

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS
EXPLANACIONES POR SIMULACIÓN DE INUNDACIÓN
SOBRE EL TRAMO CARRETERO TRONCAL RUTA N° 1
EL PUENTE – ISCAYACHI”**

Por:

WILSON EDDY CORO CASTRO

Julio de 2009

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS
EXPLANACIONES POR SIMULACIÓN DE INUNDACIÓN
SOBRE EL TRAMO CARRETERO TRONCAL RUTA N° 1
EL PUENTE – ISCAYACHI”**

Por:

WILSON EDDY CORO CASTRO

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV – 502

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II

Julio de 2009

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Wilson Yucra Rivera
PROFESOR DE CIV – 502

.....
MSc. Ing. Luís Alberto Yurquina flores
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
MSc. Lic. Gustavo Succi Aguirre
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Pacheco

.....
Ing. Adolfo Molina

.....
Ing. Jhonny Orgas

Tarija 9 de julio de 2009

La suscrita Profesora de Lenguaje

Prof. Daysi Casasola M.:

Que habiendo revisado el Trabajo de Proyecto de Grado titulado:

“ESTUDIO Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS EXPLANACIONES POR SIMULACIÓN DE INUNDACIÓN SOBRE EL TRAMO CARRETERO TRONCAL RUTA N° 1 EL PUENTE – ISCAYACHI”, elaborado por el universitario:

WILSON EDDY CORO CASTRO, de la carrera de Ingeniería Civil, de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se pudo evidenciar que el trabajo se encuentra elaborado correctamente, no cuenta con errores ortográficos y cumple con todos los requisitos y exigencias gramaticales de la Real Academia de la Lengua Española.

Por lo que el universitario, puede continuar con los demás requisitos para su Defensa Final.

En cuanto Certifico en honor a la verdad y para fines que al interesado convenga.

Daysi Casasola M.
PROFESORA DE LENGUAJE

ÉTICA DE AUTORÍA DEL PROYECTO

El Proyecto de Grado a Continuación, es el resultado de la necesidad de aportar con una solución coherente al prematuro deterioro de la carretera, del tramo en estudio.

Este proyecto, fue elaborado en función a la investigación de las características de la zona y de los datos recolectados del mal estado actual de la carretera.

El proceso de ejecución del proyecto se realizó determinando algunos parámetros y calibrando ecuaciones que nos permita resultados con mayor precisión. Por otra parte, se establece evaluar con criterios que permitan juzgar la calidad de la solución, la solución óptima será la mejor valorada de todas las alternativas de soluciones.

Para ello se realizó el modelado hidráulico paralela al eje de la carretera, por medio del software HEC-RAS Se verifico que este proyecto de Grado, es el primero en su planteamiento.

DEDICATORIA

Es un honor para mí dedicar este documento a la memoria de mi querido padre y al apoyo de mi también querida madre y hermanas por, su amor y comprensión, que con sacrificio hicieron posible este anhelo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por este logro alcanzado.

A todas las personas que directa e indirectamente colaboraron con la elaboración de este trabajo.

A la vida, por haberme enseñando a convertir en escalones las piedras con las que tropecé, lo cual hizo posible este logro.

PENSAMIENTO

Muchos habrían podido llegar a la sabiduría,
si no se hubieran creído ya suficientemente
sabios.

Juan L. Vives

ÍNDICE

Revisión gramatical
Ética de autoría del proyecto
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivos generales.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Alcance.....	5

CAPÍTULO II ESTUDIO DE LAS EXPLANACIONES

2.1. Introducción.....	6
2.2. Infraestructura.....	6
2.2.1. Las explanaciones.....	7
2.2.2. Cimiento del firme	10
2.2.3. Traza.....	10
2.2.4. El firme.....	10
2.3. Unidad homogénea de diseño.....	11
2.3.1. Estudios preliminares.....	11
2.3.2. Exploraciones en la zona.....	11
2.3.3. Fotografías aéreas.....	12
2.4. Estudios geológicos y geotécnicos.....	12
2.4.1. Estudios geológicos.....	13

	Página
2.4.1.1.	Características geológicas de los suelos.....13
2.4.1.2.	Geomorfología.....14
2.4.1.2.1.	Depósitos lacustre.....14
2.4.1.2.2.	Depósitos coluviales.....15
2.4.2.	Estudios geotécnicos.....15
2.4.2.1.	Clasificación geotécnica.....15
2.4.2.2.	Geometría de la explanada.....16
2.4.2.3.	Desmante.....16
2.4.2.3.1.	Excavado de los materiales en la traza.....16
2.4.2.3.2.	Aprovechado de los materiales.....17
2.4.2.3.3.	Talud de desmante.....17
2.4.2.4.	Relleno.....17
2.4.2.4.1.	Talud de relleno.....18
2.5.	Topografía.....18
2.5.1.	Caracterización fisiográfica e hidrológica.....19
2.5.1.1.	Pendientes.....19
2.5.2.	Características topográficas del entorno.....20
2.5.2.1.	Relieve.....21
2.6.	Drenaje superficial.....21
2.6.1.	Flujo difuso.....21
2.6.2.	Flujo concentrado.....21
2.6.3.	Flujo por medios porosos.....21
2.6.4.	Principios básicos de drenaje.....21
2.7.	Hidrológica.....23
2.7.1.	Introducción.....23
2.7.2.	Estudio de las lluvias máximas.....23
2.7.3.	Precipitaciones de gran intensidad y poca duración.....24
2.7.3.1.	Calibración de la ecuación de Gumbel.....25
2.7.3.2.	Aplicación de la ecuación.....27
2.7.3.3.	Precipitaciones de Diseño.....29
2.7.3.4.	Curvas Intensidad Duración y Frecuencia.....29

	Página
2.7.4.	Estimación de caudales.....32
2.7.4.1.	Caudales Máximos.....32
2.7.4.2.	Estimación de caudales máximos, método racional.....32
2.7.3.5.	Caudales máximos finales.....34

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LAS EXPLANACIONES

3.1.	Introducción.....35
3.2.	Problemas geotécnicos.....36
3.3.	Antecedentes previos.....36
3.4.	Metodología.....37
3.4.1.	Inspección del estado.....37
3.4.1.1.	Especificaciones y condiciones de diseño.....38
3.4.1.2.	Infraestructura.....39
3.4.1.3.	Inventario.....40
3.4.1.4.	Inspección visual detallada.....40
3.4.1.5.	Ficheros.....40
3.4.1.6.	Relevamiento.....49
3.4.1.7.	Diagnostico.....50

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN POR SIMULACIÓN DE INUNDACIÓN APLICANDO EL PROGRAMA HEC-RAS Beta 4.0 PARA DESARROLLAR UN MODELO HIDRÁULICO EN 3D EN LA QUEBRADA CHAUPI UNO

4.1.	Introducción.....53
4.2.	Objetivos de la simulación.....53
4.3.	Información.....54
4.3.1.	Datos geométricos.....54
4.3.1.1.	Geometría del cauce.....54
4.3.1.2.	Secciones transversales.....55

	Página
4.3.2.	Caudales máximos de diseño.....57
4.4	Desarrollo del modelo hidráulico.....57
4.4.1.	Ejecución del Programa.....57
4.5.	Crear proyecto: ajustes iniciales.....58
4.6.	Geometría del cauce.....58
4.6.1.	Crear el tramo.....58
4.6.2.	Secciones transversales.....60
4.7.	Introducción de los datos hidráulicos.....61
4.7.1.	Condiciones de contorno.....63
4.7.2.	Calculo de las condiciones de contorno.....63
4.8.	Ejecución del modelo.....65
4.9.	Ver los resultados.....65

CAPÍTULO V

PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO TRONCAL “ISCAYACHI - EL PUENTE” EN BASE A LA EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN

5.1.	Antecedentes.....67
5.2.	Descripción general del tramo.....67
5.3.	Objetivos de conservación.....67
5.4.	Fases.....68
5.4.1.	Control del cauce.....68
5.4.1.1.	Variante natural sin obras propuestas.....69
5.4.1.1.1.	Descripción de los resultados.....69
5.4.1.2.	Variante natural con muro defensivo en la plataforma.....70
5.4.1.2.1.	Descripción de los resultados.....70
5.4.1.3.	Variante con canalización y muro defensivo.....71
5.4.1.3.1.	Descripción de los resultados.....72
5.4.2.	Canalización.....73
5.4.3.	Muro defensivo.....74
5.4.3.1.	Dimensionamiento de muros de retención.....74

	Página
5.4.3.1.1.	Análisis de las fuerzas de empuje debido al suelo.....75
5.4.3.1.2.	Análisis de estabilidad.....76
5.4.3.2.	Diseño estructural muro defensivo tipo.....78
5.4.3.2.1.	Análisis y verificación estructural.....79
5.5.	Erosión y socavación.....80
5.5.1.	Antecedentes.....80
5.5.2.	Análisis de socavación.....80
5.5.2.1.	Erosión local.....81
5.5.2.2.	Socavación al pie de los muros defensivos.....81
5.5.3.	Descripción de los resultados.....82
5.6.	Evaluación de alcantarillas.....84
5.6.1.	Introducción.....84
5.6.2.	Inventario.....84
5.6.3.	Drenaje transversal.....84
5.6.4.	Relevamiento de fallas.....85
5.6.5.	Hidráulica de alcantarillas.....86
5.6.5.1.	Escurrimiento con salida libre.....87
5.6.5.1.1.	Escurrimiento sin presión.....87
5.6.5.1.2.	Escurrimiento con presión.....91
5.6.5.2.	Escurrimiento con salida sumergida.....91
5.6.5.3.	Velocidad de escurrimiento.....91
5.6.5.3.1.	Conducción con salida libre.....92
5.6.5.3.2.	Conducción con salida sumergida.....92
5.6.5.4.	Diseño hidráulico.....92
5.6.5.4.1.	Análisis y verificación del dimensionamiento de las alcantarillas.....92

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS DE COSTOS

6.1.	Introducción.....	95
6.2.	Análisis de presupuesto.....	95
6.3.	Costo de la canalización.....	95
6.4.	Costo de muro defensivo.....	95
6.5.	Costo de las alcantarillas rediseñadas.....	96
6.6.	Costo de las obras para el control de material sólido.....	97
6.7.	Costo total de las obras propuestas en el presente estudio.....	97

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones.....	98
7.2.	Recomendaciones.....	100

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 2.1	Explanada en sección de desmonte.....9
Fig. 2.2	Explanada en sección de relleno.....9
Fig. 2.3	Explanada en sección a media ladera.....10
Fig. 2.4	Curva altura duración y frecuencia.....31
Fig. 2.5	Curva intensidad duración y frecuencia.....31
Fig. 3.1	Sección de firme, explanada y cimiento del firme.....35
Fig. 4.1	Perfil longitudinal de cauce.....54
Fig. 4.2	Cauce principal paralelo al eje de la carretera.....55
Fig. 4.3	Ubicación de las secciones transversales principales.....56
Fig. 4.4	Geometría del cauce con las transversales fijas e interpoladas.....56
Fig. 4.5	Ventana principal del programa.....57
Fig. 4.6	Cuadro para crear nuevos proyectos.....58
Fig. 4.7	Trazado de la geometría del cauce principal.....59
Fig. 4.8	Introducción de la secciones transversales.....60
Fig. 4.9	Sección transversal formada.....62
Fig. 4.10	Perfiles o caudales para distintos periodos de retorno.....63
Fig. 4.11	Caudales para distintos periodos de retorno.....64
Fig. 4.12	Condiciones de contorno.....64
Fig. 4.13	Plan para determinar la geometría y el tipo de flujo.....65
Fig. 5.1	Variante natural inundada.....69
Fig. 5.2	Sección transversal inundada 5+616.14.....70
Fig. 5.3	Sección transversal con muro 5+616.14.....70
Fig. 5.4	Variante con canalización.....71
Fig. 5.5	Variante con canalización y muro defensivo.....72
Fig. 5.6	Muro defensivo tipo.....74
Fig. 5.7	Conducto ideal y escurrimiento con salida libre sin presión.....78

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro N° 1.1	Distancia de los centros poblados.....3
Cuadro N° 2.1	Características Morfometricas de las subcuencas que rodean la carretera.....20
Cuadro N° 2.2	Estaciones pluviométricas en la zona.....24
Cuadro N° 2.3	Parámetros estadísticos del pluviógrafo para diferentes tiempos.....24
Cuadro N° 2.4	Precipitaciones máximas para periodos de retorno T (años).....25
Cuadro N° 2.5	Parámetros estadísticos finales.....28
Cuadro N° 2.6	Precipitaciones Máximas Diarias de Diseño.....29
Cuadro N° 2.7	Altura de lluvia duración y frecuencia.....30
Cuadro N° 2.8	Intensidad duración y frecuencia.....30
Cuadro N° 2.9	Caudales Máximos Obtenidos por el Método Racional.....33
Cuadro N° 2.10	Caudales Máximos finales.....34
Cuadro N° 3.1	Profundidad mínima del nivel freático bajo la explanada.....39
Cuadro N° 5.1	Caudal de diseño.....69
Cuadro N° 5.2	resultado de los valores máximos de la simulación.....69
Cuadro N° 5.3	Resultado de los valores máximos del modelado con muro defensivo 71
Cuadro N° 5.4	Caudal de diseño canalización y muro.....72
Cuadro N° 5.5	Valores máximos del modelado con canalización y muro defensivo ..72
Cuadro N° 5.6	Volumen canalizado por secciones.....73
Cuadro N° 5.7	Dimensiones determinadas para el diseño de los muros.....78
Cuadro N° 5.8	Resultados para la condición de estabilidad de los muros.....78
Cuadro N° 5.9	Resultado de la verificación de estabilidad.....79
Cuadro N° 5.10	Rediseño muro defensivo.....80
Cuadro N° 5.11	Condiciones hidráulicas del cauce para determinar el coeficiente K....83
Cuadro N° 5.12	Altura de socavación al pie de los muros defensivos.....83
Cuadro N° 5.13	Altura de socavación muro colapsado.....84
Cuadro N° 5.14	Alcantarillas obstruidas y colmatadas.....86
Cuadro N° 5.15	Valores de coeficientes K para el diseño de secciones rectangulares...90

Página

Cuadro N° 5.16	Valores de K para el diseño, para $hr/h=1$ para secciones circulares.....	90
Cuadro N° 5.17	Resultado de la evaluación de las alcantarillas.....	93
Cuadro N° 5.18	Rediseño de las alcantarillas evaluadas.....	94
Cuadro N° 5.19	Alcantarillas menores para limpieza de material.....	94
Cuadro N° 6.1	Costo de la canalización.....	95
Cuadro N° 6.2	Costo de los muros defensivos por tipo y longitud de H°C°	96
Cuadro N° 6.3	Costo de excavación manual relleno y compactado.....	96
Cuadro N° 6.4	Costo por obra de las alcantarillas tipo cajón de H°A°.....	96
Cuadro N° 6.5	Costo por obra de los diques de gavión para el control de sedimento	97
Cuadro N° 6.6	Costo total de las obras propuestas en el presente estudio.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I	Fotos
Anexo II	Estudio hidrológico
Anexo III	Condiciones de contorno, calados aguas arriba y aguas abajo para distintos periodos de retorno
Anexo IV	Ejecución de la simulación de inundación y el detalle de los resultados Gráficos en 3D, tablas, curvas y secciones transversales.
Anexo V	Manual básico de introductoria a HEC-RAS
Anexo VI	Traducción Inglés – Español de algunas palabras y expresiones
Anexo VII	Verificación de estabilidad, diseño y rediseño de muro defensivo
Anexo VIII	Granulometría
Anexo IX	Estimación de la profundidad de socavación al pie de los muros
Anexo X	Verificación hidráulica y rediseño de las alcantarillas observadas
Anexo XI	Estimación del caudal sólido
Anexo XII	Estructuras de control y retención de sedimento tipo dique de gavión
Anexo XIII	Presupuesto general
Anexo XIV	Planos