

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROYECCIÓN DEL TRÁFICO  
EN TRAMOS ESPECÍFICOS DE CARRETERAS  
PAVIMENTADAS EN LA RED FUNDAMENTAL DE TARIJA”**

**POR:**

**IÑIGUEZ SONIA LILI**

Proyecto de Ingeniería Civil II CIV – 502 presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**JULIO DE 2013**

**TARIJA-BOLIVIA**

### **DEDICATORIA:**

A mi madre Ana, a mi hermano Álvaro a mis abuelos y a toda mi familia por su paciencia y comprensión.

A los docentes que facilitaron información, Ingeniera Trinidad, a tribunales por sus correcciones al estudio, Ingeniero Jhonny Orgaz, Ingeniero Wilson Yucra, Ingeniera Mabel Zambrana a mis amistades que de una u otra manera me apoyaron y motivaron a seguir adelante.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios por ser mi guía mi padre por las bendiciones que me ha dado, a mi madre por ser un ejemplo de lucha y sacrificio, por inculcar en mí los principios que me han ayudado a alcanzar el éxito en mi vida. A mis abuelos y a toda mi familia, a todas aquellas personas que al caminar me hicieron crecer como persona. A mis compañeros y amigos.

**PENSAMIENTO:**

‘Por muy larga que sea la tormenta, el sol siempre vuelve a brillar entre las nubes.’

*Khalil Gibran*

# ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
1. Problema.....	2
2. Justificación.....	2
3. Objetivos.....	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. Alcance.....	5
<b>CAPÍTULO I</b>	
ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.....	8
1.1. Función de la ingeniería del tráfico.....	8
1.2. Elemento fundamentales del tráfico.....	10
1.2.1. Elemento usuario.....	11
1.2.2. Elemento vía.....	13
1.2.2.1. Características geométricas.....	13
1.2.3. Elemento vehículo.....	16
1.3. Parámetros fundamentales del tráfico.....	18
1.3.1. Volumen e intensidad.....	18
1.3.2. Velocidad.....	20
1.3.3. Densidad.....	21
1.4. Otros parámetros complementarios del tráfico.....	22
1.4.1. Capacidad y nivel de servicio.....	22
1.4.2. Señalización.....	28
1.4.2.1. Tipos de señalización.....	28
<b>CAPÍTULO II</b>	
ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁFICO.....	40
2.1. Generalidades.....	40
2.2. Volumen de tráfico.....	41

2.2.1. Tipos de volúmenes de tráfico.....	42
2.2.2. Procedimiento de aforos.....	44
2.2.3. Uso de los volúmenes de tráfico.....	46
2.2.4. Características de los volúmenes de tráfico.....	46
2.2.4.1. Distribución y composición del volumen de tráfico.....	47
2.2.5. Variación del volumen de tráfico.....	48
2.3. Métodos para determinar los volúmenes de tráfico futuro.....	51
2.3.1. Método de la tasa de crecimiento.....	51
2.3.2. Métodos econométricos (regresiones lineales).....	52
2.3.3. Series temporales (Holt-Winter).....	55
<b>CAPÍTULO III</b>	
APLICACIÓN PRÁCTICA.....	57
3.1. Ubicación del área de estudio.....	57
3.2. Características del área de estudio.....	59
3.2.1. Datos históricos de tráfico en el área de estudio.....	62
3.3. Recolección de datos para el estudio.....	63
3.3.1. Aforo manual de volúmenes de tráfico.....	66
3.4. Procesamiento de datos.....	68
3.4.1. Determinación del volumen de proyecto.....	68
3.4.2. Determinación del índice de crecimiento.....	72
3.5. Aplicación de métodos de proyección del tráfico.....	74
3.5.1. Método de la tasa de crecimiento.....	74
3.5.2. Métodos econométricos (regresiones lineales simples).....	90
3.5.3. Series temporales (Holt-Winter).....	97
3.5.4. Determinación de volúmenes de tráfico proyectado a partir del volumen determinado por el aforo.....	127
3.6. Análisis comparativo entre los métodos utilizados para determinar los volúmenes de tráfico proyectado.....	134
3.6.1. Análisis de resultados del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	134
3.6.1.1. Análisis comparativo gráfico de volúmenes.....	134

3.6.1.2. Análisis comparativo de resultados obtenido por diferentes métodos.....	139
3.6.1.3. Análisis comparativo obtenido por diferentes métodos y resultado obtenido mediante el aforo en el año 2013.....	142
3.6.2. Análisis de resultados del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	144
3.6.2.1. Análisis comparativo gráfico de volúmenes.....	144
3.6.2.2. Análisis comparativo de resultados obtenido por diferentes métodos.....	150
3.6.2.3. Análisis comparativo obtenido por diferentes métodos y resultado obtenido mediante el aforo en el año 2013.....	153
3.6.3. Análisis de resultados del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	155
3.6.3.1. Análisis comparativo gráfico de volúmenes.....	155
3.6.3.2. Análisis comparativo de resultados obtenido por diferentes métodos.....	161
3.6.3.3. Análisis comparativo obtenido por diferentes métodos y resultado obtenido mediante el aforo en el año 2013.....	164
3.6.3.4. Análisis de resultados obtenidos por el método Holt-Winter a partir de datos históricos y datos obtenidos del aforo.....	166

#### **CAPÍTULO IV**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	171
4.1. Conclusiones.....	171
4.2. Recomendaciones.....	175
BIBLIOGRAFÍA.....	177
ANEXOS	

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico Nro. 1 de horas pico en un día tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	63
Gráfico Nro. 2 de horas pico en un día tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	64
Gráfico Nro. 3 de horas pico en un día tramo (Tarija-San Lorenzo).....	65
Gráfico Nro. 4 de volúmenes obtenidos por el método tasa de crecimiento del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	129
Gráfico Nro. 5 de volúmenes obtenidos por el método regresiones lineales del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	130
Gráfico Nro. 6 de volúmenes obtenidos por el método de Holt-Winter del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	132
Gráfico Nro. 7 de volúmenes obtenido por los tres métodos del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	134
Gráfico Nro. 8 de volúmenes obtenidos mediante el aforo y de volúmenes obtenidos por los tres métodos para el año 2013 del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	136
Gráfico Nro. 9 de porcentaje de volúmenes obtenidos por los tres métodos para el año 2013 del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	137
Gráfico Nro. 10 de volúmenes obtenidos por el método tasa de crecimiento del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	139
Gráfico Nro. 11 de volúmenes obtenidos por el método regresiones lineales del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	142
Gráfico Nro. 12 de volúmenes obtenidos por el método de Holt-Winter del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	145

Gráfico Nro. 13 de volúmenes obtenido por los tres métodos del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	145
Gráfico Nro. 14 de volúmenes obtenidos mediante el aforo y de volúmenes obtenidos por los tres métodos para el año 2013 del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	147
Gráfico Nro. 15 de porcentaje de volúmenes obtenidos por los tres métodos para el año 2013 del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	148
Gráfico Nro. 16 de volúmenes obtenidos por el método tasa de crecimiento del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	150
Gráfico Nro. 17 de volúmenes obtenidos por el método regresiones lineales del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	151
Gráfico Nro. 18 de volúmenes obtenidos por el método de Holt-Winter del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	153
Gráfico Nro. 19 de volúmenes obtenido por los tres métodos del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	156
Gráfico Nro. 20 de volúmenes obtenidos mediante el aforo y de volúmenes obtenidos por los tres métodos para el año 2013 del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	158
Gráfico Nro. 21 de porcentaje de volúmenes obtenidos por los tres métodos para el año 2013 del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	159
Gráfico Nro. 22 de volúmenes obtenidos por el método Holt-Winter a partir de datos históricos y datos de aforos, tramo 1.....	167
Gráfico Nro. 23 de volúmenes obtenidos por el método Holt-Winter a partir de datos históricos y datos de aforos, tramo 1.....	168
Gráfico Nro. 24 de volúmenes obtenidos por el método Holt-Winter a partir de datos históricos y datos de aforos, tramo 1.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla Nro. 1 de volúmenes obtenidos por el método tasa de crecimiento del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	128
Tabla Nro. 2 de volúmenes obtenidos por el método regresiones lineales del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	130
Tabla Nro. 3 de volúmenes obtenidos por el método de Holt-Winter del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	131
Tabla Nro. 4 de volúmenes obtenido por los tres métodos del tramo (Cruce Panamericano-Padcaya).....	134
Tabla Nro. 5 de volúmenes obtenidos por el método tasa de crecimiento del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	138
Tabla Nro. 6 de volúmenes obtenidos por el método regresiones lineales del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	140
Tabla Nro. 7 de volúmenes obtenidos por el método de Holt-Winter del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	141
Tabla Nro. 8 de volúmenes obtenido por los tres métodos del tramo (Tarija-Puerta El Chaco).....	144
Tabla Nro. 9 de volúmenes obtenidos por el método tasa de crecimiento del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	149
Tabla Nro. 10 de volúmenes obtenidos por el método regresiones lineales del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	151
Tabla Nro. 11 de volúmenes obtenidos por el método de Holt-Winter del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	152
Tabla Nro. 12 de volúmenes obtenido por los tres métodos del tramo (Tarija-San Lorenzo).....	155

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo Nro. 1 Tablas de aforos de volúmenes

Anexo Nro.2 Depuración de datos de volúmenes y determinación de volúmenes máximos

Anexo Nro. 3 Determinación del índice de crecimiento

Anexo Nro.4 Proyección de volúmenes de tráfico por el método tasa de crecimiento

Anexo Nro.5 Proyección de volúmenes por métodos econométricos (regresiones lineales)

Anexo Nro.6 Proyección de volúmenes de tráfico por series temporales (Holt-Winter)

Anexo Nro. 7 Informe fotográfico de la zona de estudio