

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS  
MATERIALES**



**TOMO I**

**DISEÑO ESTRUCTURAL “PUENTE VEHICULAR,  
SOBRE LA QUEBRADA MOLLE HUAYCO”**

**(Tomatas Grande – Prov. Méndez – Departamento de Tarija)**

**Por:**

**LUCAS SAMUEL OVANDO FLORES**

**SEMESTRE II - 2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS  
MATERIALES**

**TOMO I**

**DISEÑO ESTRUCTURAL “PUENTE VEHICULAR,  
SOBRE LA QUEBRADA MOLLE HUAYCO”**

**(Tomatas Grande – Prov. Méndez – Departamento de Tarija)**

**Por:**

**LUCAS SAMUEL OVANDO FLORES**

Proyecto de Grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE II - 2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
Ing. Liliana Carola Miranda Encinas

**DOCENTE GUÍA**

.....  
Ing. Marcelo Segovia Cortez

**DECANO**

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

.....  
Ing. Clovis Gustavo Succi Aguirre

**VICEDECANO**

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing, Freddy Gonzalo Gandarillas Martínez

.....  
Ing, Ernesto Roberto Álvarez Gozalvez

.....  
Ing, Juan Pablo Ayala Yáñez

### **ADVERTENCIA**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Serafín Ovando R. y María Flores C., por darme la vida, protegerme, brindarme salud, educación y apoyarme en todo momento.

A Daniela Flores H., por ser la persona que estuvo a mi lado durante toda esta larga carrera, e impulsarme a seguir adelante ayudándome incondicionalmente.

A mis hermanos Estela, Roberto, Luis y María de los Ángeles, que siempre confiaron en mí y estuvieron ahí brindándome su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por el tiempo de vida y por brindarme la fortaleza en los momentos difíciles siendo la guía en mi camino.

A mi familia que siempre estuvieron apoyándome en lo económico como en lo emocional, para que pueda concluir con mis estudios.

A Héctor Sulca R., por ser mi maestro y ejemplo e impulsarme a continuar desde un principio.

A mis compañeros y amigos por acompañarme en todo el camino, y ayudarme en los momentos difíciles.

A mis docentes de la carrera Ing. Civil, por brindarme sus conocimientos día a día.

# INDICE

## DEDICATORIA

## AGRADECIMIENTO

## RESUMEN

### I. ANTECEDENTES

1.1. El Problema .....	1
1.1.1 Planteamiento .....	2
1.1.2 Formulación.....	3
1.1.3 Sistematización .....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.3.1 Justificación Académica .....	5
1.3.2. Justificación Técnica .....	5
1.3.3. Justificación Social.....	5
1.4. Alcance del Proyecto .....	5
1.4.1. Resultados a lograr .....	5
1.4.2. Restricciones.....	6
1.4.3. Aporte académico .....	6
1.4.4. Hipótesis del proyecto .....	6
1.5. Localización.....	7
1.6. Información Socioeconómica .....	9

### II. MARCO TEORICO

2.1. Generalidades .....	10
2.1.1. Definición de puente.....	10
2.1.2. Clasificación de puentes .....	10
2.1.2.1. Por los Materiales Usados .....	10

2.1.2.2. Por sus Objetivos Funcionales.....	10
2.1.2.3. Por el sistema estructural.....	11
2.1.2.4. Por las condiciones de apoyo.....	12
2.1.3. Partes de un puente.....	12
2.1.3.1. Superestructura.....	13
2.1.3.2. Subestructura.....	14
2.2. Estudios Básicos De Ingeniería.....	15
2.2.1 Estudio de suelos.....	16
2.2.2. Estudios topográficos.....	16
2.2.3. Estudio hidrológico e hidráulico.....	17
2.3. Normas De Diseño.....	18
2.4. Filosofía De Diseño.....	18
2.5. Cargas En La Estructura.....	18
2.5.1. Cargas permanentes.....	19
2.5.1.1. Peso propio de las estructuras (DC).....	19
2.5.1.2. Superficie de rodadura (DW).....	20
2.5.2. Sobrecargas vivas.....	20
2.5.2.1. Sobrecarga vehicular.....	20
2.5.2.2. Cargas peatonales (PL).....	21
2.5.2.3. Fuerza de frenado (BR).....	21
2.5.2.3. Incremento por carga dinámica (IM).....	22
2.5.2.4. Empuje del suelo (EH).....	22
2.5.2.5. Sobrecarga viva (LS).....	23
2.6. Combinaciones y Factores de Carga.....	24
2.7. Factor Modificador de Carga.....	27
2.7.1. factor de ductilidad ( $\eta_D$ ).....	28
2.7.2. factor de redundancia ( $\eta_R$ ).....	28
2.7.3. factor de importancia operativa ( $\eta_I$ ).....	29
2.8. Teorema de Barré.....	29
2.9. Deformaciones.....	31



2.10. Materiales .....	31
2.10.1. Hormigones .....	32
2.10.2. Acero de refuerzo .....	33
2.10.2.1. Curvas esfuerzo-deformación unitaria.....	34
2.10.3. Acero de presforzado.....	34
2.10.2.1. Curvas esfuerzo-deformación unitaria.....	35
2.11. Hormigón Presforzado.....	35
2.11.1. Sistema de postensado .....	36
2.11.2. Pretensado parcial.....	36
2.11.3. Pretensado total.....	37
2.11.4. Perdidas de presfuerzo.....	37
2.11.4.1. Perdidas instantáneas.....	37
2.11.4.2. Perdidas Diferidas.....	37
2.12. Armadura en la sección de Centro Luz .....	37
2.13. Etapas de carga .....	38
2.13.1. Etapa inicial .....	39
2.13.2. Etapa final.....	39
2.14. Ventajas del hormigón presforzado frente al hormigón armado .....	40
2.15. Diferencias entre el hormigón presforzado y al hormigón armado .....	41
2.16. Inecuaciones básicas del presforzado .....	41
2.16.1. En condiciones iniciales ( $t = 0$ ) .....	41
2.16.2. En condiciones finales ( $t = \infty$ ).....	42
2.17. Esfuerzos permisibles según AASHTO LRFD .....	43
2.17.1. Límites para la tensión en los Tendones de Presforzado.....	43
2.17.2. Límites para la tensión en el Hormigón.....	44
2.17.2.1. Antes de las pérdidas .....	44
2.17.2.2. En servicio después de las pérdidas.....	44
2.18. Componentes de Sistema de Anclaje.....	46
2.18.1. Torones .....	46
2.18.2. Vainas .....	47

2.18.3. Anclaje.....	47
2.18.4. Separación de anclajes según Protende .....	48
2.18.5. Equipos de tesado .....	49
2.18.6. Inyección .....	50
2.19. Estribos .....	50
2.19.1. Cargas de diseño.....	51
2.19.2. Consideraciones para la estabilidad.....	52

### **III. INGENIERIA DEL PROYECTO**

3.1. Levantamiento Topográfico .....	53
3.2. Vista en Planta y Perfil del Puente .....	53
3.3. Estudio de Suelos .....	54
3.4. Estudio Hidrológico e Hidráulico.....	54
3.5. Estudio de Socavación.....	55
3.5. Cálculo y diseño estructural .....	56
3.5.1. Generalidades .....	56
3.5.1.1 Normativa utilizada .....	56
3.5.1.2 Materiales .....	56
3.5.1.3 Cargas .....	57
3.5.1.4 Combinaciones de Carga, Factores de Carga y Resistencia.....	58
3.5.1.5 Recubrimientos de Hormigón.....	59
3.5.2. Predimensionamiento .....	60
3.5.2.1 Ancho de calzada.....	60
3.5.2.2 Número de carriles .....	60
3.5.2.3 Número de vigas.....	60
3.5.2.4 Luz de cálculo.....	60
3.5.2.5 Altura de la viga .....	60
3.5.2.6 Separación entre vigas .....	62
3.5.2.7 Espesor de losa .....	62
3.5.2.8 Diafragma.....	63

3.5.2.9 Vereda.....	63
3.5.2.10 Bordillo.....	64
3.5.2.11 Geometría de la sección transversal del puente.....	64
3.5.2. Diseño del barandado .....	65
3.5.2.1. Pasamanos de Hierro Galvanizado .....	65
3.5.2.2. Postes de Hormigón Armado.....	65
3.5.3. Diseñó de la vereda y bordillo .....	66
3.5.4. Diseño de losa de hormigón armado .....	67
3.5.4.1. Diseño de losa exterior .....	67
3.5.4.2. Diseño de losa interior.....	67
3.5.5. Diseño de viga de hormigón presforzado .....	68
3.5.5.1. Propiedades de la sección .....	68
3.5.5.2. Factores de distribución.....	69
3.5.5.3. Solicitaciones máximas .....	69
3.5.5.4. Trayectorias .....	70
3.5.5.5. Fuerza de tesado y Pérdidas de presforzado .....	71
3.5.5.6. Verificación de esfuerzos y deflexión máxima .....	75
3.5.5.7. Diseño a flexión.....	76
3.5.5.8. Diseño a corte .....	77
3.5.6. Diafragmas de Hormigón Armado .....	79
3.5.7. Bloque de anclaje.....	80
3.5.8. Juntas de dilatación.....	81
3.6. Diseño de la Infraestructura.....	82
3.6.1. Diseño de neoprenos.....	82
3.6.2. Diseño de dados.....	82
3.6.3. Diseño de estribos.....	83
3.7. Especificaciones Técnicas .....	84
3.8. Cómputos métricos .....	84
3.9. Análisis de Precios Unitarios.....	85
3.10. Presupuesto General .....	85

3.11. Cronograma de Ejecución .....	85
-------------------------------------	----

#### **IV. APORTE ACADEMICO**

4.1. Introducción.....	87
4.2. Torsión.....	87
4.1.1. Torsión en Puentes .....	88
4.3. Diafragmas.....	90
4.4. Casos de posición de diafragmas.....	91
4.5. CSi Bridge para el modelado de Puentes.....	93
4.6. Resultados del Aporte Académico .....	94
4.6.1. Momentos máximos en la losa .....	94
4.6.2. Cortante máxima en la viga .....	96
4.6.3. Momento máximo en la viga .....	97
4.6.4. Momento Torsor en la viga .....	99
4.6.5. Diagrama de Momentos Torsores.....	100
4.6.5.1. Diafragmas en los Extremos de la viga .....	100
4.6.5.2. Diafragmas en Extremos de la viga y a $L/2$ .....	101
4.6.5.3. Diafragmas en Extremos de la viga y a $L/3$ .....	101
4.6.5.4. Diafragmas en Extremos de la viga y a $L/4$ .....	102

#### **CONCLUSIONES**

#### **BIBLIOGRAFIA**

## **TOMO II**

### **ANEXOS**

#### **RESPALDO INSTITUCIONAL**

**Anexo A1** Carta de Solicitud

**Anexo A2** Carta de Respuesta

#### **INFORMACION SOCIOECONOMICA**

**Anexo B** Información Socioeconómica

#### **ESTUDIOS BASICOS DE INGENIERIA**

**Anexo C1** Levantamiento topográfico

**Anexo C2** Vista en Planta y Perfil del Área del Proyecto

**Anexo C3** Estudio de Suelos

**Anexo C4** Estudio Hidrológico

**Anexo C5** Estudio Hidráulico

**Anexo C6** Estudio de Socavación

#### **CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

**Anexo D1** Predimensionamiento

**Anexo D2** Diseño de Pasamanos

**Anexo D3** Diseño de Postes

**Anexo D4** Diseño de Vereda

**Anexo D5** Diseño del Bordillo

**Anexo D6** Diseño de Losa Exterior

**Anexo D7** Diseño de Losa Interior

**Anexo D8** Propiedades de la Sección de la Viga

<b>Anexo D9</b>	Factores de Distribución
<b>Anexo D10</b>	Solicitaciones Máximas
<b>Anexo D11</b>	Trayectorias de las Vainas
<b>Anexo D12</b>	Fuerza de Presforzado
<b>Anexo D13</b>	Verificación de Esfuerzos
<b>Anexo D14</b>	Diseño a Flexión
<b>Anexo D15</b>	Diseño a Corte
<b>Anexo D15-1</b>	Diseño a Torsión
<b>Anexo D16</b>	Diseño del Diafragma
<b>Anexo D17</b>	Diseño del Bloque de Anclaje
<b>Anexo D18</b>	Diseño del Neopreno
<b>Anexo D18-1</b>	Cotización de Neopreno
<b>Anexo D19</b>	Diseño del Dado de Apoyo
<b>Anexo D20</b>	Diseño del Estribo
<b>Anexo D21</b>	Planos Estructurales
<b>Anexo E</b>	Aporte Académico
<b>Anexo F</b>	Especificaciones Técnicas
<b>Anexo G</b>	Cómputos Métricos
<b>Anexo H</b>	Análisis de Precios Unitarios
<b>Anexo I</b>	Presupuesto General
<b>Anexo J</b>	Cronograma de Ejecución

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Obstrucción de la quebrada en tiempos de lluvias .....	2
Figura 1.2. Recorrido (Tarija – Tomatas Grande) .....	7
Figura 1.3. Macrolocalización “Provincia Méndez” .....	8
Figura 1.4. Ubicación Geográfica del Proyecto .....	8
Figura 1.5. Cauce de la quebrada aguas arriba .....	9
Figura 1.6. Cauce de la quebrada aguas abajo.....	9
Figura 2.1. Componentes de un puente, vista longitudinal .....	12
Figura 2.2. Componentes de un puente, corte transversal .....	13
Figura 2.3. Tablero y estructura portante, puente Viga-Losa.....	13
Figura 2.4. Accesorios de la acera del puente .....	14
Figura 2.5. Base probabilística del diseño LRFD.....	18
Figura 2.6. Características de camión de diseño .....	20
Figura 2.7. Tren de cargas sobre una viga simplemente apoyada .....	30
Figura 2.8. Posición de un tren de cargas para momento máximo.....	31
Figura 2.9. Curvas esfuerzo-deformación de acero de refuerzo.....	34
Figura 2.10. Curvas esfuerzo-deformación de acero de presfuerzo .....	35
Figura 2.11. Fabricación de un elemento postensado.....	36
Figura 2.12. Posición de armaduras de refuerzo en la Viga.....	38
Figura 2.13. Falla de una viga debido al manejo poco cuidadoso .....	39
Figura 2.14. Anclajes MTC de PROTENDE .....	47
Figura 2.15. Separación de las placas de anclajes MTC .....	48
Figura 2.16. Gatos hidráulicos de tesado Multitorón MTC.....	50
Figura 2.17. Tipos usuales de estribos.....	51
Figura 2.18. Cargas comunes en estribos de puentes .....	52
Figura 3.1. Vista en planta Emplazamiento de Proyecto.....	53
Figura 3.2. Vista en planta Emplazamiento de Proyecto.....	53
Figura 3.3. Tirante máximo (Vista en perfil del puente).....	55
Figura 3.4. Altura de socavación.....	56
Figura 3.5. Esquema de cargas Permanentes en la superestructura.....	57

Figura 3.6. Camión de diseño .....	58
Figura 3.7. Vigas AASHTO de sección I .....	61
Figura 3.8. Dimensiones de la viga.....	61
Figura 3.9. Separación entre vigas.....	62
Figura 3.10. Espesor de losa y altura de Diafragma .....	63
Figura 3.11. Ancho ocupado por un peatón mas su valija.....	63
Figura 3.12. Geometría y disposición de armadura long. y transv. del poste.....	65
Figura 3.13. Dimensiones y disposición de armadura de vereda y bordillo .....	66
Figura 3.14. Disposición de armadura de losa exterior .....	67
Figura 3.15. Disposición de armadura de losa interior .....	68
Figura 3.16. Sección de Centro Luz y sección D.....	70
Figura 3.17. Sección (h y h/2).....	70
Figura 3.18. Trayectorias de las vainas.....	71
Figura 3.19. Configuración de tendones sobre la viga .....	71
Figura 3.20. Pérdidas de presfuerzo en Centro Luz.....	72
Figura 3.21. Pérdidas de presfuerzo en el Apoyo (Gato).....	73
Figura 3.22. Diagrama de esfuerzos en la viga al aplicarse el tesado.....	74
Figura 3.23. Esquema transversal de armadura de refuerzo longitudinal.....	77
Figura 3.24. Esquema transversal y longitudinal de armadura de corte.....	78
Figura 3.25. Modelo de Bielas y Tirantes.....	79
Figura 3.26. Detallado armadura de diafragmas, corte A-A y B-B .....	80
Figura 3.27. Detallado armadura de Anclajes (Apoyos) .....	81
Figura 3.28. Detalle de junta de dilatación .....	81
Figura 3.29. Detalle de Neopreno.....	82
Figura 3.30. Detalle de Dado .....	82
Figura 3.31. Dimensiones y armaduras necesaria del Estribo .....	84
Figura 4.1 Modelado de puente de vigas en CSi Bridge .....	93



## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Densidades de materiales usados en la construcción .....	19
Tabla 2.2. Incremento por Carga Dinámica, IM .....	22
Tabla 2.3. Altura de suelo equivalente para carga vehicular.....	24
Tabla 2.4. Combinaciones de Cargas y Factores de Carga .....	26
Tabla 2.5. Factores de carga para cargas permanentes, $\gamma_p$ .....	26
Tabla 2.6. Factor de presencia múltiple .....	27
Tabla 2.7. Características de las mezclas de hormigón según su clase .....	32
Tabla 2.8. Diferencias entre el hormigón presforzado y armado .....	41
Tabla 2.9. Límites de tensión para los tendones de presforzado .....	43
Tabla 2.10. Propiedades de los cables y barras de pretensado .....	43
Tabla 2.11. Propiedades de los cables y barras de pretensado .....	44
Tabla 2.12. Límites para la tensión de compresión en el hormigón pretensado después de las pérdidas. Elementos totalmente pretensados .....	45
Tabla 2.13. Límites para la tensión de tracción en el hormigón pretensado en estado límite de servicio después de las pérdidas. Elementos totalmente pretensados .....	46
Tabla 2.14. Propiedades de los Torones de presfuerzo .....	46
Tabla 2.15. Dimensiones del sistema de anclaje MTC .....	48
Tabla 2.16. Distancia mínima entre centros de placas de anclajes.....	49
Tabla 2.17. Distancia mínima de centros a bordes de placas de anclaje .....	49
Tabla 3.1. Características de los sondeos SPT y tipos de suelo .....	54
Tabla 3.2. Capacidad portante del suelo en relación al N° de golpes .....	54
Tabla 3.3. Tabla de materiales .....	57
Tabla 3.4. Factores de Resistencia .....	59
Tabla 3.5. Recubrimiento para las armaduras principales no protegidas (mm) .....	59
Tabla 3.6. Profundidades mínimas tradicionales para superestructuras.....	61
Tabla 3.7. Factor interno en función a las fajas de tráfico .....	62
Tabla 3.8. Propiedades de la sección en tiempo inicial.....	68
Tabla 3.9. Propiedades de la sección en Servicio .....	69
Tabla 3.10. Esfuerzos en la viga al aplicarse el tesado .....	74

Tabla 3.11. Pérdidas de presfuerzo en la viga.....	74
Tabla 4.1. Momentos máximos en la losa.....	95
Tabla 4.2. Variación (%) de momentos máximos en la losa.....	95
Tabla 4.3. Cortante máxima de Resistencia I en la viga.....	97
Tabla 4.5. Momento máximo de Servicio I en la viga .....	98
Tabla 4.5. Momento máximo de Resistencia I en la viga .....	99
Tabla 4.9. Momento Torsor de Resistencia I en viga exterior e interior.....	99
Tabla 4.10. Tabla resumen de incidencias de diafragmas en viga exterior.....	102
Tabla 4.11. Tabla resumen de incidencias de diafragmas en viga interior.....	104