

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



**“DISEÑO PUENTE DE HORMIGÓN POSTENSADO EN LA
COMUNIDAD DEL MOLINO DE LA PROVINCIA NOR CINTI
DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA”**

Por:

BETTO ALONSO DAZA VARGAS

Proyecto de Ingeniería Civil presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

SEMESTRE II-2024

TARIJA-BOLIVIA

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

**“DISEÑO PUENTE DE HORMIGÓN POSTENSADO EN LA
COMUNIDAD DEL MOLINO DE LA PROVINCIA NOR CINTI
DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA”**

Por:

BETTO ALONSO DAZA VARGAS

SEMESTRE II-2024

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria

A mis padres Arturo Daza Duran y Margarita Vargas Rodríguez, a mis tíos, pues este es el fruto de los años que me han apoyado, Dios los guarde y bendiga.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Problema	2
1.2.2 Formulación de la hipótesis	2
1.3 FORMULACIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	3
1.3.1 General	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5.1 Justificación social	4
1.5.2 Justificación técnica	6
1.5.3 Justificación económica.....	6
1.5.4 Justificación ambiental	7
1.6. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	8
1.6.1 Puente de viga hormigón postensado	8
1.6.2 Puente de viga de hormigón armado	8
1.6.3 Alternativa elegida	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	10
2.2 ESTUDIO DE ROCAS	11
2.2.1 Diaclasas	11
2.2.2 Orientación	12
2.2.3 Espaciado	12
2.2.4 Rugosidad	13
2.2.5 Apertura.....	13
2.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	16
2.3.1 Características de la cuenca	16
2.3.2 Propiedades físicas de la cuenca	17
2.3.3 Propiedades geomorfológicas de la cuenca	17
2.3.4 Periodo de retorno “t”.....	17
2.3.5 Caudal máximo de diseño.....	18
2.3.6 Parámetros de hidrograma unitario	19
2.4 GEOMETRÍA DEL PUENTE	20
2.4.1 Superestructura	21
2.4.2 Infraestructura.....	22
2.4.3 Estructuras complementarias	23

2.5 DISEÑO ESTRUCTURAL	23
2.5.1 Filosofía de diseño	23
2.5.2 Estados límite (art. 1.3.2 y art 3.4.1)	24
2.5.3 Estado límite de servicio	25
2.5.4 Estado límite de resistencia	25
2.5.5 Factores de carga y combinaciones de cargas (art. 3.4.1)	26
2.5.6 Factores de carga para fuerzas de tesado y postesado (art. 3.4.3)	27
2.5.7 Superestructura	28
2.5.8 Propiedades de los materiales	33
2.5.9 Armaduras de diseño	44
2.5.10 Diseño de zona de anclaje.....	51
2.5.11 Infraestructura.....	55
2.6 ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	58
2.6.1 Especificaciones técnicas	58
2.6.2 Precios unitarios	58
2.6.3 Cómputos métricos.....	60
2.6.4 Presupuesto	61

CAPÍTULO III

INGENIERIA DE PROYECTO

3.1 ANÁLISIS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	63
3.2 ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE ROCA	64
3.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO	65
3.4 GEOMETRÍA DEL PUENTE	66
3.4.1 Superestructura	66
3.4.2 Infra estructura	67
3.5 DISEÑO ESTRUCTURAL	68
3.5.1 Filosofía de diseño	68
3.5.2 Diseño de la superestructura	69
3.5.3 Diafragmas.....	95
3.5.4 Diseño de aparatos de apoyo	98
3.5.5 Diseño de estribos	100
3.6 PRECIO UNITARIO	104
3.7 CÓMPUTOS MÉTRICOS	104
3.8 PRESUPUESTO	104

CAPÍTULO IV

APORTE ACADÉMICO

4.1 ESTRIBO DE GRAVEDAD.....	105
4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE ESTRIBO DE VOLADIZO.....	114
4.3 DISEÑO DE ESTRIBO CERRADO CONTRAFUERTE DE H ^o A ^o	127
4.4 ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS ESTRIBOS.....	136

4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL APORTE ACADÉMICO.....	137
4.5.1 Conclusiones	137
4.5.2 Recomendaciones.....	137
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES	138
5.2 RECOMENDACIONES	138
BIBLIOGRAFÍA	
Anexo 1. PUNTOS TOPOGRÁFICOS	
Anexo 2. ESTUDIO GEOLÓGICO	
Anexo 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO	
Anexo 4. MEMORIA DE DISEÑO ESTRUCTURAL	
Anexo 5. PRESUPUESTO GENERAL DE LA OBRA	
Anexo 6. CÓMPUTOS MÉTRICOS	
Anexo 7. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO	
Anexo 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Anexo 9. DOCUMENTO DE RESPALDO	
Anexo 10. FOTOGRAFÍA VARIOS	
Anexo 11. PLANOS TOPOGRÁFICO Y ESTRUCTURA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Coordenadas utm del punto de emplazamiento.....	4
Tabla 1. 2 Parámetros de diseño de las alternativas.....	9
Tabla 2. 1 Tamaño de bloque	14
Tabla 2. 2 Clasificación de espaciado de las juntas	15
Tabla 2. 3 Ajuste de valores por orientaciones de las juntas	15
Tabla 2. 4 Determinación de la clase del macizo rocoso.....	15
Tabla 2. 5 Significado de la clase de macizos rocosos.....	16
Tabla 2. 6 Periodo de retorno para puentes de carreteras.....	18
Tabla 2. 7 Coeficientes de rugosidad “n” de manning	20
Tabla 2. 8 Factor de modificación para η_i	24

Tabla 2. 9 Combinaciones de cargas y factores de carga	27
Tabla 2. 10 Factores de carga para cargas permanentes, γ_p	27
Tabla 2. 11 Factor de presencia múltiple (m)	30
Tabla 2. 12 Incremento por carga dinámica, i_m	31
Tabla 2. 13 Fajas equivalentes	32
Tabla 2. 14 Propiedades de los cables y barras de pretensado	34
Tabla 2. 15 Límites de tensión para los tendones de pretensado.	36
Tabla 2. 16 Límites para la tensión de tracción temporaria en el hormigón antes de las pérdidas (elementos totalmente pretensados)	37
Tabla 2. 17 Límites para la tensión de compresión en el hormigón pretensado después de las pérdidas (elementos totalmente pretensados)	38
Tabla 2. 18 Límites para la tensión de tracción en el hormigón pretensado en estado límite de servicio después de las pérdidas (elementos totalmente pretensados)	38
Tabla 2. 19 Recubrimiento mínimos (mm) f_c se expresa en n/mm^2	43
Tabla 2. 20 Diagrama de flujo para el diseño al corte.....	48
Tabla 2. 21 Valores de θ y β	51
Tabla 2. 22 Angulo de fricción entre diferentes materiales (u.s. department of the navy 1982a)	56
Tabla 2. 23 Altura de suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos perpendiculares al tráfico	57
Tabla 2. 24 Ejemplo de formato de planilla de cómputo métrico	61
Tabla 2. 25 Ejemplo de formato de planilla de presupuesto por ítems y general de la obra	62
Tabla 3. 1 Características de roca v	64
Tabla 3. 2 Rumbos y buzamiento	64
Tabla 3. 3 Excentricidades permisibles	90
Tabla 3. 4 Armadura de corte	93
Tabla 3. 5 Resumen de reacciones	98
Tabla 4. 1 Análisis económico de estribos	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Ubicación del puente el molino, imagen satelital capturada desde google earth.....	4
Figura 2. 1 Diaclasas	11
Figura 2. 2 Discontinuidad de rocas.....	11
Figura 2. 3 Orientación de las rocas	12
Figura 2. 4 Espaciamiento de rocas	12

Figura 2. 5 Rugosidad de las rocas	13
Figura 2. 6 Apertura de las rocas	13
Figura 2. 7 Hidrograma triangular	19
Figura 2. 8 Elementos principales de un puente	21
Figura 2. 9 Sección tipo de puentes y pasos superiores	21
Figura 2. 10 Camión de diseño	28
Figura 2. 11 Tándem de diseño.....	29
Figura 2. 12 Modelo ideal para aplicar la ley de momentos.....	33
Figura 2. 13 Curva tensión-deformación para tendones de 7 hilos.....	35
Figura 2. 14 Líneas de influencia viga simplemente apoyada	42
Figura 2. 15 Zona general y zona local	51
Figura 2. 16 Tipos de fuerzas de tracción y disposición de armadura	52
Figura 2. 17 Variables para determinar la fuerza de desgarramiento.....	53
Figura 2. 18 Determinación de las fuerzas de tracción en los bordes	54
Figura 2. 19 Simbología para el empuje activo de coulomb	56
Figura 3. 1 Puntos de referencia	63
Figura 3. 2 Características del río	65
Figura 3. 3 Curva de descarga del río de estudio	66
Figura 3. 4 Geometría de la superestructura.....	67
Figura 3. 5 Geometría del estribo	68
Figura 3. 6 Barandado	69
Figura 3. 7 Esquema de cargado	71
Figura 3. 8 Geometría de vereda.....	72
Figura 3. 9 Combinación vereda caso I izq. Y caso II der.	73
Figura 3. 10 Combinación bordillo caso I izq. Y caso II der.....	74
Figura 3. 11 Esquema de verificación a corte por fricción.....	75
Figura 3. 12 Esquema de cargado longitudinal del bordillo.....	76
Figura 3. 13 Esquema de cargado de vereda	77
Figura 3. 14 Esquema cargas vivas barandado y peatonal	78
Figura 3. 15 Esquema de cargado transversal con camión de diseño	79
Figura 3. 16 Esquema de cargas muertas	80
Figura 3. 17 Esquema de ley de momentos	81

Figura 3. 18 Esquema de cargado de carril para momento y reacciones máxima	81
Figura 3. 19 Esquema cargado de carril y envolvente para cortante.....	82
Figura 3. 20 Esquema cargado con camión de diseño y envolvente para cortantes y momentos.....	82
Figura 3. 21 Variable viga $t=0$	84
Figura 3. 22 Variable viga $t=\infty$	85
Figura 3. 23 Variables viga	92
Figura 3. 24 Reacción r por eje de ruedas sobre el diafragma i	95
Figura 3. 25 Líneas de influencia para m_{\max} por courbon	96
Figura 3. 26 Modelo de bielas y tirantes	96
Figura 3. 27 Dimensiones del aparato de apoyo	99
Figura 3. 28 Estado i estribo constructivo y sometido al empuje de tierra.....	100
Figura 3. 29 Caso ii estribo con puente sometido al empuje de tierra y cargas vivas.....	101
Figura 4. 1 Dimensiones de estribo y descripción de áreas.....	105
Figura 4. 2 Esquema de cargado estadio i	106
Figura 4. 3 Esquema de cargado de losa de transición.....	112
Figura 4. 4 Dimensiones de estribo y descripción de áreas.....	115
figura 4. 5 Caso I estribo con puente	116
Figura 4. 6 Caso II estribo sin puente	119
Figura 4. 7 Diseño de pantalla	120
Figura 4. 8 Acero parte superior de la zapata.....	122
Figura 4. 9 Armadura inferior de zapata de fundación	125
Figura 4. 10 Dimensiones de estribo y descripción de áreas.....	127
Figura 4. 11 Aplicación de la teoría de coulomb	129
Figura 4. 12 Estado I estribo constructivo y sometido al empuje de tierra	130
Figura 4. 13 Caso II estribo con puente sometido al empuje de tierra y cargas vivas	131