

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 INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
TRAMO SAN JACINTO SUD-MULLICANCHA”

Autor:

ROCHA BALDIVIEZO EDDY WILLAM

Proyecto de Grado elaborado en la asignatura de CIV 502, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

Semestre I / 2019

Tarija - Bolivia

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 INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
TRAMO SAN JACINTO SUD-MULLICANCHA”

Autor:

ROCHA BALDIVIEZO EDDY WILLAM

Proyecto de Grado elaborado en la asignatura de CIV 502, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

Semestre I / 2019

Tarija – Bolivia

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



TOMO II

“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
TRAMO SAN JACINTO SUD-MULLICANCHA”

Autor:

ROCHA BALDIVIEZO EDDY WILLAM

Proyecto de Grado elaborado en la asignatura de CIV 502, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

Semestre I / 2019

Tarija - Bolivia

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

TOMO II

“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
TRAMO SAN JACINTO SUD-MULLICANCHA”

Autor:

ROCHA BALDIVIEZO EDDY WILLAM

Proyecto de Grado elaborado en la asignatura de CIV 502, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

Semestre I / 2019

Tarija – Bolivia

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



TOMO III
“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
TRAMO SAN JACINTO SUD-MULLICANCHA”

Autor:

ROCHA BALDIVIEZO EDDY WILLAM

Proyecto de Grado elaborado en la asignatura de CIV 502, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

Semestre I / 2019

Tarija - Bolivia

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

TOMO III

“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
TRAMO SAN JACINTO SUD-MULLICANCHA”

Autor:

ROCHA BALDIVIEZO EDDY WILLAM

Proyecto de Grado elaborado en la asignatura de CIV 502, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

Semestre I / 2019

Tarija – Bolivia

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez
Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
Ing. López Rueda Ada Gladys
DOCENTE CIV 502

.....
Ing. Jhonny Orgaz Fernández
TRIBUNAL

.....
Ing. Marcelo Segovia Cortez
TRIBUNAL

.....
Ing. Marcelo Sosa Castellanos
TRIBUNAL

El Tribunal calificador de la presente Tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

A Dios:

Dedico esta tesis a DIOS por darme la fuerza para seguir adelante ante cualquier adversidad.

A mi familia:

Mi padre Willam Rocha Reyes, mi madre Deysi Baldiviezo Fernández, mis hermanas Cinthia y Paola, mis sobrinas Valentina y Agustina, a mi novia Daniela Gallardo, a un amigo que jamás olvido Guido Cimar Añasgo Romero (QEPD). Por qué son mi motivación a ser una persona de bien y más que todo por su gran amor, espero estén orgullosos de mí, los amo con todas mis fuerzas.

AGRADECIMIENTO:

Gracias Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante para mi formación profesional.

A mis padres y mis hermanas quienes fueron los pilares más importantes, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi novia por su apoyo, por motivarme siempre a salir adelante y por enseñarme a que una persona debe capacitarse día tras día en la vida y en su profesión.

A mi docente tutor Ingeniera Ada López y a todos mis docentes que me brindaron de su tiempo y conocimiento, para yo poder conseguir mi título profesional de Ingeniero Civil, MUCHAS GRACIAS.

PENSAMIENTO:

“Sentarse y recordar con nostalgia los días sin dormir para estudiar horas extras, amigos que deje en el camino, el sacrificio de mis padres, el llanto después de haber fracasado varias veces y hoy saber que todo valió la pena ”

Eddy Willam Rocha Baldiviezo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DISEÑO DE INGENIERÍA	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3.1 Situación problemática	2
1.3.2 Problema	3
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO DISEÑO DE INGENIERÍA	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 UBICACIÓN DEL PROYECTO	4
1.6 PROCESO DE APLICACIÓN	7
1.6.1 Estudios preliminares.....	7
1.6.2 Diseño de ingeniería	10
1.7 ALCANCE DEL PROYECTO.....	12

CAPÍTULO II DISEÑO DE INGENIERÍA

	Pág.
2.1 ESTUDIOS PREVIOS.....	14
2.1.1 Estudio topográfico.....	14
2.1.1.1 Topografía para proyectos	15
2.1.1.2 Eje preliminar.....	19

2.1.2 Estudio geotécnico	20
2.1.2.1 Clasificación y descripción de los suelos obtenidos	30
2.1.3 Estudio hidrológico	32
2.1.3.1 Análisis estadístico de las precipitaciones	32
2.1.3.2 Lluvias máximas diarias	34
2.1.4 Estudio de tráfico	36
2.1.4.1 Proyección del tráfico	39
2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO.....	45
2.2.1 Análisis de alternativas	45
2.2.1.1 Descripción de posibles alternativas de trazo	45
2.2.1.2 Alternativa de trazo 1	45
2.2.1.3 Alternativa de trazo 2.....	47
2.2.1.4 Selección de la alternativa de trazo.....	50
2.2.2 Sistema de clasificación.....	51
2.2.2.1 Categoría de las vías	51
2.2.3 Velocidad de diseño.....	55
2.2.4 Diseño planimétrico.....	56
2.2.4.1 Distancia de frenado	56
2.2.4.2 Distancia de adelantamiento	57
2.2.4.3 Radio mínimo.....	58
2.2.4.4 Coeficiente de fricción transversal máximo admisible.....	59
2.2.4.5 Peralte máximo	60
2.2.4.6 Sobreancho en curvas circulares.....	63
2.2.4.7 Longitud máxima en rectas.....	65

2.2.4.8 Longitud mínima en recta	65
2.2.4.9 Curva en S.....	65
2.2.4.10 Curvas circulares.....	66
2.2.4.11 Elementos de la curva circular	66
2.2.4.12 Sección transversal.....	67
2.2.4.13 La plataforma	69
2.2.4.14 La calzada	69
2.2.4.15 Pendiente transversal o bombeo.....	71
2.2.4.16 Bermas	71
2.2.4.17 Ancho de bermas.....	72
2.2.4.18 Dimensión de sobreechornos	74
2.2.4.19 Resumen de parámetros de diseño horizontal.....	74
2.2.4.20 Cálculo para curvas horizontales	75
2.2.5 Diseño altimétrico.....	77
2.2.5.1 Alineamiento vertical.....	77
2.2.5.2 Pendientes máximas.....	79
2.2.5.3 Pendientes mínimas	79
2.2.5.4 Curvas verticales.....	80
2.2.5.4.1 Curvas verticales convexas	81
2.2.5.4.2 Curvas verticales cóncavas	82
2.2.5.5 Resumen de parámetros de diseño verticales.....	83
2.2.5.6 Cálculo de curvas verticales.....	83
2.2.6 Volúmenes de movimiento de tierra	86
2.2.6.1 Diagrama de curva masa.....	88

2.3 DISEÑO ESTRUCTURAL	90
2.3.1 Periodo de diseño	90
2.3.2 Ejes equivalentes.....	90
2.3.2.1 Carga por eje	91
2.3.3 Análisis de C.B.R. de diseño	94
2.3.3.1 Determinación del valor resistencia de diseño según el instituto del asfalto.....	94
2.3.3.2 C.B.R. de diseño según instituto de asfaltos	95
2.3.3.3 C.B.R. crítico	96
2.3.4 Modulo de resiliente Mr.....	96
2.3.5 Alternativas del paquete estructural.....	97
2.3.5.1 Diseño de espesores	97
2.3.5.1.1 Confiabilidad.....	97
2.3.5.1.2 Desviación estándar global S_o	98
2.3.5.1.3 Criterios para determinar la serviciabilidad	99
2.3.5.1.4 Coeficiente de drenaje.....	99
2.3.5.1.5 Cálculo de espesores de capa	100
2.4 DISEÑO HIDRÁULICO	104
2.4.1 Diseño de cunetas	104
2.4.1.1 Tiempo de concentración	105
2.4.1.2 Intensidad máxima para la cuneta.....	105
2.4.1.3 Parámetros para el diseño de cunetas.....	106
2.4.1.4 Dimensionamiento de la cuneta	107
2.4.2 Diseño de alcantarillas de alivio	110
2.4.2.1 Intensidad máxima para la alcantarilla de alivio.....	111

2.4.2.2	Parámetros para el diseño de alcantarilla de alivio	111
2.4.2.3	Dimensionamiento de la alcantarilla de alivio	112
2.4.2.4	Resumen del cálculo de las alcantarilla de alivio	114
2.4.3	Diseño de alcantarillas de cruce.....	114
2.4.3.1	Intensidad máxima para la alcantarilla de cruce	115
2.4.3.2	Caudal de diseño por el método racional.....	117
2.4.3.3	Dimensionamiento de la alcantarilla de cruce	118
2.5	SEÑALIZACIÓN	120
2.5.1	Señalización Horizontal	120
2.5.1.1	Demarcación horizontal	120
2.5.1.2	Marcas incrustadas en el pavimento ojos de gato	123
2.5.2	Señalización vertical	123
2.5.2.1	Estructuras de soporte de señales verticales	129
2.6	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	130
2.6.1	Cómputos métricos	130
2.6.2	Presupuesto general	133
2.6.2.1	Presupuesto general de ejecución	133
2.7	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	136
2.8	IMPACTO AMBIENTAL	136
2.8.1	Ficha ambiental (FA)	136
2.8.2	Categorización del proyecto	136
2.9	PLANOS DEL PROYECTO	137
2.9.1	Planos de ubicación y general.....	137
2.9.2	Planos de análisis de alternativas.....	137

2.9.3 Planos bimodales planta y perfil	137
2.9.4 Planos de secciones transversales	137
2.9.5 Planos de obras de drenaje	137

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
3.1 CONCLUSIONES	138
3.2 RECOMENDACIONES	141

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Periodo de retorno.....	35
Tabla 2: Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales	52
Tabla 3: Características típicas de caminos según la clasificación funcional.....	54
Tabla 4: Velocidades de proyecto.....	56
Tabla 5: Distancia mínima de frenado en horizontal D_f	57
Tabla 6: Distancia mínima de adelantamiento.....	58
Tabla 7: Radios mínimos absolutos en curvas horizontales	59
Tabla 8: Valores admisibles del coeficiente de fricción transversal	60
Tabla 9: Valores máximos para peralte y fricción transversal.....	61
Tabla 10: Ensanche de calzada permite el cruce de 2 vehículos del mismo tipo	63
Tabla 11: Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{Km/h}$	64
Tabla 12: Longitud de R_{min} entre curvas de diferente sentido	66
Tabla 13: Anchos de calzada según categorías.....	70
Tabla 14: Bombeo de la calzada	71
Tabla 15: Ancho de bermas según categoría y V_p	73
Tabla 16: Pendiente máxima según categoría de carretera o camino	79
Tabla 17: Parámetros mínimos en curvas verticales por criterios de visibilidad de frenado.....	82
Tabla 18: Periodo de diseño.....	90
Tabla 19: Pesos promedio por eje y tipo de vehículo	91
Tabla 20: Valor resistencia de diseño propuesto por el instituto del asfalto	94
Tabla 21: Niveles de confiabilidad	98

Tabla 22: Valores de Z_r en la curva normal para diversos grados de confiabilidad.....	98
Tabla 23: Selección de los coeficientes de drenaje.....	100
Tabla 24: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular (cm)	100
Tabla 25: Coeficiente de escurrimiento.....	106
Tabla 26: Dimensiones de las señales verticales	128
Tabla 27: Ubicación longitudinal de las señales verticales	129
Tabla 28: Sustentación y fundación de señales verticales	130

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Localización del proyecto ámbito nacional.....	5
Figura 2: Localización del proyecto ámbito departamental.....	6
Figura 3: Localización del proyecto ámbito provincial	6
Figura 4: Perfil de trazo alternativa 1	47
Figura 5: Perfil de trazo alternativa 2	49
Figura 6: Diagrama de peralte.....	62
Figura 7: Curva circular	66
Figura 8: Sección transversal y sus partes	68
Figura 9: Elementos de la curva vertical.....	78
Figura 10: Límites de pesos permitidos por ejes	90
Figura 11: Casos de caudal conocido que ingresa a la alcantarilla.....	111
Figura 12: Diseño de línea discontinua.....	121
Figura 13: Ejemplo de líneas continuas dobles.....	122
Figura 14: Marcas incrustadas en el pavimento (ojos de gato).....	123
Figura 15: Diagrama cromático CIE 1931, para señales verticales	125
Figura 16: Ejemplo de señales preventivas.....	126
Figura 17: Ejemplo de señales reglamentarias.....	127
Figura 18: Ejemplo de señales informativas	128
Figura 19: Soporte de señales verticales	129

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Puntos BM del proyecto.....	16
Cuadro 2: Puntos topográficos del proyecto	18
Cuadro 3: Eje preliminar.....	19
Cuadro 4: Contenido de humedad.....	24
Cuadro 5: Tamizado del suelo	25
Cuadro 6: Determinacion del limite liquido	26
Cuadro 7: Determinación de limite plástico	26
Cuadro 8: Compactación.....	27
Cuadro 9: Contenido de humedad y peso unitario.....	28
Cuadro 10: Expansión.....	29
Cuadro 11: C.B.R.....	29
Cuadro 12: Resumen de estudio geotécnico	31
Cuadro 13: Precipitaciones máximas.....	32
Cuadro 14: Estadística hidrológica	34
Cuadro 15: Altura de lluvia máxima diaria.....	36
Cuadro 16: Aforo de tráfico en ambas direcciones.....	38
Cuadro 17: Tráfico normal.....	40
Cuadro 18: Tasa de crecimiento promedio	40
Cuadro 19: Trafico promedio diario proyectado por el factor de crecimiento de cada vehículo tipo.....	42
Cuadro 20: Tráfico generado al 25% TPD	43
Cuadro 21: Proyección del TPDA (tráfico total normal + generado) (veh/día), para 20 años	44

Cuadro 22: Parámetros de diseño horizontal	74
Cuadro 23: Reporte del software Autocad Civil 3D	76
Cuadro 24: Replanteo de peralte y sobreebanco.....	76
Cuadro 25: Parámetros de diseño vertical	83
Cuadro 26: Replanteo de curva vertical.....	85
Cuadro 27: Reporte de curva vertical con autoCAD civil 3 D	85
Cuadro 28: Reporte de volúmenes de corte-corte.....	87
Cuadro 29: Reporte de volúmenes de relleno-relleno.....	87
Cuadro 30: Reporte de volúmenes de relleno-corte.....	88
Cuadro 31: Resumen de volúmenes de movimiento de tierra	88
Cuadro 32: TPDA en los ejes mixtos de cada clase de vehículo por año	92
Cuadro 33: Determinación de los factores “LEF” y el factor de camión “TF”	93
Cuadro 34: ESAL para cada tipo de vehículo de proyecto	94
Cuadro 35: Procesamiento de datos para el percentil	95
Cuadro 36: Análisis del diseño de espesores tratamiento superficial triple.....	102
Cuadro 37: Análisis del diseño de espesores pavimento flexible	103
Cuadro 38: hdt para cunetas.....	105
Cuadro 39: Intensidad máxima para la cuneta.....	106
Cuadro 40: Ubicación por progresiva de las cunetas.....	110
Cuadro 41: hdt para alcantarillas de alivio	110
Cuadro 42: Intensidad máxima para alcantarilla de alivio.....	111
Cuadro 43: Diseño de alcantarillas de alivio	114
Cuadro 44: Resumen alcantarillas de alivio.....	114
Cuadro 45: hdt para alcantarillas de cruce	115

Cuadro 46: Intensidad máxima para alcantarilla de cruce	117
Cuadro 47: Resumen alcantarillas de cruce	119
Cuadro 48: Computo métrico de tratamiento superficial triple	131
Cuadro 49: Computo métrico de pavimento flexible.....	132
Cuadro 50: Presupuesto general de ejecución para tratamiento superficial triple	134
Cuadro 51: Presupuesto general de ejecución para pavimento flexible	135
Cuadro 52: Tipos de suelos en todo el tramo.....	139

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1: Curva granulométrica	25
Gráfico 2: Curva de limite liquido	26
Gráfico 3: Compactación	28
Gráfico 4: Carga penetración	29
Gráfico 5: C.B.R.-Peso unitario	30
Gráfico 6 : Variación horaria ambos sentidos.....	39
Gráfico 7: Curva masa	89
Gráfico 8: C.B.R. de diseño	95
Gráfico 9: Capas estructurales tratamiento superficial triple.....	102
Gráfico 10: Capas estructurales pavimento flexible	104

INDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1: Ubicación de BM 6.....	15
Imagen 2: Establecimiento de la poligonal de trazo	16
Imagen 3: Estacado del eje	17
Imagen 4: Extracción de muestra.....	21
Imagen 5: Lavado de muestra	22
Imagen 6: Ensayo de granulometría	22
Imagen 7: Ensayo de límite líquido y plástico.....	23
Imagen 8: Ensayo de compactación.....	23
Imagen 9: Ensayo de C.B.R.....	24
Imagen 10: Georreferenciación, topografía y trazo alternativa 1	46
Imagen 11: Georreferenciación, topografía y trazo alternativa 1	46
Imagen 12: Georreferenciación, topografía y trazo alternativa 1	47
Imagen 13: Georreferenciación, topografía y trazo alternativa 2	48
Imagen 14: Georreferenciación, topografía y trazo alternativa 2	48
Imagen 15: Georreferenciación, topografía y trazo alternativa 2	49
Imagen 16: Curva vertical 1.....	84
Imagen 17: Diseño de espesores de tratamiento superficial triple.....	101
Imagen 18: Diseño de espesores de pavimento flexible	103
Imagen 19: Área de aporte en cuneta.....	107
Imagen 20: Cálculo de sección transversal de la cuneta tipo.....	109
Imagen 21: Cálculo de diámetro de la alcantarilla de alivio.....	113
Imagen 22: Área de la cuenca de aporte	115

Imagen 23: Cálculo de sección transversal de alcantarilla de cruce 119