

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LA AVENIDA VÍCTOR PAZ ESTENSSORO PARA EL
DIMENSIONAMIENTO DE LA SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE
ORIENTADO A MEJORAR LA CIRCULACIÓN VEHICULAR”**

Por:

CELENA DANIELA BRAVO VILLEGAS

SEMESTRE I - 2026

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA AVENIDA VÍCTOR PAZ ESTENSSORO PARA EL
DIMENSIONAMIENTO DE LA SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE
ORIENTADO A MEJORAR LA CIRCULACIÓN VEHICULAR”**

**PROYECTO ELABORADO EN LA MATERIA PROYECTO DE INGENIERÍA
CIVIL II CIV-502**

Por:

CELENA DANIELA BRAVO VILLEGAS

SEMESTRE I - 2026

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre, mi pilar fundamental, quien siempre creyó en mi capacidad para salir adelante y me brindó su apoyo incondicional. También a mi padre, que desde el cielo me acompaña quien, con su ejemplo y perseverancia, me guio hasta encaminarme en una carrera profesional.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	1
1.2.1. Aporte académico	3
1.3. Situación problemática	4
1.3.1. Planteamiento del problema	4
1.3.2. Delimitación temporal	5
1.3.3. Delimitación espacial	5
1.3.4. Formulación del problema.....	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis	7
1.5.1. Identificación de variables.....	7
1.5.2. Variables independientes	7
1.5.3. Variable dependiente.....	7
1.6. Criterios de diseño metodológico	7
1.6.1. Unidad de muestra	7
1.6.2. Población	7
1.6.3. Muestra	8
1.7. Alcance	8

CAPITULO II

LA INGENIERÍA DE TRAFICO Y LA SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE

	Página
2.1. Ingeniería de tráfico.....	11
2.1.1. Características de transito	11
2.1. Alcances de la ingeniería de transito	11
2.1.1. Funcionalidad de una vía.....	11
2.1.2. Clasificación de vehículos según norma de diseño ABC	12
2.1.3. Características de los vehículos.....	14
2.1.4. Capacidad vial	15
2.1.4.1. Volumen e intensidad de tráfico	16
2.1.5. Medición de volúmenes de tráfico.....	17
2.1.5.1. Métodos manuales	17
2.1.6. Periodo de recuento	17
2.1.6.1. Recuentos permanentes	17
2.1.6.2. Recuentos periódicos.....	18
2.1.6.3. De tiempos específicos	18
2.1.7. Velocidad	18
2.1.7.1. Velocidad de punto	19
2.1.7.2. Velocidad media temporal	19
2.1.8. Métodos de medición de velocidades.....	19
2.1.9. Capacidad vehicular	20
2.1.9.1. Método de cálculo de capacidad.....	20
2.1.10. Niveles de servicio.....	22

	Página
2.1.10.1. Nivel de servicio A	23
2.1.10.2. Nivel de servicio B	23
2.1.10.3. Nivel de servicio C	24
2.1.10.4. Nivel de servicio D	25
2.1.10.5. Nivel de servicio E	25
2.1.10.6. Nivel de servicio F.....	26
2.1.11. Relación entre el nivel de servicio y congestionamiento	27
2.1.12. Semaforización	27
2.1.12.1. Tipos de semáforos	28
2.2. Software VISSIM	29
2.2.1. Definición y características generales	29
2.3.1.1. Características principales.....	29
2.2.2. Aplicaciones del software VISSIM en investigación y proyectos	30
2.2.3. Pasos a seguir para la simulación en VISSIM	31
2.2.3.1. Preparación inicial del proyecto	31
2.2.3.2. Modelado de la red vial	31
2.2.3.3. Aplicación de semáforos fijos en rotondas y accesos.....	32
2.2.3.4. Entrada de volúmenes de tráfico y rutas.....	33
2.2.3.5. Corrección de errores y calibración inicial	34
2.2.3.6. Ejecución de la simulación y evaluación.....	34
2.3. Semaforización inteligente	34
2.3.1. Evolución histórica y tendencias actuales	35
2.3.2. Estudios de casos y evidencias de implementación.....	36

	Página
2.3.3. Sistemas utilizados en semaforización inteligente	36
2.3.4. Tecnologías avanzadas y algoritmos	37
2.3.5. Funcionamiento	38
2.3.6. Datos necesarios para su funcionamiento.....	39
2.3.7. Componentes principales.....	40
2.3.8. Aplicación de tecnología para el funcionamiento	41
2.3.8.1. ¿Qué son los radares Doppler?	41
2.3.8.2. ¿Cómo funcionan?	41
2.3.8.3. Aplicaciones en tráfico	42
2.3.9. ¿Qué son los sensores inalámbricos IoT?	43
2.3.9.1. Características y funcionalidades	43
2.3.10. Funcionamiento de la semaforización inteligente vs. tradicionales	44
2.3.11. Contribución a la reducción del congestionamiento y otros problemas	44
2.3.12. Beneficios e impactos	45

CAPITULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página
3.1. Ubicación del proyecto	48
3.1.1. Ubicación de los accesos	48
3.1. Planificación y ejecución del relevamiento de campo.....	54
3.1.2. Aforo vehicular para la determinación de la hora pico	54
3.1.3. Aforo vehicular.....	57
3.1.4. Depuración de volúmenes	62
3.1.5. Aforos de velocidad de punto	65

	Página
3.2. Medición de semáforos existentes	69
3.3.1 Grupo de semáforos.....	69

CAPITULO IV

APLICACIÓN PRACTICA

	Página
4.1. Análisis de horas pico	73
4.1.1. Detalle de la Rotonda Puente Bicentenario y día	73
4.1.2. Patrones y variaciones observados	74
4.1.3. Implicaciones de las horas pico	75
4.2. Análisis de aforos mensuales y depurados	76
4.2.1. Descripción del proceso de aforo y depuración.....	76
4.2.2. Resultados.....	76
4.2.3. Conclusiones derivadas de los resultados.....	78
4.3. Análisis de las velocidades de punto	79
4.3.1. Patrones observados	79
4.3.2. Implicaciones técnicas y normativas	80
4.3.3. Alcances técnicos y requisitos normativos	80
4.4. Capacidad vehicular y nivel de servicio	81
4.4.1. Condiciones de los factores de reducción.....	81
4.4.2. Cálculo de la capacidad vehicular en el acceso 1	81
4.4.3. Resumen niveles de servicio en todos los accesos	84
4.4.4. Conclusiones sobre niveles de servicio encontrados	87
4.5. Simulación con software VISSIM	87

	Página
4.5.1. Pasos a seguir para la simulación en VISSIM	87
4.5.1.1. Preparación inicial del proyecto	87
4.5.1.2. Modelado de la red vial	89
4.5.1.3. Aplicación de semáforos fijos en rotondas y accesos.....	90
4.5.1.4. Entrada de volúmenes de tráfico y rutas.....	91
4.5.1.5. Corrección de errores y calibración inicial	92
4.5.1.6. Ejecución de la simulación y evaluación.....	92
4.5.2. Reporte gráfico de simulación.....	93
4.5.3. Análisis de resultados de semáforos fijos.....	105
4.6. Aplicación de semáforos inteligentes	106
4.6.1. Datos necesarios para su funcionamiento.....	106
4.6.2. Componentes principales.....	107
4.6.1.1. Hardware	107
4.6.1.2. Software.....	108
4.6.3. Aplicación de tecnología para el funcionamiento	108
4.6.1.3. Radares Doppler	108
4.6.1.4. Sensores inalámbricos IoT.....	109
4.6.4. Resultados de aplicación de semaforización inteligente	110
4.6.5. Funcionamiento de la semaforización inteligente vs. tradicionales	116
4.6.5.1. Mejora en los niveles de servicio y disminución de la congestión.....	116
4.6.5.2. Patrones espaciales y temporales de mejora en la fluidez del tráfico.....	117
4.6.5.3. Impactos operativos, económicos, ambientales y sociales	118
4.6.5.4. Validación de la hipótesis y limitaciones de la simulación	118

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones.....	121
5.2. Recomendaciones	122

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1. Clasificación de tipos de vehículos.	13
Tabla N° 2. Nivel de servicio.	23
Tabla N° 3. Coordenadas inmediaciones hotel Los Ceibos.	48
Tabla N° 4. Coordenadas acceso rotonda puente San Martin.	49
Tabla N° 5. Accesos rotonda Fuente de los Deseos.	50
Tabla N° 6. Accesos de la rotonda Puente Bolivar.	51
Tabla N° 7. Accesos rotonda Moto Méndez UAJMS.	52
Tabla N° 8. Accesos salida puente 4 de Julio.	53
Tabla N° 9. Aforo vehicular hora pico rotonda puente Bicentenario (Dia 1).	55
Tabla N° 10. Aforo vehicular hora pico rotonda puente Bicentenario (Dia 2).	56
Tabla N° 11. Volúmenes medios mensuales Acceso 1 - lunes.	58
Tabla N° 12. Volúmenes medios mensuales Acceso 1 – miércoles.	59
Tabla N° 13. Volúmenes medios mensuales Acceso 1 – viernes.	59
Tabla N° 14. Volúmenes medios mensuales Acceso 1 – sábado.	60
Tabla N° 15. Resumen volúmenes Acceso 1.	61
Tabla N° 16. Resumen aforo vehicular mensual.	61
Tabla N° 17. Depuración de datos Acceso 1.	64
Tabla N° 18. Resumen de depuración de datos.	65
Tabla N° 19. Depuración de datos velocidad de punto Acceso 1.	67
Tabla N° 20. Resumen de resultados de velocidad de punto.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1. Nivel de servicio A.....	23
Figura N° 2. Nivel de servicio B.....	24
Figura N° 3. Nivel de servicio C.....	24
Figura N° 4. Nivel de servicio D.	25
Figura N° 5. Nivel de servicio E.	26
Figura N° 6. Nivel de servicio F.	26
Figura N° 7. Radar Doppler.	42
Figura N° 8. Sensor inalámbrico IoT.	44
Figura N° 9. Accesos hotel los Ceibos.....	49
Figura N° 10. Accesos rotonda Puente San Martin.....	50
Figura N° 11. Accesos rotonda Fuentes de los Deseos.	51
Figura N° 12. Accesos rotonda Puente Bolivar.....	52
Figura N° 13. Accesos rotonda Moto Méndez UAJMS.....	53
Figura N° 14. Accesos salida puente 4 de Julio.	54
Figura N° 15. Rotonda hotel Los Ceibos.	93
Figura N° 16. Rotonda puente San Martin.....	94
Figura N° 17. Rotonda puente 4 de Julio.	94
Figura N° 18. Rotonda Fuente de los Deseos.	95
Figura N° 19. Rotonda puente Bolívar.....	95
Figura N° 20. Rotonda Moto Méndez.....	96
Figura N° 21. Ingreso de datos en rotonda Los Ceibos.	96
Figura N° 22. Ingreso de datos en rotonda puente San Martin.	97

Figura N° 23. Ingreso de datos rotonda puente 4 de Julio.	97
Figura N° 24. Ingreso de datos rotonda Fuentes de los Deseos.	98
Figura N° 25. Ingreso de datos rotonda puente Bolívar.	98
Figura N° 26. Ingreso de datos rotonda UAJMS.	99
Figura N° 27. Resultados simulación rotonda Los Ceibos.	99
Figura N° 28. Resultados simulación rotonda Fuente de los Deseos.	100
Figura N° 29. Resultados simulación puente 4 de Julio.	100
Figura N° 30. Resultados simulación rotonda Fuente de los Deseos.	101
Figura N° 31. Resultados simulación puente Bolivar.	101
Figura N° 32. Resultados simulación rotonda UAJMS.	102
Figura N° 33. Simulación semaforización inteligente rotonda Los Ceibos.	114
Figura N° 34. Simulación semaforización inteligente rotonda puente San Martin.	114
Figura N° 35. Simulación semaforización inteligente salida puente 4 de Julio.	115
Figura N° 36. Simulación semaforización inteligente R. Fuente de los Deseos.	115
Figura N° 37. Simulación semaforización inteligente salida puente Bolívar.	115
Figura N° 38. Simulación semaforización inteligente rotonda Moto Méndez.	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico N° 1. Niveles de servicio.	22
Gráfico N° 2. Horas pico rotonda puente Bicentenario (Dia 1).	55
Gráfico N° 3. Horas pico rotonda puente Bicentenario (Dia 2).	56
Gráfico N° 4. Dia 1 puente Bicentenario.	73
Gráfico N° 5. Dia 2 puente Bicentenario.	74
Gráfico N° 11. Dia 2 puente Bicentenario.	74
Gráfico N° 12. Dia 2 puente Bicentenario.	74
Gráfico N° 13. Dia 2 puente Bicentenario.	74

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1. AFORO MENSUAL

ANEXO 2. DEPURACIÓN DE DATOS

ANEXO 3. VELOCIDAD DE PUNTO

ANEXO 4. CÁLCULOS MANUALES

ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS