

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES



“DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR CORANA SUD”
COMUNIDAD CORANA SUD-PROVINCIA MÉNDEZ

Por:

JORGE ALBERTO CRUZ PORTAL

SEMESTRE II-2021

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES

“DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR CORANA SUD”
COMUNIDAD CORANA SUD-PROVINCIA MÉNDEZ

Por:

JORGE ALBERTO CRUZ PORTAL

Asignatura:

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II (CIV-502)-M. ESTRUCTURAS

SEMESTRE II-2021

TARIJA-BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. José Aurelio Navia Ojeda
DECANO a.i.
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Deysi Beatriz Arancibia Márquez
VICEDECANA a.i.
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Michael Willy Echalar Flores

.....
Ing. Dimar Fernández Sulca

.....
Ing. Lowrence Daniel Farfán Gómez

El docente y tribunal evaluador de este proyecto de ingeniería civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos de única y entera responsabilidad del autor.

Dedicatoria:

El esfuerzo y dedicación puestos durante mis años de estudio y la realización de este proyecto se lo quiero dedicar a toda mi familia. Y en especial a la que fue pilar fundamental en mi vida, que más que una abuela fue una madre, Diosmira Alfaro, y aunque no pudo ver este logro en vida sé que estará orgullosa desde donde se encuentre.

Agradecimientos:

El agradecimiento primeramente es para dios por guiarme y protegerme en este arduo camino. A mis padres que, con paciencia y amor me inculcaron buenos valores, fundamentales para cumplir esta importante meta. A mis hermanos, abuelos, tíos, primos por sus consejos y constantes palabras de aliento. Y a todas las personas que me acompañaron a lo largo de este viaje.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.

ANTECEDENTES

1.1. El Problema	1
1.1.1. Planteamiento	1
1.1.2. Formulación.....	1
1.1.3. Sistematización.....	2
1.1.4. Delimitación	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. General.....	2
1.2.2. Específico	3
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Académica	3
1.3.2. Técnica.....	3
1.3.3. Social	4
1.4. Marcos de Referencia	4
1.4.1. Teórico.....	4
1.4.2. Conceptual	4
1.4.3. Espacial.....	5
1.4.4. Temporal.....	5
1.5. Alcance	5
1.6. Resultados A Lograr.....	5
1.7. Aporte Académico.....	5

CAPÍTULO 2.
MARCO TEÓRICO

2.1. Puentes.....	6
2.1.1. Definición.....	6
2.1.2. Clasificación.....	6
2.1.2.1. Según su Longitud.....	6
2.1.2.2. Según su Utilidad.....	6
2.1.2.3. Según el Material.....	6
2.1.2.4. Según la Ubicación del Tablero.....	7
2.1.2.5. Según el Tipo de Sistema Estructural.....	7
2.1.3. Partes	10
2.1.3.1. Superestructura.....	10
2.1.3.2. Infraestructura.....	10
2.1.4. Ubicación.....	11
2.1.4.1. Oblicuidad	11
2.1.5. Elección del Tipo de Puente	12
2.2. Estudios Básicos	12
2.2.1. Estudios Topográficos	13
2.2.2. Estudios Geológicos y Geotécnicos	13
2.2.3. Estudios Hidrológicos e Hidráulicos	14
2.2.3.1. Caudal Máximo	14
2.3. Normas de Diseño	14
2.3.1. Norma AASHTO LRFD 2004.....	14
2.4. Filosofía de Diseño.....	14
2.4.1. Estados Límites.....	15

2.4.2. Factores.....	16
2.4.2.1. Mayoración de Cargas	16
2.5. Cargas	20
2.5.1. Cargas Permanentes.....	20
2.5.1.1. Cargas por Peso Propio.....	20
2.5.1.2. Cargas por Suelo.....	20
2.5.2. Cargas Transitorias	20
2.5.2.1. Fuerza de Frenado (BR)	20
2.5.2.2. Sobrecarga Peatonal (PL)	20
2.5.2.3. Sobrecarga Viva (LS)	20
2.5.2.4. Sobrecarga Vehicular (LL).....	21
2.5.2.5. Incremento por Carga Dinámica (IM).....	24
2.6. Puentes Viga Losa	25
2.6.1. Geometría Básica.....	25
2.6.1.1. Sección Transversal.....	25
2.6.1.2. Barandas	25
2.6.1.3. Barreras.....	25
2.6.1.4. Veredas	25
2.6.1.5. Cordón	26
2.6.1.6. Superficie de Nivelación	27
2.6.1.7. Ancho de Calzada.....	27
2.6.1.8. Drenaje.....	27
2.6.1.9. Diafragmas.....	27
2.6.2. Tablero.....	28

2.6.2.1. Definición	28
2.6.2.2. Peralte Mínimo	28
2.6.2.3. Anchos de Faja Equivalente	28
2.6.2.4. Momentos de Diseño	29
2.6.3. Vigas	32
2.6.3.1. Separación	32
2.6.3.2. Peralte	33
2.6.3.3. Factores de Distribución para Momentos	34
2.6.3.4. Factor de Distribución para Cortantes	36
2.7. Estribos	37
2.7.1. Definición	37
2.7.2. Clasificación y Partes	37
2.7.3. Combinaciones de Cargas	37
2.7.4. Estabilidad	38
2.7.4.1. Volcamiento.....	38
2.7.4.2. Deslizamiento	38
2.7.4.3. Hundimiento	38
2.7.5. Cálculo de Armaduras	40
2.8. Diseño de Elementos de Hormigón Armado	40
2.8.1. Diseño a Flexión.....	40
2.8.1.1. Norma	40
2.8.1.2. Criterio.....	40
2.8.1.3. Armadura Requerida.....	41
2.8.1.4. Momento Mínimo.....	42

2.8.1.5. Armadura Mínima	43
2.8.1.6. Armadura de Distribución	43
2.8.1.7. Armadura por Retracción y Temperatura	43
2.8.2. Diseño a Cortante	44
2.8.2.1. Resistencia a Cortante del Concreto (V_c).....	44
2.8.2.2. Casos de Diseño a Cortante	44
2.9. Diseño de Elementos de Hormigón Presforzado	45
2.9.1. Normas.....	45
2.9.2. Criterios de Diseño	45
2.9.3. Armadura Activa	45
2.9.3.1. Estado Inicial ($T=0$).....	45
2.9.3.2. Estado Final ($T=\infty$)	47
2.9.3.3. Pérdidas de Presfuerzo.....	49
2.9.4. Armadura Pasiva.....	51
2.9.4.1. Diseño a Cortante	51
2.9.4.2. Diseño a Flexión.....	53
2.9.4.3. Armadura de Protección del Ala	53
2.9.4.4. Armadura de Cara Lateral	53
2.9.4.5. Por Retracción y Temperatura.....	53

CAPÍTULO 3.

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. Introducción.....	54
3.2. Ubicación del Puente	54
3.3. Dimensiones Generales	55
3.3.1. Longitud.....	55

3.3.2. Luz	55
3.4. Estudios Previos	55
3.4.1. Estudios Topográficos	55
3.4.2. Estudios Geotécnicos.....	55
3.4.3. Estudios Hidrológicos e Hidráulicos	56
3.4.3.1. Propiedades Morfométricas de la Cuenca	56
3.4.3.2. Estación de Estudio	56
3.4.3.3. Número de Curva (CN)	57
3.4.3.4. Precipitación Efectiva (Pe)	58
3.4.3.5. Tiempo de Concentración (tc)	58
3.4.3.6. Caudal de Crecida.....	59
3.4.3.7. Tirante Máximo	59
3.4.3.8. Verificación de Tirante Máximo	60
3.4.3.9. Socavación.....	61
3.5. Diseño Estructural	61
3.5.1. Accesorios	62
3.5.1.1. Barandas	62
3.5.1.2. Barrera	66
3.5.2. Tablero.....	67
3.5.2.1. Predimensionamiento	67
3.5.2.2. Diseño Para Momento Positivo	67
3.5.2.3. Diseño para Momento Negativo.....	71
3.5.3. Diafragmas.....	74
3.5.3.1. Predimensionamiento	74

3.5.3.2. Cargas	74
3.5.3.3. Solicitaciones.....	76
3.5.3.4. Refuerzos.....	77
3.5.4. Vigas.....	78
3.5.4.1. Predimensionamiento	78
3.5.4.2. Factores de Distribución.....	79
3.5.4.3. Ubicación del Camión de Diseño	80
3.5.4.4. Cargas	80
3.5.4.5. Solicitaciones.....	82
3.5.4.6. Fuerza de Tesado.....	84
3.5.4.7. Pérdidas	86
3.5.4.8. Armadura Pasiva.....	86
3.5.5. Apoyos.....	87
3.5.5.1. Zona de anclaje.....	87
3.5.5.2. Apoyos de Neopreno	87
3.5.6. Estribos	88
3.5.6.1. Predimensionamiento	88
3.5.6.2. Cargas	89
3.5.6.3. Estabilidad	89
3.5.6.4. Reacción del Suelo	90
3.5.6.5. Cálculo de Armadura.....	90
3.5.7. Aleros.....	93
3.6. Cómputos Métricos.....	94
3.7. Presupuesto y Plazos de Ejecución.....	94

CAPÍTULO 4.
APORTE ACADÉMICO
CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

4.1. Introducción.....	95
4.2. Objetivo	96
4.2.1. General.....	96
4.2.2. Específicos.....	96
4.3. Lineamientos Teóricos	96
4.3.1. Definición	96
4.3.1.1. Matriz Rocosa.....	96
4.3.1.2. Discontinuidad.....	96
4.3.1.3. Macizo Rocoso	96
4.3.2. Clasificación RMR	96
4.3.2.1. Resistencia.....	97
4.3.2.2. Grado de Fracturación en Términos de RQD	99
4.3.2.3. Espaciado de Discontinuidades	102
4.3.2.4. Condiciones de las Discontinuidades	103
4.3.2.5. Condiciones Hidrometereológicas.....	110
4.3.2.6. Orientación de Discontinuidades.....	111
4.4. Resultados.....	112
4.4.1. Macizo Rocoso 1	112
4.4.2. Macizo rocoso 2.....	112
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	

ANEXOS

ANEXO A RESPALDOS	
Anexo A.1 Carta de Solicitud.....	
Anexo A.2 Respaldo Institucional.....	
Anexo A.3 Imágenes de la Zona	
Anexo A.4 Ubicación Del Proyecto	
ANEXO B ESTUDIOS PREVIOS	
Anexo B.1 Estudios Topográficos.....	
Anexo B.2 Estudios Geotécnicos	
Anexo B.3 Estudios Hidrológicos e Hidráulicos.....	
ANEXO C DISEÑO ESTRUCTURAL	
Anexo C.1 Diseño de Accesorios.....	
Anexo C.2 Diseño de Tablero y Diafragmas.....	
Anexo C.3 Diseño de Vigas y Elementos De Apoyo.....	
Anexo C.4 Diseño de Estribo de H=6.50m	
Anexo C.5 Diseño de Alero de H=6.50m.....	
Anexo C.6 Diseño de Estribo de H=4.00m	
Anexo C.7 Diseño de Alero de H=4.00m.....	
ANEXO D APORTE ACADÉMICO	
ANEXO E ÍTEMS, CÓMPUTOS MÉTRICOS Y PRECIOS UNITARIOS	
ANEXO F PRESUPUESTO Y RENDIMIENTOS	
ANEXO G TIEMPO DE EJECUCIÓN	
ANEXO H ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	
ANEXO I PLANILLA DE FIERROS	
ANEXO J PLANOS CONSTRUCTIVOS.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Esquema General de un Puente Viga Losa</i>	8
Figura 2 <i>Ejemplo de un Puente Aporticado</i>	9
Figura 3 <i>Ejemplo de un Puente en Arco</i>	9
Figura 4 <i>Ejemplo de un Puente Reticulado</i>	9
Figura 5 <i>Ejemplo de Puente Colgante</i>	10
Figura 6 <i>Ejemplo de un Puente Atirantado</i>	10
Figura 7 <i>Partes de la Superestructura de un Puente</i>	11
Figura 8 <i>Alineación de la Vía respecto al Río</i>	12
Figura 9 <i>Características del Camión de Diseño</i>	22
Figura 10 <i>Características de Tándem de Diseño</i>	22
Figura 11 <i>Carga por Carril de Diseño</i>	22
Figura 12 <i>Sobrecarga Vehicular por Camión de Diseño y Carril de Diseño</i>	23
Figura 13 <i>Sobrecarga Vehicular por Tándem de diseño y Carril de Diseño</i>	23
Figura 14 <i>Ejemplo de Sección Transversal de un Puente</i>	26
Figura 15 <i>Barrera Tipo New Jersey</i>	26
Figura 16 <i>Tipica Acera Sobreelevada de un Puente</i>	27
Figura 17 <i>Bombeo en el Tablero</i>	28
Figura 18 <i>Reducción de Momento Negativo en Volados</i>	32
Figura 19 <i>Estimación de Separación Entre Vigas</i>	33
Figura 20 <i>Dimensiones de Vigas Tipo AASHTO</i>	34
Figura 21 <i>Modelo Ideal Para Aplicar la Ley de Momentos a Puentes de Tres Vigas o Menos</i>	35
Figura 22 <i>Descripción Gráfica de los Tipos de Estribos y sus Respectives Partes</i>	38
Figura 23 <i>Descripción Gráfica de Verificación de Estabilidad por Volcamiento</i>	39

Figura 24 <i>Descripción Gráfica de Verificación de Estabilidad por Deslizamiento</i>	39
Figura 25 <i>Descripción Gráfica de Verificación de Estabilidad por Hundimiento</i>	39
Figura 26 <i>Detalle de las Zonas de Fisuración en un Estribo</i>	40
Figura 27 <i>Diagrama Tridimensional de Esfuerzos de un Elemento de Hormigón Armado</i> .	41
Figura 28 <i>Diagrama de Deformación en Elementos de Hormigón Armado</i>	42
Figura 29 <i>Descripción Gráfica del Trabajo de la Armadura Activa</i>	45
Figura 30 <i>Diagrama de Esfuerzos por Presfuerzo en Tiempo Inicial $T=0$</i>	46
Figura 31 <i>Diagrama de Esfuerzos por Postensado en Tiempo Infinito</i>	47
Figura 32 <i>Vista Satelital del lugar de Ubicación del Puente</i>	54
Figura 33 <i>Ubicación de la Estación en Estudio.</i>	57
Figura 34 <i>Simulación de Crecida en la Zona de Fundación del Puente Corana Sud</i>	60
Figura 35 <i>Fotografía del Lecho Rocoso en la Zona de Emplazamiento del Puente Corana Sud</i>	61
Figura 36 <i>Dimensiones de la Baranda Peatonal</i>	63
Figura 37 <i>Dimensiones de una Barrera New Jersey</i>	66
Figura 38 <i>Dimensiones de Tablero y Separación Entre Vigas</i>	67
Figura 39 <i>Ubicación del Camión de Diseño para Momento Positivo</i>	69
Figura 40 <i>Momento Positivo Por Camión de Diseño</i>	69
Figura 41 <i>Líneas de Influencia Para Momento en la Viga Interna</i>	72
Figura 42 <i>Ubicación del Camión de Diseño Para Momento Negativo En Tablero Interno</i> .	72
Figura 43 <i>Momento Negativo en Viga Interna</i>	73
Figura 44 <i>Carga de Camión de Diseño para Momento Positivo sobre Diafragma</i>	75
Figura 45 <i>Carga para Momento Positivo en el Diafragma</i>	75
Figura 46 <i>Secciones AASHTO Normalizadas</i>	79
Figura 47 <i>Ubicación del Camión de Diseño</i>	80

Figura 48 <i>Momento por Camión de Diseño en Viga Interna</i>	81
Figura 49 <i>Carga por Camión de Diseño para Cortante en Viga Interna</i>	81
Figura 50 <i>Dimensiones del Estribo de 6.50 metros de Alto</i>	88
Figura 51 <i>Cargas de Diseño para Estribo de H=6.50m</i>	89
Figura 52 <i>Reacción del Suelo Para Diseño de Punta en el Estribo de H=6.50m</i>	90
Figura 53 <i>Cargas para Diseño de Pantalla en Estribo de H=6.50m</i>	91
Figura 54 <i>Solicitaciones Para Diseño de Punta en Estribo de H=6.50m</i>	92
Figura 55 <i>Cargas Para Diseño de Talón en Estribo de H=6.50m</i>	94
Figura 56 <i>Ejemplo de Familias en Bloques</i>	99
Figura 57 <i>Ejemplo de Estratificación de una Roca</i>	100
Figura 58 <i>Ejemplo de Espaciado entre Discontinuidades</i>	103
Figura 59 <i>Ondulación y Rugosidad en la Superficie de una Discontinuidad</i>	106
Figura 60 <i>Perfiles de Rugosidad</i>	107
Figura 61 <i>Solicitud de Información de Proyectos en Fase de PreInversión a La Sub Gobernación De San Lorenzo</i>	
Figura 62 <i>Carta de Respuesta de La Sub Gobernación de San Lorenzo</i>	
Figura 63 <i>Fotografía del Río Corana Sud Durante una Crecida</i>	
Figura 64 <i>Fotografía del Río Corana Sud Durante una Crecida</i>	
Figura 65 <i>Cuadro Referencial De La Ubicación Del Proyecto</i>	
Figura 66 <i>Imagen Referencial De Curvas De Nivel De La Zona De Emplazamiento Del Puente</i>	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Rango de Luces Según el Tipo de Estructura</i>	13
Tabla 2 <i>Combinaciones de Cargas y Factores de Cargas</i>	17
Tabla 3 <i>Factores de Carga para Cargas Permanentes</i>	18
Tabla 4 <i>Factor de Resistencia ϕ</i>	19
Tabla 5 <i>Altura de Suelo Equivalente Para Carga Vehicular Sobre Estribos Perpendiculares al Tráfico.</i>	21
Tabla 6 <i>Factor de Presencia Múltiple (m)</i>	24
Tabla 7 <i>Incremento por Carga Dinámica IM</i>	24
Tabla 8 <i>Profundidades Mínimas Utilizadas Tradicionalmente para Superestructuras de Profundidad Constante.</i>	30
Tabla 9 <i>Fajas Equivalentes Para Armadura Principal Perpendicular al Tráfico</i>	31
Tabla 10 <i>Propiedades de Vigas Tipo AASHTO, y Longitudes Recomendadas de Uso</i>	33
Tabla 11 <i>Distribución de las Sobrecargas Por Carril Para Momento en Vigas Interiores</i> 35	
Tabla 12 <i>Distribución de Sobrecargas por Carril para Momento en Vigas Longitudinales Exteriores.</i>	36
Tabla 13 <i>Distribución de la Sobrecarga por Carril en Vigas Interiores</i>	36
Tabla 14 <i>Distribución de la Sobrecarga por Carril para Corte en Vigas Exteriores</i>	37
Tabla 15 <i>Esfuerzo Permisible a Tracción para el Hormigón en Tiempo Inicial $T=0$</i>	46
Tabla 16 <i>Límites para la Tensión de Compresión en Fibras Inferiores para $T=\infty$.</i>	48
Tabla 17 <i>Límites para la Tensión de Tracción en Fibras Superiores para $T=\infty$</i>	48
Tabla 18 <i>Datos Técnicos de la Estación en Estudio</i>	56
Tabla 19 <i>Número de Curva Ponderado Para la Cuenca Corana Sud</i>	57
Tabla 20 <i>Precipitación Efectiva para Distintos Periodos de Retorno</i>	58

Tabla 21 <i>Tiempos de Concentración Por Diferentes Métodos y Tiempo de Concentración Promedio</i>	58
Tabla 22 <i>Caudal de Crecida de la Cuenca Corana Sud para Distintos Periodos de Retorno</i>	59
Tabla 23 <i>Tirante Máximo Para la Cuenca Corana Sud En Base a Simulación De Crecidas</i>	59
Tabla 24 <i>Verificación de Tirante Máximo Mediante HCanales</i>	60
Tabla 25 <i>Momento de Diseño en Pasamanos</i>	63
Tabla 26 <i>Cortante de Diseño en Pasamanos</i>	64
Tabla 27 <i>Momento de Diseño Para Postes</i>	65
Tabla 28 <i>Cortante de Diseño Para Postes</i>	65
Tabla 29 <i>Momento Positivo de Diseño para el Tablero</i>	70
Tabla 30 <i>Momento Negativo Para Tablero Interno</i>	73
Tabla 31 <i>Momento Negativo Para Tablero Interno</i>	76
Tabla 32 <i>Momento Positivo de Diseño en Diafragmas</i>	76
Tabla 33 <i>Momento Negativo Para Tablero Interno Usado Para el Cálculo del Diafragma</i>	77
Tabla 34 <i>Cortante de Diseño para Diafragma</i>	77
Tabla 35 <i>Momento para Viga Interna en Tiempo Inicial</i>	82
Tabla 36 <i>Momento para Viga Interna en Tiempo Infinito</i>	83
Tabla 37 <i>Cortante de Diseño Para Viga Interna</i>	83
Tabla 38 <i>Puntuación de Resistencia para Clasificación RMR</i>	97
Tabla 39 <i>Estimación Aproximada de Resistencia a Compresión Simple de Suelos y Rocas a Partir de Índices de Campo</i>	98
Tabla 40 <i>Puntuación en Base al Parámetro RQD</i>	99

Tabla 41 <i>Clasificación de Rocas por RQD</i>	100
Tabla 42 <i>Puntuación en Base a Separación Entre Diaclasas para Clasificación RMR</i>	102
Tabla 43 <i>Calificación en Base a la Longitud de Discontinuidad para Clasificación RMR</i>	103
Tabla 44 <i>Descripción de Discontinuidad Según Longitud de la Misma</i>	104
Tabla 45 <i>Descripción Según la Abertura</i>	105
Tabla 46 <i>Clasificación en Base a la Abertura para Clasificación RMR</i>	105
Tabla 47 <i>Puntuación en Base a la Rugosidad para Clasificación RMR</i>	106
Tabla 48 <i>Puntuación en Base a Relleno para Clasificación RMR</i>	108
Tabla 49 <i>Evaluación del Grado de Meteorización del Macizo Rocoso</i>	109
Tabla 50 <i>Puntuación en Base a la Alteración para Clasificación RMR</i>	109
Tabla 51 <i>Descripción de las Filtraciones y Discontinuidades</i>	110
Tabla 52 <i>Puntuación por Presencia de Agua para Clasificación RMR</i>	111
Tabla 53 <i>Corrección por Orientación de Discontinuidades</i>	111
Tabla 54 <i>Clasificación de Macizo Rocoso 1</i>	112
Tabla 55 <i>Clasificación de Macizo Rocoso 2</i>	112
Tabla 56 <i>Datos Para la Clasificación Geotécnica del Macizo Rocoso 1</i>	113
Tabla 57 <i>Datos Para la Clasificación Geotécnica del Macizo Rocoso 2</i>	114