

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**TOMO I**

**“DISEÑO DE INGENIERIA DEL TRAMO CARLAZO CENTRO – CARLAZO ESTE”**

**Por:**

**BLADIMIR JHOVANY MARTINEZ MALLON**

**Semestre II - 2022**

**Tarija - Bolivia**

## **DEDICATORIA**

A mi amado e inolvidable papá, gracias por guiarme y protegerme, estes donde estes. Tu presencia cada día crece más en mi alma. ¡A ti te debo lo que soy!

A ti, insuperable, preciosa, bella y amorosa mamá, por darme tu cariño, paciencia, apoyo, consejos y por, sobre todo, valor para seguir adelante. ¡Que nunca me vayas a fallar!

## ÍNDICE GENERAL

### CAPITULO I GENERALIDADES

	<b>Página</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	1
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Alcance.....	5
1.6. Métodos y técnicas empleadas.....	6
1.6.1. Métodos.....	6
1.6.2. Técnicas .....	7

### CAPITULO II ESTUDIOS PREVIOS

	<b>Página</b>
2.1. Ubicación del proyecto .....	9
2.2. Características generales.....	11
2.3. Estudio topográfico.....	12
2.3.1. Puntos BM.....	12
2.3.2. Curvas de nivel.....	13
2.4. Estudio de tráfico .....	13
2.4.1. Clasificación de carreteras por aspectos técnicos .....	14
2.4.2. Información de tráfico obtenida en campo .....	14
2.4.3. Trafico promedio diario futuro .....	16
2.5. Estudio hidrológico .....	17

2.5.1. Característica de la cuenca.....	17
2.5.2. Estaciones meteorológicas .....	18
2.5.3. Análisis de frecuencia .....	21
2.5.4. Periodo de retorno para diseño.....	23
2.5.5. Curvas IDF .....	23
2.6. Estudio geotécnico .....	25
2.6.1. Clasificación de suelos.....	25
2.6.1.1. Granulometría .....	28
2.6.1.2. Límites de Atterberg .....	29
2.6.2. Relación entre humedad y densidad.....	30
2.6.3. Ensayos de resistencia para suelos de subrasante .....	30
2.6.3.1. Valor Soporte California.....	31
2.6.4. Descripción del terreno en base al reconocimiento visual .....	31
2.6.5. Resultados de los ensayos de laboratorio.....	33
2.6.6. Comportamiento del suelo como suelo de fundación del camino .....	36

### **CAPITULO III**

#### **DISEÑO DE INGENIERIA**

	<b>Página</b>
3.1. Diseño geométrico .....	37
3.1.1. Controles básicos de diseño .....	37
3.1.2. Sistema de clasificación según ABC. ....	39
3.1.3. Clasificación funcional para diseño .....	41
3.1.4. Características según categoría .....	41
3.1.5. Parámetros de diseño geométrico .....	43
3.1.5.1. Predicción de la V85% en tramos rectos .....	43
3.1.5.2. Distancia de visibilidad y maniobras asociadas.....	44
3.1.5.3. Distancia de adelantamiento .....	46
3.1.6. Parámetros de diseño planimétrico .....	48
3.1.6.1. Longitud máxima en rectas .....	48

3.1.6.2. Longitud mínima en recta .....	49
3.1.6.3. Tramo recto entre curvas del mismo sentido .....	49
3.1.6.4. Elementos de la curva circular .....	50
3.1.6.5. Radios mínimos absolutos .....	52
3.1.6.6. Coeficiente de fricción transversal máximo admisible .....	53
3.1.6.7. Peralte máximo .....	53
3.1.6.8. Condicionantes para el desarrollo del peralte .....	55
3.1.6.9. Sobreancho en curvas circulares .....	57
3.1.6.10. Curvas de retorno .....	59
3.1.7. Parámetros de diseño alométrico .....	62
3.1.7.1. Ubicación de la rasante respecto del perfil transversal .....	63
3.1.7.2. Pendientes máximas .....	63
3.1.7.3. Pendientes máximas según la altura sobre el nivel del mar .....	64
3.1.7.4. Pendientes mínimas .....	64
3.1.7.5. Curvas verticales .....	65
3.1.7.6. Criterios de diseño para curvas verticales .....	67
3.1.7.7. Parámetros mínimos por visibilidad de frenado .....	70
3.1.7.8. Parámetros mínimos por visibilidad de adelantamiento .....	71
3.1.8. Mejoramientos indispensables en planta y elevación .....	71
3.1.9. Mejoramientos deseables en planta y elevación .....	72
3.1.10. Consideraciones complementarias .....	73
3.1.11. Sección transversal .....	73
3.1.11.1. La plataforma .....	74
3.1.11.2. La calzada .....	74
3.1.11.3. Pendiente transversal o bombeo .....	76
3.1.11.4. Bermas .....	76
3.1.11.5. Pendiente transversal de bermas .....	78
3.1.11.6. Sobreanchos de plataforma .....	78
3.1.11.7. Pendiente transversal de sobreanchos .....	79
3.1.12. Taludes .....	80
3.1.12.1. Taludes de terraplén desde el punto de vista de su estabilidad .....	80

3.1.12.2. Taludes de terraplén desde el punto de vista de seguridad vial .....	80
3.1.12.3. Taludes según manual de protección de taludes .....	82
3.1.12.4. Estabilidad de taludes.....	84
3.1.12.5. Sección cunetas .....	85
3.1.13. Movimiento de tierras .....	85
3.1.13.1. Diagrama curva masa.....	87
3.1.13.2. Interpretación del diagrama de la curva masa.....	87
3.2. Diseño estructural de pavimentos .....	89
3.2.1. Alternativas de pavimentos.....	89
3.2.2. Parámetros de entrada comunes para el diseño.....	90
3.2.3. Pavimento flexible método AASHTO .....	91
3.2.4. Periodos de análisis y de diseño.....	92
3.2.5. Variables en función del tránsito .....	92
3.2.6. Confiabilidad.....	92
3.2.7. Desviación estándar global $S_0$ .....	93
3.2.8. Subrasantes expansivas .....	93
3.2.9. Criterios para determinar la serviciabilidad .....	94
3.2.10. Módulo de resiliencia efectivo del material de subrasante ( $M_R$ ) .....	94
3.2.11. Determinación de espesores por capas.....	95
3.2.12. Coeficientes estructurales de las capas. ....	95
3.2.13. Capacidad del drenaje para remover la humedad .....	97
3.2.14. Dimensión de espesores de las capas estructurales.....	97
3.3. Diseño de drenaje.....	98
3.3.1. Velocidad del agua sobre la plataforma.....	98
3.3.2. Cunetas.....	99
3.3.2.1. Caudal de diseño de cunetas .....	99
3.3.2.2. Dimensiones mínimas de cunetas de sección triangular .....	99
3.3.3. Zanjas de coronación.....	100
3.3.4. Zanjas de drenaje .....	101
3.3.5. Cunetas de banqueta.....	101
3.3.6. Bordillos.....	102

3.3.7. Alcantarillas .....	103
3.3.8. Diseño hidráulico de los elementos de drenaje .....	105
3.4. Precios unitarios y presupuesto .....	106

**CAPITULO IV**  
**PROPUESTA DE DISEÑO**

	<b>Página</b>
4.1. Propuestas de diseño geométrico .....	107
4.1.1. Parámetros de diseño .....	107
4.1.2. Diseño planimétrico .....	108
4.1.2.1. Elementos del alineamiento horizontal .....	108
4.1.3. Diseño altimétrico .....	111
4.1.4. Diseño de sección transversal .....	113
4.1.5. Movimiento de tierras .....	115
4.1.5.1. Diagrama curva masa.....	115
4.2. Propuesta de diseño estructural.....	117
4.2.1. Cálculo del número de ESALS .....	117
4.2.2. Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO-93.....	119
4.2.3. Determinación de espesores de las capas del paquete estructural .....	120
4.3. Diseño hidráulico .....	121
4.3.1. Diseño hidráulico de puentes .....	121
4.3.2. Diseño de drenaje longitudinal .....	123
4.3.3. Diseño de drenaje transversal .....	124
4.4. Precios unitarios y presupuesto .....	126
4.4.1. Cómputos métricos .....	126
4.4.2. Presupuesto general.....	127

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
5.1. Conclusiones .....	129
5.2. Recomendaciones.....	130

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

ANEXO 1: Estudio topográfico.

ANEXO 2: Estudio de tráfico.

ANEXO 3: Estudio hidrológico.

ANEXO 4: Estudio geotécnico.

ANEXO 5: Diseño geométrico.

ANEXO 6: Diseño estructural.

ANEXO 7: Diseño hidráulico.

ANEXO 8: Presupuesto.

ANEXO 9: Planos.



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla N° 1. Clasificación funcional según aspectos técnicos más relevantes.....	14
Tabla N° 2. Periodo de diseño.....	23
Tabla N° 3. Clasificación de suelos según AASHTO .....	26
Tabla N° 4. Clasificación de suelos según el sistema SUCS .....	27
Tabla N° 5. Características del suelo según índice de plasticidad .....	29
Tabla N° 6. Características típicas de caminos según la clasificación funcional .....	42
Tabla N° 7. Criterios de predicción de la v85 en función de vp y lr para vp entre 40 y 120 km/hr .....	43
Tabla N° 8. V85 al final de la recta según longitud y velocidad de proyecto .....	43
Tabla N° 9. Distancia mínima de frenado en horizontal "Df" .....	46
Tabla N° 10. Distancia mínima de adelantamiento .....	47
Tabla N° 11. LRmin entre curvas de diferente sentido .....	49
Tabla N° 12. LRmin entre curvas del mismo sentido .....	50
Tabla N° 13. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales .....	52
Tabla N° 14. Valores admisibles del coeficiente de fricción transversal "f" .....	53
Tabla N° 15. Valores máximos para peralte y fricción transversal.....	55
Tabla N° 16. Proporción del peralte a desarrollarse en recta .....	56
Tabla N° 17. Ensanche de calzada S(m) (permite cruce de 2 veh. del mismo tipo) ...	58
Tabla N° 18. Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60$ km/hr alternativa con calzada en recta 7 m (n =2) y $H_1 = 0.45$ m; $H_2 = 0.05$ $0.35 \leq S \leq 3$ m.....	59
Tabla N° 19. Pendiente máxima según categoría de carretera o camino .....	63
Tabla N° 20. Camino de alta montaña pendientes máximas % según alturas S.N.M. ....	64
Tabla N° 21. Parámetros mínimos en curvas verticales por criterio de visibilidad de frenado.....	70
Tabla N° 22. Parámetro mínimo de curvas verticales convexas para asegurar visibilidad de adelantamiento .....	71

Tabla N° 23. Anchos de carriles según categorías .....	75
Tabla N° 24. Bombeo de la calzada .....	76
Tabla N° 25. Ancho de bermas según categoría y $V_p$ .....	77
Tabla N° 26. Pendiente transversal del SAP .....	79
Tabla N° 27. Inclinaciones normales de taludes de corte.....	82
Tabla N° 28. Inclinaciones de taludes correspondientes a materiales de relleno .....	83
Tabla N° 29. Valores de diseño de talud interior .....	85
Tabla N° 30. Dimensiones mínimas de cunetas .....	85
Tabla N° 31. Periodos de análisis.....	92
Tabla N° 32. Periodos de diseño .....	92
Tabla N° 33. Niveles de confiabilidad .....	93
Tabla N° 34. Valores de $Z_R$ en la curva normal para diversos grados de confiabilidad.....	93
Tabla N° 35. Calidad de drenaje .....	97
Tabla N° 36. Valores recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases y sub bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	97
Tabla N° 37. Velocidades máximas admisibles de agua.....	98
Tabla N° 38. Velocidades máximas admisibles para alcantarillas .....	104

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro N° 1. Ubicación geográfica del tramo Carlazo Centro-Carlazo Este .....	10
Cuadro N° 2. Características observadas y medidas del tramo actual .....	11
Cuadro N° 3. Puntos de BM del tramo Carlazo Centro-Carlazo Este.....	12
Cuadro N° 4. Aforo, camino Carlazo Centro-Carlazo Este .....	15
Cuadro N° 5. Tráfico diario de diseño .....	16
Cuadro N° 6. Parámetros físicos de la cuenca.....	17
Cuadro N° 7. Ubicación de estaciones climatológicas.....	19
Cuadro N° 8. Precipitaciones máximas en 24 horas .....	20
Cuadro N° 9. Resumen del ajuste de las precipitaciones máximas en 24 hrs, mediante Kolmogórov-Smirnov.....	22
Cuadro N° 10. Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno y duración.....	24
Cuadro N° 11. Clasificación de las 10 muestras de suelos del tramo .....	34
Cuadro N° 12. Propiedades de los tres tipos de suelos del tramo de diseño .....	35
Cuadro N° 13. Resumen de parámetros de diseño .....	107
Cuadro N° 14. Elementos del alineamiento horizontal .....	109
Cuadro N° 15. Elementos del alineamiento vertical .....	111
Cuadro N° 16. Dimensiones de sección transversal.....	113
Cuadro N° 17. Cantidad de tierra a mover .....	115
Cuadro N° 18. Peso por eje, por tipo de vehículo .....	117
Cuadro N° 19. Factor camión, pavimento flexible.....	118
Cuadro N° 20. ESALS para pavimento flexible, para periodo de diseño, N= 10 años .....	119
Cuadro N° 21. Espesores de capas de tratamiento superficial simple.....	120
Cuadro N° 22. Caudales de diseño para puentes.....	121
Cuadro N° 23. Características definidas de los puentes .....	122
Cuadro N° 24. Caudales máximos para diseño de cunetas .....	123
Cuadro N° 25. Diseño de cunetas.....	124

Cuadro N° 26. Caudales de diseño y alcantarillas de paso .....	125
Cuadro N° 27. Caudales de diseño y alcantarillas de alivio.....	125
Cuadro N° 28. Presupuesto general.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura N° 1. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia “IDF” .....	24
Figura N° 2. Curva circular .....	51
Figura N° 3. Diagrama de peralte.....	55
Figura N° 4. Características generales de curva de retorno .....	60
Figura N° 5. Tipos de curvas verticales .....	66
Figura N° 6. Sección transversal y sus partes .....	74
Figura N° 7. Tipos de sección transversal.....	86
Figura N° 8. Curva masa .....	88
Figura N° 9. Esquema de espesores, método AASHTO .....	97
Figura N° 10. Sección típica de una cuneta triangular .....	100
Figura N° 11. Detalle típico de una zanja de coronación .....	100
Figura N° 12. Detalle típico de una zanja de drenaje .....	101
Figura N° 13. Detalle típico de una serie de cunetas de banquetta .....	102
Figura N° 14. Detalle típico de un bordillo de concreto armado. ....	102
Figura N° 15. Ubicación típica de alcantarillas respecto a la pendiente del cauce ...	104
Figura N° 16. Sección transversal .....	114
Figura N° 17. Espesores de capas de tratamiento superficial simple .....	121

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	<b>Página</b>
Imagen N° 1. Unión del tramo Carlazo Centro-Carlazo Este con la ruta 11 .....	10
Imagen N° 2. Croquis para llegar al tramo Carlazo Centro-Carlazo Este.....	11
Imagen N° 3. Ubicación de los BM sobre la imagen satelital.....	13
Imagen N° 4. Representación de las curvas de nivel .....	13
Imagen N° 5. Diferencias de tres tipos de suelos .....	32
Imagen N° 6. Reconocimiento visual de tipos de suelos .....	33
Imagen N° 7. Puntos de muestras llevadas a laboratorio .....	33
Imagen N° 8. Alineamiento horizontal.....	108
Imagen N° 9. Alineamiento vertical.....	111
Imagen N° 10. Diagrama curva masa, Carlazo Centro- Carlazo Este.....	116
Imagen N° 11. Cauces que interceptan el camino con necesidad de dos puentes....	122
Imagen N° 12. Representación esquemática de diseño hidráulico prog. 0+889.6 ...	126
Imagen N° 13. Ruta de acarreo de materiales granulares.....	127

## ÍNDICE DE MAPAS

	<b>Página</b>
Mapa N° 1. Localización del tramo Carlazo Centro-Carlazo Este.....	9
Mapa N° 2. Cuenca estudio.....	18
Mapa N° 3. Localización de las estaciones .....	19