

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE GRADO**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR SOBRE LA  
QUEBRADA MARIANO COLODRO”**

Calle 15 de Agosto y Av. Héroes de la Independencia  
(Provincia Cercado, Departamento de Tarija)

POR:

**EDUARDO LUIS ROMERO ESTRADA**

FECHA: 07/2014

GESTION ACADÉMICA I/2014

## **DEDICATORIA**

A los seres que más amo y agradezco a Dios por tenerlos, mis padres Freddy S. Romero Pimentel y Florinda Estrada Chambi por su apoyo, amor y comprensión incondicional en todos estos años de estudio.

A mis hermanos, Daniel, Alejandro y Jael Romero, para que sigan adelante en todas sus metas personales, con perseverancia y dedicación.

## RESUMEN

# INDICE

## TOMO I

CAPITULO I: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. El problema.....	2
1.3. Planteamiento.....	2
1.4. Formulación .....	4
1.5. Sistematización .....	4
1.6. Objetivos .....	5
1.6.1. Objetivo General .....	5
1.6.2. Objetivos Específicos.....	5
1.7. Justificación .....	6
1.7.1. Justificación académica.....	6
1.7.2. Justificación Técnica.....	6
1.7.3. Justificación Social – Institucional .....	7
1.8. Alcance del proyecto .....	7
1.8.1. Resultados a lograr.....	7
1.8.2. Aporte Académico .....	8
1.9. Localización.....	8
1.9.1. Información relativa al proyecto .....	9
1.9.2. Economía .....	11
1.9.3. Servicios básicos existentes .....	12
CAPITULO II: INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO.....	13
2.1. Estudio Topográfico .....	14
2.2. Estudio de Suelos.....	15
2.3. Estudios de hidrología e hidráulica.....	19
2.3.1. Resultados obtenidos .....	19
2.3.2. Cálculo de caudal máximo.....	20
2.3.3. Cálculo del tirante de diseño.....	20
2.3.4. Cálculo de la Socavación .....	21

2.4. Análisis de Alternativas .....	21
2.4.1. Descripción de Alternativas .....	22
2.4.2. Análisis Técnico, Económico y Académico .....	25
2.4.2.1. Análisis Técnico .....	25
2.4.2.2. Análisis Económico.....	27
2.4.2.3. Análisis Académico .....	28
2.4.3. Selección de Alternativa .....	30
CAPITULO III: ANÁLISIS ESTRUCTURAL .....	31
3.1. Generalidades.....	32
3.1.1. Normas de diseño.....	32
3.1.2. Materiales.....	32
3.1.2.1. Hormigón.....	32
3.1.2.2. Acero Convencional de refuerzo .....	32
3.2. Geometría de los Componentes .....	32
3.2.1. Ancho Efectivo del puente .....	32
3.2.2. Esquema estructural del puente.....	33
3.2.3. Esquema transversal de la estructura .....	34
3.3. Filosofía de diseño .....	36
3.3.1. Factores de resistencia .....	36
3.3.2. Estados Límites .....	37
3.3.2.1. Estados Límites de Servicio .....	37
3.3.2.2. Estados Límites de Resistencia .....	37
3.3.3. Factores de Carga y Combinaciones de Carga.....	37
3.4. Análisis de Cargas .....	39
3.4.1. Cargas Permanentes: DC, DW y EV .....	39
3.4.2. Cargas de suelo: EH y LS .....	39
3.4.3. Sobrecargas Vivas: LL y PL .....	41
3.4.4. Fuerza de Frenado: BR .....	43
3.4.5. Cargas Climáticas .....	43
3.4.5.1. Cargas de Viento.....	43
3.4.5.2. Temperatura Uniforme y Gradiente de Temperatura .....	45

3.5. Combinaciones de Carga .....	46
3.6. Análisis y Evaluación Estructural.....	48
3.6.1. Generalidades .....	48
3.6.2. Análisis Preliminar.....	49
3.6.3. Resultados del Cálculo Estructural .....	51
<b>CAPITULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....</b>	<b>53</b>
4.1. Diseño Estructural.....	54
4.1.1. Generalidades.....	54
4.1.2. Diseño de la Superestructura.....	54
4.1.2.1. Suposiciones de Diseño.....	55
4.1.2.2. Diseño de los pasamanos de hierro galvanizado .....	56
4.1.2.3. Diseño de los postes .....	57
4.1.2.4. Diseño de la Vereda y Bordillo .....	58
4.1.2.5. Diseño de la Losa Exterior .....	60
4.1.2.6. Diseño de la Losa Interior .....	61
4.1.2.7. Diseño de Vigas Longitudinales Te .....	63
4.1.2.7.1. Diseño a Flexión y Cargas Axiales.....	63
4.1.2.7.2. Diseño a Cortante de Vigas Te .....	66
4.1.2.7.3. Diseño a Torsión y Corte de Vigas Te.....	67
4.1.2.8. Diseño de Columnas .....	71
4.1.2.8.1. Diseño a Flexión Biaxial .....	71
4.1.2.8.2. Diseño a Cortante Bidireccional.....	75
4.1.2.8.3. Diseño a Torsión y Corte.....	75
4.1.2.9. Diseño de Vigas de Arriostre .....	77
4.1.2.9.1. Diseño a Flexión Biaxial .....	77
4.1.2.9.2. Diseño a Corte y Torsión.....	78
4.1.2.10. Diseño de la Ménsula Corta ( Articulación Viga Gerber).....	79
4.1.2.11. Diseño de los Diafragmas .....	82
4.1.3. Diseño de la Infraestructura .....	85
4.1.3.1. Diseño de las Zapatas Combinadas .....	85
4.1.3.2. Diseño del Estribo tipo Ménsula Corta .....	97

4.1.4. Diseño de los Aparatos de apoyo .....	104
4.1.4.1. Aparatos de apoyo de neopreno compuesto .....	104
4.1.4.2. Diseño de los Dados de apoyo .....	107
4.1.5. Juntas de dilatación .....	109
4.2. Especificaciones Técnicas .....	109
4.3. Cómputos Métricos .....	110
4.4. Análisis de precios unitarios .....	110
4.5. Presupuesto General .....	110
4.6. Cronograma de Ejecución .....	111
4.7. Planos Estructurales .....	111
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>112</b>
5.1. Generalidades .....	113
5.1.1. Conclusiones .....	113
5.1.2. Recomendaciones .....	115

## BIBLIOGRAFIA

## ANEXOS

ANEXO I: Levantamiento Topográfico

ANEXO II: Estudio Geotécnico

ANEXO III: Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

ANEXO IV: Memoria de Cálculo

## TOMO II

ANEXO V: Especificaciones Técnicas

ANEXO VI: Cómputos Métricos

ANEXO VII: Precios Unitarios

ANEXO VIII: Presupuesto General

ANEXO IX: Cronograma de ejecución

ANEXO X: Resultados CSiBridge V15

ANEXO XI: PLANOS

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Tabla N°1.1.: Distritos urbanos y rurales que conforman el Municipio de Tarija .....	10
Tabla N°1.2.: Estructura de población por sexo y tasa anual de crecimiento intercensal 2001-2012 (Departamento de Tarija- Provincia Cercado - Municipio de Tarija) .....	10
Tabla N°1.3.: Indicadores de economía en el Municipio de Tarija .....	11
Tabla N°1.4.: Propuesta para la asignación de un fondo en función a criterios de pobreza y población .....	11

### CAPÍTULO II: INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO

Tabla N°2.1.: Resultados del Análisis Plástico, para cada uno de los pozos.....	18
Tabla N°2.2.: Características de la Cuenca.....	19
Tabla N°2.3.: Caudal Máximo de diseño.....	20
Tabla N°2.4.: Propiedades hidráulicas de la Qda. Mariano Colodro.....	20
Tabla N°2.5.: Altura de Socavación .....	21
Tabla N°2.6.: Costos de puentes construidos en nuestro medio.....	27
Tabla N°2.7.: Cuadro Comparativo para la selección de Alternativa.....	30

### CAPÍTULO III: ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Tabla N°3.1.: Dimensiones de los elementos del Pórtico.....	34
Tabla N°3.2.: Factores de Resistencia .....	36
Tabla N°3.3.: Combinaciones de Carga y Factores de Carga.....	38
Tabla N°3.4.: Factores de Carga para Carga Permanentes, $\gamma_p$ .....	38
Tabla N°3.5.: Ángulo de fricción entre diferentes materiales .....	41
Tabla N°3.6.: Altura de suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos perpendiculares al tráfico.....	41
Tabla N°3.7.: Presiones básicas $P_B$ correspondiente a $V_B = 160$ km/hr.....	44
Tabla N°3.8.: Cargas de diseño para la superestructura .....	44
Tabla N°3.9.: Cargas de diseño para la subestructura .....	44
Tabla N°3.10.: Reacciones en Estado Límite de Servicio .....	51
Tabla N°3.11.: Reacciones en Estado Límite de Resistencia .....	52

## CAPÍTULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Tabla N°4.1.: Cálculo de armadura a Flexión y Carga Axial de Tracción - Vigas .....	65
Tabla N°4.2.: Cálculo de armadura a Cortante y Torsión.....	70
Tabla N°4.3.: Valores del coeficiente “ $\beta$ ” en el diseño de columnas biaxiales .....	71
Tabla N°4.4.: Cálculo de armadura a Flexión y Carga Axial - Columnas.....	74
Tabla N°4.5.: Cálculo de armadura a Cortante y Torsión - Columnas .....	76
Tabla N°4.6.: Cálculo de armadura a Flexión Biaxial – Vigas de Arriostre .....	77
Tabla N°4.7.: Cálculo de armadura a Cortante y Torsión - Vigas de Arriostre.....	78
Tabla N°4.8.: Resumen de Armaduras – Ménsula Corta.....	81
Tabla N°4.9.: Cálculo de armadura a Flexión - Diafragmas.....	84
Tabla N°4.10.: Cálculo de armadura a Torsión y Cortante - Diafragmas.....	84
Tabla N°4.11.: Características mecánicas del suelo de fundación.....	85
Tabla N°4.12.: Verificación de Esfuerzos .....	90
Tabla N°4.13.: Verificación de la Capacidad de Cargas Mayoradas.....	91
Tabla N°4.14.: Cálculo de armadura a Flexión Longitudinal - Zapatas .....	95
Tabla N°4.15.: Cálculo de armadura a Flexión Transversal - Zapatas .....	96
Tabla N°4.16.: Dimensiones del Estribo .....	97
Tabla N°4.17.: Datos de diseño para el Estribo .....	98
Tabla N°4.18.: Cálculo de armadura a Flexión - Estribos .....	102
Tabla N°4.19.: Cálculo de armadura a Cortante - Estribos .....	103
Tabla N°4.20.: Dimensiones Finales – Aparatos de Apoyo de Neopreno Compuesto .....	106
Tabla N°4.21.: Resumen de armadura para el dado de apoyo .....	108



## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO I: ANTECEDENTES GENERALES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Figura N°1.1.: Localización del proyecto .....	14
Figura N°1.2.: Calidad de vida “Distrito 13 - Ciudad de Tarija” .....	17

### CAPÍTULO II: INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO

Figura N°2.1.: Perfil Longitudinal de la Alternativa I.....	22
Figura N°2.2.: Perfil Longitudinal de la Alternativa II.....	23
Figura N°2.3.: Perfil Longitudinal de la Alternativa III .....	24

### CAPÍTULO III: ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Figura N°3.1.: Anchos de Calzada.....	33
Figura N°3.2.: Esquema tridimensional del Puente Pórtico .....	33
Figura N°3.3.: Esquema Transversal del puente.....	34
Figura N°3.4.: Espacio necesario para la circulación de peatones .....	35
Figura N°3.5.: Esquema del barandado .....	35
Figura N°3.6.: Esquema de actuación de cargas permanentes en el estructura .....	39
Figura N°3.7.: Simbología para el empuje activo de Coulomb .....	40
Figura N°3.8.: Tandem de diseño .....	42
Figura N°3.9.: Camión de diseño.....	42
Figura N°3.10.: Denominación de nudos en la estructura .....	51

### CAPITULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Figura N°4.1.: Elementos del pórtico exterior .....	54
Figura N°4.2.: Cuña rectangular de esfuerzos equivalentes .....	55
Figura N°4.3.: Porción de la losa que debe incluirse con la viga .....	67
Figura N°4.4.: Posición del eje neutro y comportamiento de la columna .....	71
Figura N°4.5.: Posición del eje neutro y comportamiento de la columna .....	73
Figura N°4.6.: Áreas tributarias y secciones.....	93
Figura N°4.7.: Tipos de juntas de dilatación .....	109