

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“SISTEMA DE TRANSPORTE INTELIGENTE (ITS) BASADO EN UNA
ARQUITECTURA ARC-IT PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD
VEHICULAR Y PEATONAL EN CALLES DEL MERCADO LA LOMA”**

Por:

DAVID GUILLERMO BAUTISTA SEGOVIA

SEMESTRE II - 2025

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“SISTEMA DE TRANSPORTE INTELIGENTE (ITS) BASADO EN UNA
ARQUITECTURA ARC-IT PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD
VEHICULAR Y PEATONAL EN CALLES DEL MERCADO LA LOMA”**

Por:

DAVID GUILLERMO BAUTISTA SEGOVIA

SEMESTRE II - 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a quienes han sido mi pilar en este camino.

A mis padres, por su amor incondicional y por enseñarme con su ejemplo a nunca rendirme. A mi pareja, por caminar a mi lado con amor, paciencia, apoyo y fe en mí. Y a mi hija, mi mayor orgullo y motivación, porque cada paso que doy es también por ella y para ella.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. REFERENCIAS A TRABAJOS REALIZADOS.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	6
1.3.1. Aporte académico.....	7
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.4.1. Situación problemática.....	9
1.4.2. Delimitación temporal.....	10
1.4.3. Delimitación espacial.....	10
1.4.4. Formulación del problema	11
1.5. OBJETIVOS	11
1.5.1. Objetivo general.....	11
1.5.2. Objetivo específico.....	11
1.6. HIPÓTESIS	11
1.6.1. Identificación de variables	11
1.6.2. Variable independiente	11
1.6.3. Variable dependiente	12
1.6.4. Conceptualización y operacionabilidad de las variables.....	12
1.7. CRITERIOS DEL DISEÑO METODOLÓGICO	12
1.7.1. Unidad de muestra.....	12
1.7.2. Población.....	12
1.7.3. Muestra.....	13
1.8. MARCO REFERENCIAL	13
1.9. MARCO NORMATIVO.....	14
1.9.1. Normas técnicas	14
1.9.2. Regulaciones	14
1.10. ALCANCE DEL ESTUDIO	14

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

	Página
2.1. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DE TRAFICO	16
2.1.1. Ingeniería de trafico	16
2.1.2. Capacidad vial.....	16
2.1.3. Nivel de servicio	16
2.1.4. Densidad de trafico	17
2.1.5. Velocidad de operación	17
2.1.6. Aforo vehicular	17
2.1.7. Aforo peatonal.....	18
2.2. INTERSECCIONES Y CONGESTIÓN	18
2.2.1. Definición de intersección.....	18
2.2.2. Tipos de intersección.....	18
2.2.3. Control de intersecciones	19
2.2.4. Intersecciones criticas	19
2.2.5. Congestión vehicular.....	19
2.2.6. Longitud de cola.....	19
2.2.7. Tiempo de retraso.....	20
2.2.8. Conflictos en intersecciones.....	20
2.3. MODELADO Y SIMULACIÓN DE TRÁFICO POR SOFTWARE.....	20
2.3.1. Simulación de Tráfico	20
2.3.2. Microsimulación	20
2.3.3. Calibración del Modelo.....	21
2.3.4. Validación del Modelo	21
2.3.5. Análisis de Escenarios.....	21
2.3.6. Características de software.....	21
2.3.7. Parámetros de Calibración	21
2.3.8. Resultados de Simulación	22
2.3.9. Infraestructura del modelo	22
2.3.10. Paso a paso de su aplicación	22

2.3.11.	Link y conectores	25
2.3.12.	Otros elementos del modelo.....	26
2.3.13.	Control de trafico	26
2.3.14.	Intersecciones no semaforizadas	26
2.3.15.	Intersecciones semaforizadas	27
2.4.	ARQUITECTURA ARC-IT.....	28
2.5.	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRANSITO	32
2.5.1.	Semáforos.....	33
2.6.	SERVICIO ITS SISTEMA DE TRANSPORTE INTELIGENTE	34
2.6.1.	Implantación de ITS.....	36
2.6.2.	La tecnología 5G	36
2.6.3.	Directiva ITS en la Unión Europea.....	37
2.7.	OTRAS TECNOLOGÍAS.....	39
2.7.1.	Detectores de volúmenes de trafico	39
2.7.2.	Detección de velocidad por tramos	41
2.7.3.	Señales de mensajería variable.....	43
2.8.	¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA PARA CARRETERAS INTELIGENTES?.....	44
2.8.1.	Beneficios de las carreteras y la infraestructura inteligente	45

CAPITULO III

APLICACIÓN PRACTICA DE IMPLEMENTACIÓN ITS BASADO EN UNA ARQUITECTURA ARC-IT

	Página
3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	51
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	52
3.3. PARÁMETROS DE TRÁFICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	56
3.3.1. Aforo diario.....	56
3.3.2. Parámetro velocidad.....	63
3.3.3. Parámetro volumen	66
3.4. SISTEMA DE CONTROL EXISTENTES.....	73
3.4.1. Semaforización.....	73

3.4.2. Cámaras de vigilancia	75
3.5. NIVELES DE SERVICIO.....	76
3.6. SIMULACIÓN CON SOFTWARE	77
3.7. IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA ARC-IT.	81
3.7.1. PUNTOS DE VISTA GENERALES ARC-IT	81
3.7.2. Implementación ARC-IT en la intersección 1	84
3.7.3. Implementación ARC-IT en la intersección 2.....	86
3.7.4. Implementación ARC-IT en la intersección 3.....	90
3.7.5. Implementación ARC-IT en la intersección 4.....	96
3.7.6. Resumen de la aplicación.....	102
3.7.7. Puntos clave de la aplicación de software de simulacion.....	104
3.8. PRESUPUESTO ESTIMADO	105
3.8.1. Evaluación de rentabilidad.....	105
3.9. CONCLUSIONES GENERALES DE LA APLICACIÓN PRACTICA.....	108
3.9.1. Selección de intersecciones.....	108
3.9.2. Aplicación del software.....	110

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. CONCLUSIONES	118
4.2. RECOMENDACIONES.....	121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1. AFORO DIARIO

ANEXO 2. AFORO MENSUAL

ANEXO 3. AFORO PEATONAL

ANEXO 4. DATOS DEPURADOS

ANEXO 5. VELOCIDAD DE PUNTO

ANEXO 6. PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO 8. PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Modelo de rotonda en construcción.....	25
Figura 2. Concepto de modelación con reglas de prioridad.....	27
Figura 3. Intersección semaforizada.	28
Figura 4. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).....	35
Figura 5. Implantacion de ITS.	36
Figura 6. Iniciativa CALM.....	38
Figura 7. Detectores IDL y de radar de microondas.	40
Figura 8. Detectores de microonda.	40
Figura 9. Esquema de movimiento de vehículo.....	42
Figura 10. Cobertura de comunicaciones V2X.....	43
Figura 11. Sistema de control de señal de tránsito.....	44
Figura 12. Ubicación del proyecto.....	51
Figura 13. Zonas aledañas de estudio.	52
Figura 14. Intersección 1.....	52
Figura 15. Intersección 2.....	53
Figura 16. Intersección 3.....	54
Figura 17. Intersección 4.....	55
Figura 18. Ubicación de todas las intersecciones.	67
Figura 19. Semáforos y cámaras en la intersección de la calle Cochabamba y Venezuela.	74
Figura 20. Cámara en la esquina del mercado La Loma.....	75
Figura 21. Identificación de las intersecciones.	78
Figura 22. Modelado de las vías e intersecciones.....	79
Figura 23. Colocación de semáforos en la única intersección de la zona.....	79
Figura 24. Colocación de los aforos vehiculares y peatonales.	80
Figura 25. Comportamiento del tráfico en la intersección 2.....	80
Figura 26. Congestionamiento en la intersección 2.	81
Figura 27. Implementación de sistema ARC-IT en la intersección 1.	86

Figura 28. Implementación de ARC-IT en la intersección 2.	90
Figura 29. Simulación de la intersección 3.	96
Figura 30. Simulación en la intersección 4.	102
Figura 31. Simulación condiciones Actuales	113
Figura 32. Simulación con soluciones	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Conceptualización y operacionabilidad de las variables.	12
Tabla 2. Soluciones tecnológicas.....	39
Tabla 3. Ubicación intersección 1.	53
Tabla 4. Ubicación intersección 2.	54
Tabla 5. Ubicación intersección 3.	54
Tabla 6. Ubicación intersección 4.	55
Tabla 7. Aforo diario intersección 1.	56
Tabla 8. Aforo diario intersección 2.	57
Tabla 9. Aforo diario intersección 20.	58
Tabla 10. Aforo diario intersección 24.	59
Tabla 11. Aforo diario intersección 27.	60
Tabla 12. Resumen horas pico.....	61
Tabla 13. Puntos de aforo.	62
Tabla 14. Aforo velocidad de punto intersección 1 semana 1.	64
Tabla 15. Aforo velocidad de punto intersección 1 semana 2.	64
Tabla 16. Aforo velocidad de punto intersección 2 semana 3.	64
Tabla 17. Aforo velocidad de punto intersección 1 semana 4.	65
Tabla 18. Velocidad de punto promedio total.	65
Tabla 19. Resultados de aforo de volumen intersección 1.	68
Tabla 20. Depuración de datos intersección 1.	70
Tabla 21. Resumen aforo vehicular depurado.	71
Tabla 22. Aforo peatonal intersección 1.	72
Tabla 23. Nivel de servicio de todas las intersecciones.	76
Tabla 24. Costos de implementación.....	105
Tabla 25 ANTES vs. DESPUÉS DEL ITS ARC-IT.....	115
Tabla 26. CUADRO COMPARATIVO DETALLADO DE COLAS	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Diagrama de flujo de aplicación.	24
Gráfico 2. Esquema de la Arquitectura ARC-IT.....	30
Gráfico 3. Arquitectura FRAME.....	31
Gráfico 4. Elementos para Arquitectura ARC-IT.	32
Gráfico 5. Variación del aforo vehicular.	57
Gráfico 6. Hora pico intersección 2.	58
Gráfico 7. Hora pico intersección 20.	59
Gráfico 8. Hora pico intersección 24.	60
Gráfico 9. Horas pico intersección 27.....	61