

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE MODELOS DE COMPORTAMIENTO DE TRÁFICO
LINEALES Y NO LINEALES PARA LA CORRELACION DE VELOCIDAD,
VOLUMEN Y DENSIDAD EN LOS ACCESOS AL PUENTE 4 DE JULIO”**

POR:

MARIA GUADALUPE GOMES CHAVARRIA

**PROYECTO DE APLICACIÓN presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de licenciatura en INGENIERÍA CIVIL**

SEMESTRE I - 2026

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a papi y mami, por ser siempre mi apoyo incondicional, por su ternura y amor, por su confianza y por sostenerme en cada paso que doy en la vida, todo lo que soy también es gracias a ustedes.

A Albaro y Zarina, mis compañeros de vida, por motivarme siempre, por cada risa, cada consejo y por enseñarme a perseverar con firmeza.

A Dey, que también es parte de mi corazón, y a mi pequeña Valentina, el regalo más hermoso que Dios me dio.

A todos ustedes porque su amor ha sido mi fuerza en cada momento, este logro también es de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación problemática.....	3
1.2.1 Planteamiento del problema	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Identificación de variables	6
1.6.1 Variable independiente	6
1.6.2 Variable dependiente	6
1.7 Operación de variables	6
1.8 Diseño metodológico.....	7
1.8.1 Unidades de estudio y decisión muestral	7
1.8.2 Métodos y técnicas empleadas	9
1.8.2.1 Método deductivo.....	9
1.8.2.2 Experimento y técnicas	9
1.8.2.3 Técnicas de muestreo	9
1.9 Procedimiento de la aplicación	9
1.10 Tratamiento de datos	10
1.11 Alcance del estudio de aplicación	10
1.12 Resultado.....	12

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

	Página
2.1 El vehículo.....	13
2.2 Aplicación de la ingeniería de tráfico	13

2.3	Características de la infraestructura vial y su efecto en el flujo vehicular.	14
2.3.1	Características geométricas de la vía	14
2.3.2	Tipo de superficie	14
2.4	Reglamentación del tránsito	15
2.5	Planificación vial.....	15
2.6	Elementos de la ingeniería de tráfico	15
2.6.1	Usuario	15
2.6.1.1	Peatón	16
2.6.1.2	Pasajero	16
2.6.1.3	Ciclista.....	18
2.6.1.4	Conductor	19
2.6.2	Vehículo.....	20
2.6.2.1	Clasificación vehicular	20
2.6.3	Camino	21
2.7	Aforo vehicular	22
2.7.1	Aforo manual.....	22
2.7.2	Aforo automático.....	23
2.7.2.1	Junior Counter	23
2.7.2.2	Marksman 400.....	24
2.7.3	Aforos fotográficos	25
2.7.3.1	Fotoeléctrico.....	25
2.8	Periodo de aforo	26
2.9	Parámetros fundamentales de la ingeniería de tráfico.....	27
2.9.1	Velocidad.....	27
2.9.2	Volumen	27
2.9.3	Densidad.....	28
2.10	Diagnóstico del tráfico	28
2.11	Tráfico Promedio Diario (TPD)	29
2.12	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	29
2.13	Estudio del comportamiento de tráfico	29
2.14	Tipos de modelos de tráfico	30

2.14.1	Modelos lineales.....	30
2.14.1.1	Relación entre la velocidad y la densidad	30
2.14.1.2	Relación entre el flujo y la densidad	31
2.14.1.3	Relación entre velocidad y flujo.....	31
2.15	Modelos no lineales.....	32
2.15.1	Modelo logarítmico	32
2.15.2	Modelo exponencial	33
2.16	Análisis estadístico descriptivo	33
2.17	Distribución de frecuencias	34
2.18	Representaciones gráficas	34
2.18.1	Histograma	34
2.18.2	Polígono de frecuencias	35
2.19	Medidas descriptivas	35
2.19.1	Medidas de tendencia central: promedios	35
2.19.2	Media aritmética.....	35
2.19.3	Varianza.....	35
2.20	Desviación estándar.....	36
2.21	Nivel de serviciabilidad.....	36
2.22	Relación y aplicación de los modelos de tráfico lineales y no lineales.....	37
2.23	Justificación del uso del modelo lineal en zonas urbanas	38

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA Y ANALISIS DE RESULTADOS

		Página
3.1	Ubicación del Área de estudio	40
3.2	Características del área de estudio	41
3.3	Criterio y aforamiento de datos.....	46
3.3.1	Volumen o Intensidad (q)	47
3.3.2	Velocidad (v)	47
3.4	Datos extraídos de campo	47
3.4.1	Aforos de volúmenes.....	47
3.4.2	Aforos de velocidad	57

3.4.3	Densidad vehicular (k)	60
3.5	Ajuste de curvas a los datos obtenidos.....	62
3.6	Aplicación de los modelos de tráfico	66
3.6.1	Modelo Lineal D. B. Greenshields.....	66
3.6.2	Modelo no Lineal	71
3.6.2.1	Modelo exponencial R.T. Underwood	71
3.6.3	Modelo tráfico logarítmico.....	74
3.7	Señalización	78
3.8	Análisis de resultados.....	79

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

		Página
4.1	Conclusiones	88
4.2	Recomendaciones.....	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I.- Parque automotor de la ciudad de Tarija

ANEXO II.- Aforo de volúmenes

ANEXO III.- Aforo de velocidades

ANEXO IV.- Cálculo y procedimiento de todos los puntos de la zona de estudio

ANEXO V.- Plano de todos los puntos de estudio

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1.1 Tabla de operación de variables	6
Tabla N° 3.1 Características de los 30 puntos.....	45
Tabla N° 3.2 Recopilación de volúmenes para horas picos el ingreso y salida del Puente 4 de Julio.....	48
Tabla N° 3.3 Volúmenes de vehículos del Punto 4	50
Tabla N° 3.4 Volúmenes fuera del rango superior e inferior.....	51
Tabla N° 3.5 Volúmenes dentro del rango superior e inferior.....	53
Tabla N° 3.6 Volúmenes finales del Punto 4	54
Tabla N° 3.7 Resumen de volúmenes de vehiculos de los puntos de estudio	56
Tabla N° 3.8 Velocidad de vehículos en el Punto 4	58
Tabla N° 3.9 Resumen de Velocidad de punto de las calles de estudio	59
Tabla N° 3.10 Resumen de Densidad vehicular de las calles de estudio	61
Tabla N° 3.11 Tabla resumen de volumen, velocidad y densidad	62
Tabla N° 3.12 Tabla de resumen de correlación de cada tramo.....	64
Tabla N° 3.13 Tabla de Velocidad vs Densidad modelo lineal.....	67
Tabla N° 3.14 Tabla de Intensidad vs Densidad modelo lineal	68
Tabla N° 3.15 Tabla de Velocidad vs Intensidad modelo lineal	69
Tabla N° 3.16 Tabla de Velocidad vs Densidad modelo exponencial	72
Tabla N° 3.17 Tabla de Intensidad vs Densidad modelo exponencial.....	73
Tabla N° 3.18 Tabla de Velocidad vs Intensidad modelo exponencial.....	74
Tabla N° 3.19 Tabla de Velocidad vs Densidad modelo logarítmico	76
Tabla N° 3.20 Tabla de Intensidad vs Densidad modelo logarítmico.....	76
Tabla N° 3.21 Tabla de Velocidad vs Intensidad modelo logarítmico.....	77
Tabla N° 3.22 Señalización en los puntos de estudio.....	78
Tabla N° 3.23 Tabla resumen de correlación de gráficas de modelos	83
Tabla N° 3.24 Tabla de resultados del Nivel de Servicio	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 2.1 Contador Junior Counter	24
Figura N° 2.2 Contador Marksman 400	24
Figura N° 2.3 Contador fotoeléctrico	25
Figura N° 2.4 Relación velocidad - Densidad	30
Figura N° 2.5 Relación flujo - densidad.....	31
Figura N° 2.6 Relación Velocidad - Flujo	32
Figura N° 2.7 Histograma.....	34
Figura N° 2.8 Nivel de Servicio	37
Figura N° 3.1 Puntos de aforo	40
Figura N° 3.2 Señalización vertical en la zona de estudio	42
Figura N° 3.3 Semaforización en la zona de estudio.....	43
Figura N° 3.4 Iluminación del Puente 4 de Julio.....	44
Figura N° 3.5 Horas pico de los aforos en el ingreso y salida del Puente 4 de Julio	49
Figura N° 3.6 Imagen satelital del Punto 4	57
Figura N° 3.7 Correlación Lineal de Velocidad-Densidad Punto 4.....	63
Figura N° 3.8 Correlación Exponencial de Velocidad-Densidad Punto 4	63
Figura N° 3.9 Correlación Logarítmica de Velocidad-Densidad Punto 4	64
Figura N° 3.10 Velocidad vs Densidad modelo lineal.....	68
Figura N° 3.11 Intensidad vs Densidad modelo lineal	68
Figura N° 3.12 Intensidad vs Velocidad modelo lineal	69
Figura N° 3.13 Nivel de Servicio del Punto 4	70
Figura N° 3.14 Velocidad vs Densidad modelo exponencial	73
Figura N° 3.15 Intensidad vs Densidad modelo exponencial.....	73
Figura N° 3.16 Intensidad vs Velocidad modelo exponencial.....	74
Figura N° 3.17 Velocidad vs Densidad modelo logarítmico	76
Figura N° 3.18 Intensidad vs Densidad modelo logarítmico	77
Figura N° 3.19 Intensidad vs Velocidad modelo logarítmico.....	77
Figura N° 3.20 Diagrama fundamental del flujo vehicular	81