

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



DISEÑO DE INGENIERÍA
“PUENTE VEHICULAR JUNTAS – ALISOS”

PRESENTADO POR:

UNIV. FERNANDO DAVID RODRÍGUEZ ARANCIBIA

DICIEMBRE, 2010

TARIJA-BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y C.S. MS.**

**DISEÑO DE INGENIERÍA
“PUENTE VEHICULAR JUNTAS - ALISOS”**

Por:

FERNANDO DAVID RODRÍGUEZ ARANCIBIA

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502

Diciembre de 2010

TARIJA - BOLIVIA

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

*Dedicado a mis Padres
que me inculcaron
siempre buenos valores y
por brindarme
incesantemente su apoyo.*

*“Cada uno decide dentro de sí
su camino, pero Dios asegura
sus pasos.”*

ÍNDICE

Dedicatoria.
Pensamiento.
Resumen ejecutivo.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Alcance del Trabajo.....	2
1.4 Justificación del proyecto.....	3
1.4.1 Descripción del problema o necesidad.....	3
1.4.2 Razones Sociales.....	4
1.4.3 Razones económicas y de transporte.....	4
1.5 Metas y resultados.....	4

CAPÍTULO II DESCRIPCION GENERAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

2.1 Ubicación del proyecto.....	6
2.2 Población beneficiada.....	8
2.3 Aspectos sociales de la población beneficiada.....	9
2.3.1 Educación.....	9
2.3.2 Vivienda.....	9
2.3.3 Salud.....	9
2.4 Servicios básicos de la población beneficia da.....	10
2.4.1 Energía Eléctrica.....	10
2.4.2 Agua Potable.....	10
2.4.3 Disposición de Excretas.....	10

2.4.4 Medios de Comunicación	10
2.4.5 Medios de Transporte	11
2.5 Aspectos económicos y productivos	11
2.5.1 Actividades Económicas en el Área del Proyecto	11
2.5.2 Producción Agrícola Actual	11

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y METODOLOGÍA DE DISEÑO.

3.1. Análisis de Alternativas	13
3.1.1. Descripción de las alternativas.....	13
3.1.1.1. Puente con vigas de hormigón armado de tramos apoyados.....	13
3.1.1.1.1 Ventajas y Desventajas	13
3.1.1.2. Puente sobre vigas de hormigón pretensado tipo I de tramo apoyado.....	14
3.1.1.2.1. Ventajas y Desventajas	14
3.1.1.3. Puente en arco de hormigón armado con tablero inferior	15
3.1.1.3.1. Ventajas y Desventajas	15
3.1.2. Análisis Técnico y Económico	16
3.1.2.1. Comportamiento Hidráulico	16
3.1.2.2. Metodología constructiva	17
3.1.2.3. Durabilidad.....	17
3.1.2.4. Funcionalidad y seguridad.....	17
3.1.2.5. Economía.....	17
3.1.3. Selección de la alternativa	18
3.2. Metodología.....	19
3.2.1. Estudio Topográfico.....	19
3.2.2. Estudio Hidrológico e Hidráulico.....	19
3.2.2.1. Intensidades de Precipitación Máximas Horarias - Curvas I.D.F.....	19
3.2.2.2. Periodo de Retorno	20
3.2.2.3. Caudal Máximo.....	20
3.2.2.3.1. Fórmula Racional.....	21
3.2.2.3.1.1. Fórmulas para el tiempo de Concentración.....	21
3.2.2.3.1.2. Coeficiente de Escorrentía.....	22

3.2.2.3.2. Método de Mac Math.....	22
3.2.2.3.3. Hidrograma Unitario Triangular	23
3.2.2.3.3.1. Estimación de la precipitación efectiva.....	24
3.2.2.3.3.1.1. Condición hidrológica.....	25
3.2.2.3.3.1.2. Grupo Hidrológico de suelo.....	25
3.2.2.4. Determinación del Tirante Máximo.....	25
3.2.2.5. Socavación.....	26
3.2.2.5.1. Socavación en Estribos.....	26
3.2.2.5.1.1. Método de Froehlich.....	27
3.2.2.5.1.2. Método de Hire.....	28
3.2.2.5.2. Socavación en Pilas.....	28
3.2.2.5.2.1. Método de Simons y Senturk.....	29
3.2.2.5.2.2. Método de Richardson y Davis.....	29
3.2.3. Estudio de suelos.....	30
3.2.3.1. Ensayo normal de penetración SPT.....	30
3.2.3.1.1. Metodología del ensayo	30
3.2.3.2. Clasificación del suelo.....	31
3.2.3.2.1. Granulometría.....	31
3.2.3.2.2. Limite líquido.....	32
3.2.3.2.3. Límite plástico.....	32
3.2.4. Norma a utilizar.....	32
3.2.4.1. Filosofía de diseño.....	32
3.2.4.1.1. Factores de carga y combinaciones de carga.....	33
3.2.4.1.2. Factores de resistencia.....	35
3.2.4.1.3. Factor de modificación de las cargas.....	35
3.2.5. Cargas que actúan en la estructura	36
3.2.5.1 Cargas permanentes	37
3.2.5.2. Carga viva vehicular.....	37
3.2.5.2.1. Camión de diseño	37
3.2.5.2.2. Tándem de diseño.....	38
3.2.5.2.3. Carga de carril de diseño	38
3.2.5.2.4. Presencia múltiple	39
3.2.5.3. Incremento por carga dinámica	39

3.2.5.4. Cargas Peatonales	40
3.2.5.5. Fuerza de frenado	40
3.2.5.6. Cargas de viento en la estructura	40
3.2.5.6.1. Viento en la superestructura	41
3.2.5.6.2. Viento en la subestructura	41
3.2.5.7. Cargas de viento sobre los vehículos	41
3.2.5.8. Empuje lateral del suelo	42
3.2.5.9. Sobrecarga viva sobre relleno	43
3.2.5.10 Cargas hidráulicas	44
3.2.5.10.1. Presión Hidrostática	44
3.2.5.10.2. Presión de Flujo Longitudinal	44
3.2.6. Propiedades de los materiales	45
3.2.6.1. Acero	45
3.2.6.1.1. Acero pretensado	45
3.2.6.1.2. Acero convencional no pretensado	46
3.2.6.2. Hormigón	47
3.2.6.2.1. Resistencia a la compresión	47
3.2.6.2.2. Módulo de elasticidad	47
3.2.6.3.3. Módulo de rotura	48
3.2.7. Análisis y evaluación estructural	48
3.2.7.1 Factor de distribución	48
3.2.7.2 Líneas de Influencia	52
3.2.7.2.1. Línea de influencia para viga simplemente apoyada	52
3.2.7.2.2. Línea de influencia de vigas con rigidez infinita sobre apoyos elásticos	53
3.2.8. Análisis y diseño de la Losa	54
3.2.8.1. Método Aproximado de las Fajas Equivalentes	54
3.2.8.2. Secciones de diseño	55
3.2.8.3. Mínima altura y recubrimiento	55
3.2.8.4. Armadura de Distribución	55
3.2.9. Vigas de hormigón armado	56
3.2.9.1 Resistencia a flexión en estado límite de resistencia	56
3.2.9.1.1. Armadura máxima	57
3.2.9.1.2. Armadura mínima	57

3.2.9.2. Diseño por cortante.....	58
3.2.9.2.1. Resistencia del hormigón a cortante.....	59
3.2.9.2.2. Secciones que requieren armadura transversal.....	59
3.2.9.2.3. Máximo espaciamiento.....	59
3.2.9.2.4. Mínima armadura transversal.....	59
3.2.10. Diseño de vigas pretensadas.....	60
3.2.10.1. Diseño por flexión basado en esfuerzos permisibles.....	60
3.2.10.1.1. Esfuerzos permisibles en el hormigón.....	61
3.2.10.1.2. Inecuaciones de condición.....	62
3.2.10.1.3. Excentricidad límite.....	63
3.2.10.2. Verificación por flexión en e stado límite de resistencia.....	63
3.2.10.2.1 Armadura máxima.....	65
3.2.10.2.2. Armadura mínima.....	65
3.2.10.3. Diseño por cortante.....	66
3.2.10.3.1 Resistencia del hormigón a cortante.....	67
3.2.10.4. Pérdidas de pretensado.....	68
3.2.10.4.1. Pérdidas Instantáneas.....	68
3.2.10.4.1.1 Acuñaamiento de los Anclajes.....	68
3.2.10.4.1.2 Fricción.....	68
3.2.10.4.1.3 Acortamiento Elástico.....	69
3.2.10.4.2. Pérdidas Diferidas.....	70
3.2.10.4.2.1. Contracción.....	70
3.2.10.4.2.2. Fluencia Lenta.....	71
3.2.10.4.2.3. Relajación.....	71
3.2.11. Estribos.....	72
3.2.11.1Definición.....	72
3.2.11.2 Tipos de estribos.....	72
3.2.11.2 .1. Estribo tipo gravedad.....	73
3.2.11.2 .2. Estribo tipo semigravedad en voladizo.....	73
3.2.11.2 .3. Estribo con contrafuertes.....	74
3.2.11.2 .4. Estribo de caballete sobre pilotes con aleros.....	74
3.2.11.3. Cargas que actúan en los estribos.....	75
3.2.11.4 Requisitos de diseño.....	75

3.2.11.4.1 Capacidad de Carga	76
3.2.11.4.2 Vuelco	76
3.2.11.4.3 Resbalamiento Lateral	77
3.2.12. Pilas	77
3.2.12.1 Definición	77
3.2.12.2. Partes de una pila	78
3.2.12.3. Tipos de pilas	78
3.2.12.3.1. Pilas Tipo Muro Macizo	78
3.2.12.3.2. Pilas Tipo Pórtico o Caballete	79
3.2.12.3.3. Pilas de Una Sola Columna	79
3.2.12.4. Fuerzas que actúan sobre una pila	80
3.2.12.5. Elementos comprimidos de hormigón armado -columnas	80
3.2.12.5.1. Evaluación Aproximada de los efectos de esbeltez	80
3.2.12.5.2. Método de Amplificación de momentos	81
3.2.12.5.3. Límites para la Armadura	83

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA DEL PROYECTO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

4.1 Reglamento y normas base del proyecto.	84
4.2 Geometría de la estructura	84
4.2.1. Longitud	84
4.2.2. Ancho de Calzada y acera.	84
4.2.3. Baranda Peatonal	84
4.3. Diseño del Barandado	85
4.3.1. Análisis y diseño del Pasamanos	85
4.3.2. Análisis y diseño del Poste	86
4.4. Análisis y diseño de la Acera	87
4.5. Análisis y diseño del Bordillo	88
4.6. Diseño de la losa	91
4.6.1. Análisis y diseño de la Losa Interior	91
4.6.1.1. Altura mínima	91

4.6.1.2. Ancho de faja equivalente	91
4.6.1.3. Cargas Permanentes.....	91
4.6.1.4. Carga Viva Vehicular	92
4.6.2. Análisis y diseño de la Losa Exterior	95
4.7. Análisis y diseño de Vigas Longitudinales	97
4.7.1. Cargas permanentes.....	97
4.7.2. Sección de la viga.....	98
4.7.3. Ancho efectivo del ala.....	99
4.7.4. Cálculo Factor de carga en Vigas.....	100
4.7.4.1. Parámetros para ecuaciones.....	100
4.7.4.2. Rango de Aplicabilidad	100
4.7.4.3. Fracción de carga para momento en viga Interior	100
4.7.4.4. Fracción de carga para momento en viga Exterior	101
4.7.4.5. Fracción de carga para cortante en viga Interior	102
4.7.4.6. Fracción de carga para cortante en viga Exterior.....	102
4.8. Solicitaciones debido a carga permanente	103
4.9. Solicitaciones debida Sobrecarga Vehicular	103
4.10. Cálculo del Acero de Pretensado	105
4.10.1. Esfuerzos límite en el Hormigón	105
4.10.2. Esfuerzos en centro luz	106
4.10.3. Estimación de la pérdida de Pretensado	108
4.10.3.1. Pérdida por Fricción.....	108
4.10.3.2. Pérdida por Acuñaamiento de Anclajes	108
4.10.3.3. Pérdida por Acortamiento Elástico.....	109
4.10.3.4. Pérdida por Contracción.....	109
4.10.3.5. Pérdida por Fluencia Lenta.....	109
4.10.3.6. Pérdida por Relajación.....	109
4.11. Verificación y diseño en Estado límite de Resistencia	113
4.11.1. Flexión.....	113
4.11.2. Cortante.....	114
4.12. Diseño de la zona de anclaje.....	117
4.12.1. Longitud del bloque de anclaje	117
4.12.2. Esfuerzos Admisibles en la zona de Anclaje	117

4.12.3. Diseño del refuerzo para la zona de anclaje	117
4.13.4. Diseño de Diafragmas	120
4.13.1. Carga permanente	120
4.13.2. Solicitaciones por carga viva y permanente	120
4.13.2.1. Momento	120
4.13.2.1.1. Un carril cargado	120
4.13.2.1.2. Dos carriles cargados	121
4.13.2.2. Cortante	122
4.13.2.2.1. Un carril cargado	122
4.13.2.2.2. Dos carriles cargados	122
4.13.2.3. Diseño a flexión	123
4.13.2.4. Diseño por cortante	123
4.14. Diseño del Estribo	124
4.14.1. Datos generales	124
4.14.2. Análisis de cargas	124
4.14.3. Estabilidad del estribo	127
4.14.3.1. Verificación en estado límite de servicio	128
4.14.4. Diseño de las armaduras – Cuerpo del estribo	129
4.14.5. Diseño de las armaduras – Cimentación	131
4.15. Diseño del Alero	134
4.15.1. Análisis de cargas	134
4.15.2. Cálculo de la estabilidad del alero	135
4.15.3. Diseño de las armaduras – Cuerpo del alero	135
4.15.4. Diseño de las armaduras – Cimentación	136
4.16. Diseño de la Pila	138
4.16.1. Datos generales	138
4.16.2. Dimensiones de la Pila	138
4.16.3. Análisis de cargas	138
4.16.4. Diseño de los elementos estructurales	142
4.16.4.1. Diseño del cabezal	142
4.16.4.1.1. Cálculo armadura a flexión	142
4.16.4.1.2. Diseño por Cortante	142
4.16.4.2. Diseño de columnas	143

4.16.4.2.1. Análisis en dirección transversal	143
4.16.4.2.2. Análisis en dirección longitudinal	144
4.16.4.2.3. Diseño de la armadura a compresión	145
4.16.4.2.4. Armadura transversal - Estribos.....	147
4.16.4.3. Diseño de la zapata	148
4.16.4.3.1 Análisis en dirección longitudinal (respecto de la zapata)	148
4.16.4.3.2. Análisis en dirección transversal (respecto de la zapata)	150
4.17. Diseño del aparato de apoyo de neopreno	151
4.18. Diseño de los dados de apoyo.....	154

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.....	155
5.2. Recomendaciones.....	156

BIBLIOGRAFÍA.....	158
--------------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Imagen ubicación del puente	6
Figura N°2 Ubicación del proyecto dentro del contexto nacional	7
Figura N°3 Ubicación del proyecto dentro del Contexto Departamental	7
Figura N°4 Ubicación del proyecto dentro del Contexto Regional	8
FiguraN°5 Hidrograma unitario triangular.....	23
FiguraN°6 Flujo cercano a estribos de puentes	27
Figura N° 7 Abaco coeficiente K_{θ}	27
Figura N°8 Sección longitudinal de la corriente alrededor de una pila	28
Figura N° 9 Camión de diseño.....	38
Figura N° 10 Tándem de diseño	38
Figura N° 11 Carga de carril de diseño	38
Figura N° 12 Simbología para el empuje activo de coulomb	43
Figura N° 13 Curva esfuerzo – Deformación del hormigón bajo compresión de carga	47
Figura N° 14 Líneas de influencia viga simplemente apoyada Viga simplemente apoyada	53
Figura N° 15 Viga rígida sobre apoyos elásticos con las condiciones de simetría	54
Figura N° 16 Esfuerzos de flexión en el hormigón.....	60
Figura N° 17 Componentes de un estribo.....	72
Figura N° 18 Estribos tipo gravedad.....	73
Figura N° 19 Estribos tipo semigravedad en voladizo	73
Figura N° 20 Estribos con contrafuertes.....	74
Figura N° 21 Estribos de caballete sobre pilotes	74
Figura N° 22 Tipos de falla en estribos.....	75
Figura N° 23 Pila tipo muro.....	78
Figura N° 24 Pila tipo pórtico.....	79
Figura N° 25 Pila de una sola columna.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1 Población beneficiada	8
Cuadro N°2 Rendimiento y Volumen de Producción Agrícola de la población beneficiada	12
Cuadro N°3 Periodos de retorno recomendados.....	20
Cuadro N°4 Coeficientes de escorrentía.....	22
Cuadro N°5 Factor de escorrentía de Mac Math	23
Cuadro N°6 Número de curva para suelos de cultivos	25
Cuadro N°7 Coeficientes de rugosidad	26
Cuadro N°8 Coeficiente por la forma del estribo Kf	28
Cuadro N° 9 Factor de forma K1	29
Cuadro N° 10 Coeficiente de rugosidad general del cauce K3	30
Cuadro N°11 Combinaciones de carga y factores de carga	34
Cuadro N° 12 Factores de carga para cargas permanentes p_p	34
Cuadro N° 13 Factor de modificación de las cargas	36
Cuadro N° 14 Factor de presencia múltiple (m)	39
Cuadro N° 15 Incremento por carga dinámica	39
Cuadro N° 16 Presiones básicas del viento P_B	41
Cuadro N° 17 Componentes del viento sobre la sobrecarga viva	42
Cuadro N° 18 Ángulo de fricción entre diferentes materiales	43
Cuadro N° 19 Altura de suelo equivalente para carga vehicular	44
Cuadro N° 20 Coeficiente de arrastre	45
Cuadro N° 21 Propiedades de Torones de siete hilos	46
Cuadro N°22 Superestructuras habituales cubiertas por los Artículos 4.6.2.2.2 y 4.6.2.2.3 de AASHTO LRFD 2004.....	50
Cuadro N°23 Distribución de las sobrecargas por carril para momento en vigas interiores	50
Cuadro N°24 Distribución de sobrecargas por carril para momento en vigas exteriores.....	51
Cuadro N°25 Distribución de la sobrecarga por carril para corte en vigas interiores	51
Cuadro N°26 Distribución de la sobrecarga por carril para corte en vigas exteriores.....	52
Cuadro N°27 Anchos de faja equivalente.....	54
Cuadro N°28 Límites para la tensión temporaria en el hormigón antes de las pérdidas	61
Cuadro N°29 Límites para la tensión en el hormigón después de las pérdidas	62
Cuadro N° 30 Coeficientes de fricción para tendones de postesado	69

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO I. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.
- ANEXO II. ESTUDIO GEOTÉCNICO.
- ANEXO III. DATOS TOPOGRÁFICOS.
- ANEXO IV. FICHA AMBIENTAL.
- ANEXO V. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ESTRIBOS
- ANEXO VI. CÓMPUTOS MÉTRICOS
- ANEXO VII. PRECIOS UNITARIOS.
- ANEXO VIII. PRESUPUESTO GENERAL.
- ANEXO IX. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.
- ANEXO X. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
- ANEXO XI. SISTEMA DE PRETENSADO.
- ANEXO XII. FOTOS DEL LUGAR.