajos en Obra.

4. Validez del presupuesto: 15 (quince) días.