

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



TOMO I

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS MEDIANTE LA APLICACIÓN
INFORMÁTICA ISTRAM DEL TRAMO: (CRUCE CORRAL GRANDE – PAICHO
SUD).**

Por:

ROGER CRUZ BENÍTEZ

Proyecto de Ingeniería Civil II CIV-502, presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE – II – 2020

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi padre y a mi madre quienes creyeron, confiaron y me apoyaron incondicionalmente a lo largo de este tiempo a culminar mis estudios.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3. SITUACIÓN PROBLÉMICA	3
1.3.1 Conceptualización puntual del objeto de estudio.....	3
1.3.2 Descripción del fenómeno ocurrido.....	3
1.3.3 Breve explicación de la perspectiva de solución.....	3
1.4. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4.1 Problema de investigación.....	3
1.5. OBJETIVOS	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 ALCANCE	4

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA ISTRAM EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

	Pág.
2.1 ISTRAM.....	5
2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO.....	6
2.3 HERRAMIENTA ISTRAM COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN:.....	6
2.3.1 Características del programa.....	8
2.3.1.1 Cartografía digital 3D.....	8
2.3.1.2 Proyectos de carreteras.....	9
2.3.1.3 Mejora, ensanche y renovación.....	10
2.3.1.4 Modelado de superficies.....	11
2.3.1.5 Virtual 3D (Imágenes y paseos virtuales).....	12
2.4 DESARROLLO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO CON ISTRAM.....	13
2.4.1 Introducción a ISTRAM.....	13
2.5 GENERALIDADES DEL PROGRAMA ISTRAM.....	14
2.5.2 Arranque del programa ISTRAM.....	15
2.5.3 Interfaz de usuario general.....	16

2.5.4 Control de superficies.....	17
2.5.5 Opciones de control de superficies cartográficas.....	19
2.5.6 Fases de obra lineal.....	19
2.5.7 Parámetros de diseño.....	20
2.6 CRITERIOS DE DISEÑO.....	20
2.6.1 Factores funcionales.....	21
2.7 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO.....	21
2.7.1 Conceptos relativos a velocidad en el diseño vial.....	21
2.7.2 Sistema de clasificación funcional para diseño.....	24
2.7.3 Códigos de clasificación.....	28
2.7.4 El trazado.....	29
2.8 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL (PLANIMETRÍA).....	29
2.8.1 Trazado en planta.....	30
2.8.2 Distancia de frenado.....	32
2.8.3 Distancia de adelantamiento.....	34
2.8.4 Verificación de la visibilidad en planta.....	35
2.8.5 Verificación de la visibilidad en alineamiento vertical.....	37
2.8.6 Alineamiento recto.....	38
2.8.7 Longitudes máximas en recta.....	38

2.8.8 Longitudes mínimas en recta.....	38
2.8.9 Peraltes en curvas circulares.....	42
2.8.10 Sobreancho en curvas circulares.....	44
2.8.11 Curvas con arcos de transición.....	47
2.9 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL (ALTIMETRÍA).....	52
2.9.1 Rasante.....	53
2.9.2 Trazado en alineamiento vertical.....	54
2.9.2.1 Inclinación de las rasantes y pendientes máximas.....	55
2.9.3 Pendientes mínimas.....	56
2.9.4 Enlaces de rasantes – curvas verticales de enlace.....	56
2.9.5 Criterios de diseño para curvas verticales.....	58
2.9.6 Parámetros mínimos por velocidad de frenado.....	59
2.9.7 Longitud mínima de curvas verticales.....	61
2.9.8 Parámetros mínimos por visibilidad de adelantamiento.....	61
2.10 LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	62
2.10.1 Alzado.....	62
2.10.1.1 Alzado - zona de cálculo.....	62
2.10.1.2 Alzado - secciones tipo.....	63
2.10.1.3 Alzado - definición de anchos de carril (Sobreanchos).....	63

2.10.1.4 Alzado – peraltes.....	64
2.10.1.5 Alzado – desmonte (Corte).....	64
2.10.1.7 Alzado – estructuras.....	67
2.10.1.8 Fase BIM.....	67
2.10.1.9 Generación de geometría.....	68
2.10.2 La plataforma.....	69
2.10.3 La calzada.....	69
2.10.4 Las bermas.....	70
2.10.5 La sección transversal de la infraestructura.....	70
2.10.6 Taludes de terraplén desde el punto de vista de su estabilidad.....	71
2.10.7 Taludes de terraplén desde el punto de vista de la seguridad vial.....	72
2.10.8 Taludes de corte.....	72

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRACTICA

	Pág.
3.1 ANTECEDENTES.....	75
3.2 UBICACIÓN.....	75
3.2.1 Estudio topográfico.....	77
3.3 PARÁMETROS BÁSICOS.....	79

3.3.1 Categoría de la vía.....	79
3.3.2 Velocidad de proyecto.....	79
3.3.3 Código de clasificación.....	79
3.4 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	79
3.4.1 Distancia de frenado.....	79
3.4.2 Distancia de adelantamiento.....	80
3.4.3 Radios mínimos.....	80
4.3.4 Peraltes.....	80
3.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	83
3.5.2 Resumen diseño geométrico de la carretera.....	86
3.6 ALINEAMIENTO VERTICAL.....	92
3.6.1 Longitud mínima de curvas verticales.....	92
3.6.2 Pendientes mínimas.....	92
3.6.3 Pendientes máximas.....	92
3.6.4 Curvas verticales convexas y cóncavas.....	92
3.7 SECCIÓN TRANSVERSAL.....	95
3.7.1 Sobreeanchos.....	95
3.7.2 Volúmenes de corte y relleno.....	107
3.7.3 Diseño de cunetas.....	120

3.8 INCOMPATIBILIDADES DE DISEÑO.....	125
---------------------------------------	-----

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
4.1. CONCLUSIONES.....	131
4.2. RECOMENDACIONES.....	133

ÍNDICE DE ANÉXOS

ANEXOS 1 Puntos topográficos

ANEXOS 2 Manual del Usuario

ANEXOS 3 Planos

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Velocidad en función de la categoría de la carretera.....	26
Tabla 2 Velocidad en función de las calzadas.....	27
Tabla 3 Distancias de frenado en función de la velocidad.....	33
Tabla 4 Distancia de adelantamiento en función de la velocidad.....	34
Tabla 5 Trazados en campo abierto – terraplenes o cortes con talud $\geq 4v:1h$	37
Tabla 6 Longitudes mínimas en función del terreno y la velocidad.....	39
Tabla 7 Valores máximos para el peralte y la fricción transversal.....	41
Tabla 8 Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.....	41
Tabla 9 Sobreanchos en recta y curva para calzadas de 6,0 m. y 7,0 m.....	44
Tabla 10 Ensanche calzada en recta 7.0 m.....	45
Tabla 11 Ensanche calzada en recta 6.0 m.....	45
Tabla 12 Calzada en recta 7,0 m.....	46
Tabla 13 Radio máximo en función de la velocidad.....	49
Tabla 14 Longitud mínima de espiral deseable.....	51
Tabla 15 Pendientes máximas.....	55

Tabla 16 Pendiente máxima en función de la altura s.n.m.....	56
Tabla 17 Curvas verticales convexas K_v y curvas verticales cóncavas K_c	60
Tabla 18 K_a mínimo curvas verticales.....	62
Tabla 19 Puntos topográficos.....	78
Tabla 20 Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.....	79
Tabla 21 Velocidad de proyecto.....	79
Tabla 22 Distancia mínima de frenado en horizontal.....	79
Tabla 23 Distancia mínima de adelantamiento.....	80
Tabla 24 Radios de curvatura.....	80
Tabla 25 Cálculo de peraltes.....	80
Tabla 26 Pendiente relativa de borde.....	81
Tabla 27 Tasa máxima de distribución de aceleración transversal.....	82
Tabla 28 Tasa normal de distribución de la aceleración transversal.....	82
Tabla 29 Resumen de alineación horizontal.....	87
Tabla 30 Pendientes máximas.....	92
Tabla 31 Parámetros mínimos en curvas verticales (Visibilidad de frenado).....	92
Tabla 32 Resumen de alineamiento vertical.....	93
Tabla 33 Parámetros de diseño de secciones transversales.....	95
Tabla 34 Planilla de sobreeanchos.....	95
Tabla 35 Valores de corte y relleno.....	107

Tabla 36 Planilla de cunetas lado izquierdo.....	120
Tabla 37 Planilla de cunetas lado derecho.....	122
Tabla 38 Incompatibilidades diseño horizontal.....	125
Tabla 39 Incompatibilidades diseño vertical.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Diseño de carreteras con ISTRAM.....	5
Fig. 2 Diseño de una urbanización con ISTRAM.....	8
Fig. 3 Secciones típicas.....	9
Fig. 4 Seguimiento y control de proyectos.....	10
Fig. 5 Control de túneles.....	10
Fig. 6 Modelado de superficies.....	11
Fig. 7 Fases de diseño y visualización tridimensional.....	12
Fig. 8 Diseño vial con herramientas ISTRAM.....	14
Fig. 9 Creación de carpeta de proyecto: Corral Grande – Paicho Sud.....	15
Fig. 10 Interfaz de ISTRAM.....	16
Fig. 11 Superficies ISTRAM.....	17
Fig. 12 Fases de un proyecto BIM.....	19
Fig. 13 Ingreso al módulo de obra lineal, inicio de diseño geométrico.....	19
Fig. 14 Pre configuración de ejes con normativa Boliviana ABC.....	20

Fig. 15 Ficha de comandos para diseño en planta.....	29
Fig. 16 Configuración de alineaciones.....	30
Fig. 17 Definición del eje en planta, incluido curvas y clotoides.....	31
Fig. 18 Verificación de la velocidad en planta caso I.....	35
Fig. 19 Verificación de la velocidad en planta caso II.....	36
Fig. 20 Elementos curva circular.....	41
Fig. 21 Curvas con arcos de transición.....	48
Fig. 22 Carga de malla TIN (Triangulación) generada por topografía.....	53
Fig. 23 Generación de rasante con ingreso de datos con teclado.....	54
Fig. 24 Tipos de curvas verticales.....	58
Fig. 25 Datos de Sondeo y definición de zonas de calculo.....	62
Fig. 26 Sección Tipo Alzado.....	63
Fig. 27 Generación de anchos y sobrecanchos en función de la normativa ABC.....	63
Fig. 28 Definición de cunetas.....	64
Fig. 29 Sección típica correspondiente a cuneta triangular.....	65
Fig. 30 Sección típica correspondiente al sobrecancho de compactación.....	65
Fig. 31 Sección típica correspondiente al talud de relleno 1: 1.5.....	66
Fig. 32 Sección típica correspondiente a muros de sostenimiento.....	66
Fig. 33 Configuración del proyecto.....	67
Fig. 34 Proyección virtual en 3D.....	68

Fig. 35 Ubicación de la zona respecto al mapa de Tarija.....	75
Fig. 36 Vista del tramo cruce Corral Grande – Paicho Sud.....	77
Fig. 37 Camino actual hacia la población de Paicho.....	77
Fig. 38 Primera alternativa de diseño.....	83
Fig. 39 Perspectiva de la tercera alternativa de diseño.....	84
Fig. 40 Segunda alternativa de diseño.....	84
Fig. 41 Perspectiva de la segunda alternativa de diseño.....	85
Fig. 42 Tercera alternativa de diseño.....	85
Fig. 43 Perspectiva de la tercera alternativa de diseño.....	86
Fig. 44 Sección de cuneta revestida tipo I.....	120