



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Titulación previa a la obtención del título de
Ingeniero Civil**

**ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL Y LOCAL EN LAS
PILAS DEL PUENTE DEL RÍO ACHIOTE**

**AUTOR: Luis Roberto Condor Catota
DIRECTOR: Ing. Carlos Aguilar León, M. Sc**

Quito, octubre de 2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

YO, Ingeniero **Carlos Aguilar**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación con el tema: “ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL Y LOCAL EN LAS PILAS DEL PUENTE DEL RÍO ACHIOTE” del estudiante **Luis Roberto Condor Catota**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los meritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad

Quito, octubre del 2012

Ing. Carlos Aguilar

C.I.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

Yo Luis Roberto Condor Catota, declaro que el trabajo de investigación denominado: ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL Y LOCAL EN LAS PILAS DEL PUENTE DEL RÍO ACHIOTE es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Quito, octubre del 2012

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Rosita Amelia

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Roberto.

Por ser un ejemplo a seguir de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi Querida esposa,

Que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante para cumplir otra etapa en mi vida.

A Amelita,

aunque todavía te encuentres en el vientre de Andreita y un día vas aprender a leer por eso también te dedico esta tesis te amo nena

*A mis hermanos
Fabián, Jaqueline, Rocío, que fueron fuente de luz, convirtiéndose en pilares
fundamentales para mi formación profesional*

*A mis Amigos
Sin Excluir a ninguno pero en especial a Mario y Camilo Guevara, Giovanni
Navarrete, Iván Bastidas porque me han dado la confianza, apoyo
Y demás compañeros de la UIDE*

*Al Ing. Carlos Aguilar
Profesor, cuya dirección a hecho
posible la culminación de la tesis*

*A los Profesores, cuya enseñanza
es invaluable para la UIDE y la
cual dedico con orgullo*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Internacional del Ecuador que me abrió las puertas dándome la oportunidad de formarme como profesional.

A mis profesores Ing. Felipe Baquero, Ing. Carlos Aguilar, Ing. Wilson Montenegro, Ing. Juan Maldonado, miembros de tribunal que han compartido sus conocimientos guiándome y apoyándome para ver culminado este proyecto de tesis y así ver alcanzada esta meta.

A mis maestros de la Facultad de Ingeniería Civil que impartieron en mí sus conocimientos inculcando amor por la carrera.

Un agradecimiento especial a mis compañeros William Hurtado, Santiago Cevallos que de una u otra forma ayudaron a concluir con la Tesis.

A mi esposa Andreita que con su apoyo se logro con la culminación de la Tesis.

INDICE GENERAL DE CONTENIDO

Págs.

| | |
|--|-------|
| Página de portada | i |
| Página de aprobación del tutor | ii |
| Página de Autoría del trabajo de fin de carrera | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimiento | vi |
| Índice general de Contenido | vii |
| Índice de cuadros, Figuras, Tablas, fotos y anexos | xiv |
| Resumen | xviii |
| Introducción | xix |

| | |
|--|-------|
| CAPITULO I | |
| GENERALIDADES | Págs. |
| 1.1.- Descripción del problema físico | 1 |
| 1.2.- Objetivos del presente trabajo de titulación | 3 |
| CAPÍTULO II | |
| HIDRÁULICA FLUVIAL | |
| 2.1.- Introducción a la Hidráulica Fluvial. | 4 |
| 2.1.1.- Definición de Ingeniería de Ríos | 4 |
| 2.1.2.- Definición de Hidráulica Fluvial | 5 |
| 2.2.- Lechos de material suelto (sin cohesión) | 6 |
| 2.3.- Formas del Lecho | 6 |
| 2.3.1.- En material uniforme | 7 |
| 2.3.2.- En ríos de montaña | 9 |
| 2.4. Factores que influyen el proceso de socavación en un cuenco | 10 |
| 2.4.1.- Vórtices en herradura | 12 |
| 2.4.2.- Vórtices de Estela | 12 |

| | |
|---|----|
| 2.5.- Características hidrodinámicas del flujo en un curso natural alrededor de un obstáculo. | 12 |
| 2.5.1.- Alrededor de un obstáculo | 12 |
| 2.6.- Análisis de la resistencia al movimiento en lechos de material suelto. | 14 |
| 2.7.- Umbral de Movimiento | 14 |
| 2.7.1.- Tensión cortante adimensional | 15 |
| 2.7.2.-Tensión cortante en el fondo | 15 |
| 2.7.3 Velocidad de corte | 16 |
| 2.8.- Definiciones y tipos de socavación | 17 |
| 2.8.1.-Socavación normal o general | 17 |
| 2.8.2.-Socavación en estrechamientos | 18 |
| 2.8.3.-Socavación en curvas | 18 |
| 2.8.4.- Socavación local en estribos | 18 |
| 2.8.5.- Socavación local en pilas | 20 |
| 2.8.6.- Socavación debida al material flotante en pilas | 21 |
| 2.8.7.- Socavación por aumento del caudal | 21 |

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LOS MECANISMOS DE SOCAVACIÓN LOCAL

| | |
|--|----|
| 3.1.- Introducción | 22 |
| 3.2.- Factores que influyen en el fenómeno físico | 22 |
| 3.3.- Generalidades sobre la socavación local en ríos | 23 |
| 3.3.1.- Socavación local en estrechamientos | 23 |
| 3.3.2.- Socavación local en curvas | 26 |
| 3.3.3.- Socavación local en estructuras especiales | 27 |
| 3.4.- Variables geométricas, hidráulicas y sedimentológicas. | 28 |

CAPÍTULO IV

RELACIONES EMPIRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SOCAVACIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1.- Descripción del problema | 30 |
| 4.2.- Resumen de las relaciones empíricas y semiempíricas. | 31 |
| 4.2.1. Erosión General | 31 |
| 4.2.2. Erosión local en pilas de puentes | 36 |
| 4.2.2.1.- Método I, Laursen – Toch | 36 |
| 4.2.2.2.- Método II, Yaroslavtziev | 39 |

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN EN EL RÍO ACHIOTE

| | |
|--|----|
| 5.1.- Aspectos Generales | 44 |
| 5.2.- Información básica para el estudio | 46 |
| 5.3.- Características generales de la cuenca aportante | 46 |
| 5.3.1.- Cálculo del Área de Drenaje | 47 |
| 5.3.2.- Estudio hidrológico | 48 |
| 5.4.- Cálculo de la socavación | 49 |
| 5.4.1.- Metodología | 49 |
| 5.4.2.- Tipos de socavación a analizarse | 49 |
| 5.4.3.- Otros tipos de socavación | 50 |
| 5.5.- Caudal de diseño | 51 |
| 5.5.1.- Método racional | 51 |
| 5.5.2.- Cálculo de la socavación | 55 |
| 5.5.3.- Resultados | 62 |
| 5.6.- Conclusiones y recomendaciones | 66 |
| 5.6.1.-Conclusiones | 66 |
| 5.6.2.-Recomendaciones | 68 |

CAPÍTULO VI

PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 6.1.- Medidas de mitigación | 70 |
| 6.2.- Objetivos de la propuesta | 70 |
| 6.3.- Justificación de la propuesta | 70 |
| 6.4.- Medidas de mitigación a implementarse | 71 |
| 6.4.1.- Protecciones con enrocado | 71 |
| 6.4.2.- Protección al pie de las pilas con enrocados | 72 |
| 6.4.3.- Construcción de gaviones | 73 |
| 6.4.4.- Protecciones con bolsacreto | 74 |
| 6.5.- Evaluación del impacto social económico ambiental | 78 |

CAPÍTULO VII

PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN

| | |
|-----------------------------------|----|
| 7.1.- Introducción | 80 |
| 7.2.- Alternativas con bolsacreto | 80 |
| 7.3.- Alternativas con enrocado | 81 |
| 7.4.- Alternativas con gaviones | 82 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 7.5.- Comparación de alternativas | 84 |
| 7.6.- Análisis de precios unitarios | 85 |
| 7. 7.- Presupuesto referencial | 99 |
| 7.8.- Cronograma valorado | 100 |
| Bibliografía. | |

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS, FOTOS Y ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. *Vórtices o remolinos junto a la pila*

Figura 2. *Vórtice de herradura*

Figura 3. *Sistema de Vórtices y dirección de los mismos en un flujo*

Figura 4 . *Transporte de sedimentos*

Figura5. *Perfil transversal de un río*

Figura 6. *Formas de fondo en cauces aluviales*

Figura 7. *Barras de sedimentación*

Figura 8. *Características del flujo alrededor de una pila*

Figura 9. *Sección Longitudinal de un puente*

Figura 10. *Diagrama de Shields, esfuerzo de corte crítico vs. Número de Reynolds*

Figura 11 . *Tipos comunes de estribos*

Figura 12. *Tipos de socavación en un cauce*

Figura 13. *Estrechamiento de un cauce*

Figura 14. *Tipos de flujo en la zona del puente*

Figura 15. Forma del lecho en la curva de un río

Figura 16. Coeficiente K_g Método de Laursen y Toch. Adaptada de Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A (1992)

Figura 17. Valores de K_f y b_1 para diferentes pilas y distintos ángulos de incidencia

Figura 18. Ubicación del Proyecto

Figura 19. Sección Hidráulica del Río Achiote

Figura 20. Detalle típico de margen protegido con enrocado verificar

Figura 21. Secciones típicas de protección de márgenes con enrocados

Figura 22. Colocación del pedraplén de protección

Figura 23. Detalle de malla de gavión

Figura 24. Detalles de bolsacreto

Figura 25. Colocación de bolsacreto para la protección de márgenes

Figura 26. Colocación de enrocado visto en corte

Figura 27. Colocación de gaviones en corte y planta

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. *Coeficiente de contracción μ*

Tabla 2. *Valores de x en función del tipo de suelo*

Tabla 3. *Coeficiente K_f*

Tabla 4. *Datos geométricos del río Achiote*

LISTA DE FOTOS

Foto 1. *Río de montaña, (Río Achiote)*

Foto 2. *Río Achiote*

Foto 3 . *Colocación de pilas al paso de la corriente*

Foto 4. *Aro alrededor de una pila circular como dispositivo para controlar la profundidad de socavación.*

Foto 5. *Colchonetas de gaviones para aguantar la fuerza de la corriente*

Foto 6. *Colocación de espigones aguas arriba del puente*

Foto 7. *Colocación de bolsacretos*

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. *Perfil de socavación general*

ANEXO 2. *Perfil de socavación general y local*

ANEXO 3. Perfil Estratigráfico Longitudinal y resultados de los SPT

ANEXO 4. Estudio de suelos

ANEXO 5. Resultado de los ensayos de suelos

ANEXO 6. Formaciones Geológicas

ANEXO 7. Propiedades Físico Mecánicas de los suelos

ANEXO 8. Estudio de Impacto Ambiental

ANEXO 9. Área de influencia del Proyecto

ANEXO 10. Anexo fotográfico

ANEXO 11. Carta Topográfica

Resumen

La importancia y el enfoque que se le de al fenómeno de socavación dependerá el éxito del diseño estructural.

Se debe tener en cuenta que a medida que la profundidad de socavación continúa, el área hidráulica debajo del puente aumenta, y la velocidad y la resistencia al flujo decrecen resultando en una reducción en el remanso, por lo que es fundamental establecer esta profundidad a fin de realizar un adecuado diseño de la cimentación del puente el mismo que requiere la evaluación de aspectos topográficos, hidrológicos, hidráulicos, estructurales y geotécnicos.

La determinación de los parámetros hidráulicos como: la creciete máxima esperada, la profundidad de flujo, características del lecho, forma, separación y dirección de las pilas, entre otros, se vuelven de gran relevancia.

La evaluación de un puente con relación a la socavación se hace por medio de métodos establecidos, la socavación es la combinación de varios factores, unos a largo plazo y otros transitorios durante crecientes, teniendo como resultado la socavación general y la local.

Análisis de las socavación local en puentes /Factores que influyen en el fenómeno físico de socavación /Análisis de la socavación local y general en las pilas de puente sobre el río Achiote/ Medidas de mitigación /Presupuesto.

Introducción

La construcción de un puente implica en ocasiones que se invada parte del cauce con el consecuente estrechamiento de su sección transversal produciéndose cambios en la velocidad del flujo y en la pendiente hidráulica de la corriente en que se construye.

La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y arrastra material del fondo del lecho y de las paredes de un cauce, este se convierte en una de las causas más comunes para que un puente colapse.

La profundidad de socavación alrededor de pilas de un puente se ve influenciada por el tipo de transporte de sedimentos, por lo que es necesario conocer la configuración inicial del lecho, para determinar la magnitud de socavación tanto general como local que se producirá así como el comportamiento de la estructura y de esta manera poder aplicar las medidas de mitigación mas adecuadas.

CAPÍTULO II

HIDRÁULICA FLUVIAL

2.1.- Introducción a la Hidráulica Fluvial.

La población mundial viene creciendo a gran velocidad. La escorrentía es muy variable en el tiempo y en el espacio, hay regiones del planeta donde la escasez de agua es notable, se denominan Zonas Áridas, etimológicamente secas, aquéllas en las que el agua es el factor limitante del desarrollo; el agua es, o debe ser, entonces, la variable que controla su planificación. La escorrentía es también variable en el tiempo, hay periodos de abundancia y periodos de escasez.

El agua es un recurso natural insustituible para el desarrollo de los pueblos, los ríos son recursos valiosos, son nuestra fuente de vida.

Corresponde a la ingeniería Fluvial estudiar los equilibrios preexistentes y adivinar los efectos de una intervención y adecuación al aprovechamiento de los recursos o a la reducción de los riesgos de daño

2.1.1.- Definición de Ingeniería de Ríos

Los ríos forman parte del Ciclo Hidrológico, que como sabemos constituye un proceso que no tiene principio ni fin, el agua es un recurso escaso que tenemos que aprovechar del mejor modo posible.

La Hidráulica Fluvial tiene mucho que ver con el diseño, construcción, operación y comportamiento de importantes estructuras hidráulicas, se recurre también a la construcción de presas con el objeto de regular caudales.

La pendiente de un río establece la diferencia mas importante en cuanto al régimen hidráulico. Se llaman ríos torrenciales los que tienen una pendiente mayor al 1,5% y torrentes los cursos de agua de pendiente mayor que el 6%.

2.1.2.- Definición de Hidráulica Fluvial

La Hidráulica Fluvial no puede comprenderse ni aplicarse aisladamente de una serie de disciplinas de ingeniería que le son complementarias. Así, la Hidráulica Fluvial se ubica dentro de la Hidráulica General y de la Hidráulica de Canales en particular, la Meteorología y la Hidrología resultan indispensables para el estudio de una de las fases del fenómeno fluvial. La Geología, la Geomorfología y disciplinas afines constituyen fundamento importante para la mejor comprensión del comportamiento fluvial.

La teoría del Transporte de Sedimentos resulta indispensable para entender el problema, el proceso de producción de sedimentos en las cuencas y su transporte por parte de las corrientes naturales es muy complejo, la cuantificación de los sedimentos para proyectos de Ingeniería se basa actualmente en mediciones y en la aplicación de métodos empíricos.

Los criterios para clasificar el transporte de sedimento en un río son: según el modo de transporte y según el origen del material transportado.

El material puede ser transportado en suspensión, manteniéndose entre la masa del flujo gracias a fenómenos de turbulencia, o por el fondo, rodando, arrastrándose o saltando.



Figura 4 .Transporte de sedimentos

2.2.- Lechos de material suelto (sin cohesión)

El material suelto rueda aguas abajo, estando en contacto con la superficie, esto se llama arrastre o acarreo, las fuerzas ejercidas por el fluido sobre la partícula son sólo las suficientes para hacer rodar la partícula alrededor del punto de contacto con la superficie, dependiendo de esta el material suelto puede ser desalojado por la partícula.

En los ríos, este proceso se repite continuamente, erosionando el lecho del río, y también transportando material fresco desde aguas arriba a altas velocidades, el impulso y el momento que el fluido ejercen sobre la partícula son suficientes para llevarla lejos de la superficie dentro del flujo.

Para suelos no cohesivos se examina el equilibrio de las partículas de suelo que se encuentran bajo la acción del flujo, sin considerar la fuerza de adherencia. La propiedad individual de las partículas de un lecho granular que más importancia tiene en Hidráulica Fluvial es el peso, para efectos de cálculo del proceso erosivo se utiliza el concepto de profundidad de comienzo de erosión, el cual proviene de la observación en corrientes de agua con lecho de material no cohesivo, existe una relación de equilibrio entre la granulometría de ese material y las velocidades de la corriente. Esto se debe a que la corriente produce un esfuerzo de corte sobre el lecho que tiene capacidad de movilizar el material contenido en el lecho con diámetro menor al diámetro de equilibrio.

2.3.- Formas del Lecho

Las características de las formas de fondo de un lecho están prácticamente determinadas por la potencia de la corriente y el diámetro medio del material.

El cauce o lecho de un río es el canal natural por el que circulan las aguas del mismo. En su análisis intervienen dos conceptos: perfil transversal, es decir, el perfil que indicaría el fondo del cauce entre una orilla y otra.

El perfil transversal típico del cauce de un río forma una depresión cóncava con la parte más profunda donde la corriente del río es más fuerte

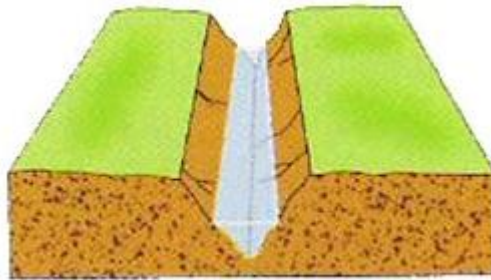


Figura5. Perfil transversal de un río

2.3.1.- En material uniforme

Cuando el sedimento no ha comenzado a moverse, la resistencia al flujo equivale a la de un fondo fijo, de allí que el fondo plano sin movimiento sea de interés solo para determinar las condiciones de movimiento incipiente, es decir ha superado el umbral del movimiento, puede presentar una configuración ondulada, las formas de fondo ocurren con toda propiedad en lechos de arena, estas son importantes porque participan en el transporte de sedimento y son decisivas en la rugosidad.

Los rizos son pequeñas sinuosidades vistas en el perfil del cauce con elementos (pueden tener entre 0.1 y 0.5 m de longitud y 0.5 a 5 cm de altura) de forma triangular, que en su cara aguas arriba, tiene pendiente muy suave pero el talud aguas abajo es abrupto o pronunciado. La presencia de los rizos pasa desapercibida al nivel de la superficie del agua; en general, la corriente lleva muy poco material del lecho en suspensión.

Las dunas son también elementos de forma triangular, pero mucho más grande que los rizos. Su longitud depende del tamaño del sistema fluvial (pueden tener 100 m de largo), y causan notables perturbaciones en el flujo de las aguas. En las dunas, como en cualquier caso de flujo subcrítico sobre un obstáculo, la depresión en la superficie del agua coincide con la máxima altura del obstáculo.

Las antidunas forman un tren de ondas simétricas, en fase, de arena y agua, que crecen gradualmente a partir de un fondo plano donde hay intenso movimiento de

sedimento. Estas ondas pueden llegar a ser inestables y se rompen como una ola marina, o pueden desaparecer gradualmente. En el primer caso se llaman antidunas rompientes o simplemente antidunas, y en el segundo, se conocen como ondas estacionarias.

Como se puede ver en la figura se tiene diferentes formas de lecho para cauces aluviales de material uniforme.

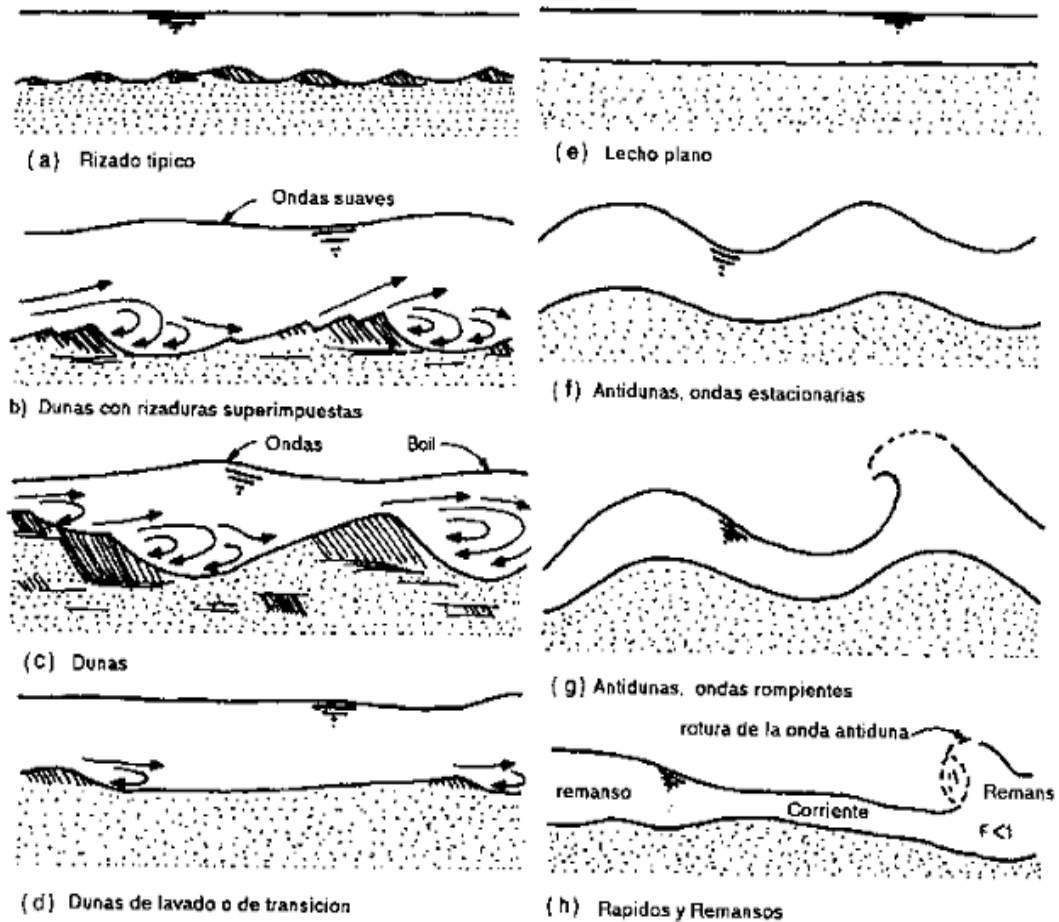


Figura 6. Formas de fondo en cauces aluviales

Cuando el cauce tiene pendientes muy pronunciadas, la forma más característica es la de pozos y rápidos. El flujo consiste en una zona larga de rápidos, donde el flujo acelerado produce un resalto hidráulico, generando una zona de aguas tranquilas llamada pozo, antes de comenzar a acelerarse de nuevo.

2.3.2.- En ríos de montaña

La morfología de los ríos de montaña presenta dos características principales, presenta un sedimento mucho más grueso y una pendiente longitudinal del cauce mucho más elevada.

Las partículas sólidas de mayor tamaño son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo. Existe un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo y a veces avanzando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo.



Foto 1. Río de montaña, (Río Achiote)

En tramos donde la granulometría es mayor se van a formar barras de sedimentación a ambos lados de los meandros llamados (point bar) o acumulaciones dentro del cauce que van a formar los rápidos y remansos o también llamados (riffles y pools).

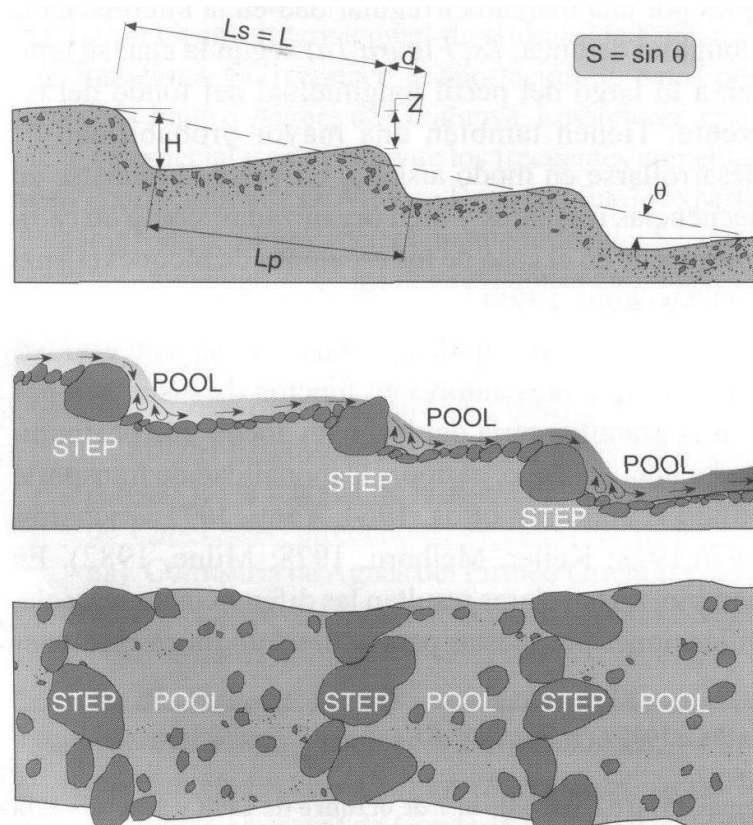


Figura 7. Barras de sedimentación

2.4. Factores que influyen en el proceso de socavación en un cuenco

El obstáculo que representa para el flujo la presencia de una pila genera un complejo fenómeno tridimensional, que, simplificando, consta de los siguientes elementos:

Se genera un flujo descendente en la parte frontal de la pila que provoca, por un lado, un vórtice superficial, que se refleja en una sobreelevación de la lámina de agua en la cara aguas arriba de la pila y por otro lado unos vórtices de herradura que actúan en el lecho del cauce, tanto en la parte frontal como en la parte lateral de la pila.

En la parte aguas abajo de la pila se generan los vórtices de estela, como consecuencia de la separación del flujo. Estos vórtices interactúan con los de herradura aumentando el poder erosivo del flujo.

Estos elementos representados en la *Figura 8*, son los responsables de la formación del foso de erosión alrededor de una pila. Este foso consta de dos partes: un foso de mayor pendiente y muy poca profundidad, situado de forma adyacente a la pila, y otro de forma cónica con la pendiente igual al ángulo de fricción en reposo del sedimento. El primero se ha formado por la acción directa de los vórtices de herradura, mientras que el segundo se va formando a medida que la erosión local va progresando.

A medida que la profundidad de erosión se incrementa la fuerza de los vórtices disminuye, con lo que el transporte de sedimentos decrece.

La capacidad de aspiración de todos estos vórtices y un incremento local de la tensión cortante en el fondo es lo que provoca la formación del foso alrededor de la pila. Este foso consta de dos partes: un foso de mayor pendiente y muy poca profundidad, situado de forma adyacente a la pila, y otro de forma cónica con la pendiente igual al ángulo de fricción en reposo del sedimento. El primero se ha formado por la acción directa de los vórtices de herradura, mientras que el segundo se va formando a medida que la erosión local va progresando.

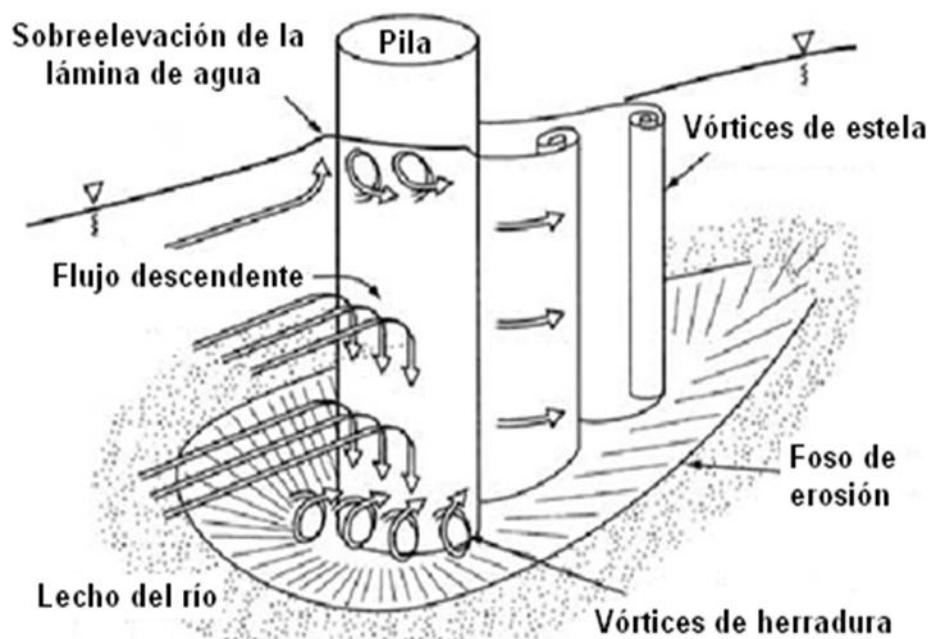


Figura 8. Características del flujo alrededor de una pila

2.4.1.- Vórtices en herradura

Son los filamentos de vórtices que atraviesan el escurrimiento por la presencia de una pila para dar origen al sistema de vórtices en herradura. Estos vórtices se pueden describir básicamente con tres parámetros: el diámetro, la velocidad y la fuerza o intensidad que tienen. Su forma es aproximadamente elíptica en el plano vertical de la línea de simetría del flujo.

2.4.2.-Vórtices de Estela

La vorticidad concentrada en el sistema de vórtices de estela está generada por la propia pila, contrariamente al caso de vórtices en herradura. El sistema de vórtices de estela está formado por el enrulamiento de capa límite inestable, generada en la superficie de la pila, a partir de la línea de separación a cada lado de ella.

Para números de Reynolds de interés práctico el sistema es inestable y los vórtices se desprenden alternativamente a cada lado de la pila y se desplazan hacia aguas abajo. La intensidad de estos vórtices dependen de la forma de la pila y la velocidad del fluido.

Una pila de forma hidrodinámica provocará una estela débil, mientras que en otra más tosca producirá una fuerte. El sistema de vórtices de estela actúa, debido a su baja presión, como una aspiradora, removiendo el material del lecho que es transportado aguas abajo por los remolinos desprendidos de la pila

2.5.- Características hidrodinámicas del flujo en un curso natural alrededor de un obstáculo.

2.5.1.- Alrededor de un obstáculo

La construcción de un puente implica en ocasiones que se invada parte del cauce con el consecuente estrechamiento de su sección transversal produciéndose cambios en la velocidad del flujo y en la pendiente hidráulica de la corriente, el fenómeno consiste en que alrededor del obstáculo se dan velocidades localmente mayores que las medias de la corriente, acompañadas de un sistema de vórtices

frontales, laterales y de estela detrás del mismo, principal responsable de la socavación.

La geometría del puente se muestra en una sección longitudinal (perfil), donde se indica: la superestructura y la infraestructura (pila y estribo).



Figura 9. Sección Longitudinal de un puente

Si una obstrucción se sitúa en una corriente, el patrón de flujo en las inmediaciones de esa obstrucción se modificará, puesto que la capacidad de transporte de sedimento en el fondo del río (arena o grava) es una función de las características del flujo, el cambio en el flujo producirá cambios en el fondo del lecho del río, los granos son aspirados por los vórtices, hay una dependencia mutua entre el flujo y el foso de socavación de manera que si las condiciones hidráulicas son permanentes, se alcanza un equilibrio en la forma y tamaño de los fosos.



Foto 2. Río Achiote

2.6.- Análisis de la resistencia al movimiento en lechos de material suelto.

En el análisis del flujo en cauces naturales existe una fuerte interrelación entre el factor de fricción, el transporte de sedimentos y la configuración geométrica de la superficie del lecho, esta última definida como forma del lecho o configuración del fondo.

Cuando el material de fondo es grueso y no cohesivo, es el peso sumergido de las partículas el que se opone al movimiento y tienden a moverse individualmente. Si el material es fino y contiene limos y arcillas, son las fuerzas cohesivas entre partículas las que resisten el movimiento, por lo que el material se mueve en bloques, como una unidad.

2.7.- Umbral de Movimiento

Las condiciones para que en un momento determinado una partícula empiece a moverse por medio de la fuerza de arrastre del agua se puede determinar mediante el transporte de sedimentos.

El instante en el que se inicia el movimiento de las partículas de fondo se llama umbral o inicio de movimiento.

El lecho granular que soporta la circulación de una corriente de agua verá en algún momento desplazada una partícula por la fuerza del arrastre del agua.

Saber en que condiciones ocurre esto es el problema del umbral, principio, o condición crítica del movimiento de fondo.

El ábaco de Shields trabaja con dos variables adimensionales: la tensión de corte adimensional $\bar{\tau}$ y el número de Reynolds granular Re^* .

2.7.1 Tensión cortante adimensional

Es un parámetro adimensional que depende del tamaño y peso sumergido de la partícula.

La tensión de corte adimensional, parámetro de Shields o de movilidad $\bar{\tau}$ relaciona la acción del agua sobre el fondo con la resistencia de la partícula a ser movida, es decir es el cociente entre la fuerza desestabilizadora (acción de arrastre proporcional a $\tau_0 D^2$) y la estabilizadora (fuerza de peso proporcional a $(\gamma_s - \gamma_w) D^3$).

$$\bar{\tau} = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma_w) D} \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde τ_0 es la tensión de corte en el fondo, $(\gamma_s - \gamma_w)$ es el peso específico sumergido de la partícula y D es el diámetro que caracteriza el volumen.

2.7.2 Tensión cortante en el fondo

Depende del peso específico del material, del radio hidráulico y de la pendiente motriz de la sección; representando así la acción del agua sobre el fondo.

Como primera aproximación la acción cortante en el fondo se puede expresar como:

$$\tau_o = \gamma_w \times R \times S \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde γ_w es el peso específico del agua, R es el radio hidráulico y S es la pendiente

2.7.3 Velocidad de corte

La acción del agua sobre el fondo puede representarse también por una velocidad característica llamada velocidad de corte V_* .

$$V_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde ρ es la densidad del agua.

Esta velocidad constituye también el número de Reynolds granular Re^* que refleja el grado de turbulencia o la relación entre las fuerzas de inercia y las viscosas alrededor de un grano.

$$Re^* = \frac{V_* D}{\nu} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde ν es la viscosidad cinemática del agua.

En el ábaco de Shields se entra con un punto al que le corresponde un valor de τ y otro de Re^* . Si el punto se encuentra sobre la curva las partículas de fondo estarán en el inicio de movimiento, si está por encima estarán en movimiento y si está por debajo en reposo.

A mayor Re^* el movimiento es más turbulento alrededor de la partícula y la curva de Shields tiende a ser horizontal, cosa que guarda una sugestiva analogía con el problema de la fricción en tuberías (ábaco de Moody)

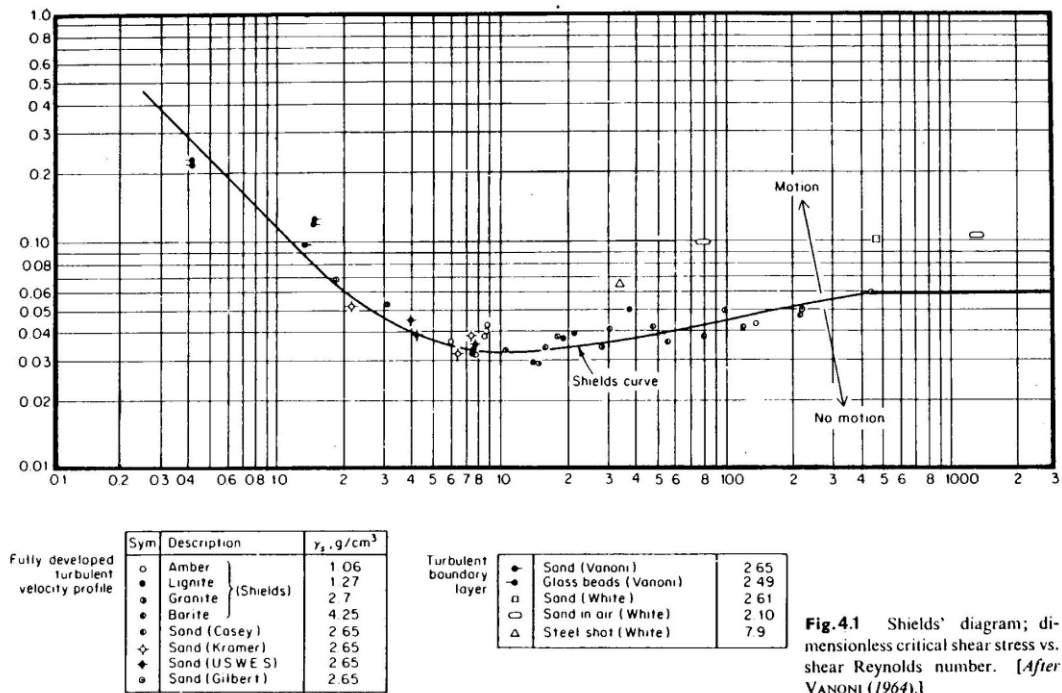


Fig. 4.1 Shields' diagram; dimensionless critical shear stress vs. shear Reynolds number. [After VANONI (1964).]

Figura 10. Diagrama de Shields, esfuerzo de corte crítico vs. Número de Reynolds

2.8.- Definiciones y tipos de socavación

La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material del lecho y de las bancas de un cauce.

La socavación que una corriente de agua produce en el cauce por el que circula, puede ser de diversos tipos.

2.8.1.-Socavación normal o general

Se entiende por socavación general el descenso del fondo de un río que se produce al presentarse una creciente y es debida al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido que en ese momento adquiere la corriente, en virtud de su mayor velocidad.

La posibilidad de arrastre de los materiales de fondo en cada punto se considera, a su vez, dependiendo de la relación que existe entre la velocidad media del agua y la velocidad media requerida para arrastrar las partículas que constituyen el fondo.

2.8.2.-Socavación en estrechamientos

En este caso la velocidad aumenta por efecto de una reducción de área hidráulica en su cauce, el efecto es muy importante en puentes, donde por lo común y por razones de economía suelen ocurrir las mencionadas reducciones, si bien puede presentarse en otros lugares del curso del río, en que un estrechamiento más o menos brusco tenga lugar.

Los cambios que la presencia de un puente impone a la corriente son principalmente los siguientes:

Cambio de la velocidad del flujo del agua en el cauce principal y en avenidas

Cambio en la pendiente de la superficie libre del agua, hacia arriba y hacia abajo del puente. Cuando ocurre una crecida aumenta la velocidad y como consecuencia la capacidad de transportar sedimentos. Esto origina un mayor arrastre del material de fondo.

2.8.3.-Socavación en curvas

Cuando un río describe una curva existe una tendencia en las láminas de agua situadas más lejos del centro de curvatura a caminar más aprisa que las situadas más hacia el interior; como consecuencia, la capacidad de arrastre de sólidos de las primeras es mayor que la de las segundas y la profundidad de erosión es mayor en la parte del cauce exterior a la curva que en la interior. El efecto es importante y ha de ser tenido en cuenta en la construcción de puentes en curvas de río o en el diseño de enrocamientos de protección en los mismos lugares pues al disminuir la velocidad la curva aumenta el depósito en esta zona y, por ello, disminuye la zona útil para el flujo del agua y al aumentar la profundidad y el área hidráulica, aumenta el gasto.

2.8.4.- Socavación local en estribos

Los fenómenos que causan la socavación local en estribos son la separación del flujo y los vórtices de herradura que remueven las partículas.

La obstrucción al flujo forma un vórtice de eje horizontal que empieza en la parte aguas arriba y corre a lo largo del pie de la estructura y un vórtice de eje vertical al final.

Mecanismo de Socavación

- El mecanismo de socavación en el extremo aguas arriba del estribo es el vórtice de herradura.
- Aguas abajo del estribo, el flujo puede separarse del borde y producir otro vórtice (similar al vórtice lateral en pilas), y atacar el relleno de aproximación.

Condiciones Generales

Tipos de estribo.- Existen en general tres tipos:

- a. Estribos con pendiente al frente (estribos inclinados).
- b. Estribos verticales con paredes laterales.
- c. Estribos verticales sin paredes verticales.

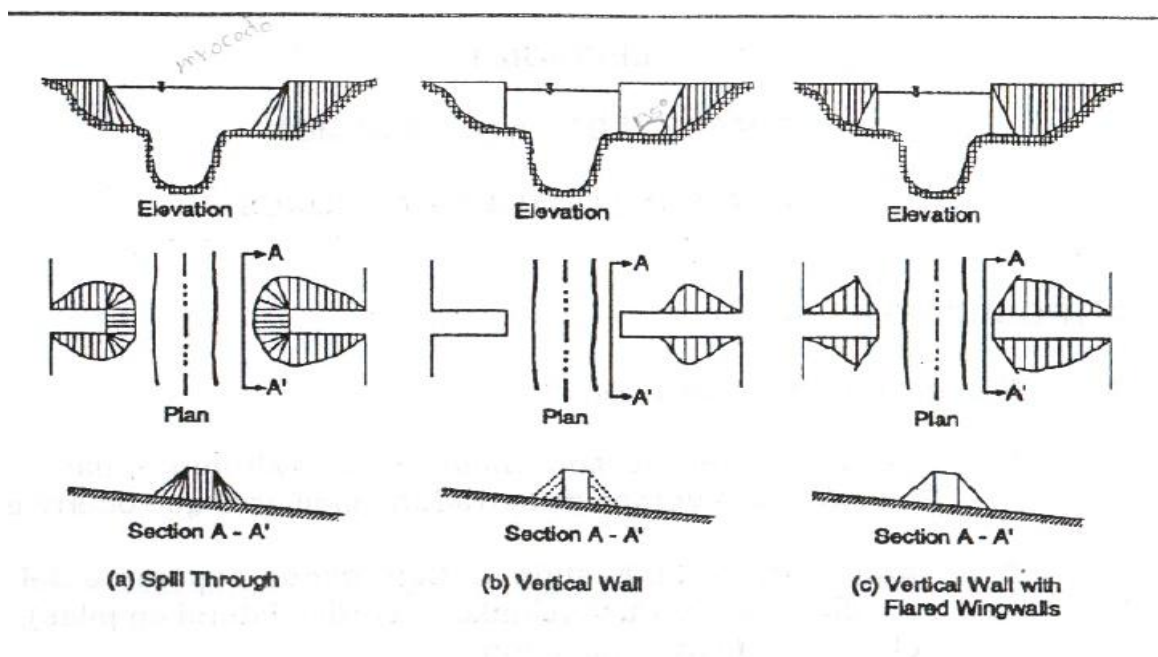


Figura 11 . Tipos comunes de estribos

2.8.5.- Socavación local en pilas

La socavación local se presenta en sitios particulares de la corriente y es ocasionada por el paso de crecientes y por la acción de obras civiles, como obras de encauzamiento, puentes con pilas, frente a la pila se presenta un flujo descendente como resultado de la curvatura horizontal de las líneas de corriente debido a la reducida velocidad cerca al fondo por efecto de la fricción.

La profundidad de la erosión localizada, está estrechamente vinculada a las particularidades hidráulicas del flujo, es decir a la distribución de los caudales específicos. Además de los procesos naturales de modificación permanente de los lechos de ríos (transporte y arrastre de sedimentos).



Foto 3 . Colocación de pilas al paso de la corriente

La erosión causada por el flujo alrededor de obstáculos, como pilares de puente, se llama erosión local.

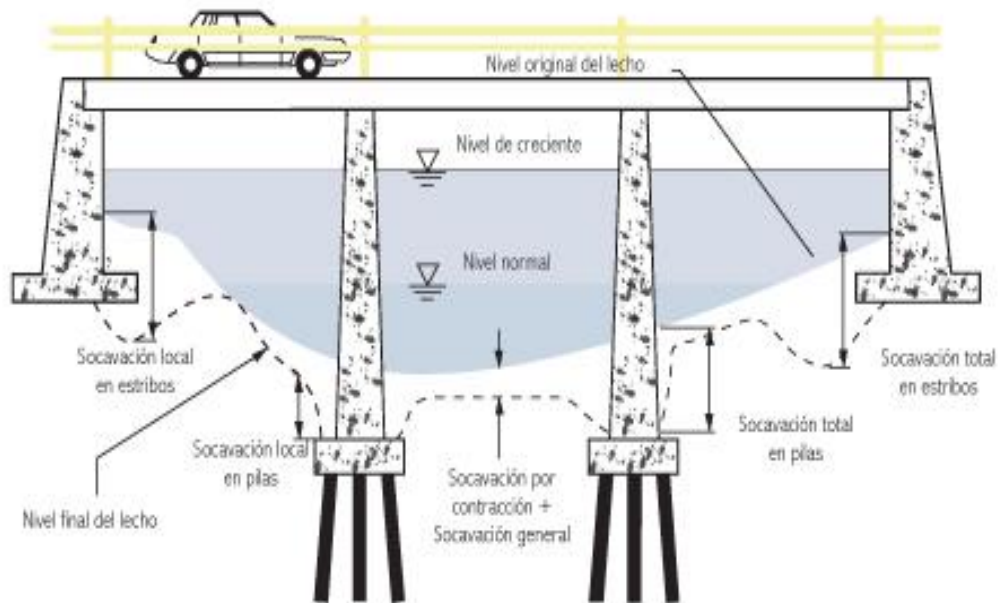


Figura 12. Tipos de socavación en un cauce

2.8.6.- Socavación debida al material flotante en pilas

Materiales flotantes acumulados frente a las pilas incrementan la profundidad de socavación local. Los materiales flotantes pueden acumularse frente a las pilas y desviar el flujo hacia la base, de forma que se produce una mayor erosión.

2.8.7.- Socavación por aumento del caudal

Al aumentar el caudal la velocidad aumenta y se produce erosión en el fondo de la corriente. Al bajar nuevamente el nivel de la corriente, comúnmente esta socavación se recupera por sedimentación. La socavación ocurre en periodos de horas o días, afectando prácticamente todo el cauce.

Al pasar la avenida se produce sedimentación y generalmente el cauce recupera al menos parcialmente el material socavado durante el paso de la crecida.

Conclusión

El fenómeno de socavación depende de las condiciones y características del cauce como granulometría del material y capacidad de transporte del sedimento generando de esta manera diferentes tipos de socavación.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LOS MECANISMOS DE SOCAVACIÓN LOCAL

3.1.- Introducción

La erosión local en pilas de puentes es sólo una parte de la erosión que hay que tener en cuenta cuando se analiza la influencia de un puente en un curso fluvial. Además se debe considerar la erosión general a largo plazo, la erosión transitoria y la erosión por estrechamiento, debida ésta última al estrechamiento localizado que produce la presencia del puente

3.2.- Factores que influyen en el fenómeno físico

Los factores determinantes en la erosión local alrededor de pilas de puentes se mencionan a continuación:

1. Parámetros hidráulicos.

Velocidad media de la corriente

Tirante frente a la cara de la pila

Distribución de velocidades

Dirección de la corriente respecto al eje de la pila

2. Parámetros del material de fondo.

Diámetro de los granos

Distribución granulométrica del material del fondo

Forma de los granos

Grado de cohesión o cementación

Peso específico sumergido

Estratificación del subsuelo

3 .Parámetros geométricos de la pila.

Ancho de la pila

Relación largo-ancho

Perfil de la sección horizontal

4. Parámetros de ubicación del puente.

Contracción en la sección

Radio de curvatura del tramo del río

Obras de control de gasto, haya sea construido aguas arriba o aguas abajo

5. Parámetros del tiempo.

Duración del pico de la avenida

Tiempo requerido para remover el material y alcanzar una condición estable

3.3.- Generalidades sobre la socavación local en ríos

3.3.1.- Socavación local en estrechamientos

Cuando ocurre una avenida, aumenta la velocidad como consecuencia aumenta también la capacidad de transportar sedimentos. Esto origina un mayor arrastre del material de fondo en el cauce y, cuando es posible, un ensanchamiento del mismo.

En el sitio del estrechamiento se produce un aumento en la energía cinética del flujo que ocasiona socavaciones a veces excesivas en los apoyos del puente. El incremento en la energía potencial aguas arriba del puente ocasiona velocidades mayores en el estrechamiento aumentándose la capacidad de transporte del flujo.

La mayor capacidad de transporte se traduce en socavación del fondo en el estrechamiento y en las cercanías. A medida que la socavación continúa, el área hidráulica debajo del puente aumenta, y la velocidad y la resistencia al flujo decrecen resultando en una reducción en el remanso.

La siguiente figura presenta el efecto del estrechamiento de un cauce visto en planta. El flujo se reduce de un ancho B a un ancho b .

La entrada y la salida de la reducción funcionan como una contracción y una expansión, respectivamente. Las zonas A representan los terraplenes de acceso del puente que estrechan el cauce y por tanto producen un efecto de remanso aguas arriba.

Varias secciones se estudian teóricamente a lo largo de la zona de influencia de un puente.

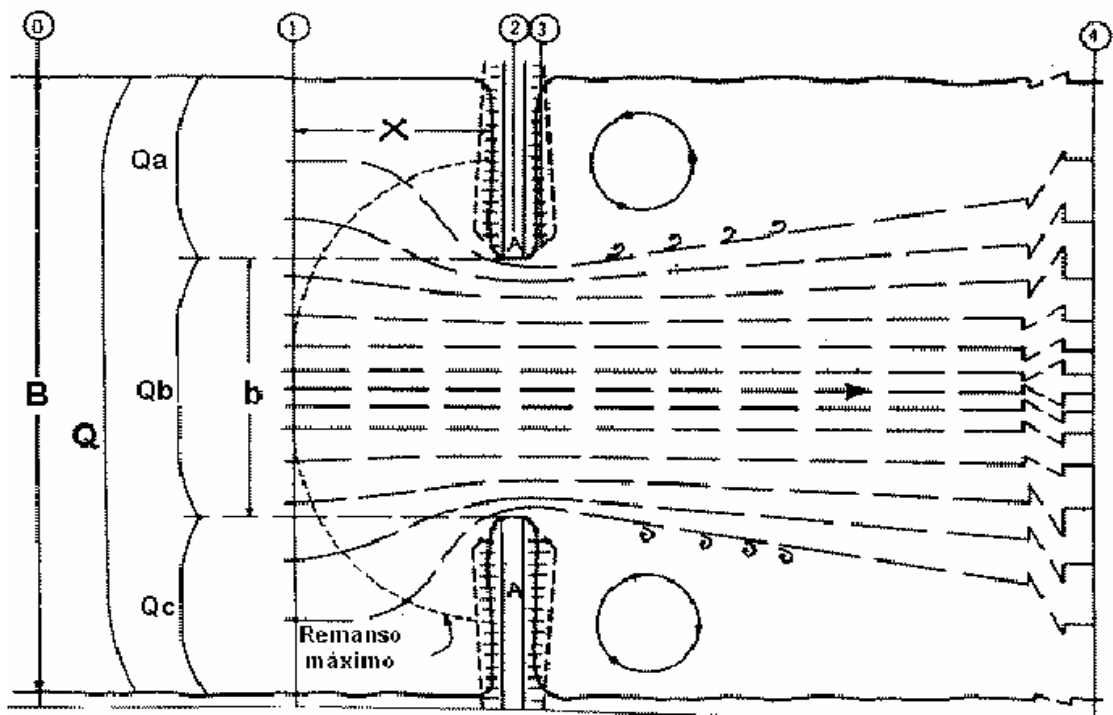


Figura 13. Estrechamiento de un cauce

Sección 0: sección aguas arriba hasta donde influye el remanso.

Sección 1: sección próxima al estrechamiento donde el agua comienza a acelerarse. En esta se produce el máximo remanso; y se encuentra situada a una distancia X de los terraplenes de acceso del puente.

Sección 2: sección de ancho mínimo del flujo. La lámina de agua se despega de las fronteras sólidas, siendo la contracción del flujo mayor que el ancho de la abertura.

Sección 3: sección con menor calado de agua, es donde empieza a ocurrir el retardo del flujo. Aguas abajo de la misma se presentan remolinos de agua entre las fronteras sólidas del terraplén del puente y las laderas.

Sección 4: sección aguas abajo hasta donde influye la contracción del cauce. A partir de esta sección se restablecen las condiciones de flujo uniforme.

Entre las secciones 0 y 1, el flujo es gradualmente variado.

Entre las secciones 1 y 2 el flujo es rápidamente variado acelerado.

Entre las secciones 2 y 3 el flujo es parecido el que se produce al pasar por un orificio.

Entre las secciones 3 y 4, el flujo es gradual o rápidamente variado retardado

En la zona de un puente se pueden presentar cuatro situaciones, cuando existe flujo libre a través del puente.

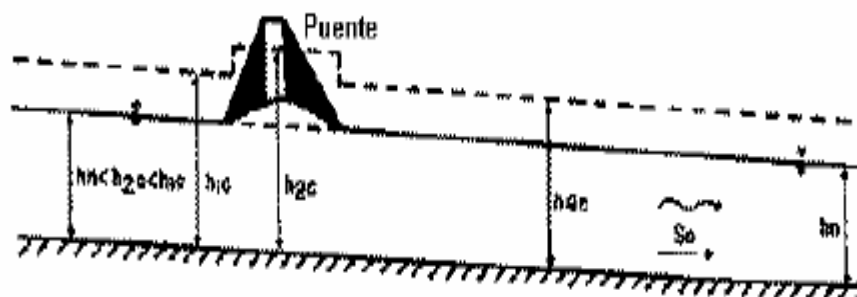


Figura14. Tipos de flujo en la zona del puente

3.3.2.- Socavación local en curvas

La socavación en curvas es un fenómeno muy difícil de analizar, en razón de los flujos secundarios y la gradación de los sedimentos. Ni el nivel de agua ni la profundidad del cauce son constantes a lo largo de la curva y ambos son difíciles de predecir.

La superficie del agua aumenta hacia las corrientes superficiales y son dirigidas hacia los bancos externos mientras que las corrientes de fondo son dirigidas hacia los bancos internos de la curva, el cauce tiende a profundizarse por acción de los flujos secundarios.

Al existir una curva en una corriente, las franjas líquidas situadas en la parte exterior del radio de curvatura tienen una mayor velocidad que las situadas en el interior, generándose un flujo helicoidal que se forma cuando el río cambia de dirección, esto es debe a la sobre elevación del nivel del agua en esta zona producida por la fuerza centrífuga, como consecuencia la capacidad de arrastre de sólidos de la curvatura exterior es mayor que la de la curvatura interior.

Como consecuencia de este proceso la sección de curva de un río presenta una pendiente transversal típica como se muestra en la figura.

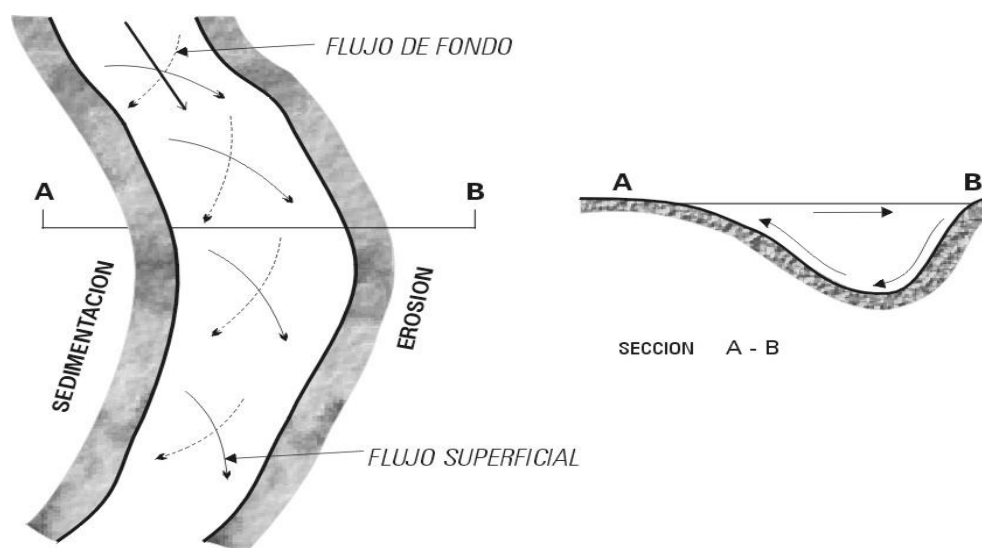


Figura 15. Forma del lecho en la curva de un río

En términos generales, de acuerdo con la forma de las curvas que tiende a formar un río, se pueden establecer tres grandes grupos:

- Ríos de llanura con meandros
- Ríos de curvas irregulares
- Ríos con cauces errantes

Ríos de llanura con meandros

Son los ríos típicos de las planicies aluviales presentan movimientos divagantes en su alineamiento forman curvas alternas de radios bajos lo cual le da un recorrido sinuoso.

Ríos de curvas irregulares

Estos ríos presentan canales múltiples, tienen gran capacidad de transporte y sedimentación. Tienen menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce.

Ríos con cauces errantes

Son causas inestables en el sentido de una crecida puede cambiarlos considerablemente, se dice errantes por que un brazo principal puede encontrarse tan pronto en un lugar como en otro.

3.3.3.- Socavación local en estructuras especiales

En pilas de puentes

La socavación local se refiere a la remoción del material en pilas. Está causada por el cambio de dirección de las líneas de corriente, la turbulencia, la aceleración del flujo y los vórtices resultantes inducidos por la obstrucción al flujo esta obstrucción produce una especie de onda en la superficie y un flujo vertical hacia abajo que crea un fuerte gradiente de presiones lo que ocasiona separación del flujo, lo que origina un sistema de vórtices al pie de la pila llamados vórtices de herraduras que son los principales causantes de la socavación.

La separación del flujo a los lados de la pila crea otros vórtices más débiles, llamados vórtices de estela, que también se trasladan hacia abajo e interactúan con los vórtices de herradura haciendo que el lecho oscile lateral y verticalmente. La influencia de estos vórtices cesa rápidamente a medida que se alejan de la pila hacia aguas abajo, es ahí donde generalmente se presenta sedimentación

En la mayoría de los puentes, la socavación producida por los vórtices débiles es insignificante y en muchos casos no existe, la tendencia general es que aguas abajo de la pila se deposite el sedimento removido por los vórtices de herradura

La socavación local producida por cada una de las pilas complejas será diferente y estará asociada a la configuración de las mismas expuesta al flujo, a las características hidráulicas del caudal circulante por el río y las características del sedimento que conforma el lecho.

3.4.- Variables geométricas, hidráulicas y sedimentológicas.

Los requerimientos para realizar el cálculo aproximado de la profundidad de socavación implica tener en cuenta las variables que influyen en el fenómeno físico. Se ha demostrado que la profundidad máxima de socavación (d_s) depende de las siguientes variables que caracterizan al flujo:

1. *Variables Geométricas*

a) Forma de la pila (K_f): Según la forma, las pilas se clasifican en

- Circulares
- Rectangulares
- Semicirculares
- Biselada

b) Ancho efectivo de la pila (b)

c) Alineamiento de la pila con la dirección del flujo (Φ)

2. *Variables Hidráulicas*

- a) Velocidad de aproximación del flujo (V).
- b) Profundidad de flujo (H_o).

3. *Variables Sedimentológicas*

- a) Diámetro medio de los sedimentos (D).
- b) Fuerza gravitatoria (F_g).

CAPÍTULO IV

RELACIONES EMPIRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SOCAVACIÓN

4.1.- Descripción del problema

Una corriente de agua que se desplaza en su cauce o en una zona de inundación tiene una cierta capacidad de suspender y arrastrar partículas sólidas que constituyen el lecho sobre el que ocurre el flujo. Este movimiento de material sólido en corrientes aluviales es un fenómeno complejo que depende de diversos factores, tales como la configuración geológica y topográfica del cauce, las características del material de arrastre y las características hidráulicas de la corriente. Esto produce la llamada socavación en el lecho de la corriente.

Cuando se coloca un obstáculo dentro del cauce, como una pila de apoyo de un puente, se modifican localmente las condiciones de escurrimiento, cambiando en consecuencia la capacidad de arrastre en la zona vecina a la obstrucción. Si esta capacidad es mayor que la proporción con que la corriente alimenta a la zona con material sólido, se producirá en ésta una socavación adicional a la normal de la corriente; en caso contrario se producirá un depósito.

Es evidente que el conocimiento de la profundidad a que puede llegar la socavación total y las características de este fenómeno son de fundamental importancia para el diseño de cimentaciones poco profundas, en el caso de puentes y aún de otras estructuras construidas en zonas inundables.

Innumerables fallas de puentes han ocurrido cuando la profundidad de desplante de las pilas ha quedado arriba del nivel alcanzado por la socavación normal, más la adicional impuesta por los obstáculos que la cimentación representa. El problema para determinar el poder de socavación normal de una corriente es uno de los más complicados a los que puede enfrentarse el ingeniero, pues la socavación producida durante al aumento de capacidad de arrastre que el río adquiere en creciente por

aumento de velocidad, se rellena cuando la corriente vuelve a su estado normal, no quedando huella aparente del fenómeno.

En muchos ríos, la profundidad normal de socavación es del orden de la diferencia de los tirantes en condiciones ordinarias y en creciente máxima, pero este dato no puede considerarse regla confiable. A medida que aumenta la pendiente y la profundidad del escurrimiento, aguas abajo se presenta un movimiento envolvente de partículas y se observa el despliegue de una cortina de vórtices que contribuye a la erosión.

4.2.- Resumen de las relaciones empíricas y semiempíricas.

4.2.1. Erosión General

Método de Lischtván - Levediev

Este método se basa en el criterio siguiente: Al presentarse una avenida aumenta la velocidad del agua, dicho aumento trae consigo un incremento en la capacidad de arrastre de las partículas del fondo del cauce, provocando un aumento en la profundidad de socavación, hasta que se llega a la socavación máxima de equilibrio al ocurrir el gasto máximo; al disminuir la avenida se reduce paulatinamente el valor medio de la velocidad de la corriente y por ende el de la capacidad de arrastre, iniciándose la etapa de depósito. Este método se basa en la obtención de la condición de equilibrio entre la velocidad media del flujo y la velocidad media necesaria para erosionar el material del fondo del cauce

a) *Condición de equilibrio*

La condición para que haya arrastre en las partículas en un punto del fondo es que la velocidad media de la corriente sobre ese punto, denominada velocidad real V_r , sea mayor que la velocidad media que se requiere para que el material existente en tal punto sea arrastrado, denominada velocidad erosiva V_e .

Para suelos sueltos esta última no es la velocidad de inicio del movimiento de algunas partículas, sino la mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. De tratarse de un suelo cohesivo, es aquella velocidad capaz de levantar y poner en suspensión a las partículas. Según lo explicado la erosión cesa cuando

$$V_r = V_e \quad \text{Velocidad real} = \text{Velocidad erosiva}$$

Velocidad real:

Esta dada principalmente en función de las características hidráulicas del río: pendiente, rugosidad y calado.

$$V_r = \frac{\alpha H_o^{5/3}}{H_s} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Ho: Profundidad antes de la erosión

Hs: Tirante para el que se desea conocer qué valor de Ve se requiere para arrastrar y levantar el material, en metros

α : Coeficiente que depende del caudal diseño y del tirante medio de la sección

Velocidad erosiva:

Está en función de las características del material del fondo y del tirante de la corriente

$$\text{Suelos cohesivos} \quad V_e = 0.60 \gamma_d^{1.18} \beta H_s^x \quad \text{(Ecuación 6)}$$

γ_d : Peso específico del suelo

$$\text{Suelos no cohesivos} \quad V_e = 0.68 d_m^{0.28} \beta H_s^x \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Cálculo de la profundidad de socavación

Para la aplicación de este método es necesario clasificar el tipo de suelo que existe en el cauce, la distribución de materiales del fondo, existen dos condiciones: homogénea y heterogénea.

La distribución de condición homogénea existe cuando la erosión se produce en un mismo y único material (es decir, en un solo estrato), mientras que la heterogénea ocurre cuando el proceso erosivo descubre dos o más capas de material distinto (dos o más estratos).

b) Cauces definidos

Maza (1969), señala “La erosión del fondo del cauce en la sección transversal bajo un puente se realiza con la constante aportación de material sólido de arrastre y es provocada por el desequilibrio local entre el material arrastrado aguas abajo y el aportado”. Cuando un cauce es indefinido la corriente siempre tiende a escurrir por varios lugares y se refiere a ríos trezados o errantes

1. Suelos homogéneos

a. Suelos no cohesivos

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_o^{5/3}}{0,68 \beta d m^{0,28}} \right)^{\frac{1}{1+\alpha}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Hs: Profundidad total luego de producida la socavación

$$\alpha = \frac{Q}{Hm^{5/3} B \epsilon \mu} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Q: Caudal de diseño

$$Hm = \frac{A\epsilon}{B\epsilon} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$A\epsilon = A \cos \phi - \sum A_p \quad (\text{Ecuación 11})$$

A_p : Área de la cara de la pila $A_p = H_o \times b^*$ (Ecuación 12)

B_e : Ancho efectivo $B_e = L \cos \phi - N b^*$ (Ecuación 13)

L : Luz del puente.

b^* : Ancho de la pila tomando en cuenta el tipo de pila y el ángulo de incidencia

N : Número de pilas

μ : Coeficiente de contracción ($\mu = 1.0$ si no hay obstáculos)

Tabla 1. Coeficiente de contracción μ

| Velocidad media de la sección en m/s | COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN μ | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Longitud libre entre dos pilas (claro), en metros | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 13 | 16 | 18 | 21 | 25 | 30 | 42 | 52 | 63 | 106 | 124 | 200 |
| Menor de 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.0 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.5 | 0.94 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.0 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 2.5 | 0.90 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 3.0 | 0.89 | 0.91 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 3.5 | 0.87 | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 4.00 o mayor | 0.85 | 0.89 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |

Factor de corrección por contracción del cauce (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. 1992)

Ho: Profundidad antes de la erosión

β : Coeficiente que depende del la periodo de retorno

$$\beta = 0.8416 + 0.03342 \ln TR \quad (\text{Ecuación 14})$$

TR: Tiempo de retorno en años

dm: Diámetro medio de las partículas del lecho en mm

x: exponente variable que es función del peso volumétrico seco dm (mm)

Tabla 2. Valores de x en función del tipo de suelo

| Suelos Cohesivos | | | | | | Suelos No Cohesivos | | | | | |
|-------------------------|------|-----------------|------------------------|------|-----------------|----------------------------|------|-----------------|---------|------|-----------------|
| $\square d$ T/m^3 | x | $\frac{1}{1+x}$ | $\square d$ T/m^3 | x | $\frac{1}{1+x}$ | d mm | x | $\frac{1}{1+x}$ | d mm | x | $\frac{1}{1+x}$ |
| 0.80 | 0.52 | 0.66 | 1.20 | 0.39 | 0.72 | 0.05 | 0.43 | 0.70 | 40.00 | 0.30 | 0.77 |
| 0.83 | 0.51 | 0.66 | 1.24 | 0.38 | 0.72 | 0.15 | 0.42 | 0.70 | 60.00 | 0.29 | 0.78 |
| 0.86 | 0.5 | 0.67 | 1.28 | 0.37 | 0.73 | 0.50 | 0.41 | 0.71 | 90.00 | 0.28 | 0.78 |
| 0.88 | 0.49 | 0.67 | 1.34 | 0.36 | 0.74 | 1.00 | 0.40 | 0.71 | 140.0 | 0.27 | 0.79 |
| 0.90 | 0.48 | 0.68 | 1.40 | 0.35 | 0.74 | 1.50 | 0.39 | 0.72 | 190.0 | 0.26 | 0.79 |
| 0.93 | 0.47 | 0.68 | 1.46 | 0.34 | 0.75 | 2.50 | 0.38 | 0.72 | 250.0 | 0.25 | 0.80 |
| 0.96 | 0.46 | 0.68 | 1.52 | 0.33 | 0.75 | 4.00 | 0.37 | 0.73 | 310.0 | 0.24 | 0.81 |
| 0.98 | 0.45 | 0.69 | 1.58 | 0.32 | 0.76 | 6.00 | 0.36 | 0.74 | 370.0 | 0.23 | 0.81 |
| 1.00 | 0.44 | 0.69 | 1.64 | 0.31 | 0.76 | 8.00 | 0.35 | 0.74 | 450.0 | 0.22 | 0.82 |
| 1.04 | 0.43 | 0.70 | 1.71 | 0.30 | 0.77 | 10.00 | 0.34 | 0.75 | 570.0 | 0.21 | 0.83 |
| 1.08 | 0.42 | 0.70 | 1.80 | 0.29 | 0.78 | 15.00 | 0.33 | 0.75 | 750.0 | 0.20 | 0.83 |
| 1.12 | 0.41 | 0.71 | 1.89 | 0.28 | 0.78 | 20.00 | 0.32 | 0.76 | 1000 | 0.19 | 0.84 |

Valores de x en función del tipo de suelo (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. 1992)

b. Suelos cohesivos

Los suelos cohesivos poseen la propiedad de la atracción intermolecular, como los limos, arcillas

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_o^{5/3}}{0,60 \beta \gamma_d^{1,15}} \right)^{\frac{1}{1+x}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

2. Suelos no homogéneos

La profundidad de equilibrio, arriba de la cual los granos son arrastrados físicamente por el agua, se puede obtener analíticamente a base de tanteos.

Escogido el punto para el cual se desea calcular la posible socavación y conocida la estratigrafía bajo la sección, se procede por estratos a aplicar las fórmulas para suelos homogéneos según sea el material de que estén formados. El cálculo se inicia para el manto superior y se continúa hacia capas más profundas. En el primer estrato en donde se cumpla que la profundidad H_s calculada cae dentro de él, esa H_s es la buscada y se suspenden los tanteos. Esto mismo se repite para varios puntos de la sección, que al unirlos darán el perfil teórico del fondo una vez que se ha producido la socavación

4.2.2. Erosión local en pilas de puentes

Cada investigador maneja un horizonte de las características de variables que afectan el fenómeno, las cuales son difícil de repetir, para su correcta aplicación en una situación específica.

4.2.2.1.- Método I

Laursen – Toch

Se distinguen dos casos generales para encontrar la máxima socavación para un tirante dado en la corriente según Laursen – Toch: uno cuando la corriente incide paralelamente al eje de las pilas y otro cuando forma un cierto ángulo.

Cuando la mayor dimensión transversal de la pila está alineada con el flujo, la socavación se obtiene con:

$$ds = K_f K_g b \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

ds : Profundidad de socavación local medida a partir del fondo del cauce.

b : ancho de la pila, en metros.

K_g : coeficiente que depende de la relación H_s/b

H_s : profundidad de agua que queda después de la socavación general.

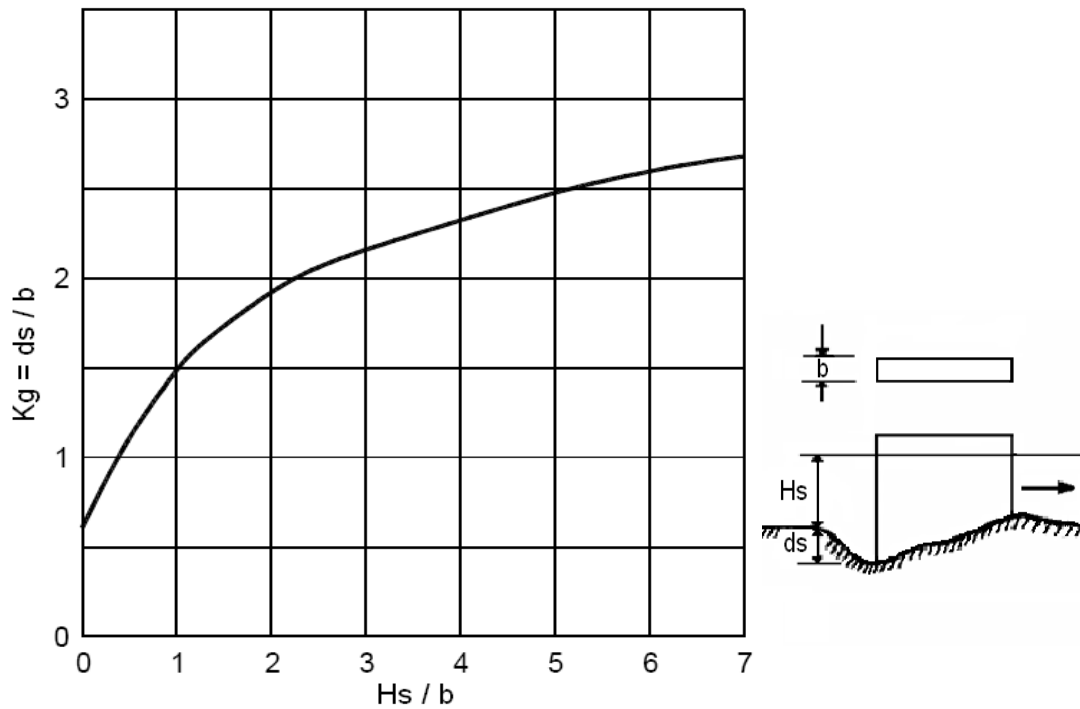
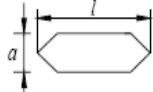

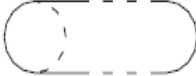

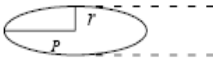


Figura 16. Coeficiente K_g Método de Laursen y Toch. Adaptada de Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A (1992)

K_f : coeficiente que depende de la forma de la nariz de la pila

Tabla 3. Coeficiente K_f

| FORMA DE LA NARIZ | | SEGÚN TISON |
|--|---|-------------|
| BISELADA $l/a = 4$ |  | 0.78 |
| PERFIL HIDRODINAMICO $l/a = 4$ |  | 0.75 |

| FORMA DE LA NARIZ | | COEFICIENTE K_f^f DE SCHNEIBLE |
|---------------------------------|--|-------------------------------------|
| RECTANGULAR $l/a = 4$ |  | 1.00 |
| SEMICIRCULAR |  | 0.90 |
| ELIPTICA | $\frac{p}{r} = \frac{2}{l}$  | 0.81 |
| | | $\frac{p}{r} = \frac{3}{l}$ |
| LENTICULAR | $\frac{p}{r} = \frac{2}{l}$  | 0.81 |
| | | $\frac{p}{r} = \frac{3}{l}$ |

Coeficiente K_f Método de laursen y Toch. Adaptada de Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A.(1992)

En el caso de incidir oblicuamente a la corriente y formar un ángulo Φ con el eje de la pila, la socavación puede determinarse con la expresión

$$ds = K_g K_\phi b$$

(Ecuación 17)

Donde:

K_ϕ : Coeficiente que depende del ángulo ϕ y de la relación l/b

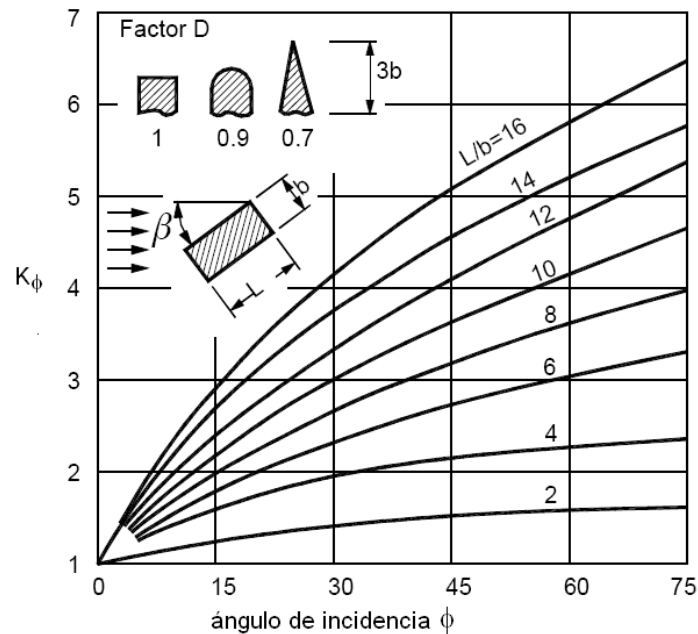


Figura 17. Coeficiente K_ϕ Método de laursen y Toch. Adaptada de Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1992)

4.2.2.2.- Método II

Yaroslavtziev

Este investigador distingue dos casos, uno cuando el fondo del cauce está formado por materiales no cohesivos y otro cuando está formado por materiales cohesivos.

Las expresiones propuestas por Yaroslavtziev fueron obtenidas a través de la observación directa en varios puentes de la ex-Unión Soviética.

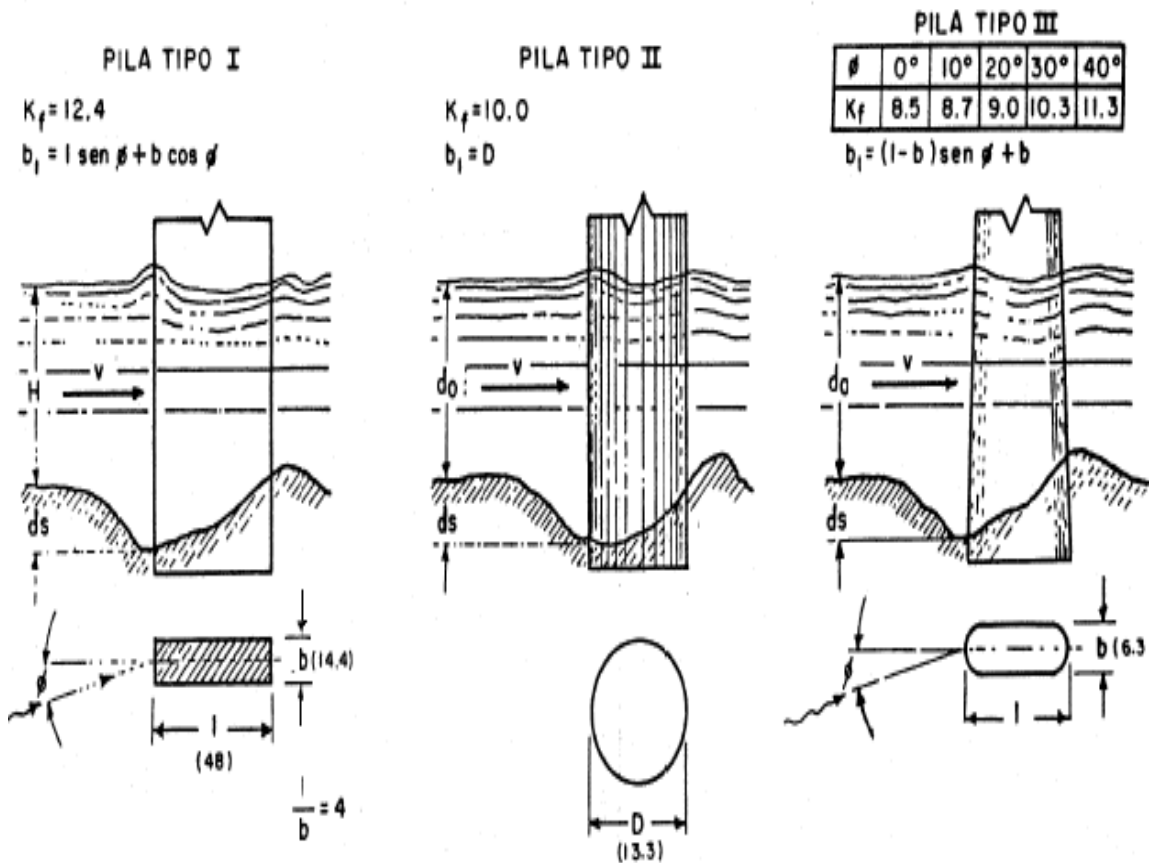
La socavación depende principalmente del cuadrado de la velocidad, del tamaño de los granos del fondo y de la geometría de la pila.

Suelos no cohesivos

$$ds = K_f \times K_v \times (e + K_H) \frac{v^2}{g} - 30 D_{85} \quad \text{(Ecuación 18)}$$

ds: profundidad de socavación en m

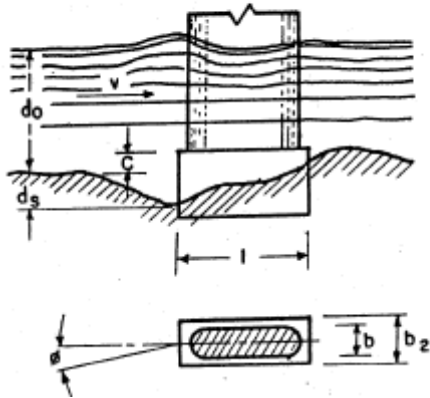
K_f : Coeficiente que depende de la forma de la nariz de la pila y del ángulo de incidencia de la corriente.



PILA TIPO IV

| ϕ | COEFICIENTE K_f | | | | | |
|--------|-------------------|------|------|------|------|------|
| | C/d_0 | | | | | |
| | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 |
| 0 | 8.5 | 9.9 | 11.5 | 12.1 | 12.4 | 12.4 |
| 10 | 8.7 | 10.1 | 11.6 | 12.1 | 12.4 | 12.4 |
| 20 | 9.0 | 10.3 | 11.7 | 12.4 | 12.4 | 12.4 |
| 30 | 10.3 | 11.3 | 12.1 | 12.4 | 12.4 | 12.4 |
| 40 | 11.3 | 12.0 | 12.4 | 12.4 | 12.4 | 12.4 |

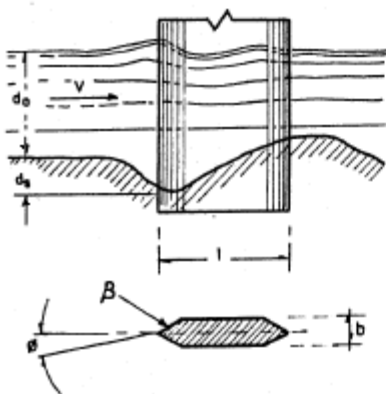
$b_1 = (1 - b_0) \text{sen } \phi + b_0$ para $C/d_0 \leq 0.3$
 $b_1 = l \text{ sen } \phi + b_0 \text{ cos } \phi$ para $C/d_0 > 0.3$
 en donde $b_0 = b + (b_2 - b) C/d_0$



PILA TIPO VI

| β° | 120 | 90 | 60 |
|---------------|------|------|-----|
| K_f | 12.2 | 10.0 | 7.3 |

$$b_1 = (1 - b) \text{sen } \phi + b$$

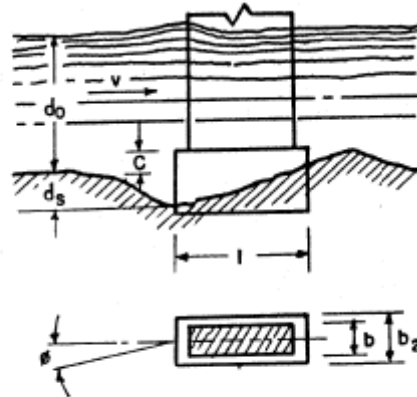


PILA TIPO V

Coeficiente $K_f = 12.4$

$$b_1 = l \text{ sen } \phi + b_0 \text{ cos } \phi$$

en donde $b_0 = b + (b_2 - b) C/d_0$



PILA TIPO VII

| ϕ | COEFICIENTE K_f | | | | |
|--------|-------------------|-----|------|------|-----|
| | t/b | | | | |
| | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 |
| 0 | 8.5 | 7.5 | 6.76 | 5.98 | 5.4 |
| 10 | 8.7 | 7.7 | 6.80 | 6.13 | 5.5 |
| 20 | 9.0 | 7.8 | 7.10 | 6.20 | 5.6 |
| 30 | 10.3 | 8.6 | 7.50 | 6.30 | 5.7 |
| 40 | 11.2 | 9.2 | 7.90 | 6.70 | 5.9 |

$$b = (1 - b) \text{sen } \phi + b$$

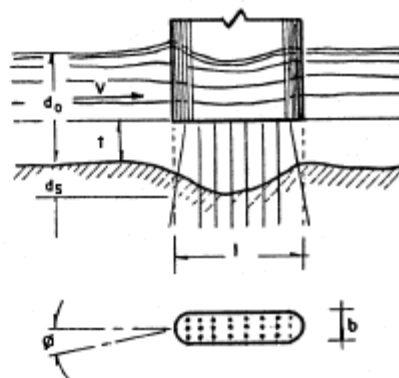


Figura 17. Valores de K_f y b_1 para diferentes pilas y distintos ángulos de incidencia

e: Coeficiente de corrección cuyo valor depende del sitio donde estén colocadas las pilas; vale 0.6 si se encuentran en el cauce principal y 1.0 si están construidas en el cauce de avenidas.

K_V : Coeficiente definido por la expresión

$$\log K_V = -0.28 \sqrt[3]{\frac{v^2}{g b_1}} \quad (\text{Ecuación 19})$$

g: Aceleración de la gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

b_1 : Proyección en un plano perpendicular a la corriente, de la sección de la pila. Cuando el ángulo de incidencia vale 0° , b_1 es igual al ancho b de la pila.

K_H : Coeficiente que toma en cuenta la profundidad de la corriente definido por la expresión

$$\log K_H = 0.17 - 0.35 \frac{H_s}{b_1} \quad (\text{Ecuación 20})$$

H_s : Profundidad de la corriente frente a la pila, en m. Este valor es el obtenido al presentarse una avenida después de aplicar lo expuesto en la estimación de la socavación general.

v: Velocidad media de la corriente aguas arriba de la pila, después de producirse la erosión general, en m/s.

$$v = \frac{Q_{total}}{A_{p.soc}} \quad (\text{Ecuación 21})$$

D: Diámetro en m de las partículas más gruesas que forman el fondo y está representado aproximadamente por el D_{85} de la curva granulométrica.

Esto se hace porque, al formarse el embudo producido por la erosión, se realiza una selección de los materiales y quedan únicamente los más grandes.

En el caso de que la distribución del material no sea uniforme en las capas más profundas, al conocer las curvas granulométricas de los estratos a los cuales se supone puede llegar la erosión, se tomará como diámetro representativo al d_{85} mayor de todos ellos. Cuando el material de fondo tiene un diámetro menor de 0.5 cm, Yaroslavtziev recomienda no considerar el segundo miembro de la fórmula.

Yaroslavtziev hace hincapié en que el esviajamiento de la corriente influye considerablemente en la erosión.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN EN EL RÍO ACHIOTE

5.1.- Aspectos generales

El sistema socioeconómico, cultural y ambiental actual en la zona de estudio, obedece a asentamientos que se incrementan a partir del desarrollo petrolero en la zona, dinámica que es impulsada, especialmente por agentes económicos externos, que impactan sobre las estructuras poblacionales tradicionales y sobre las formas de ocupación territorial, que se sobreponen a sistemas de ocupación de la tierra y uso de recursos naturales manejados bajo códigos culturales específicos por poblaciones de asentamiento temprano; proceso que conduce al establecimiento de una relación desigual entre indígenas con sistemas de producción tradicional y colonos, que generalmente tiene niveles académicos superiores, ante esto la necesidad de construir una estructura que permita la comunicación y desarrollo de la población.

El puente objeto del presente estudio esta sobre el rio Achiote el mismo que será de hormigón armado con dos pilas intermedias, se halla ubicado en la abscisa 11+488.60 (0+000 en Lumbaqui) de la carretera Lumbáqui-Sardinas, y se encuentra en las provincias de Sucumbíos y Orellana, el proyecto esta en un área semi – montañosa, sobre los terrenos de la Cordillera de Lumbaqui, partiendo de la población de este mismo nombre por la primera calle transversal a la avenida principal, la que a su vez en los dos carriles centrales permite el paso de la carretera asfaltada Quito-Lago Agrio.

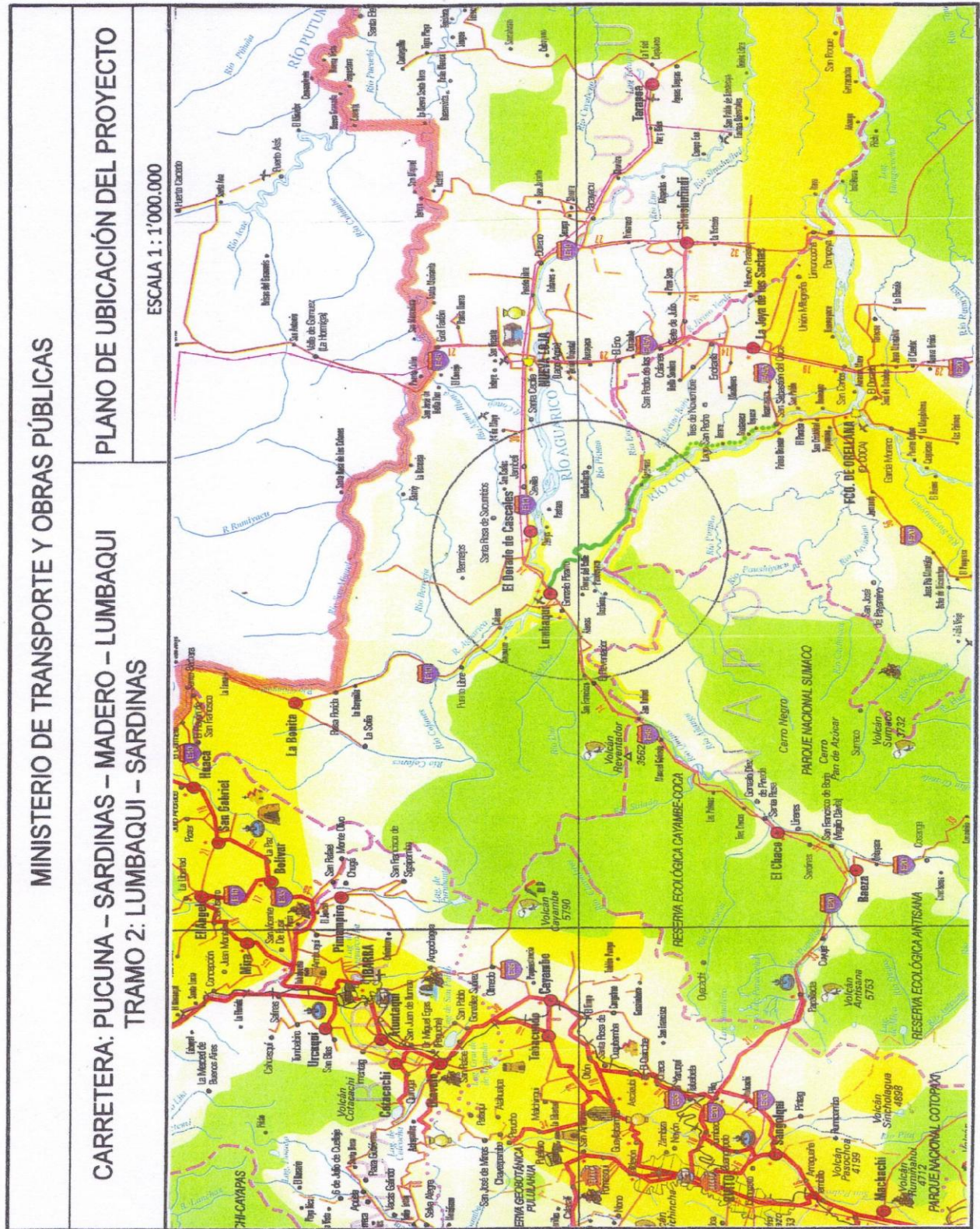


Figura 18. Ubicación del Proyecto

5.2.- Información básica para el estudio

La información recopilada y procesada en el ANEXO N°3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO LONGITUDINAL Y RESULTADOS DE LOS SPT, demuestra que el área investigada en el cruce del Rio Achote, en profundidad, está formada por estratos de arcilla con gravas de areniscas, arena color gris de grano grueso con grava y rodados subangulares de 1" a 4" que en la margen izquierda llegan a los 10.55 m de profundidad; en la margen derecha existen arenas finas y arcillas blandas hasta los 5.00 m de profundidad. Los suelos descritos descansan sobre la típica formación de areniscas, limolitas y lutitas color marrón de la Cordillera de Lumbaqui.

En razón de que los estratos superiores son de materiales sueltos y arcillas inorgánicas blandas de baja resistencia, se decidió que las cimentaciones de los dos apoyos sean profundas sobre pilotes ya que atravesarán algo de gravas de areniscas y tendrán que introducirse en el estrato resistente para que funcionen a la punta con el respectivo empotramiento.

5.3.- Características generales de la cuenca aportante

Se ha utilizado la información proporcionada por el INAMHI relacionada con diferentes parámetros climatológicos que han permitido visualizar la situación hidrometeorológica de la zona, habiéndose tomado como base las estaciones de Santa Cecilia (Lago Agrio) y la estación de Coca, la misma que tiene una ubicación LATITUD 0° 4' 34''S, LONGITUD 76° 55' 33'' W.

El drenaje en la zona de estudio es parte de la cuenca hidrográfica del río Achote, este río confluye al río Aguarico y se localiza entre el km 10, el proyecto atraviesa por una zona montañosa y ondulada, de intensidad de drenaje alto.

La cuenca del río Achote se caracteriza por tener un relieve de colinas con una topografía poco accidentada, las crecidas son considerables en tiempos de concentración pequeños; la precipitación media anual de la cuenca es de 4400 mm, con mayor intensidad en los meses de marzo a junio.

5.3.1.- Cálculo del Área de Drenaje

De la carta topográfica del IGM se obtiene la cuenca hidrográfica del río Achote el cual confluye al río Aguarico, con la ayuda de la malla de puntos, colocados sobre la carta topográfica se cuenta aproximadamente el número de puntos y medios puntos que se encuentran dentro del perímetro del área de la cuenca.

Aplicando la siguiente fórmula se encuentra el área de drenaje

$$AT=Ap * Em^2 \quad \text{(Ecuación 22)}$$

Donde:

A_p = Área del punto

$$A_p= d^2 * N \quad \text{(Ecuación 23)}$$

Donde:

d^2 = Distancia entre los puntos de la malla (m)

N = Número de puntos

E_m = Escala del mapa

d = 0.005 (m)

N = 1584 (obtenidos con la malla de punto)

E_m = 1:50000

$$AT= (0.005^2*1584)*(50000)^2$$

$$AT= 99000000 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$AT= 99 \text{ (Km}^2\text{)}$$

De la carta topográfica del IGM (ANEXO 11), se han determinado los siguientes datos adicionales:

Área de drenaje = 99 Km²

Longitud del cauce principal = 5.50 Km

Desnivel específico = 615.00 m

Pendiente media del curso principal = 0.025 m/m

5.3.2.- Estudio hidrológico

Se ha utilizado la información proporcionada por el INAMHI relacionada con diferentes parámetros climatológicos que han permitido visualizar la situación hidrometeorológica de la zona, habiéndose tomado como base las estaciones de Santa Cecilia (Lago Agrio) y la de El Coca, estaciones que se consideran representativas para fines de caracterización climática del proyecto, cuya ubicación es: LATITUD 0° 4' 34'' S, LONGITUD 76° 55' 33'' W.; adicionalmente se utilizó la información, sobre todo de Intensidades de Lluvia, para lo cual se recurrió a las ecuaciones pluviométricas obtenidas en el estudio de actualización de Normas de Diseño de Obras de Drenaje-MOP, ecuación representativa en la zona 20 de zonificación del país.

Tomando como referencia el área de influencia del proyecto, las mayores precipitaciones se registran entre marzo y junio (valores medios mensuales mayores a 300 mm.) con picos en abril y mayo (valores medios mensuales del orden de 370 mm.); existe otro pico de precipitaciones en el período de septiembre a noviembre (valores medios mensuales mayores a 300 mm.), en los meses de mayor precipitación se concentra el 65% de la precipitación total anual.

Los meses "secos" (valores de precipitación media mensual menores a 250 mm.), son los de enero, febrero y agosto, los meses de julio y diciembre son meses de transición, desde el punto de vista de la precipitación pluvial de la zona. En el clima interactúan condiciones orográficas, altitud y de vegetación entre otros, en todo caso la zona en la que se encuentra ubicado el proyecto es caracterizada como relativamente uniforme en lo que se refiere al clima, identificándose en la clasificación general como megatérmica, lluviosa, caracterizada por una precipitación media anual mayor a 3600 mm., una temperatura media anual de 25.4 grados centígrados, una nubosidad media de 6/8 y una humedad atmosférica promedio del orden del 85%.

Se ha utilizado también información, sobre todo de Intensidades de Lluvia, para lo cual se ha recurrido a las ecuaciones pluviométricas obtenidas en el estudio de actualización de Normas de Diseño de Obras de Drenaje, realizado por el MOP, se utilizaron las ecuaciones pluviométricas de la zona 20, en todo caso se han obtenido los parámetros térmicos y de pluviometría, siguientes:

Temperatura media de la microregión: 25.4 grados centígrados

Precipitación media anual de la microregión: 3600 mm.

Nivel de máx. crecida = 388.70 m.s.n.m.

5.4.- Cálculo de la socavación

5.4.1.- Metodología

Existen diversos autores que han estudiado y presentado métodos para el cálculo de socavación en cauces, entre estos métodos se pueden señalar: para la socavación general, el método de Lischtvan Levediev, presentado por Maza.

Para la socavación local en pilas se tiene el método de Laursen Toch y el método de Yaroslavtziev presentado por Maza.

La evaluación de la socavación local y general en las pilas de un puente tiene la siguiente secuencia metodológica:

Se establecen las características del río como la ubicación, abscisa de la sección de corte, tipo de río.

Caracterización del cauce, sección establecida en el terreno a través de un estudio topográfico, datos obtenidos del perfil como cota de fondo de río datos hidráulicos como tirante o calado y área hidráulica.

Se definen los principales parámetros de diseño como Pendiente, Coeficiente de rugosidad, Peso unitario seco, Diámetro medio (dm), Tiempo de retorno (TR), Tipo de suelo, Luz del puente (L), Número de pilas (N).

Se define la Geometría de las pilas, se obtiene las características hidráulicas del río como Velocidad Caudal y se aplican las formulas de los diferentes autores para establecer la profundidad de socavación

5.4.2.- Tipos de socavación a analizarse

Socavación General: Método de Lischtvan Levediev

El criterio aplicado por este autor se fundamenta en el aumento de la velocidad de un cauce al presentarse una avenida, siendo mayor la velocidad en el sitio del puente ya que se reduce el área útil de la sección. Este aumento de la velocidad incrementa la capacidad de suspensión del material de fondo con lo cual se inicia el proceso de degradación.

Socavación Local en Pilas: Método de Laursen Toch y Yaroslavtziev

La socavación local alrededor de las pilas de un puente se generan por la acción de los vórtices formados al ser desviadas las líneas de corriente, por efecto de estas estructuras de apoyo.

Para Laursen Toch la socavación depende fundamentalmente del tirante y en segundo término de la forma de la pila, siendo insignificante la forma de la pila cuando la corriente incide de manera oblicua sobre la pila.

Para Yaroslavtziev el cálculo de la socavación esta en función del cuadrado de la velocidad media de la corriente, del tamaño de los granos de los sedimentos y de la geometría de la pila.

5.4.3.- Otros tipos de socavación

a).- Socavación en estrechamientos: Se entiende por socavación en estrechamientos la que se produce por el aumento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción de área hidráulica en su cauce. El efecto es muy importante en puentes, donde por lo común y por razones de economía suelen ocurrir las mencionadas reducciones, si bien puede presentarse en otros lugares del curso del río, en que un estrechamiento más o menos brusco tenga lugar. Los cambios que la presencia de un puente impone a la corriente son principalmente los siguientes:

Cambio de la velocidad del flujo del agua en el cauce principal.

Cambio en la pendiente de la superficie libre del agua, hacia arriba y hacia abajo del puente.

b).- Socavación en curvas: Cuando un río describe una curva existe una tendencia en las láminas de agua situadas más lejos del centro de curvatura a caminar más aprisa que las situadas más hacia el interior; como consecuencia, la capacidad de arrastre de sólidos de las primeras es mayor que la de las segundas y la profundidad de erosión es mayor en la parte del cauce exterior a la curva que en la interior. El efecto es importante y ha de ser tenido en cuenta en la construcción de puentes en curvas de río o en el diseño de enrocamientos de

protección en los mismos lugares pues al disminuir la velocidad la curva aumenta el depósito en esta zona y, por ello, disminuye la zona útil para el flujo del agua y al aumentar la profundidad y el área hidráulica, aumenta el gasto.

c).- Socavación local en estribos: Desde el punto de vista de definición, la socavación local en estribos es análoga a la que se presenta en las pilas de los puentes, sin embargo, se le distingue por existir algunas diferencias en los métodos teóricos y aun experimentales para su evaluación.

Junto a los estribos del puente se genera turbulencia, la cual produce erosión adicional y disminuye localmente el nivel del fondo del cauce junto al estribo.

Los vórtices junto a los estribos forman fosas profundas de erosión especialmente en los extremos del estribo junto al sitio de estrechamiento del cauce. Esta socavación debe adicionarse a la profundidad de socavación producto de la contracción de la sección del cauce

5.5.- Caudal de diseño

5.5.1.- Método racional

Este método se basa en que el tiempo de aguacero, mayor o igual que el tiempo de concentración, determina el caudal máximo, es utilizado para la determinación de caudales de avenida en cuencas para un tiempo de concentración sea del orden de 1 hora:

$$Q = (C \cdot I \cdot A / 3,6) \quad \text{(Ecuación 24)}$$

En donde:

Q = caudal máximo en m³/s

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mm / hora

A = área de drenaje de la cuenca en km²

Los parámetros dependen de las condiciones meteorológicas de la zona.

El coeficiente de escorrentía C, depende de la precipitación diaria, los coeficientes de escorrentía más comunes son:

1. Tierra suelo natural 0,10 – 0,30;
2. Zonas cultivadas 0,20 - 0,40;
3. Zonas boscosas 0,10 - 0,20;
4. Zonas de vegetación densa de monte bajo 0,05 - 0,5;
5. Zonas sin vegetación 0,20 - 0,80;
6. Zonas cultivadas 0,20 - 0,40;

El valor de este coeficiente está en función de la intensidad de la lluvia

$$I = 53.316 tc^{-0.3021} * Id \quad \text{(Ecuación 25)}$$

En donde:

I = Intensidad de precipitación en mm / hora

tc= Duración de la lluvia en minutos, asimilable al tiempo de concentración

Id = Intensidad diaria para un período de retorno de 50 años 6mm/ hora.

El tiempo de duración de la lluvia que interviene en la ecuación de Intensidad de lluvia se lo asimila al tiempo de concentración de la cuenca de drenaje en estudio. El tiempo de concentración se ha calculado sobre la base de la fórmula de Kirpich, cuya fórmula es la siguiente:

$$tc = 0.87 (L^3/H)^{0.385} \quad \text{(Ecuación 26)}$$

En donde:

tc= tiempo de concentración en horas

L= Longitud del cauce principal en Km

H= Desnivel medio de la cuenca en m.

El coeficiente de escorrentía empleado se lo obtiene, en función de la pendiente del terreno, del tipo de suelo y la cobertura vegetal. El coeficiente de escorrentía promedio adoptado para el presente proyecto es de: **c= 0.3.**

Para el cálculo de la Intensidad de lluvia tenemos:

$$t_c = 0.87 (L^3/H)^{0.385}$$

t_c = tiempo de concentración en horas

$$L = 5,5 \text{ Km}$$

$$H = 615 \text{ m}$$

$$I_d = 6 \text{ mm/ hora}$$

$$t_c = 0,87 (5,50^3/615)^{0,385}$$

$$t_c = 0,872 \text{ h; } 52,367 \text{ minutos}$$

$$I = 53.316 t_c^{-0.3021} * I_d$$

$$I = 53.316 * 52,367^{-0.3021} * 6$$

$$I = 96,75 \text{ mm / hora}$$

Para la obtención de las áreas de drenaje de las cuencas interesadas se han utilizados planos a escala 1:50.000, del IGM.

$$\text{Área de drenaje} = 99 \text{ Km}^2$$

Aplicando la fórmula del Método Racional, tenemos:

$$Q = CIA/3,6$$

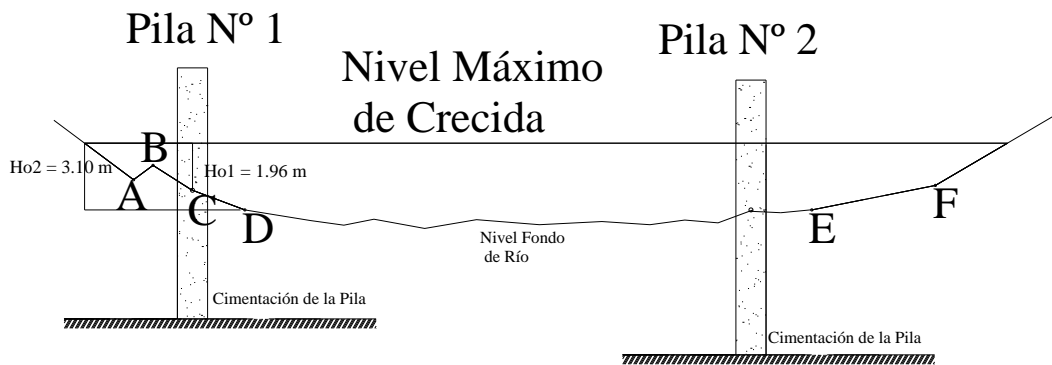
$$Q = (0,3 * 96,75 * 99)$$

$$Q = 2873,475$$

$$Q = 798,18 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

A continuación se establecen las características, datos específicos del río Achiote como la ubicación, abscisa de la sección de corte, tipo de río.

Se eligieron 6 puntos de una sección transversal representativa del cauce sobre la base de los perfiles topográficos, de manera de dar más precisión a los cálculos.



Sección Hidráulica del Río Achiote y niveles obtenidos en el levantamiento topográfico.

Figura 19. Sección Hidráulica del Río Achiote

| Tirante (m) | Área hidráulica (m ²) | Perímetro mojado (m) | Radio hidráulico (m) |
|----------------|---|----------------------------|----------------------------|
| 2.90 | 94.40 | 32.41 | 2.91 |

Tabla 4. Datos geométricos del río Achiote

Pendiente del lecho S = 0,025

Coefficiente de rugosidad de Manning n = 0,035

$$v = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3}$$

(Ecuación 27)

Velocidad del agua = 9,21 m/seg

Caudal = 869.77 m³/seg

El caudal considerado para el diseño es de 869.77 m³/seg, ya que este está calculado en función de las características hidráulicas del río.

5.5.2.- Cálculo de la socavación

Cálculo de la socavación en el cauce del Río Achiote.

En función del diámetro medio del sedimento, se calculó el coeficiente de rugosidad de Manning.

La socavación se calculará en la sección 1 cuyos datos geométricos son:

| <i>Tirante (m)</i> | <i>Área hidráulica (m²)</i> | <i>Perímetro mojado (m)</i> | <i>Radio hidráulico (m)</i> |
|--------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|
| 2.90 | 94.40 | 32.41 | 2.91 |

Pendiente del lecho $S = 0,025$

Coefficiente de rugosidad de Manning $n = 0,035$

Diámetro medio $d_m = 125 \text{ mm}$

Periodo de retorno $TR = 50 \text{ años}$

Tipo de suelo = No cohesivo, arena y grava

Luz del puente $L = 35 \text{ m}$

No. de pilas = 2

Longitud libre entre dos pilas (claro) = 19 m

Geometría de las pilas

| <i>No. Pila</i> | <i>Forma</i> | <i>Ho (m)</i> | <i>d (m)</i> |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|
| 1 | Cilíndrica | 1.96 | 1.60 |
| 2 | Cilíndrica | 3.10 | 1.60 |

Incidencia del flujo $\theta = 0^\circ 0' 0''$



Obtención de las características hidráulicas del río

$$v = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3}; \quad Q = A \times v$$

$$Q = 869.77 \text{ m}^3 / \text{s}$$

EROSION GENERALIZADA

Método de Litschvan – Levediev

Condición de equilibrio **Ve = Vr**

Valores para el cálculo de la velocidad erosiva Ve

$$Ve = 0.68 \text{ dm}^{0.28} \beta Hs^x \quad \text{(Ecuación 7)}$$

$$\beta = 0.8416 + 0.003342 \ln TR \quad \text{(Ecuación 14)}$$

$$\beta = 0.972$$

$$\text{dm} = 125 \text{ mm}$$

$$x = 0.273$$

Valores para el cálculo de la velocidad real Vr

$$Vr = \frac{\alpha Ho^{5/3}}{Hs} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$Ap = Ho \times b^* \quad \text{(Ecuación 12)}$$

De acuerdo a ecuación 12 obtenemos los siguientes resultados

| Pila | Ap (m²) |
|-------------|---------------------------|
| 1 Izq | 3.14 |
| 2 Der | 4.96 |

Tipo de pila: II

$$b^* = 1.60m$$

$$b^* = d$$

$$Ae = A \cos \phi - \sum Ap \quad \text{(Ecuación 11)}$$

$$Ae = 86.30 \text{ m}^2$$

$$Be = L \cos \phi - N b^* \quad \text{(Ecuación 13)}$$

$$Be = 31.80 \text{ m}$$

$$Hm = \frac{Ae}{Be}$$

$$Hm = 2.71 \text{ m} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

$$\mu = 0.95$$

$$\alpha = \frac{Q}{Hm^{5/3} Be \mu} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

$$\alpha = 5.452 \text{ m}$$

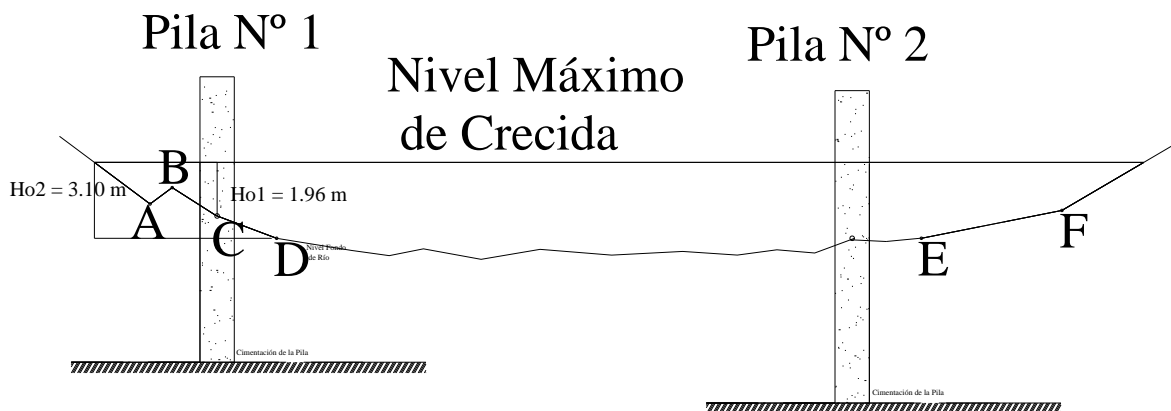
En este cuadro se resume la comparación de la velocidad real con la velocidad erosiva indicando si hay o no socavación para los puntos analizados

| Punto | Ho (m) | Ve (m/s) | Vr (m/s) | Efecto |
|--------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| A | 1.40 | 2.80 | 6.82 | Si hay socavación |
| B | 0.64 | 2.26 | 4.05 | Si hay socavación |
| C | 1.96 | 3.07 | 8.54 | Si hay socavación |
| D=E | 3.10 | 3.48 | 11.59 | Si hay socavación |
| F | 1.71 | 2.96 | 7.80 | Si hay socavación |

Calculo de la profundidad de socavación e

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.68 \beta d m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+x}} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

| <i>Punto</i> | <i>Ho (m)</i> | <i>Hs (m)</i> | <i>e (m)</i> |
|--------------|---------------|---------------|--------------|
| A | 1.400 | 2.82 | 1.42 |
| B | 0.640 | 1.01 | 0.37 |
| C | 1.960 | 4.38 | 2.42 |
| D=E | 3.100 | 7.98 | 4.88 |
| F | 1.710 | 3.66 | 1.95 |



Sección Hidráulica del Río Achiote y niveles obtenidos en el levantamiento topográfico.

El perfil transversal de la sección del río Achiote con las profundidades de socavación general se encuentra en el **Anexo N° 1**.

EROSION LOCAL POR PILA

Método de Yaroslavtziev

$$ds = K_f \times K_v \times \left(\frac{v}{g} + K_H \frac{v^2}{g} - 30 D_{85} \right) \quad (\text{Ecuación 18})$$

Cálculo de la velocidad v

| <i>A socav</i> <i>m²</i> | <i>A Hidr</i> <i>m²</i> | <i>A total</i> <i>m²</i> |
|--|---------------------------------------|--|
| 154.10 | 94.40 | 248.50 |

$$V = 3.50 \text{ m/s}$$

Cálculo de los coeficientes Kf

(Figura 14)

$$\text{Para } \emptyset = 0^\circ 0' 0'' \longrightarrow K_f = 10$$

$$b^* = 1.60 \text{ m}$$

$$\log K_v = -0.28 \sqrt[3]{\frac{v^2}{g b_1}} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$\log K_v = -0.258 \longrightarrow K_v = 0.552$$

$$\log K_H = 0.17 - 0.35 \frac{H_s}{b_1} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$\log K_H = -0.787 \longrightarrow K_H = 0.163$$

La siguiente tabla resume los valores diferentes de k en cada pila

| Pila | K_f | K_v | K_H |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 Izq | 10 | 0.552 | 0.163 |
| 2 Der | 10 | 0.552 | 0.027 |

Cálculo de la profundidad de socavación ds

$$e = 0.6$$

$$D_{85} = 140 \text{ mm}$$

| Pila | H_s (m) | ds (m) |
|-------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1 Izq | 4.38 | 1.07 |
| 2 Der | 7.98 | 0.13 |

Método de Laursen – Toch

Debido a la alineación de la pila con respecto al flujo empleamos la ecuación

$$ds = K_f K_g b \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Determinación de K_f (Tabla 3)

| Pila | K_f |
|-------------|-------------------------|
| 1 Izq | 0.9 |
| 2 Der | 0.9 |

Determinación de Kg

(Figura 12)

| Pila | Hs (m) | Hs/b | Kg |
|-------------|---------------|-------------|-----------|
| 1 Izq | 1.01 | 0.63 | 1.30 |
| 2 Der | 7.98 | 4.99 | 2.40 |

Cálculo de la profundidad de socavación ds para cada pila

| Pila | ds(m) |
|-------------|--------------|
| 1 Izq | 1.87 |
| 2 Der | 3.46 |

RESUMEN DE SOCAVACIÓN GENERAL Y LOCAL

| PUNTO | Litschvan - Levediev e (m) | ds (m) | |
|---------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| | | Yaroslavtziev | Laursen - Toch |
| <i>A</i> | 1.42 | - | - |
| <i>B</i> | 0.37 | - | - |
| <i>C</i> | 2.42 | - | - |
| <i>D=E</i> | 4.88 | - | - |
| <i>F</i> | 1.95 | - | - |
| <i>PILA 1</i> | - | 1.07 | 1.87 |
| <i>PILA 2</i> | - | 0.13 | 3.46 |

El perfil transversal de la sección del río Achote con las profundidades de socavación general y local se encuentra en el **Anexo N° 2**.

5.5.3.- Resultados

Se realiza un análisis de los resultados obtenidos para la socavación general y local según los criterios utilizados por los diferentes autores para garantizar que la estructura con sus respectivas pilas como elementos principales sean el sostén de la misma y así evitar que los puentes sufran daños estructurales.

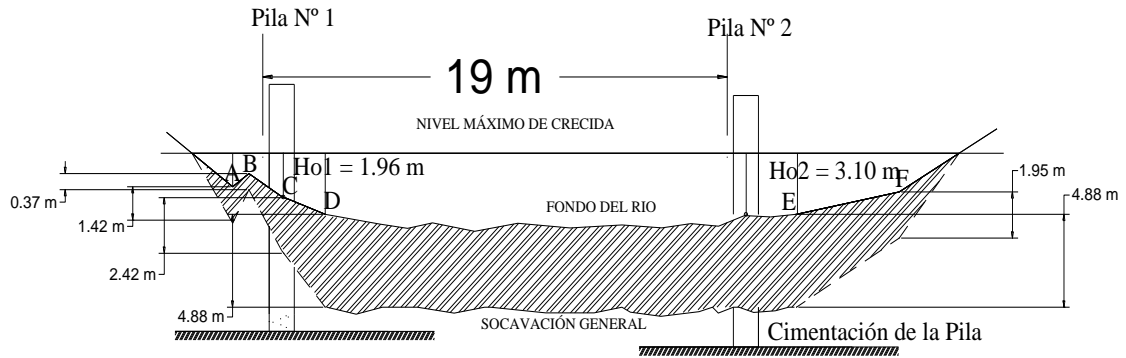
EROSION GENERAL

Método de Litschvan – Levediev

Este método compara la velocidad media de la corriente V_r con la velocidad erosiva V_e determinando si hay o no arrastre en las partículas de fondo.

La velocidad erosiva esta en función de las características del material del fondo del río y del tirante de la corriente, como podemos estimar para el cálculo de la V_e $V_e = 0.68 d_m^{0.28} \beta H_s^x$, al tratarse de suelos no cohesivos se tomo el valor del diámetro medio de las partículas que es $d_m = 125$ mm y el valor del exponente variable que es función diámetro medio el mismo que se obtuvo de la **Tabla 2. Valores de x en función del tipo de suelo (Juárez Badillo)**, $x = 0,273$, encontrando así los valores de la velocidad erosiva para diferentes puntos.

En el resultado de los cálculos se obtuvo para el punto A una $V_e = 2.80$ (m/s) y una $V_r = 6.82$ (m/s), siendo la velocidad real mayor que la velocidad erosiva, el material existente en tal punto es arrastrado produciendo socavación; el mismo efecto se da en los puntos B,C,D,E,F.

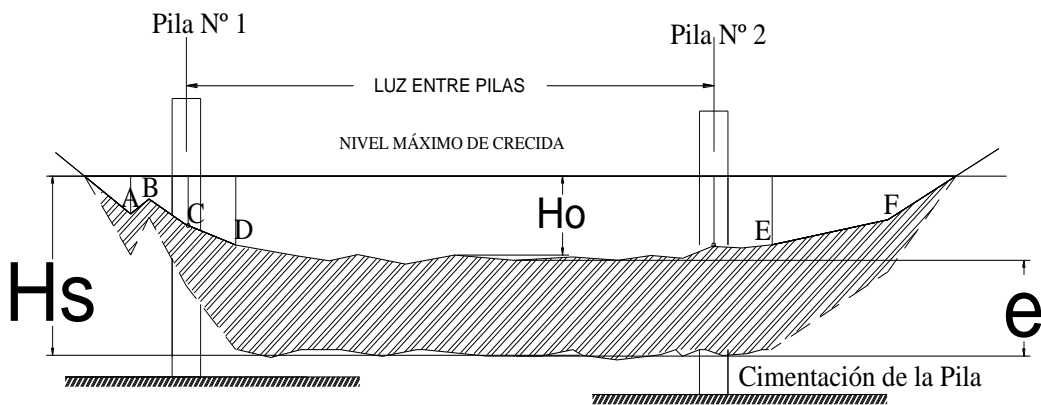


Sección transversal
con perfil de posible socavación general.

Escala:----- 1:500

■ socavación general

La diferencia entre el tirante del río H_o (m) y la profundidad total luego de producida la socavación H_s (m) nos da el valor de la altura de socavación general e (m), como se aprecia en el siguiente esquema.



SOCAVACIÓN LOCAL

Método de Yaroslavtziev

Este método esta en función del cuadrado de la velocidad media de la corriente, el tamaño de los granos de fondo, geometría de la pila, tirante de la corriente y del lugar donde se encuentra la pila en el río.

En el resultado de los cálculos se obtuvo que:

La profundidad de socavación local para la Pila 1 es de $d_s = 1.07$ (m)

La profundidad de socavación local para la Pila 2 es de $d_s = 0.13$ (m)

La diferencia de resultados en las pilas es debido a que el cálculo esta en función de la profundidad total luego de producida la socavación general H_s (m), haciendo la comparación se tiene que para la Pila 1 con una profundidad de socavación general de 2.42 m se tiene una socavación local de 1.07 m; para la Pila 2 con una profundidad de socavación general de 4.88 m se tiene una socavación local de 0.13 m la misma que indica que a mayor profundidad de socavación general menor socavación local.

Método de Laursen – Toch

Este método esta en función de la geometría de la pila, para el cálculo de la socavación local Laursen – Toch utiliza los siguientes parámetros:

b : que es ancho de la pila en m

K_g : es el coeficiente que depende de la relación entre la profundidad de agua que queda después de la socavación general y el ancho de la pila (H_s/b), este dato se obtiene de la **Figura 16**. *Coeficiente K_g método Laursen – Toch adaptada de (Juárez Badillo)*.

K_f : que es coeficiente que depende de la forma de la nariz de la pila, valor que se obtiene de la **Tabla 3**. *Coeficiente K_f método Laursen – Toch adaptada de (Juárez Badillo)*.

En el resultado de los cálculos se obtuvo que:

La profundidad de socavación local para la Pila 1 es de $d_s = 1.87$ (m)

La profundidad de socavación local para la Pila 2 es de $d_s = 3.40$ (m)

La diferencia de estos resultados es pequeña ya que el único valor que varía para su cálculo es el resultado de la división de la profundidad total luego de producida la socavación general para el ancho de la pila (H_s/b).

En el Puente sobre el Río Achioté se tomó como dato que la geometría de las pilas es cilíndrica, el ángulo de incidencia se forma con el eje de la pila cuando la corriente incide oblicuamente, para nuestro caso el ancho de la pila es igual al diámetro por ende el ángulo de incidencia para pilas cilíndricas es de cero.

El análisis de resultados demuestra que la alineación de las pilas con el flujo reduce notablemente el valor de la socavación general, y cuando el ángulo es cero esta aumenta.

Dado que el río Achioté es un río de montaña tiene una velocidad alta de 9.21 m/s, ya que esta es en función de la pendiente de lecho que para este caso se estima de 0,025.

La socavación general está definida por la comparación de la velocidad real y la velocidad erosiva para este caso se encontró que los valores de la velocidad real son mayores que los valores de la velocidad erosiva en los 7 puntos en los que se realizó este análisis encontrando que existe el efecto de socavación.

Los resultados de la socavación local obtenidos mediante el método de Laursen-Toch presentan valores muy altos esto se debe a que este autor toma en cuenta únicamente parámetros como profundidad de flujo – ancho de la pila, H_o/b , ángulo entre el flujo y la pila o ángulo de incidencia ϕ , y en segundo término de la forma de la pila.

El criterio de Laursen – Toch no considera el tipo de suelo que se presenta en el lecho sino que basa su ecuación únicamente en la geometría de la pila.

5.6.- Conclusiones y recomendaciones

5.6.1.-Conclusiones

- El método para la socavación general expuesto por Litschvan – Levediev compara la condición de equilibrio entre la velocidad media de la corriente V_r con la velocidad erosiva V_e que es la velocidad necesaria para que un material de características dadas sea arrastrado, determinando si hay o no arrastre en las partículas de fondo, incrementándose la capacidad de suspensión del material, con lo cual se inicia el proceso de degradación. En el resultado de los cálculos de la socavación general por el método de Litschvan – Levediev , en el punto A se obtuvo una velocidad erosiva igual a 2.80 m/s y una velocidad real de 6.82 m/s, siendo la velocidad real mayor que la velocidad erosiva, el material existente en tal punto es arrastrado produciendo socavación; el mismo efecto se da en los puntos analizados.
- La diferencia de resultados en las pilas es debido a que el cálculo esta en función de la profundidad total luego de producida la socavación general H_s (m), haciendo la comparación se tiene que para la Pila 1 con una profundidad de socavación general de 2.42 m se tiene una socavación local de 1.07m; para la Pila 2 con una profundidad de socavación general de 4.88m se tiene una socavación local de 0.13 m la misma que indica que a mayor profundidad de socavación general menor socavación local.
- El criterio de Laursen – Toch no considera el tipo de suelo que se presenta en el lecho sino que basa su ecuación únicamente en la geometría de la pila, por lo tanto este criterio depende fundamentalmente de la relación profundidad de flujo – ancho de la pila, H_o/b , del ángulo entre el flujo y la pila o ángulo de incidencia ϕ .
- En un río de montaña con velocidades muy grandes, el criterio de Yaroslavtziev puede hacer predecir socavaciones muy fuertes, por lo tanto este método es aplicable ya que estima profundidades de socavación de manera crítica.

- La socavación local calculada por el método de Laursen – Toch es independiente de la socavación general y transversal, ocurriendo de manera simultánea, por lo que deben sumarse los efectos
- Del cálculo de la socavación local por el método de Laursen – Toch se obtuvo como resultado la profundidad de socavación para la Pila de $d_s = 1.87$ (m), para la Pila 2 de $d_s = 3.46$ (m); la diferencia de estos resultados es pequeña ya que el único valor que varía para su cálculo es el resultado de la división de la profundidad total luego de producida la socavación general para el ancho de la pila (H_s/b).
- En el Puente sobre el Río Achiote la geometría de las pilas es cilíndrica, el ángulo de incidencia que se forma con el eje de la pila cuando la corriente incide oblicuamente es cero, el ancho de la pila es igual al diámetro, y no afecta a la estabilidad de la pila.
- La forma y densidad de los desechos como ramas de árboles alrededor de la pila son factores determinantes en el proceso de socavación y no se puede cuantificar con precisión la influencia de los mismos, pero se estima que ayudan a minimizar el efecto erosivo ya que se convierten en un obstáculo para el paso de la corriente.
- El caudal considerado para el diseño es de $869.77 \text{ m}^3/\text{s}$, el mismo que fue calculado utilizando datos hidráulicos del río, el caudal obtenido por el método racional que se basa en el tiempo de aguacero, coeficiente de escorrentía y área de drenaje, fue de $798,18 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Los fosos de socavación son mayores a medida que se incrementa la velocidad y el calado, esto es debido a que existe más arrastre de material, así por ejemplo en el caso del río Achiote para un calado de $3,10$ m se tiene una socavación general de 4.88 m a diferencia de un menor calado de 1.96 m se tiene socavación general de 2.42 m.
- La sistematización de los cálculos hidráulicos y del diseño de las obras de protección permiten garantizar la estabilidad del puente, facilitando a los organismos encargados de realizar el mantenimiento periódico de las estructuras hidráulicas propuestas.

- La investigación sobre el fenómeno de socavación tanto General como Local realizado por Maza, corrobora los criterios planteados por Litschvan – Levediev, Laursen – Toch y Yaroslavtziev.

5.6.2.-Recomendaciones

- Para Laursen y Toch la socavación local depende fundamentalmente de la relación profundidad de flujo – ancho de la pila, H_o/b , del ángulo entre el flujo y la pila o ángulo de incidencia ϕ , y en segundo término de la forma de la pila, en cambio el método utilizado por Yaroslavtziev involucra parámetros como el cuadrado de la velocidad media de la corriente, el tamaño de los granos de fondo, geometría de la pila, tirante de la corriente y del lugar donde se encuentra la pila en el río, por lo que es el método mas recomendado para el cálculo de la socavación local en pilas para el río Achiote ya que toma en cuenta mayor número de parámetros para estimar su valor.
- Con el fin de minimizar los efectos negativos que se pueden ocasionar en las estructuras como puentes y tomando en cuenta que casi todas las destrucciones son provocadas por la erosión o socavación de las pilas, y en pocas ocasiones por fallas estructurales, es así que se recomienda tomar medidas de protección en las pilas con el fin de disminuir los efectos que puede ocasionar la socavación en las estructuras como puentes, estas medidas pueden ser: construir estructuras hidráulicas aguas arriba del puente para disminuir la velocidad del flujo y el arrastre de las partículas logrando de esta manera disminuir el efecto de socavación.
- La solución mas recomendada por ser la mas económica para realizar obras de protección para evitar la socavación en las pilas del puente sobre el río Achiote es la colocación de enrocados, consiste en sustituir el material del fondo del cauce por otro más resistente a la erosión, el enrocado debe ser de un diámetro uniforme y si eso no es posible el diámetro mínimo debe ser mayor que el obtenido para que soporte la velocidad del cauce, si las partículas del fondo tienen diámetro 20 veces

menor que el de la protección, ésta tendrá que estar formada por más de tres capas.

- Se recomienda de manera general realizar mantenimiento periódico de las estructuras hidráulicas del puente sobre el río Achiote con el fin de preservar la obra en el tiempo y garantizar un nivel aceptable y confiable de prestación del servicio.
- Se recomienda aplicar las acciones descritas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA), el mismo que tiene como propósito efectuar una adecuada gestión ambiental del proyecto durante las fases de construcción y operación del puente sobre el río Achiote a través del cual se logre prevenir, controlar, minimizar y compensar los daños que las diferentes actividades de la construcción incidan sobre los componentes del ambiente.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

6.1.- Medidas de mitigación

Las pilas generan remolinos y corrientes desordenadas cuando ocurren crecidas grandes. Al reducir la longitud del puente, este obstruye la corriente, por lo que genera un aumento en la velocidad, mayor que en otros puntos cercanos.

Este flujo impacta en el lecho produciendo un surco al pie de la pila sobre la base del cual se inicia la fosa de socavación. El desarrollo de la fosa alrededor de la pila avanza mientras las partículas son removidas y transportadas fuera de la misma por esta razón deben implementarse medidas de mitigación.

6.2.- Objetivos de la propuesta

Plantear herramientas que permitan mitigar el efecto de socavación mediante elementos de protección.

Minimizar los efectos negativos que se pueden ocasionar en las estructuras como puentes ya que casi todas las destrucciones son provocadas por la erosión y no por fallas estructurales.

Tomar en cuenta la importancia que tiene el análisis de la socavación para plantear la profundidad de cimentación.

6.3.- Justificación de la propuesta

El problema respecto a la destrucción de los puentes, casi no se ha registrado por fallas estructurales, sino por falta de análisis sobre el comportamiento del río, ya que casi todas las destrucciones fueron provocadas por la erosión o socavación de las pilas, por lo que es recomendable tomar medidas de mitigación o medidas de protección evitando así disminuir los efectos que puede ocasionar la socavación en las estructuras como puentes, construir estructuras hidráulicas aguas arriba del puente para disminuir la velocidad del flujo y el arrastre de las partículas logrando así disminuir el efecto de socavación.

6.4.- Medidas de mitigación a implementarse

Esta metodología consiste en implementar elementos no estructurales a la pila que permitan disipar la energía de las corrientes secundarias del flujo.

6.4.1.- Protecciones con enrocado

El enrocado se utiliza como obra de protección para la estabilización de márgenes el control de la socavación local al pie de las pilas y estribos de puentes, como se puede ver en la siguiente figura.

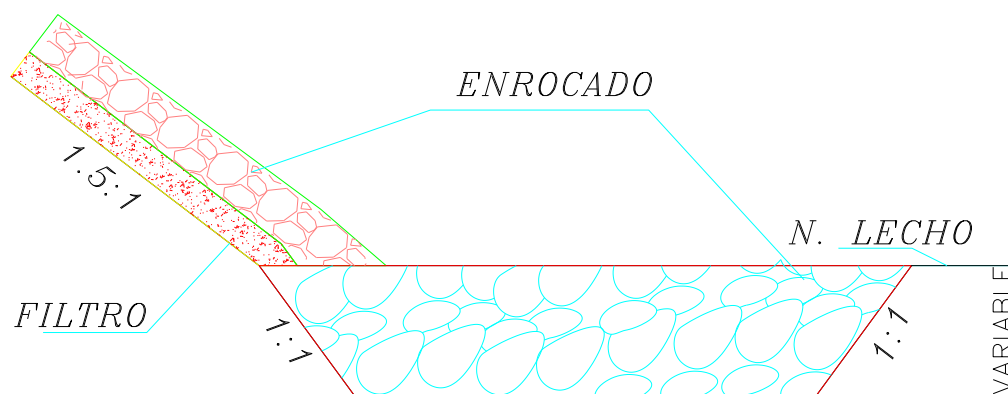


Figura 20. Detalle típico de margen protegido con enrocado

Ventajas del enrocado como obra de protección

Entre las ventajas del enrocado como obras de protección, se pueden citar:

- Como protección de márgenes, fija la orilla de manera estable y controla los desplazamientos posteriores.
- No altera la capacidad de conducción del cauce fluvial ya que no interfiere en su área de flujo.
- Su condición de estructura flexible le permite acomodarse a cualquier asentamiento del terreno de fundación, sin poner en peligro su integridad y estabilidad.

- Es una solución económica si el material para la construcción del enrocado se encuentra cerca del sitio de la obra.

A continuación se presentan algunas secciones típicas de protección de márgenes con enrocados.

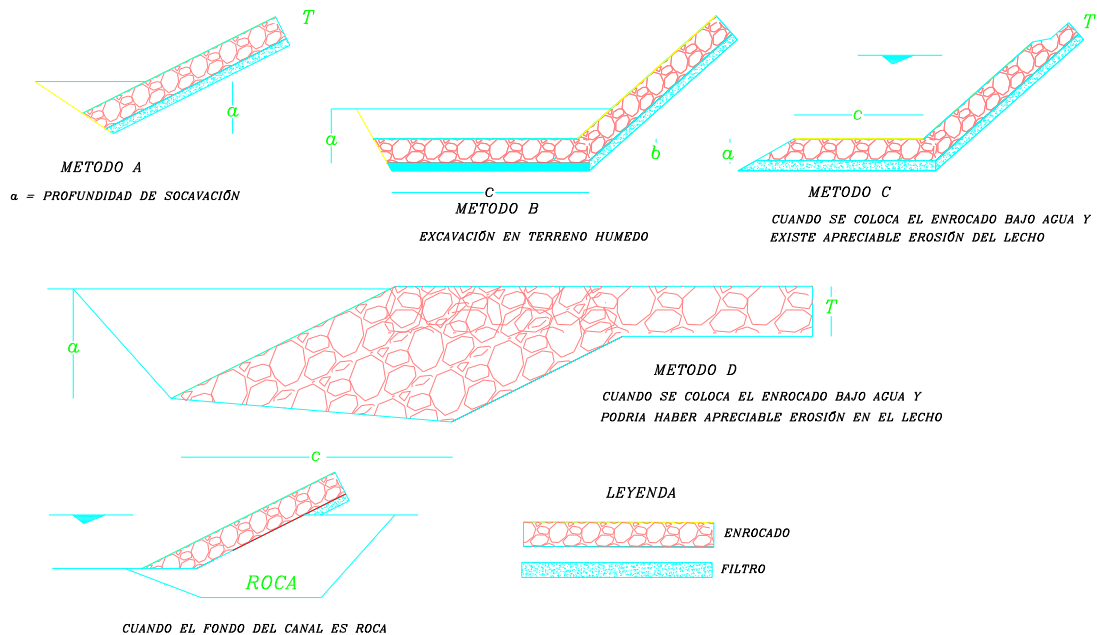


Figura 21. Secciones típicas de protección de márgenes con enrocados.

6.4.2.- Protección al pie de las pilas con enrocados

Maza (1969), señala como una solución para evitar la socavación al pie de pilas la sustitución del material del fondo del cauce por otro más resistente a la erosión, haciendo las siguientes recomendaciones para las sustituciones del material del fondo:

- El enrocado debe ser de un diámetro uniforme y si eso no es posible el diámetro mínimo debe ser mayor que el obtenido para que soporte la velocidad del cauce.
- Si las partículas del fondo tienen diámetro 20 veces menor que el de la protección, ésta tendrá que estar formada por más de tres capas, ya que de lo contrario el material del cauce extraído de los huecos y el cono erosionado se produce de la misma manera.

- Con el fin de no reducir el área hidráulica útil de la sección transversal bajo el puente, se recomienda colocar el enrocado a partir del nivel inferior que puede alcanzar durante la socavación general

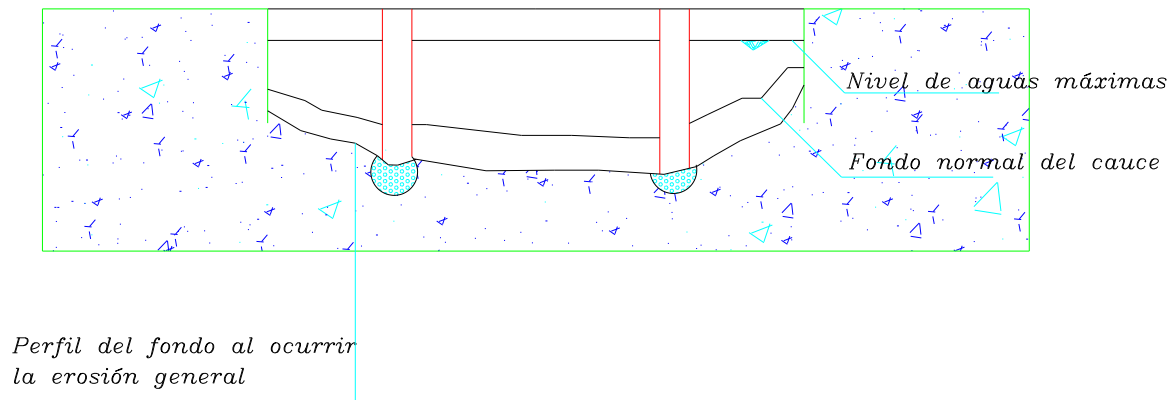


Figura 22. Colocación del pedraplén de protección

6.4.3.- Construcción de gaviones

Una de las obras más difundidas para la construcción de márgenes y accesos de puentes es la mampostería gavionada, básicamente consisten en jaulas de alambre rellenas de piedra, existiendo de formas cilíndricas y prismáticas.

Los gaviones se usan como elementos de contención formando muros que tratan de evitar el deslizamiento del material de los taludes; en obras fluviales se usan como estructura de contención de los rellenos de acceso al puente, así como elementos de control de la erosión a nivel del pie de los estribos, pilas y márgenes de los ríos.

Los gaviones son básicamente enrocados con forma y dimensiones preestablecidas que actúan como un elemento continuo, dada la conexión que se establece entre los elementos prismáticos que constituyen la unidad primaria del gavión.

Además son estructuras que trabajan por gravedad, requiriendo para su estabilidad el chequeo por deslizamiento y volcamiento cuando actúan como elemento de contención de tierras.

Forma de la malla

La malla utilizada en la construcción de gaviones es malla metálica galvanizada. Tiene forma de hexágono alargado en el sentido de sus diagonales, las mallas se enlazan entre si, mediante una triple torsión como se puede ver en la siguiente figura.

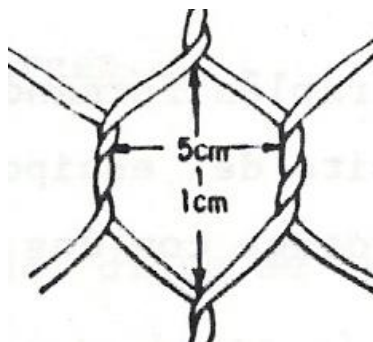


Figura 23. Detalle de malla de gavión

Relleno del gavión

El tamaño de la piedra del gavión debe ser mayor que la abertura de la malla, para los pedruscos que quedan en contacto con la malla. Las piedras inferiores pueden ser menor tamaño. El relleno debe ejecutarse procurando obtener la mayor densidad posible. El gavión se procede a rellenar una vez ubicado en el sitio definitivo de su construcción, colocando piedras en capas de granulometría bien gradada.

6.4.4.- Protecciones con bolsacreto

El sistema de protección utilizando bolsacreto se basa en la construcción, en sitio, de estructuras de protección y contención teniendo como elemento base grandes

bolsas de material sintético, llenas de concreto el cual es introducido por medio de bombeo, como se puede apreciar en la siguiente figura.

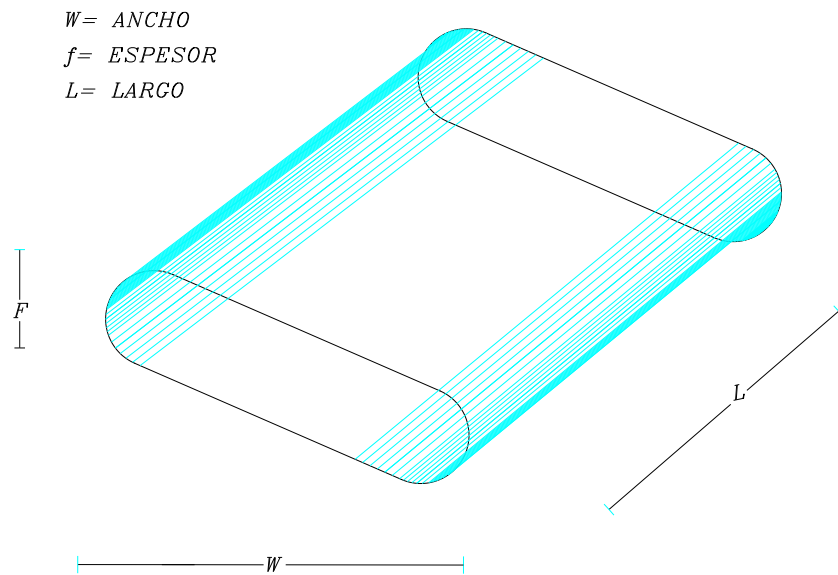


Figura 24. Detalles de bolsacreto

Uso del sistema de bolsacreto

El sistema de bolsacreto modulado, se usa fundamentalmente para la protección de márgenes, teniendo además aplicación en la construcción de diques de espigones y relleno de cárcavas de erosión de pilas y estribos de puentes.

Ventajas y desventajas de los bolsacretos

Entre las principales ventajas se puede señalar:

- El sistema de bolsacreto proporciona soluciones rápidas y sencillas.
- El método constructivo permite trabajar en ríos en época de creciente.
- Se adaptan fácilmente a las condiciones del terreno.

Como desventajas se señalan:

- El costo es significativo
- La estructura es poco flexible, lo que origina fractura de las unidades de bolsacretos al ocurrir el asentamiento de la estructura.

- El concreto, al poseer una resistencia alta, es fácilmente erosionado por la acción del agua.
- Al fallar la estructura por socavación, de no existir un buen anclaje y adherencia entre las unidades de bolsacreto, estas pueden ser arrastradas

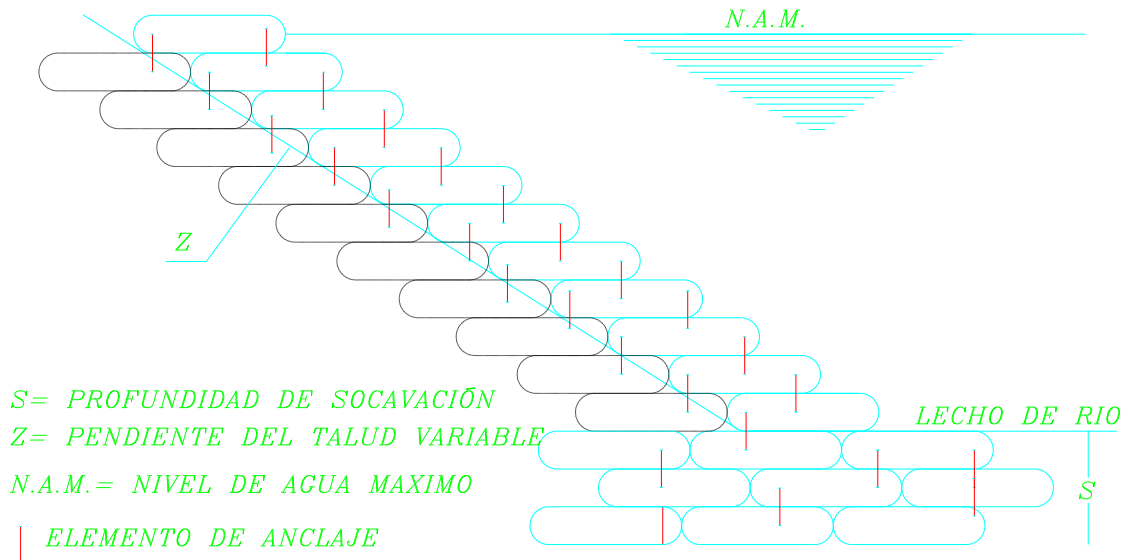


Figura 25. Colocación de bolsacreto para la protección de márgenes

Si se encuentra síntoma de destrucción o una parte erosionada por la corriente en estribos o pilas se deben tomar las medidas necesarias inmediatamente como son:

- El trabajo de protección del piso debe estar bien hecho para resistir la socavación, colocando mantos de piedra de granulometría determinada sobre el lecho alrededor de la pila.
- El mantenimiento es muy importante, haciendo una inspección rutinaria de los puentes para prevenir los daños que se pueden ocasionar en ellos.
- Colocación de aros con el fin de analizar el efecto que tiene la colocación del aro alrededor de una pila circular como dispositivo para controlar la profundidad de socavación.



Foto 4. Aro alrededor de una pila circular como dispositivo para controlar la profundidad de socavación.

- Otra alternativa como provisional, es proteger el pie alrededor de los estribos, pilas y aproximaciones, colocando colchonetas de gaviones para aguantar la fuerza de la corriente rápida desordenada que ocurre durante la crecida.



Foto 5. Colchonetas de gaviones para aguantar la fuerza de la corriente

- Construir estructuras hidráulicas, como espigones, aguas arriba del puente para reducir la velocidad del flujo y el arrastre de las partículas, logrando así disminuir el efecto de socavación



Foto 6. Colocación de espigones aguas arriba del puente

Los espigones no deben ocasionar súbitos cambios en la dirección del flujo, para que la corriente no quede alterada. Hay que recordar que el espigón no solo afectará el curso de la corriente desde el lugar donde fue colocado sino hasta donde la corriente recupere su dirección original.

Además deberían evitarse a toda costa las construcciones de espigones aislados, no sólo porque no funcionarían eficazmente, sino que además podrían provocar remansos dañinos (partes donde la velocidad de la corriente es muy lenta y provoca estancamientos)

6.5.- Evaluación del impacto social económico ambiental

Nuestro País tiene una gran cantidad de puentes en carreteras principales, caminos vecinales, que en el caso de colapsar por socavación dejan incomunicados a Poblaciones y se originan problemas económicos y de tipo social.

Por esta razón los principales beneficiarios con los resultados de esta investigación son las personas que viven en el sector así como las que se encuentran en el área de influencia del proyecto y que a diario necesitan cruzar el río Achiote.

Por esta razón es importante tomar en cuenta las medidas de mitigación a fin de contrarrestar los procesos de socavación y para controlar el curso del agua.

De esta manera se generarán fuentes de trabajo para los habitantes del sector con ello mejorara su calidad de vida, además el impacto social y económico que la construcción acertada de obras hidráulicas para la protección del puente generara de esta manera se evita inversiones económicas innecesarias.

CAPÍTULO VII

PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN

7.1.- Introducción

El control de la erosión en corrientes de agua está orientado hacia la búsqueda de un estado suficientemente estable de éstas, propiciando un equilibrio entre las fuerzas de erosión y las que imparten resistencia a la misma; para tal efecto se construyen obras longitudinales, nombre que reciben en razón de su posición con relación al eje del cauce. Con este tipo de obras puede lograrse básicamente, en términos de beneficios relativos al control de la erosión el control horizontal de la tensión tractiva sobre las márgenes (muros, revestimientos, recubrimientos vegetales, etc.) y la rectificación del eje de la corriente y de la sección de flujo (encauzamiento).

7.2.- Alternativa con Bolsacreto

La superficie del talud es cubierta con sacos rellenos de suelo o mezclas de éste con cemento. Su empleo se limita usualmente a taludes 1:2; por debajo de los sacos se coloca geotextil para evitar la erosión del suelo de fundación, y la base inferior se profundiza como mínimo 1,5 m por debajo de la línea de agua. Para mejorar la unión entre sacos se pueden colocar anclajes de varillas de hierro semi-verticales clavadas a mano uniando las capas de sacos.



Foto. 7 Colocación de bolsacretos

7.3.- Alternativa con Enrocado

La colocación de enrocado como medida de protección para evitar la socavación local consiste en colocar roca (de cantera o río), sobre el talud con pendiente a lo largo de la orilla y alrededor de la pila, esta reposición de material es una medida económica y eficaz debido a la flexibilidad del enrocado que permite adaptarse a los pequeños movimientos debido a las acciones erosivas.

La profundidad a la que se colocará el enrocado en las pilas estará en función del valor de la socavación local, para el caso del río Achiote el valor obtenido es de 1,07 m, para el efecto se colocara el enrocado a partir de esta profundidad.

Dependiendo del tipo de suelo se puede recomendar o no la conformación de mínimo dos capas de material granular y la colocación por debajo del enrocado de un geotextil o una capa de grava.

Del cálculo realizado con la formula de Neill se tiene que el diámetro mínimo recomendado para el enrocado es de 40 centímetros.

El manto del enrocado se deberá extender alrededor de la pila como una aureola, la misma que tendrá $2,5*d$; que para nuestro caso al tener una pila con diámetro de 1,60 m, el diámetro de a aureola será de 4 m, para permitir el drenaje a través de él y evitar que fuerzas de subpresión levanten el revestimiento.

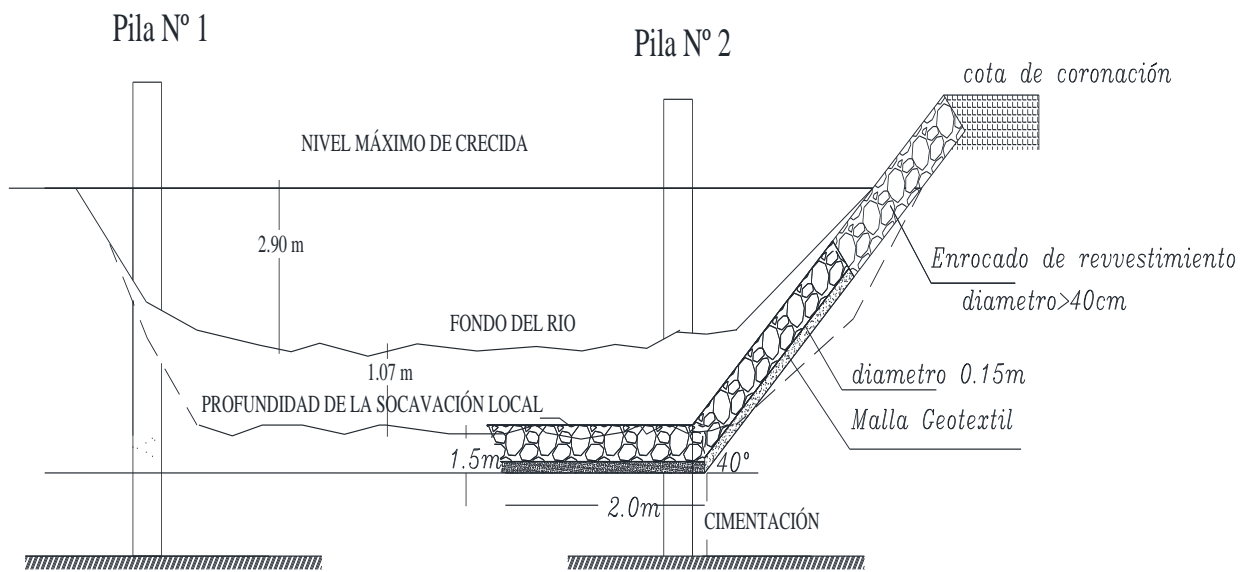


Fig.26 Colocación de enrocado visto en corte

7.4.- Alternativa con Gaviones

Consiste en el recubrimiento de los taludes de las orillas mediante la colocación de gaviones; el espesor de la capa de gaviones está en función de la pendiente, siendo utilizados espesores hasta de 0.50 m para pendientes inferiores a 1:2 y de 1 m para pendientes hasta de 1:1. El material de lleno debe ser de tamaños entre 10 y 15 cm, y en la parte sumergida se coloca un gavión de apoyo de dimensiones 1x1x1 m, con el fin de controlar la socavación; el recubrimiento puede variar en espesor conforme se asciende en el talud.

El área de la sección por metro lineal es:

$$A= 3m \times 1m + 2m \times 1m + 1m \times 1m = 6m^2$$

Los gaviones serán construidos de la siguiente manera:

Margen Izquierda:

$$11+440 -- 11+430, V1= 54 m^3$$

Margen Derecha:

11+440 -- 11+430, V1= 66 m3

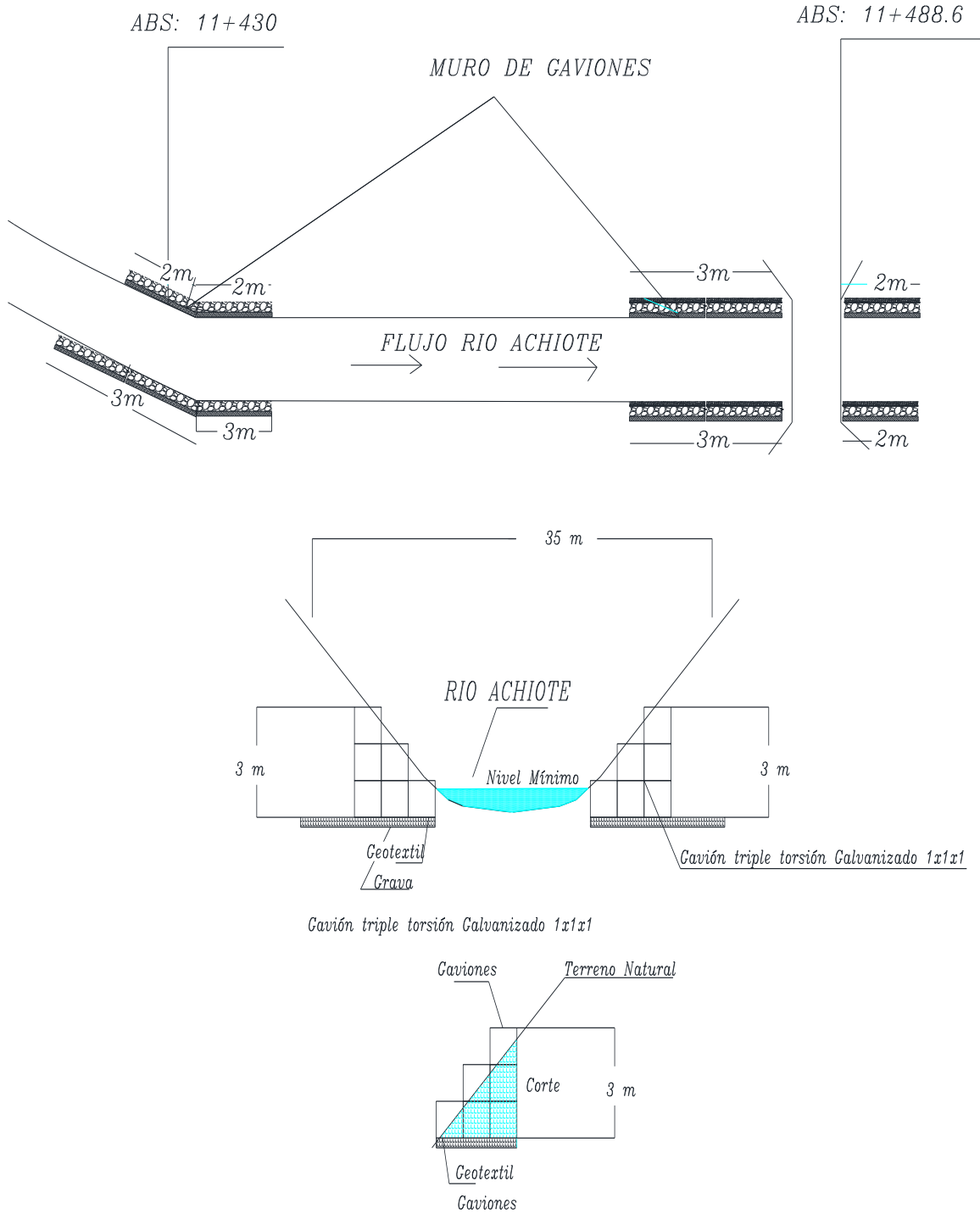


Fig.27 Colocación de gaviones en corte y planta

7.5.- Comparación de Alternativas

En base a lo explicado anteriormente, en el siguiente cuadro esta la comparación entre las alternativas para este proyecto, teniendo en cuenta las ventajas, desventajas y costos determinando si es aplicable o no.

Comparación de Alternativas

| Método | Ventajas | Desventajas | Conclusión |
|------------|--|---|---|
| Bolsacreto | Facil instalación | Muy costoso | Su construcción requiere de muchos recursos |
| | No se necesita mucha maquinaria pesada | Instalación manual | |
| | Poco mantenimiento | Mucho tiempo para instalación | |
| | Puede instalarse bajo el agua | Necesita hormigón hidráulico | |
| | se los puede usar como espigones | Se necesita espacio para mezclado y llenado de hormigón | |
| | | Soporta bajos empujes | |
| Enrocado | Fácil instalación | costo depende de distancia de acarreo | Factible |
| | Poco mantenimiento | Se necesita maquinaria pesada | |
| | El material se encuentra fácilmente | trabaja dependiendo de la pendiente del talud | |
| | Larga vida útil | | |
| | Poco tiempo para instalación | Soporta bajos empujes | |
| Gaviones | Ideal para lugares donde no hay espacio para conformar taludes | Muy costoso | Factible |
| | Se necesita poca maquinaria pesada | Mucho tiempo para instalación | |
| | Poco mantenimiento | Instalación manual | |
| | Soporta grandes empujes | Solo para taludes con escasa pendiente | |
| | Brinda mayor estabilidad al talud | Dificultad para encontrar material | |

Como se indica en el cuadro anterior la construcción de bolsacretos no es recomendable ya que su proceso constructivo es elevado.

En cambio la solución planteada para protección de márgenes y pilas mediante enrocados y gaviones requiere de un proceso constructivo mas simple y menos costoso.

7.6.- Análisis Precios Unitarios

| ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
|------------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| RUBRO : DESBROCE Y LIMPIEZA (R) | | | | | |
| DETALLE : retiro de capa vegetal | | | | | |
| | | | | UNIDAD : m2 | |
| 1 . - EQUIPO Y HERRAMIENTA .- | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur C | TOTAL COSTO D=AxBxC | |
| Herramienta manual | 1 | 0.09 | 0.3300 | 0.03 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | SUB TOTAL M | 0.03 | |
| 2 . - M A T E R I A L E S | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | SUB TOTAL N | 0.00 | |
| 3 . - M A N O D E O B R A .- | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur C | TOTAL COSTO D=AxBxC | |
| Categoría 1 | 1 | 2.13 | 0.3300 | 0.70 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | SUB TOTAL P | 0.70 | |
| 4 . - T R A N S P O R T E | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | SUB TOTAL O | 0.00 | |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P) | | | | 0.73 | |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | | | | 0.11 | |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | | | | 0.00 | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | 0.84 | |
| VALOR OFERTADO | | | | 0.84 | |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : REPLANTEO Y NIVELACION (R)

DETALLE :

UNIDAD : m2

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|----------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 0.10 | 0.02 |
| Equipo de Tapografia | 1.00 | 2.00 | 0.10 | 0.20 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | M | 0.22 |

2.- M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Clavos de 2 a 8" | kG | 0.05 | 0.80 | 0.04 |
| Estacas de madera | u | 0.50 | 0.10 | 0.05 |
| Tira de Eucalipto | m | 0.40 | 0.13 | 0.05 |
| SUB TOTAL | | | N | 0.14 |

3.- M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Topografo | 1.00 | 2.56 | 0.1000 | 0.26 |
| Categoría 3 | 1.00 | 2.58 | 0.1000 | 0.26 |
| | | | | 0.00 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | P | 0.51 |

4.- T R A N S P O R T E

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | O | 0.00 | |

| | | |
|------------------------------|--------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | X= (M+N+O+P) | 0.88 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00 % | 0.13 |
| OTROS INDIRECTOS | 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 1.01 |
| VALOR OFERTADO | | 1.01 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : EXCAVACION A MANO EN FANGO (R)

DETALLE :

UNIDAD : m2

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 4.50 | 0.90 |
| Bomba de agua | 1.00 | 2.64 | 1.50 | 3.96 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | M | 4.86 |

2.- MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | N | 0.00 |

3.- MANO DE OBRA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría I | 1.00 | 2.56 | 4.5000 | 11.52 |
| | | | | 0.00 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | P | 11.52 |

4.- TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | O | 0.00 | |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P) | 16.38 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 2.46 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 18.84 |
| VALOR OFERTADO | 18.84 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO EN TIERRA (R)

DETALLE :

UNIDAD : m3

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 1.66 | 0.33 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL M | | | | 0.33 |

2.- MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL N | | | | 0.00 |

3.- MANO DE OBRA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.04 | 0.11 |
| Categoría I | 1.00 | 2.56 | 1.20 | 3.07 |
| | | | | |
| SUB TOTAL P | | | | 3.18 |

4.- TRANSPORTE

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL O | | | | | 0.00 |

| | |
|------------------------------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P) | 3.51 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 0.53 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 4.04 |
| VALOR OFERTADO | 4.04 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA (R)

DETALLE :

UNIDAD : m2

1. - EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 0.20 | 0.04 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | M | 0.04 |

2. - M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Clavos de 2 A 8" | Kg | 0.01 | 0.80 | 0.01 |
| Pingo de Eucalipto | m | 2.00 | 0.72 | 1.44 |
| Tira de Madera de 4x4 cm | m | 1.50 | 0.20 | 0.30 |
| Tabla dura de encofrado | m | 5.00 | 0.32 | 1.60 |
| SUB TOTAL | | | N | 3.35 |

3. - M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.20 | 0.52 |
| Categoría I | 2.00 | 2.56 | 0.20 | 1.02 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | P | 1.54 |

4. - T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | O | 0.00 | |

| | |
|------------------------------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P) | 4.93 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 0.74 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 5.67 |
| VALOR OFERTADO | 5.67 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : PROTECCION Y DESVIO RIO SAQUILLO DE YUTE (ARENA - POLVO PIEDRA) (R)

DETALLE :

UNIDAD : u

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 0.20 | 0.04 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL M | | | | 0.04 |

2.- M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Saco de lona | u | 100.00 | 0.02 | 1.50 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL N | | | | 1.50 |

3.- M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.20 | 0.52 |
| Categoría I | 2.00 | 2.56 | 0.20 | 1.02 |
| | | | | |
| SUB TOTAL P | | | | 1.54 |

4.- T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL O | | | | | 0.00 |

| | |
|------------------------------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P) | 3.08 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 0.46 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 3.54 |
| VALOR OFERTADO | 3.54 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : RELLENO COMPACTADO MATERIAL CLASIFICADO (R)

DETALLE :

UNIDAD : m2

1 . - EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 0.20 | 0.04 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | M | 0.04 |

2 . - M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Material clasificado (EN OBRA | m3 | 1.25 | 10.63 | 13.29 |
| SUB TOTAL | | | N | 13.29 |

3 . - M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.20 | 0.52 |
| Categoría I | 1.00 | 2.56 | 0.60 | 1.54 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | P | 2.05 |

4 . - T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | O | 0.00 | |

| | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | X= (M+N+O+P) | 15.38 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00 % | 2.31 |
| OTROS INDIRECTOS | 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 17.69 |
| VALOR OFERTADO | | 17.69 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : GAVION TRIPLE TORCION GALVA.(INCLUYE PIEDRA) (R)

DETALLE :

UNIDAD : m3

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 3.43 | 0.69 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | M 0.69 |

2.- M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-------------------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Gavi3n soldado estandar 2x1x2 | u | 0.50 | 23.42 | 11.71 |
| Alambre Galvanizado #18 | Kg | 0.50 | 1.62 | 0.81 |
| Piedra bola | m3 | 1.05 | 10.63 | 11.16 |
| SUB TOTAL | | | | N 23.68 |

3.- M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría IV | 1.00 | 2.58 | 0.25 | 0.63 |
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.20 | 0.52 |
| Categoría I | 2.00 | 2.56 | 2.93 | 15.01 |
| SUB TOTAL | | | | P 16.16 |

4.- T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | | | O 0.00 |

| | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | X= (M+N+O+P) | 40.53 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00 % | 6.08 |
| OTROS INDIRECTOS | 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 46.61 |
| VALOR OFERTADO | | 46.61 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : MALLA GEOTEXTIL NO TEJIDO (R)

DETALLE :

UNIDAD : m3

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 2.00 | 0.20 | 0.05 | 0.02 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | M | 0.02 |

2.- M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Geotextil 2000 NT | m2 | 1.00 | 1.34 | 1.34 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | N | 1.34 |

3.- M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.01 | 0.01 |
| Categoría I | 2.00 | 2.56 | 0.05 | 0.26 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | P | 0.27 |

4.- T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | O | 0.00 | |

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P) | 1.63 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 0.24 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 1.87 |
| VALOR OFERTADO | 1.87 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN) (R)

DETALLE :

UNIDAD : m3

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ut C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 1.00 | 0.20 | 0.40 | 0.08 |
| Plancha Vibroapisonadora gasolina | 1.00 | 2.45 | 0.40 | 0.98 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | M 1.06 |

2.- MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | N 0.00 |

3.- MANO DE OBRA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ut C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.40 | 1.03 |
| Categoría I | 1.00 | 2.56 | 0.40 | 1.02 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | P 2.06 |

4.- TRANSPORTE

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | | | O 0.00 |

| | | |
|------------------------------|--------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | X= (M+N+O+P) | 3.12 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00 % | 0.47 |
| OTROS INDIRECTOS | 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 3.58 |
| VALOR OFERTADO | | 3.58 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : EXCAVACION A MAQUINA (R)

DETALLE :

UNIDAD : m2

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ut C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Excavadora sobre orugas 250Hp | 1.00 | 43.80 | 0.08 | 3.29 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | M 3.29 |

2.- MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | N 0.00 |

3.- MANO DE OBRA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ut C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-----------------------------------|---------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| Sin titulo ayudante de maquinaria | 1.00 | 2.56 | 0.08 | 0.19 |
| Operador equipo pesado | 1.00 | 2.71 | 0.08 | 0.20 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | P 0.40 |

4.- TRANSPORTE

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | | | O 0.00 |

| | | |
|------------------------------|--------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | X= (M+N+O+P) | 3.68 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00 % | 0.55 |
| OTROS INDIRECTOS | 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 4.23 |
| VALOR OFERTADO | | 4.23 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : EXCAVACION A MAQUINA EN FANGO (R)

DETALLE :

UNIDAD : m2

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ut C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Excavadora sobre orugas 250Hp | 1.00 | 43.80 | 0.08 | 3.29 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL M | | | | 3.29 |

2.- MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL N | | | | 0.00 |

3.- MANO DE OBRA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ut C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|-----------------------------------|---------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| Sin titulo ayudante de maquinaria | 1.00 | 2.56 | 0.08 | 0.19 |
| Operador equipo pesado | 1.00 | 2.71 | 0.08 | 0.20 |
| | | | | |
| SUB TOTAL P | | | | 0.40 |

4.- TRANSPORTE

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL O | | | | | 0.00 |

| | |
|------------------------------------|-------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P) | 3.68 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 0.55 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 4.23 |
| VALOR OFERTADO | 4.23 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : RELLENO CON PIEDRA (R)

DETALLE :

UNIDAD : m3

1.- EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 2.00 | 0.20 | 0.50 | 0.20 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | M 0.20 |

2.- M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Piedra Bola (EN OBRA) | m3 | 1.00 | 10.63 | 10.63 |
| SUB TOTAL | | | | N 10.63 |

3.- M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría III | 1.00 | 2.58 | 0.50 | 1.29 |
| Categoría I | 2.00 | 2.56 | 0.50 | 2.56 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | | P 3.85 |

4.- T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | | | O 0.00 |

| | |
|------------------------------------|--------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS X= (M+N+O+P) | 14.68 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD 15,00 % | 2.20 |
| OTROS INDIRECTOS 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | 16.88 |
| VALOR OFERTADO | 16.88 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : HORMIGON CICLOPEO 40% PIEDRA(Fc = 210 Kg/cm2) (R)

DETALLE :

UNIDAD : m3

1. - EQUIPO Y HERRAMIENTA .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | TARIFA / H B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| Herramienta manual | 10.00 | 0.20 | 0.78 | 1.56 |
| Concretera 1 Saco | 1.00 | 2.57 | 1.79 | 4.59 |
| | | | | |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | M | 6.15 |

2. - M A T E R I A L E S

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD A | PRECIO /U B | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|------------------------|
| Agua | m3 | 0.14 | 0.66 | 0.09 |
| Arena negra puesta en obra | m3 | 0.39 | 12.50 | 4.88 |
| Piedra bola | m3 | 0.4 | 10.63 | 4.25 |
| Ripio triturado puesto en obra | m3 | 0.57 | 12.5 | 7.13 |
| Cemento portland tipo I | Kg | 216.30 | 0.13 | 28.12 |
| SUB TOTAL | | | N | 44.46 |

3. - M A N O D E O B R A .-

| DESCRIPCION | CANTIDAD A | S.R.H. B | RENDIMIENTO(horas/ur) C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|---------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Categoría VI | 1.00 | 2.58 | 0.48 | 1.24 |
| Categoría III | 2.00 | 2.58 | 0.48 | 2.48 |
| Categoría I | 10.00 | 2.56 | 0.78 | 19.97 |
| | | | | |
| SUB TOTAL | | | P | 22.44 |

4. - T R A N S P O R T E

| | UNIDAD | CANTIDAD A | TARIFA/U B | DISTANCIA C | TOTAL COSTO D=AxBxC |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUB TOTAL | | | O | 0.00 | |

| | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | X= (M+N+O+P) | 73.05 |
| INDIRECTOS Y UTILIDAD | 15,00 % | 10.96 |
| OTROS INDIRECTOS | 0,00 % | 0.00 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 84.01 |
| VALOR OFERTADO | | 84.01 |

7.7.- Presupuesto Referencial

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE TRABAJOS

NOMBRE : CONDOR CATOTA ROBERTO

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

| ITEM | CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|---------------------------|--------|---|--------|----------|------------|-----------------|
| GAVION PARA MARGEN | | | | | | |
| 1 | 500004 | DESBROCE Y LIMPIEZA (R) | m2 | 120.00 | 0.84 | 101.10 |
| 2 | 500001 | REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS (R) | m2 | 120.00 | 1.01 | 120.92 |
| 3 | 505089 | EXCAVACION A MANO EN FANGO (R) | m3 | 24.00 | 18.84 | 452.09 |
| 4 | 503984 | EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO(TIERRA) (R) | m3 | 18.00 | 4.04 | 72.65 |
| 5 | 506776 | ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA (R) | m2 | 15.00 | 5.67 | 85.01 |
| 6 | 507637 | PROTECCION Y DESVIO RIO SAQUILLO DE YUTE (ARENA - POLVO PIEDRA) | u | 65.00 | 3.54 | 230.23 |
| 7 | 506768 | RELLENO COMPACTADO MATERIAL CLASIFICADO(R) | m3 | 25.00 | 17.69 | 442.16 |
| 8 | 504681 | GAVION TRIPLE TORCION GALVA.(INCLUYE PIEDRA) (R) | m3 | 120.00 | 46.61 | 5592.94 |
| 9 | 508947 | MALLA GEOTEXTIL NO TEJIDO | m2 | 120.00 | 1.87 | 224.79 |
| 10 | 508852 | RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN) (R) | m3 | 15.00 | 3.58 | 53.74 |
| TOTAL 1 | | | | | | 7375.63 |
| ENROCADO | | | | | | |
| 1 | 500001 | REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS (R) | m2 | 120.00 | 1.01 | 120.92 |
| 2 | 505135 | EXCAVACION A MAQUINA EN FANGO (R) | m3 | 12.00 | 4.23 | 50.79 |
| 3 | 503984 | EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO(TIERRA) (R) | m3 | 25.00 | 4.04 | 100.91 |
| 4 | 506776 | ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA (R) | m2 | 25.00 | 5.67 | 141.68 |
| 5 | 507637 | PROTECCION Y DESVIO RIO SAQUILLO DE YUTE (ARENA - POLVO PIEDRA) | u | 50.00 | 3.54 | 177.10 |
| 6 | 506768 | RELLENO COMPACTADO MATERIAL CLASIFICADO(R) | m3 | 15.00 | 17.69 | 265.30 |
| 7 | 504681 | RELLENO CON PIEDRA R | m3 | 40.00 | 16.88 | 675.28 |
| 8 | 508852 | HORMIGON CICLOPEO 40% PIEDRA (Fc = 210 Kg/cm2) | m3 | 12.00 | 84.01 | 1008.13 |
| TOTAL 2 | | | | | | 2540.11 |
| TOTAL | | | | | | 9,915.72 |

PRESUPUESTO REFERENCIAL

BIBLIOGRAFÍA

- 1** CHOW, VenTe. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Diana. México. 1982. 631 pág.
- 2** LAMBE, T. William. Mecánica de Suelos. Ed. Limusa. México. 1972. 582 pág.
- 3** AGUIRRE, Pe. Julián.). Hidráulica de Canales. Ed. CIDIAT. Mérida. 1974. 200 pág.
- 4** JUAREZ, Eulalio Badillo. Mecánica de Suelos. Ed. Limusa. México. 1975. 414 pág.
- 5** COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, “Manual de Diseño de Obras Civiles “. 1891
- 6** DERRAU, Max. “Geomorfología”. Ed. Ariel. España. 1965
- 7** HERAS, Rafael. “Manual de Hidrología”.
- 8** HUTTE, Manual del Ingeniero.
- 9** MAZA, J.A. Modelos Fluviales. Instituto de Ingeniería de la Unam. 1969. 216 pág.
- 10** MAZA, J.A. Socavación en cauces Naturales Poligrafiado. Escuela Politécnica Nacional. 1979
- 11** Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones “Curso de Drenaje de Obras viales.” 1981
- 12** DOWNING L. Enrique Jesús. “Tesis, Desarrollo de una metodología para evaluar riesgos, orientada al mantenimiento de estructuras hidráulicas viales y estudio de alternativas para la toma de decisiones”. Venezuela, 1990
- 13** ROCHA FELICES, Arturo “Modelos fluviales de lecho móvil Boletín Técnico 4-007, Laboratorio Nacional de Hidráulica, Lima, 1966.
- 14** ERAZO, GUERRON, SERRANO. “Tesis, Análisis de la socavación local en pilas de puentes y alcantarillas”. Ecuador, 2010
- 15** UNIVERSIDAD DEL VALLE, XIII SEMINARIO NACIONAL DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA, Tomo I y II. Memorias. Agosto 1998. Cali. Colombia

ANEXO N°5

PROYECTO PUENTE SOBRE EL RÍO ACHIOTE

RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE SUELOS

ING. IVAN BASTIDAS ARROYO - M.I.
 CONSULTORIA VIAL, OBRAS CIVILES, SUPERVISION Y FISCALIZACION
 Av. Republica E-2-33 y Av. Atahualpa 4º Piso
 Tlf. 2266764 / 2451091 Cel. 097-520491
 ivan_bastidas@hotmail.com

RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE SUELOS

| MUESTRA No. | ABSCISA | GRANULOMETRIA (% que pasa) | | | | L.L. | I.P. | CLASIF. AASHTO | L.C. | HUMEDAD NATURAL | HUMEDAD OPTIMA | DENSIDAD MAXIMA | ESPONJ. (%) | C.B.R. (95%) | COMP. (%) | |
|-------------|---------|-------------------------------|-----|-----|-----|------|------|-------------------|------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------|-------|
| | | 4 | 10 | 40 | 200 | | | | | | | | | | (SR) | (AF) |
| 11- SR -50 | 9+130 | | 100 | 99 | 96 | 34 | 15 | A - 6 (15) | | 20 | 11,26 | 2.028 | 5,97 | 4,50 | | |
| 11-SR-100 | 9+130 | | 100 | 99 | 97 | 38 | 13 | A - 6 (15) | | 19 | | | | | | |
| 11-SR-150 | 9+130 | | 100 | 100 | 95 | 42 | 16 | A-7-6(18) | | 22 | | | | | | |
| 12- SR -50 | 10+060 | | 100 | 99 | 95 | 41 | 22 | A-7-6(22) | | 26 | 15,94 | 1.901 | 5,97 | 2,20 | 79,0 | 100,0 |
| 12-SR-100 | 10+060 | | 100 | 98 | 37 | | NP | A - 48 (0) | | 20 | | | | | | |
| 12-SR-150 | 10+060 | | 100 | 99 | 95 | 36 | 12 | A - 6 (13) | | 42 | | | | | | |
| 13- SR -50 | 11+120 | 100 | 97 | 62 | 18 | | NP | A - 2 -4(0) | | 10 | 12,86 | 1.780 | 0,00 | 18,10 | | |
| 13-SR-100 | 11+120 | 100 | 99 | 67 | 16 | | NP | A - 2 -4(0) | | 10 | | | | | | |
| 13-SR-150 | 11+120 | 100 | 98 | 66 | 17 | | NP | A - 2 -4(0) | | 8 | | | | | | |
| 14- SR -50 | 12+200 | | 100 | 91 | 23 | | NP | A - 2 -4(0) | | 14 | 18,56 | 1.701 | 0,00 | 21,50 | | |
| 14-SR-100 | 12+200 | 100 | 100 | 86 | 20 | | NP | A - 2 -4(0) | | 12 | | | | | | |

ANEXO 6

PROYECTO PUENTE SOBRE EL RÍO ACHIOTE

FORMACIONES GEOLÓGICAS - CUADRO DE DISEÑO DE TALUDES

ING. IVAN BASTIDAS ARROYO - M.I.
CONSULTORIA VIAL, OBRAS CIVILES, SUPERVISION Y FISCALIZACION
Av. República E 2-33 y Av. Atahualpa # Piso
Tf: 2266764 / 2451091 Cel: 097-520481
ivan_bastidas@hotmail.com

FORMACIONES GEOLÓGICAS

| TRAMO | ABSCIS A PERFIL | INFORMACIÓN GEOLÓGICA | CAPAS (SISMICA) | PESO UNITARIO (T/m3) | COHESION (Kg/cm2) | ANGULO FRICCION INTERNA (°) | ALTURA MAX. CORTE (m) | TALUD ACTUAL | TALUD DE DISEÑO | FACTOR DE SEGURIDAD | | | |
|--------------|-----------------|---|--|--|-------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|--|---------------------|-------------|-------------|------|
| +250 - 18+66 | 7+180 | <p>Formación Tiyuyacu (Pc Et), secuencia sedimentaria representada por areniscas, limolitas y conglomerados finos, estratificados.</p> <p>Terraza Aluvial Qt (a), materiales aluviales antiguos depositados por el río Coca, tipo terrazas y que litológicamente son: arenas de color gris oscuro de grano grueso con cantos rodados y gravas en la parte superior y hacia abajo va aumentando su granulometría a cantos rodados con gravas y arenas.</p> | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 1,96 | 0,69 | 29 | 11,00 | 1.00V:0.40H | 1.00V:0.75H CON TERRAZA DE 3.0M. CADA 10.0M. | 1,91 | | | |
| | | | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 2,12 | 0,87 | 32 | | HASTA | | | | | |
| | | | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 2,24 | 0,59 | 27 | | 1.00V:2.50H | | | | | |
| +660 - 38+00 | 21+000 | <p>Terraza Aluvial Qt (a), materiales aluviales antiguos depositados por el río Coca, tipo terrazas y que litológicamente son: arenas de color gris oscuro de grano grueso con cantos rodados y gravas en la parte superior y hacia abajo va aumentando su granulometría a cantos rodados con gravas y arenas.</p> | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 1,85 | 0,79 | 29 | 2.30 (*) | 1.00V:2.00H | 1.00V:2.00H | 2,80 | | | |
| | | | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 2,01 | 0,8 | 31 | | | | | | | |
| | 27+000 | | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 1,85 | 0,87 | 32 | 3.60 (*) | | | 1.00V:2.00H | 1.00V:2.00H | 1,20 | |
| | | | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 1,99 | 0,82 | 31 | | | | | | | |
| | 31+300 | | 31+300 | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 1,82 | 0,84 | 31 | | | 2.30 (*) | 1.00V:2.00H | 1.00V:2.00H | 2,90 |
| | | | | Horizonte superior de material meteorizado Roca Sedimentaria | 1,98 | 0,73 | 29 | | | | | | |

NOTA: (*) Altura del terraplén incluida la altura de la zanja lateral.

ANEXO N°7

ING. IVAN BASTIDAS
ARROYO - M.I.
 CONSULTORIA VIAL, OBRAS CIVILES, SUPERVISION Y

PROYECTO PUENTE SOBRE EL RÍO ACHIOTE

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LOS SUELOS

PROPIEDADES FISICO MECÁNICA DE LOS SUELOS

| MUESTRA No. | ABSCISA | % PASA 200 | I.P. | C.B.R. (95%) | CLASIFICACION AASHTO |
|-------------|---------|---------------|------|-----------------|-------------------------|
| 11-SR-50 | 9+130 | 96 | 15 | 4,5 | A - 6 (15) |
| 12-SR-50 | 10+060 | 95 | 22 | 2,2 | A-7-6(22) |
| 13-SR-50 | 11+120 | 18 | NP | 18,1 | A - 2-4(0) |
| 14-SR-50 | 12+200 | 23 | NP | 21,5 | A - 2-4(0) |
| 15-SR-50 | 13+168 | 96 | 13 | 2,7 | A - 6 (15) |
| 16-SR-50 | 14+220 | 3 | NP | 22,8 | A - 1-b(0) |
| 17-SR-50 | 15+240 | 15 | NP | 18,0 | A - 2 -4(0) |
| 18-SR-50 | 16+150 | 93 | 15 | 2,7 | A - 6 (20) |
| 19-SR-50 | 17+165 | 6 | NP | 21,9 | A - 1-b(0) |
| 20-SR-50 | 18+155 | 9 | NP | 26,9 | A - 1-b(0) |
| 21-SR-50 | 19+100 | 13 | NP | 31,3 | A - 1-a(0) |
| 22-SR-50 | 20+160 | 9 | NP | 50,8 | A - 1-a(0) |

ANEXO N° 8

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CARACTERÍSTICAS SOCIO-AMBIENTALES DE LA ZONA DEL PROYECTO

1. Áreas de influencia del proyecto

El área de influencia para el proyecto Construcción de un Puente sobre el Río Achioté, fue calculada tomando en cuenta el tipo, extensión y magnitud de la obra. Después de una gira al campo donde se inspeccionó el área inmediata al proyecto al igual que otras áreas alejadas, se pudo apreciar que temas como el drenaje hacia las estructuras que serán construidas, así como la presencia de vegetación, fincas, cultivos, viviendas y estructuras dentro y fuera de la servidumbre de la futura vía son de sumo interés. Por lo tanto, la delimitación del área de influencia del proyecto asegura que estos factores de gran importancia sean incluidos dentro del área donde se concentra el estudio. Para este EsIA se han definido dos tipos de área de influencia.

1.1 Área de influencia directa

Se define como área de influencia directa, al espacio físico o huella que será ocupado en forma temporal o permanente durante la construcción y operación del proyecto.

El área de influencia directa -AID, está determinada por los sitios geográficos en los cuales se tendrá una injerencia permanente y/o transitoria de los impactos directos previstos (positivos y/o negativos), los mismos que son atribuibles a las actividades propias del proyecto.

Para el presente proyecto, el área de influencia directa AID, será definida como la faja de 400 m (200 m a cada lado del puente), las áreas de confinamiento de materiales sobrantes y el acceso a éstas, las áreas en donde se ubiquen las fuentes de materiales, las áreas destinadas para campamentos,

los sitios destinados para patios de maquinarias y otros de intervención directa del proyecto de rehabilitación

1.2 Área de influencia indirecta (AII)

La misma se encuentra definida como el espacio físico en el que un componente ambiental afectado directamente, afecta a su vez a otro u otros componentes ambientales no relacionados con el Proyecto aunque sea con una intensidad mínima

El Área de Influencia Indirecta -AII- está conformada por una franja de 1 km. A cada lado del puente en donde se incluyen las comunidades beneficiarias, aledañas al AID como: San José del Aguarico, Las Minas, Pastaza, Pre-cooperativa San Andrés, las cuales, por encontrarse conectadas mediante caminos vecinales a la vía, en la fase de operación obtendrán indirectamente mayores beneficios socio-económicos, a través del mejoramiento de sus condiciones de comercio de mercancías, mayor productividad de las zonas aledañas, menor tiempo de viaje, etc.

En el Anexo No.9 AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO se puede visualizar gráficamente las zonas determinadas para el área de influencia directa e indirecta del Proyecto.

1.3 Aspectos socioeconómicos

La información obtenida para el estudio, tiene como eje de trabajo los términos de referencia propuestos por el MTOP, que comprende las siguientes líneas temáticas:

- Sociales (demografía, estructura familiar, concentraciones poblacionales, migración, instrucción, servicios básicos)
- División territorial, política y administrativa.

- Económica, población económicamente activa, tenencia de la tierra, uso del suelo, sistemas de producción, sistemas de trabajo, empleo, comercialización de productos.
- Actitudes y comportamientos culturales de la población.

El desarrollar estos temas permite conocer las particularidades y singularidades del desarrollo de la zona y los diferentes factores que posibilitarían potenciar los impactos positivos de la obra.

Los datos para la caracterización se tomaron de criterios generados por la población asentada en el área de influencia de la ubicación del puente (pobladores, organizaciones, autoridades estatales), mediante técnicas de participación directa de la población.

1.4 Caracterización general de la zona

El sistema socioeconómico, cultural y ambiental actual en la zona de estudio, obedece a asentamientos que se incrementan a partir del desarrollo petrolero en la zona, dinámica que es impulsada, especialmente por agentes económicos externos, que impactan sobre las estructuras poblacionales tradicionales y sobre las formas de ocupación territorial, que se superponen a sistemas de ocupación de la tierra y uso de recursos naturales manejados bajo códigos culturales específicos por poblaciones de asentamiento temprano; proceso que conduce al establecimiento de una relación desigual entre indígenas con sistemas de producción tradicional y colonos, que generalmente tiene niveles académicos superiores.

Escenario en donde coexisten formas de producción familiar, cohesionada y regida por lazos de parentesco, orientada a la actividad agrícola y ganadera en

pequeña escala, vinculada al mercado local y regional, fundamentado en trabajo familiar y ocasionalmente en el asalariado, factores que han determinado cambios sustanciales en las formas de vida de la población, que se sintetiza en las siguientes aspectos:

- Constitución y concentración de la población en las cabeceras cantonales.
- Tendencia de asentamiento poblacional en áreas cercanas al corredor vial, lo que redefinen el uso del suelo y del espacio territorial.
- Inserción de actividades agrícolas altamente vinculadas al mercado, como fuente de ingresos monetarios.
- Cambios en los sistemas de trabajo, en donde el trabajo asalariado, paulatinamente desplaza el trabajo familiar.
- Inserción de “nuevas” formas de organización sociopolítica, que se sobreponen a las formas de organización tradicional, en la que paulatinamente van adquiriendo predominancia factores del mundo externo.

2. CLIMA

El Oriente Ecuatoriano lugar de implantación del proyecto puente sobre el río Achiote se caracteriza por la presencia de un clima tropical en su gran mayoría, sin embargo, cerca de las estribaciones de la Cordillera Andina se pueden presentar climas subtropicales y temperados.

2.2 Temperatura

La temperatura predominante en el proyecto varía de acuerdo a los siguientes rangos:

Rango de 20 A 22 °C

Ocupa una pequeña franja localizada al extremo occidental de la zona

La zona con estas temperaturas tiene una superficie de 1.843,00 hectáreas que corresponden al 3,97 % del total.

Rango de 22 A 24 °C

Ocupa la mayor parte de la zona de estudio, localizándose en el centro mismo. La zona con estas temperaturas tienen una superficie de 36.038,21 hectáreas que corresponden al 77,67 % del total.

Rango de 24 A 26°C

Conforma una considerable franja localizada al sur; la zona con esta temperatura tiene una superficie de 8.519,58 hectáreas que corresponde al 18,36 % del total.

2.3 Precipitación

El área de estudio se halla en un sector donde la precipitación constante es el denominador común, al igual que la humedad saturada.

Las mayores precipitaciones se registran entre marzo y junio (valores medios mensuales mayores a 300 mm.) con picos en abril y mayo (valores medios mensuales del orden de 370 mm.). Existe otro pico de precipitaciones en el período de septiembre a noviembre (valores medios mensuales mayores a 300 mm.). En los meses de mayor precipitación se concentra el 65% de la precipitación total anual. Los meses “secos” (valores de precipitación media mensual menores a 250 mm.), son los de enero, febrero y agosto. Los meses de julio y diciembre son meses de transición, desde el punto de vista de la precipitación pluvial de la zona. En el clima interactúan condiciones orográficas, altitud y de vegetación entre otros. En todo caso la zona en la que se encuentra ubicado el proyecto es caracterizada como relativamente uniforme en lo que se refiere al clima, identificándose en la clasificación general como megatérmica lluviosa, caracterizada por una precipitación media anual mayor a 3600 mm.,

una temperatura media anual de 25.4 grados centígrados, una nubosidad media de 6/8 y una humedad atmosférica promedio del orden del 85%.

Se ha utilizado la información proporcionada por el INAMHI relacionada con diferentes parámetros climatológicos que han permitido visualizar la situación hidrometeorológica de la zona, habiéndose tomado como base las estaciones de Santa Cecilia (Lago Agrio) y la estación de Coca, la precipitación media anual de la microrregión es de 3650 mm.

3. SUELOS

La caracterización de este componente ambiental resulta importante debido a que las labores de construcción del puente implican movimientos relativamente importantes de suelos y por la ocupación de estas para la instalación de la infraestructura complementaria, siendo necesario conocer los diferentes tipos de suelos.

3.1 Tipos de suelos

Las propiedades de un suelo reflejan la interacción de varios procesos de formación que suceden de forma simultánea tras la acumulación del material primigenio. Algunas sustancias se añaden al terreno y otras desaparecen. La transferencia de materia entre horizontes es muy corriente. Algunos materiales se transforman. Todos estos procesos se producen a velocidades diversas y en direcciones diferentes, por lo que aparecen suelos con distintos tipos de horizontes o con varios aspectos dentro de un mismo tipo de horizonte.

Los suelos que comparten muchas características comunes se agrupan en series y éstas en familias; del mismo modo, las familias se combinan en grupos, y éstos en subórdenes que se agrupan a su vez en órdenes.

Los nombres dados a los órdenes, subórdenes, grupos principales y subgrupos se basan, sobre todo, en raíces griegas y latinas. Cada nombre se elige tratando de indicar las relaciones entre una clase y las otras categorías y de

hacer visibles algunas de las características de los suelos de cada grupo. Los suelos de muchos lugares del mundo se están clasificando según sus características lo cual permite elaborar mapas con su distribución.

Suelos D2A

Se registran dos unidades localizadas al norte, sumadas estas unidades contabilizan 2.630,82 hectáreas que representan el 5,67% del área de estudio.

Suelos D3A

Se registran dos unidades localizadas del centro al norte, sumadas estas unidades contabilizan 5.681,39 hectáreas que representan el 12,89% del área de estudio.

Suelos H1A

Se registran cuatro grandes unidades repartidas en el área de estudio, sumadas estas unidades contabilizan 15.271,28 hectáreas que representan el 32,91% del área de estudio.

Suelos K

Se registran varias unidades repartidas junto a los grandes ejes fluviales, sumadas estas unidades contabilizan 2.386,44 hectáreas que representan el 5,14% del área de estudio.

Suelos K1A

Se registran varias unidades repartidas junto a los grandes ejes fluviales, sumadas estas unidades contabilizan 4.444,53 hectáreas que representan el 9,58% del área de estudio.

Suelos K2A

Ocupa una gran franja que se extiende en toda el área de investigación, estas unidades contabilizan 13.267,91 hectáreas que representan el 28,59% del área de estudio.

Otros :

-BASEO I

Son las zonas antrópicas que contabilizan 137,70 hectáreas y representan el 0,30% del total del área de estudio.

-BASE Wn

Representan todos los cuerpos de agua que sumados contabilizan 2.280,67 hectáreas, las que representan el 4,92% del total de la zona de estudio.

En el Cuadro No.II-4 se indica el detalle de los suelos taxonomía

| SUELOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO (TAXONOMIA) | | | | | |
|--|--------------|-----------------|------------------------|-----------------------|----------|
| TAXONOMIA | ORDEN | SUBORDEN | GRAN GRUPO | SUPERFICIE HA. | % |
| BASEOI | BASEOI | BASEOI | BASEOI | 137,70 | 0,30 |
| BASEWn | BASEWn | BASEWn | BASEWn | 2280,67 | 4,92 |
| D2A | INCEPTISOL | ANDEPT | HYDRANDEPT | 2630,82 | 5,67 |
| D3A | INCEPTISOL | ANDEPT | HYDRANDEPT+TROPORT. | 5981,39 | 12,89 |
| H1A | INCEPTISOL | TROPEPT | DYSTROPEPT | 15271,28 | 32,91 |
| K | ENTISOL | FLUVENT | TROPOFLUVENT | 2386,44 | 5,14 |
| K1A | INCEPTISOL | TROPEPT | DYSTROPEPT(EUTROPEPT) | 4444,53 | 9,58 |
| K2A | INCEPTISOL | TROPEPT | DYSTROPEPT+DYSTRANDEPT | 13267,91 | 28,59 |

3.2 COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL DEL SUELO

Vegetación Arbórea

Vegetación considerada como producto de la interrelación del clima y suelo de una región en la que sensiblemente no han influido otros factores para su establecimiento, o áreas en las que la regeneración espontánea después de la tala, es el denominador común.

- **Bosque Natural (Bn)**

Se denomina al ecosistema arbóreo natural primario y secundario que actualmente se halla sin ocupación o intervención humana. Este piso vegetal lo constituyen especies nativas de cada zona con una altura superior a los 15 metros. Ocupada por formación vegetal arbórea leñosa densa, pluriestratificada, integrada por especies propias de la zona, con un alto porcentaje de mezcla de especies forestales.

- **Bosque intervenido (Bi)**

Ecosistema arbóreo natural primario o secundario que actualmente se halla empezando la deforestación y futura colonización, pero que aún no influye sensiblemente en el medio vegetal.

Pastizales

- **Pasto Natural (Pn)**

Vegetación dominante constituida por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.

- **Pasto Cultivado (Pc)**

Vegetación ocupada por especies herbáceas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que para su establecimiento y conservación, requieren de labores

de cultivo y manejo conducidos por el hombre o regeneración espontánea de especies introducidas.

Cultivos

Se conceptualiza en este nivel a todos aquellos elementos inherentes a las actividades culturales que el hombre realiza en el campo en busca de sustento. Para efectos de jerarquización de la representación gráfica se consideran dos categorías en relación a la ocupación a saber:

- **Cultivos indiferenciados**

Cultivos de ciclos cortos o permanentes que cubren pequeñas superficies, pero conforman una gran unidad, que de ninguna manera pueden clasificarse independientemente, estos pueden ser:

- **Arboricultura tropical (Cx)**

Minifundios con establecimiento de cultivos de subsistencia con dominancia de caña de azúcar para aguardiente o panela, banano, yuca, café, cacao, cítricos.

Como asociaciones tenemos un área cubierta con dos tipos de vegetación dominante que no pueden clasificarse independientemente por presentarse en pequeñas secciones entremezcladas, con iguales o diferentes porcentajes de cobertura en la gran unidad asociativa.

En el Cuadro No.II-5, se presenta la distribución del Uso Actual del Suelo en el área de influencia del Proyecto Vial:

| USO ACTUAL DEL SUELO EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO | | | |
|--|--|-----------------------|----------|
| CODIGO | DESCRIPCION | SUPERFICIE HA. | % |
| Bi-Pc | 50% Bosque intervenido - 50% Pasto cultivado | 1386,77 | 2,99 |
| Bn | Bosque natural | 28252,51 | 60,89 |
| Ob | Banco de arena | 150,42 | 0,32 |
| Pc | Pasto cultivado | 24,77 | 0,05 |
| Pc-Pn | 50% Pasto cultivado - 50% Pasto natural | 44,13 | 0,10 |
| Pc/Bi | 70% Pasto cultivado / 30% Bosque intervenido | 9504,66 | 20,48 |
| Pc/Cx | 70% Pasto cultivado / 30% Arboricultura tropical | 4527,73 | 9,76 |
| Pn | Pasto natural | 240,97 | 0,52 |
| Wn | Cuerpo de agua natural | 2268,83 | 4,89 |

4. HIDROGEOLOGÍA

El drenaje en la zona de estudio es parte de las cuencas hidrográficas de los ríos: Lumbaqui, Blanco, Achiote, Duvino y Negro; en forma global estos ríos confluyen al río Aguarico y se localizan entre el km 0 al km 18, donde el proyecto atraviesa por una zona montañosa y ondulada, de intensidad de drenaje alto.

4.1 Unidades Hidrogeológicas

El aspecto hidrogeológico está íntimamente relacionado con el tipo de material y con el tipo de relieve, y de acuerdo a esta consideración, se ha podido diferenciar que existen tres unidades hidrogeológicas en el área del proyecto.

- Unidad A

Corresponde a los depósitos de tipo Tobas arenosas y arcillosas con varios horizontes de conglomerados gruesos de la formación Mera. Los depósitos por su comportamiento y naturaleza son impermeables, pero en sitios de fisuras intensas el macizo puede pasar a la categoría de semipermeable. Por las características anteriores esta unidad se clasifica como acuífero donde los niveles freáticos son someros; con filtraciones puntuales; la infiltración y escurrimiento es bajo por la litología de los materiales.

- Unidad B

En esta unidad se encasillan los siguientes tipos litológicos: limolitas, conglomerados, areniscas, lutitas, son principalmente rocas sedimentarias de la formación Tiyuyacu.

El espesor de alteración es muy cambiante, siendo suelos limosos y arcillosos la meteorización de la roca; las rocas granulares (conglomerados y areniscas) tienen mediana porosidad dando en general una permeabilidad primaria media,

la cual puede ser incrementada por fracturación, mientras que las limolitas y lutitas son bastante impermeables. Los acuíferos son profundos. La infiltración es media, que está controlada por el sistema de fracturamiento y la estratificación. Es una unidad con un escurrimiento alto, donde el agua superficial fluye por los taludes de corte.

- Unidad C

Esta unidad abarca los depósitos de terraza del río Coca de mediana compactación: arenas con gravas y cantos rodados. Estos materiales se encuentran ocupando áreas grandes de topografía suave a plana; son de alta porosidad y por tanto son permeables y forman acuíferos fácilmente explotables con excavaciones someras; la infiltración es alta.

5. Ubicación del área en estudio

Con la finalidad de identificar, evaluar y cuantificar impactos ambientales, es necesario contar con una descripción de proyecto.

El área de estudio se encuentra en la región nororiental del Ecuador, El puente objeto del presente estudio esta sobre el rio Achiote el mismo que será de hormigón armado con dos pilas intermedias, se halla ubicado en la abscisa 11+488.60 (0+000 en Lumbaqui) de la carretera Lumbaqui-Sardinas, y se encuentra en las provincias de Sucumbíos y Orellana, el proyecto esta en un área semi – montañosa, sobre los terrenos de la Cordillera de Lumbaqui, partiendo de la población de este mismo nombre por la primera calle transversal a la avenida principal, la que a su vez en los dos carriles centrales permite el paso de la carretera asfaltada Quito-Lago Agrio.

6. SÍNTESIS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Objetivos

6.1.1 Objetivos generales

- Reducir los tiempos de viaje existentes;
- Identificar, calificar y evaluar los impactos ambientales, así como establecer un Plan de Manejo Ambiental con la incorporación de la participación ciudadana, teniendo como referente los Lineamientos Generales establecidos por la Dirección de Gestión Ambiental Vial del MTOP y bajo la legislación ambiental ecuatoriana.
- Integrar la concepción técnica del proyecto con el ambiente y viceversa, a través del establecimiento de parámetros que permitan alcanzar el desarrollo sustentable en base a la evaluación del impacto ambiental, así como la definición de planes y acciones preventivas o mitigantes para aminorar los efectos adversos y reforzar los efectos beneficiosos sobre el ambiente, la comunidad y el proyecto.

6.1.2 Objetivos específicos

- Definir la línea base del área de estudio, es decir caracterizar el escenario actual de los recursos físico, biótico, socioeconómico y cultural en el área de influencia directa del proyecto.
- Identificación caracterización y evaluación de los impactos ambientales ocasionados por las actividades del proyecto.
- Identificar los atributos ambientales potencialmente a ser afectados por las acciones de construcción, operación y mantenimiento del puente.
- Identificar los pasivos ambientales.
- Evaluar los impactos ambientales directos e indirectos que potencialmente se pueden presentar por las actividades de reconstrucción, operación y mantenimiento que se propongan realizar durante la vida útil del proyecto.

- Definir el Plan de manejo Ambiental, que considere las acciones necesarias para prevenir controlar y mitigar los impactos identificados; cuya instrumentación permita mantener el equilibrio ambiental, dentro del marco y regulación de las normas ambientales del país.
- Desarrollar el Plan de seguimiento y monitoreo.
- Realizar la presentación pública del Estudio de Impacto Ambiental, bajo el liderazgo del Ministerio del Ambiente.

6.2 Alcance

El alcance del Estudio de Impacto Ambiental comprende el levantamiento de información de los aspectos físicos, bióticos (flora y fauna), así como socio-económicos-culturales, de tal forma que permitan conocer la realidad ambiental actual del área en donde se implantará el proyecto de construcción del puente.

Se aplicarán procedimientos normados tendientes a la identificación de impactos y pasivos ambientales, para luego proceder a su respectiva evaluación. Se desarrollara el Plan de Manejo Ambiental con sus respectivos programas que permitan minimizar los impactos ambientales negativos y potenciar los positivos del proyecto de reconstrucción.

6.3 Evaluación de Impactos Ambientales

La importancia del efecto que causa el impacto a los recursos y que interpreta la calificación ecológica, los categoriza como alta, media, baja y muy baja. Con base a la determinación de la importancia de los efectos se realiza una evaluación global de los impactos, considerando que los agentes causales pueden ocasionar efectos en varios recursos al mismo.

El impacto positivo que el proyecto produce al ambiente, en la fase de construcción, se relaciona con la generación del empleo, con una calificación de la importancia del efecto sobre el recurso económico como bajo con el 100%.

6.4 Conclusiones y Recomendaciones del Diagnóstico Ambiental

- Por los resultados obtenidos en la evaluación de los impactos se puede concluir que las diferentes actividades de la construcción del puente no afectarán significativamente a los recursos.
- En la fase de operación y mantenimiento, el análisis de los resultados de los impactos nos indica que la construcción del puente tendrá un efecto positivo muy significativo, considerando que el 100% los impactos evaluados son categorizados como Medios y Altos.

Para el efecto podemos concluir que el proyecto de CONSTRUCCION DEL PUENTE SOBRE EL RÍO ACHIOTE, es ambientalmente viable, con la aplicación del Plan de Manejo Ambiental desarrollado como parte integrante del Estudio de Impactos Ambientales, el mismo que es de suma importancia aplicarlo para el desarrollo sustentable del proyecto.

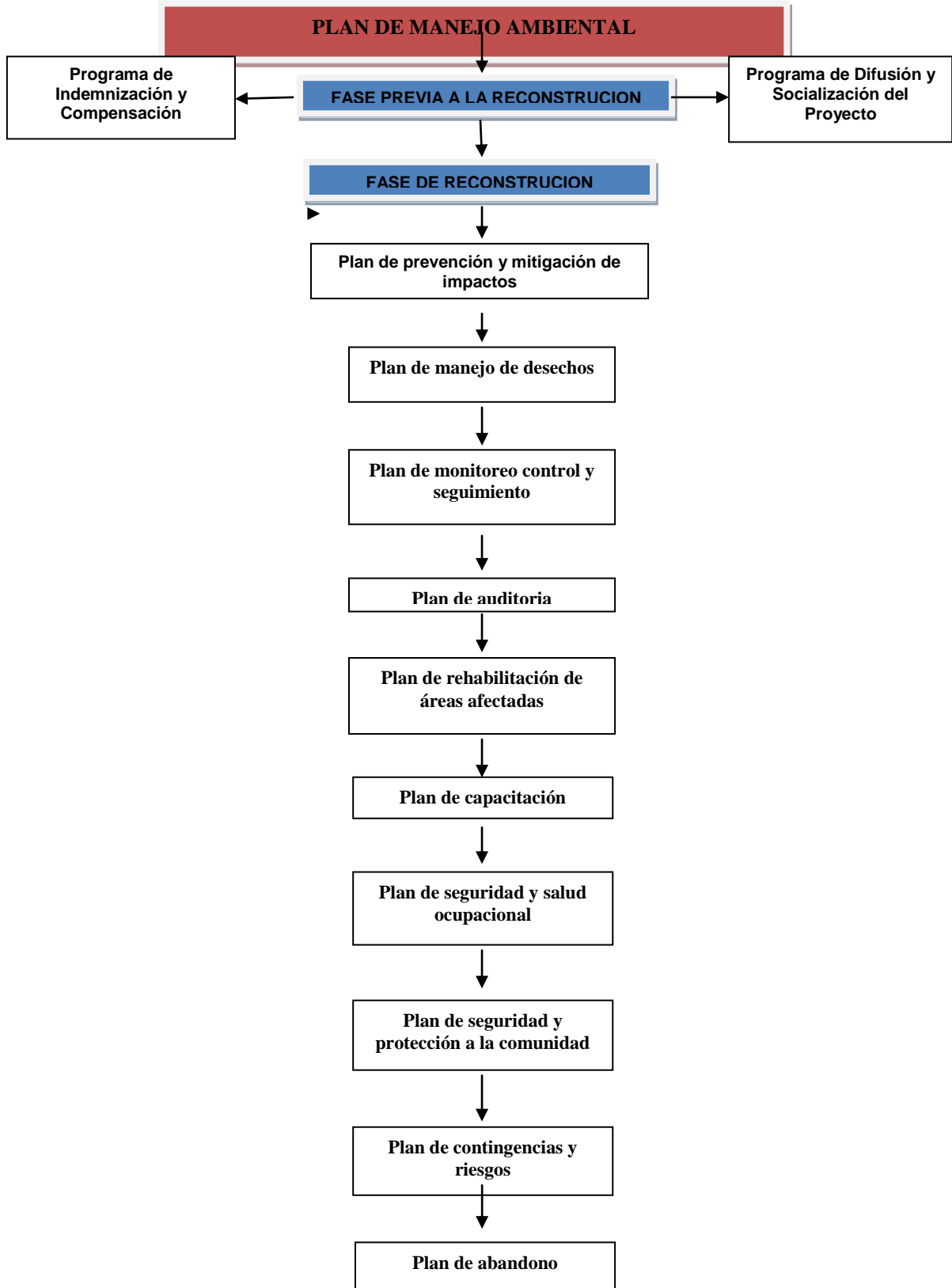
6.5 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), elaborado como parte integrante del Estudio de Impactos Ambientales para la construcción y operación del PUENTE SOBRE EL RÍO ACHIOTE fue diseñado en concordancia con la Ley Gestión Ambiental y de todas aquellas relacionadas con la prevención y control de la contaminación ambiental las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del Ministerio de Obras Públicas, publicado en el 2002, (MOP - 001-F 2002), en especial el capítulo 200, que está relacionado con las Medidas Generales de Control Ambiental, además se tomaron en cuenta las especificaciones del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), del Ministerio del Ambiente, en especial lo establecido en el Libro IV de la Biodiversidad y el Libro VI de la Calidad Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) tiene entre otros el propósito de formular las acciones necesarias que permitan efectuar una adecuada gestión ambiental del proyecto durante las fases de reconstrucción y operación del puente a través del cual se logre prevenir, controlar, minimizar y compensar

los daños que las diferentes actividades de la construcción incidan sobre los componentes del ambiente, en el Gráfico 1, se puede observar la estructura del Plan de Manejo Ambiental que se aplicó en el Estudio correspondiente:

Gráfico No. 1 Estructura del Plan de Manejo Ambiental



7. RESPONSABILIDAD DE LA EJECUCION DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

La aplicación del PMA será responsabilidad del MTOP, en el campo de la Fiscalización Ambiental y del Contratista. La supervisión del cumplimiento estará a cargo de los Fiscalizadores Ambientales, una de las responsabilidades básicas de la Fiscalización Ambiental, será verificar permanentemente el cumplimiento del PMA y validar ambientalmente algunas de las acciones que no estén contempladas en este PMA a través de informes que respalden la validación.

Para garantizar que las empresas contratistas cumplan con la ejecución, EL MTOP, incluirá una cláusula de compromiso y obligatoriedad de cumplimiento del PMA en sus contratos.

El presupuesto para la ejecución del PMA, será de exclusiva responsabilidad del MTOP; que destinará los recursos necesarios para cumplir con la ejecución de este plan.

Para garantizar que los contratistas del proyecto cumplan con lo establecido en este PMA, se deberá incluir las medidas de mitigación y el compromiso de cumplimiento del mismo en los contratos respectivos. El plan de prevención y mitigación de impactos está diseñado para reducir el impacto total de las actividades constructivas y operativas del proyecto.

7.1 ALCANCE

Los alcances del Plan de Manejo Ambiental para la reconstrucción y operación de la vía son los siguientes:

- Aplicar las especificaciones técnicas de construcción y operación del MTOP, lo señalado en la línea base, los impactos evaluados en las matrices y la experiencia del equipo consultor.
- Cumplir con la normativa ambiental vigente en especial con el TULAS, (Decreto Ejecutivo No. 3516, Registro Oficial Edición Especial 2, del 31 de marzo de 2003), así como toda normativa que por orden legal establezca parámetros, índices y normas de cumplimiento y sean aplicables para las actividades de reconstrucción y operación de la vía.

Es importante indicar, que como parte complementaria al Plan de Manejo Ambiental se ha elaborado el presupuesto y cronograma, los mismos que se encuentran claramente definidos en el estudio específico de la Evaluación y Mitigación de Impactos Ambientales del presente proyecto.

7.2 Medidas de Protección y Seguridad en la Ejecución de Obras Viales

Las medidas que ha continuación se presentan serán implementadas durante la construcción de la obra:

Dispositivos para Protección en Obras

Los dispositivos para protección son de carácter transitorio; se refieren a las señales, barreras y otros medios que se usan para proporcionar seguridad a los usuarios, peatones y trabajadores y para guiar el tránsito a través de las calles y carreteras en construcción. Se utilizan en el caso de desyerbes, desarraigues, desmonte, reparación de cunetas, derrumbes, reparación de pavimento o puentes, modificaciones a la vía, desviaciones, construcción de puentes, etc. Los dispositivos necesarios deberán ser colocados antes de iniciar cualquier trabajo y ser retirados inmediatamente después de haberse terminado.

7.3 PLAN DE COMPENSACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA

METODOLOGÍA PARA EL PROCESO DE COMPENSACIONES

El plan de compensaciones implica:

- Informar a la población, organizaciones y autoridades locales, sobre el proceso de intervención, sus posibles impactos (negativos y positivos),
- Receptar de criterios sobre la reconstrucción de la carretera y los potenciales compromisos para superar los problemas que puedan suscitarse por la intervención,
- Establecer escenarios de afectación y su magnitud;
- Consultar a la población directamente afectada por la rehabilitación de la vía, mediante: entrevistas y levantamiento de información de afectación a viviendas, lotes y terrenos agrícolas y ganaderos.

ANEXO 10

ANEXO FOTOGRAFICO



MEDIDAS DE PROTECCIÓN

BOLSACRETOS



PROTECCIÓN CON ENROCADOS



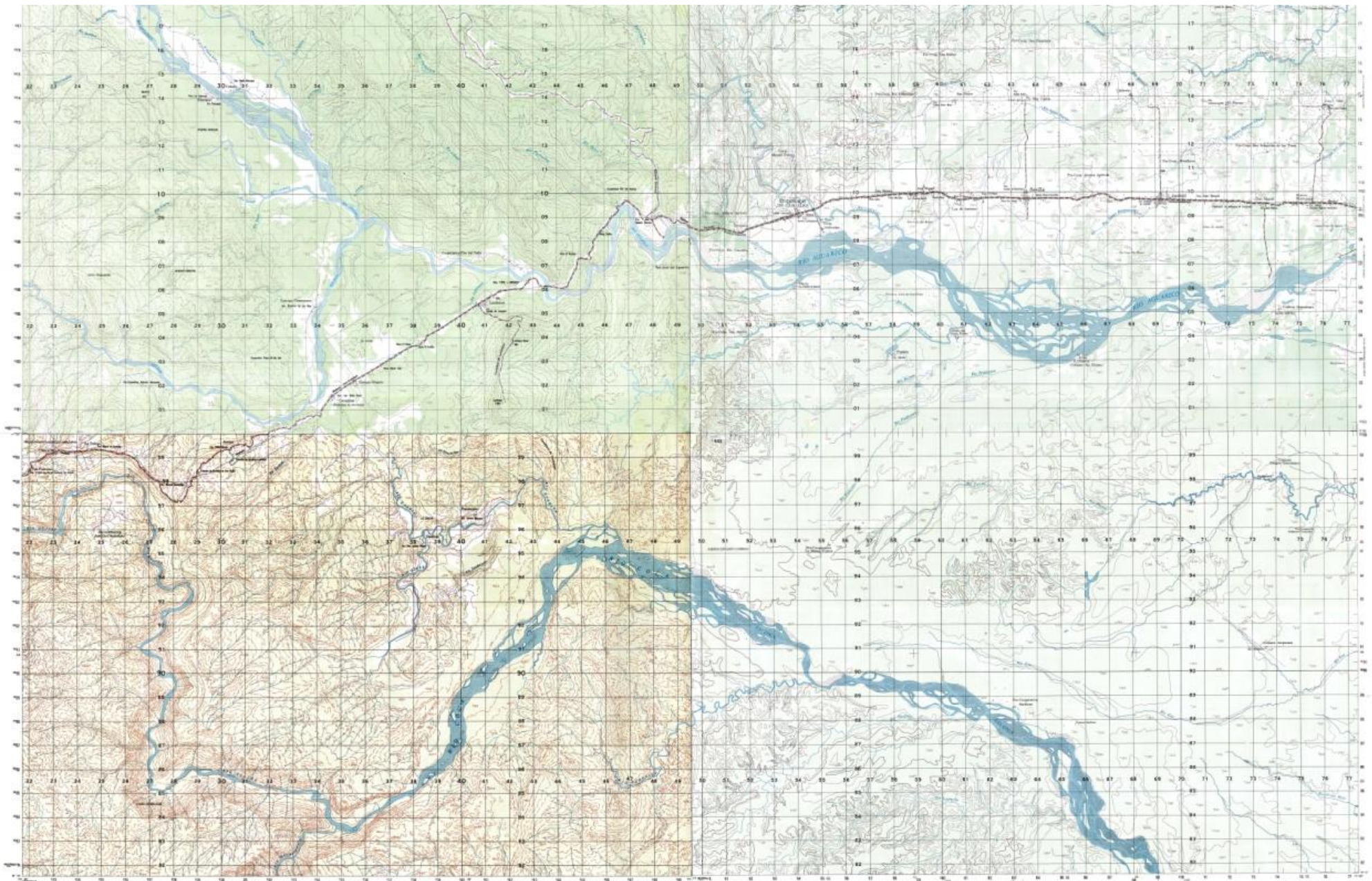
MUROS DE GAVIONES



PUENTES COLAPSADOS







LEGENDA

1. Para los datos de los municipios de cada provincia consulte el presente mapa.

| | | | |
|-------------|-------------------|-----------|------------------|
| Provincia | Color | Provincia | Color |
| Quito | Verde | Manabí | Naranja |
| Bolivia | Amarillo | El Oro | Rojo |
| Sucumbios | Púrpura | Los Ríos | Verde oscuro |
| San Gabriel | Naranja claro | Imbabura | Verde claro |
| San Carlos | Naranja oscuro | Cotacachi | Verde muy claro |
| San Juan | Naranja muy claro | El Cajas | Verde muy oscuro |

ESCALA

1:50,000

1 cm = 500 m

1:100,000

1 cm = 1,000 m

1:200,000

1 cm = 2,000 m

PROYECTO DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL VALLE DEL RIO MAGDALENA

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

SECTOR AGRÍCOLA

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

SECTOR AGRÍCOLA

RESUMEN

| | |
|-----------|----------|
| Provincia | Quito |
| Municipio | San Juan |
| Parroquia | San Juan |
| Cantón | San Juan |
| Distrito | San Juan |
| Localidad | San Juan |

ESCALA DE NIVEL CON INTERVALOS DE 10 METROS

CONTORNEO DE NIVEL

1:50,000

1 cm = 500 m

