

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



**“EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EN INTERSECCIONES  
APLICADO A PUNTOS CRÍTICOS DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**GABRIELA LORENA CADENA CORTEZ**

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I- 2022**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

Posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo mucho que significas para mí.

Eres el amor de mi vida, la razón de que me levante cada día para esforzarme por el presente y el mañana, eres mi principal motivación, contigo inicie este camino, a pesar de las adversidades y pruebas que nos puso Dios y la vida, fue difícil pero no imposible y por fin lo logramos.

Te amo hijita, Lilita.

**ÍNDICE**  
**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

|  | Página |
|--|--------|
| 1.1. INTRODUCCIÓN.....   | 1      |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN.....  | 2      |
| 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                          | 3      |
| 1.3.1. Situación problemática .....                            | 3      |
| 1.3.2. Determinación del problema.....                         | 4      |
| 1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN .....                | 5      |
| 1.4.1. Objetivo general.....                                   | 5      |
| 1.4.2. Objetivos específicos.....                              | 5      |
| 1.5. HIPÓTESIS.....  | 5      |
| 1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.... | 6      |
| 1.6.1. Variables independientes .....                          | 6      |
| 1.6.2. Variables dependientes .....                            | 6      |
| 1.6.3. Conceptualización y operalización de variables .....    | 6      |
| 1.6.3.1. Variable independiente .....                          | 6      |
| 1.6.3.2. Variables dependientes .....                          | 7      |
| 1.7. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN.....                          | 8      |
| 1.7.1. Componentes.....  | 9      |
| 1.7.1.1. Unidad .....  | 9      |
| 1.7.1.2. Población .....                                       | 9      |
| 1.7.1.3. Muestra .....   | 9      |
| 1.7.1.4. Muestreo .....  | 9      |
| 1.7.2. Análisis estadístico .....                              | 10     |

|  |    |
|--|----|
| 1.7.2.1. Estadística descriptiva ..... | 10 |
| 1.7.2.2. Variables estadísticas.....   | 10 |
| 1.8. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS..... | 14 |
| 1.8.1. Técnica experimental.....       | 14 |
| 1.9. ALCANCE.....                      | 15 |

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SEGURIDAD VIAL**

|   | Página |
|---|--------|
| 2.1. ASPECTOS GENERALES .....                 | 17     |
| 2.1.1. Definición de tráfico.....             | 17     |
| 2.1.2. Problemas de tráfico .....             | 17     |
| 2.1.3. Planteamiento de soluciones .....      | 18     |
| 2.1.3.1. Solución integral .....              | 18     |
| 2.1.3.2. Solución parcial de alto costo ..... | 19     |
| 2.1.3.3. Solución parcial de bajo costo ..... | 19     |
| 2.2. ELEMENTOS DE TRÁFICO .....               | 19     |
| 2.2.1. Parámetros de tráfico .....            | 19     |
| 2.2.1.1. Volumen .....                        | 19     |
| 2.2.1.2. Velocidad .....                      | 20     |
| 2.2.1.3. Intensidad – volumen .....           | 21     |
| 2.3. ELEMENTO USUARIO .....                   | 21     |
| 2.3.1. Elemento usuario – peatón.....         | 22     |
| 2.3.2. Elemento camino – calle.....           | 22     |
| 2.3.2.1. Sección transversal .....            | 23     |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.3.2.2. | Pendiente longitudinal y transversal.....                              | 23 |
| 2.3.2.3. | Intersecciones .....   | 24 |
| 2.3.2.4. | Relación con el entorno ambiental .....                                | 24 |
| 2.4.     | ELEMENTO VEHÍCULO .....  | 24 |
| 2.4.1.   | Características físicas .....  | 25 |
| 2.4.2.   | Clasificación del vehículo de proyecto.....                            | 25 |
| 2.5.     | ELEMENTO VÍA .....   | 27 |
| 2.5.1.   | Elementos que forman parte de una vía.....                             | 27 |
| 2.6.     | CAPACIDAD EN VÍAS INTERRUMPIDAS .....                                  | 29 |
| 2.6.1.   | Capacidad básica .....   | 29 |
| 2.6.2.   | Capacidad práctica .....   | 30 |
| 2.6.2.1. | Primer caso.....   | 30 |
| 2.6.2.2. | Segundo caso.....  | 31 |
| 2.6.2.3. | Tercer caso .....  | 31 |
| 2.7.     | NIVEL DE SERVICIO.....   | 32 |
| 2.8.     | SEGURIDAD VIAL.....  | 34 |
| 2.8.1.   | Seguridad vial en Bolivia.....   | 35 |
| 2.8.2.   | Parámetros relacionados con la seguridad vial .....                    | 43 |
| 2.8.2.1. | Señalización vial.....   | 43 |
| 2.9.     | SEMAFORIZACIÓN.....  | 55 |
| 2.9.1.   | Ventajas de la instalación de los semáforos en intersecciones .....    | 55 |
| 2.9.2.   | Desventajas de la instalación de los semáforos en intersecciones ..... | 56 |
| 2.10.    | ACCIDENTABILIDAD VIAL.....   | 57 |
| 2.10.1.  | Tipos de accidentes.....   | 57 |
| 2.10.2.  | Identificación de las causas de accidentes de tránsito .....           | 58 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 2.10.3.   | Aplicación de legislación y normativas viales .....                                | 59 |
| 2.10.4.   | Aplicación de medidas de prevención y protección .....                             | 61 |
| 2.11.     | INTERSECCIÓN VIAL .....  | 63 |
| 2.11.1.   | Intersección a nivel.....  | 65 |
| 2.11.1.1. | Clasificación de las intersecciones a nivel.....                                   | 65 |
| 2.12      | PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO EN EL ESTUDIO Y<br>ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO..... | 69 |
| 2.12.1.   | Definición de hallazgos .....  | 70 |
| 2.12.1.1. | Factores de riesgo de diseño operacional vehicular .....                           | 71 |
| 2.12.1.2. | Factores de riesgo de diseño planimétrico .....                                    | 71 |
| 2.12.1.3. | Factores de riesgo de diseño vertical.....   | 72 |
| 2.12.1.4. | Factores de riesgo por infraestructura peatonal.....                               | 72 |
| 2.12.1.5. | Factores de riesgo debido al peralte. ....   | 73 |
| 2.12.1.6. | Factores de riesgo debido a la señalización. ....                                  | 73 |
| 2.13.     | SITUACIÓN DE AMENAZA.....  | 73 |
| 2.13.1.   | Estimación de la amenaza.....  | 74 |
| 2.13.2.   | Cálculo de la vulnerabilidad.....  | 79 |
| 2.13.3.   | Cálculo de nivel de riesgo.....  | 81 |
| 2.14.     | NIVEL DE RIESGO .....  | 82 |
| 2.14.1.   | Definición de nivel de riesgo según otros autores.....                             | 73 |
| 2.15.     | PUNTO CRÍTICO.....   | 85 |
| 2.15.1.   | Variables Que inciden en la determinación de puntos críticos .....                 | 85 |
| 2.15.1.1. | Factores geométricos de diseño vial.....   | 85 |
| 2.15.2.   | Factores asociados al mantenimiento y al estado de las vías.....                   | 89 |
| 2.15.3.   | Factores de circulación y condición del tránsito .....                             | 91 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.15.4. | Factores imputables a los peatones.....     | 92 |
| 2.15.5. | Factores imputables a los conductores ..... | 73 |
| 2.16.   | INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL .....        | 73 |

### **CAPÍTULO III**

#### **RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS PERTINENTES EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO**

|        |  | Página |
|--------|--|--------|
| 3.1.   | RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS PERTINENTES EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO ..... | 115    |
| 3.1.1. | Enfoque del estudio de aplicación .....  | 115    |
| 3.1.2. | Ubicación del área de estudio .....  | 116    |
| 3.1.3. | Características del área de estudio.....   | 117    |
| 3.1.4. | Características físicas y geométricas de los puntos de estudio .....   | 152    |
| 3.1.5. | Recolección de la información de la accidentabilidad .....   | 152    |
| 3.1.6. | Procesamiento de datos de aforo .....  | 152    |
| 3.2.   | CÁLCULO Y EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EN LAS INTERSECCIONES DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE TARIJA.....          | 250    |
| 3.2.1. | Cálculo de la capacidad y nivel de servicio .....  | 250    |
| 3.2.2. | Procedimiento para determinar la capacidad y nivel de servicio. ....   | 253    |
| 3.2.3. | Tabla de resultado de la capacidad y nivel de servicio para todos los puntos de estudio.....                   | 257    |
| 3.3.   | ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EN LAS INTERSECCIONES DE ESTUDIO .....  | 259    |
| 3.3.1. | Procedimiento de determinación del nivel de riesgo .....   | 260    |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 3.4.    | TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL NIVEL DE RIESGO EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO.....                       | 268 |
| 3.5.    | CONTRASTACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RIESGO Y ACCIDENTABILIDAD TOTAL .....   | 277 |
| 3.6.    | CONTRASTACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RIESGO Y EL NÚMERO DE ACCIDENTES POR ATROPELLO .....                                | 278 |
| 3.7.    | CONTRASTACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RIESGO Y EL NÚMERO DE ACCIDENTES POR COLISIÓN.....                                  | 279 |
| 3.8.    | CONTRASTACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RIESGO Y EL NÚMERO DE ACCIDENTES POR CHOQUE A VEHÍCULO DETENIDO Y ESTACIONADO ..... | 281 |
| 3.9.    | CONTRASTACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RIESGO Y EL NÚMERO DE ACCIDENTES POR CHOQUE A VEHÍCULO POR ALCANCE.....             | 282 |
| 3.10.   | CONTRASTACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RIESGO Y EL NIVEL DE SERVICIO.....  | 284 |
| 3.11.   | PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES.....  | 285 |
| 3.11.1. | Características físicas de las señales verticales .....   | 299 |
| 3.11.2. | Características físicas de las señales horizontales .....   | 299 |

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|      |                      |        |
|------|----------------------|--------|
|      |                      | Página |
| 4.1. | CONCLUSIONES.....    | 302    |
| 4.2. | RECOMENDACIONES..... | 304    |



## BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

ANEXO 1 AFOROS VEHICULARES

ANEXO 2 ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

ANEXO 3 PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 4 PLANO DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

ANEXO 5 PLANO DE LA GEOMETRÍA DE LOS PUNTOS CRÍTICOS  
EVALUADOS

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | Página |
|--|--------|
| Tabla I.1: Conceptualización variable independiente .....  | 6      |
| Tabla I.2: Conceptualización variable dependiente .....  | 7      |
| Tabla II.3: Dimensión común de los automóviles .....   | 26     |
| Tabla II.4: Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas<br>de intersecciones aisladas independientes ..... | 34     |
| Tabla II.5: Bolivia: Evolución de accidentes de tránsito por tipo 2008-2013.....   | 41     |
| Tabla II.6: Bolivia: Evolución de accidentes de tránsito por ubicación<br>2008-2013.....   | 41     |
| Tabla II.7: Características de los grupos de riesgo identificados en Bolivia:<br>niños, jóvenes, mayores, trabajadores .....     | 42     |
| Tabla II.8: Situaciones de amenaza según el factor de riesgo .....   | 74     |
| Tabla II.9: Amenaza por exposición - centros generadores de tránsito ( $A_{EX}$ ) .....  | 76     |
| Tabla II.10: Amenaza por consecuencia – situación de amenaza ( $A_C$ ) .....   | 77     |
| Tabla II.11: Factor de modificación por jerarquía vial ( $FM_J$ ) .....  | 78     |
| Tabla II.12: Factor de modificación por nivel de tolerancia ( $FM_T$ ).....  | 78     |
| Tabla II.13: Vulnerabilidad por centros generadores de tránsito ( $V_{CGT}$ ).....   | 79     |
| Tabla II.14: Vulnerabilidad por exposición de los usuarios ( $V_{EX}$ ).....   | 80     |
| Tabla II.15: Vulnerabilidad por velocidades de operación esperadas ( $V_V$ ) .....   | 81     |
| Tabla II.16: Prioridad del tratamiento para proyectos en prediseño y diseños<br>definitivos .....                                | 82     |
| Tabla III.17: Descripción de la intersección-Punto de estudio 1.....   | 118    |
| Tabla III.18: Descripción de la intersección-Punto de estudio 2.....   | 119    |
| Tabla III.19: Descripción de la intersección-Punto de estudio 3.....   | 120    |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Tabla III.20: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 4.....  | 121 |
| Tabla III.21: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 5.....  | 122 |
| Tabla III.22: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 6.....  | 123 |
| Tabla III.23: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 7.....  | 124 |
| Tabla III.24: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 8.....  | 125 |
| Tabla III.25: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 9.....  | 126 |
| Tabla III.26: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 10..... | 127 |
| Tabla III.27: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 11..... | 128 |
| Tabla III.28: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 12..... | 129 |
| Tabla III.29: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 13..... | 130 |
| Tabla III.30: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 14..... | 131 |
| Tabla III.31: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 15..... | 132 |
| Tabla III.32: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 16..... | 133 |
| Tabla III.33: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 17..... | 134 |
| Tabla III.34: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 18..... | 135 |
| Tabla III.35: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 19..... | 136 |
| Tabla III.36: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 20..... | 137 |
| Tabla III.37: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 21..... | 138 |
| Tabla III.38: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 22..... | 139 |
| Tabla III.39: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 23..... | 140 |
| Tabla III.40: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 24..... | 141 |
| Tabla III.41: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 25..... | 142 |
| Tabla III.42: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 26..... | 132 |
| Tabla III.43: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 27..... | 133 |
| Tabla III.44: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 28..... | 134 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Tabla III.45: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 29.....   | 135 |
| Tabla III.46: | Descripción de la intersección-Punto de estudio 30.....   | 136 |
| Tabla III.47: | Descripción de accidentes.....  | 136 |
| Tabla III.48: | Valores de horas pico en la Av. Víctor Paz Estensoro .....  | 152 |
| Tabla III.49: | Aforos del acceso 1- Intersección Av. Víctor Paz Estensoro y<br>calle Sucre.....  | 153 |
| Tabla III.50: | Volúmenes del acceso 1 – Intersección Av. Víctor Paz<br>Estensoro y calle Sucre.....  | 155 |
| Tabla III.51: | Volúmenes del acceso 1 – Intersección Av. Víctor Paz<br>Estensoro y calle Sucre (Excluyendo el valor que está fuera<br>del rango) ..... | 155 |
| Tabla III.52: | Vehículos que realizan giro izquierda en el acceso 1- Intersección<br>Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre .....                      | 156 |
| Tabla III.53: | Porcentajes de las maniobras en el acceso 1- Intersección Av.<br>Víctor Paz Estensoro y calle Sucre.....                                | 157 |
| Tabla III.54: | Porcentajes de las maniobras en el acceso 1- Intersección Av.<br>Víctor Paz Estensoro y calle Sucre en horas pico .....                 | 157 |
| Tabla III.55: | Porcentajes de las maniobras en el acceso 1- Intersección Av.<br>Víctor Paz Estensoro y calle Sucre.....                                | 158 |
| Tabla III.56: | Porcentajes de vehículos pesados en el acceso 1- Intersección<br>Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre .....                           | 159 |
| Tabla III.57: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de<br>estudio 1 .....  | 160 |
| Tabla III.58: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 1 .....   | 161 |
| Tabla III.59: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 1.....   | 162 |
| Tabla III.60: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de<br>estudio 2.....   | 163 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Tabla III.61: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 2.....           | 164 |
| Tabla III.62: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 2.....        | 165 |
| Tabla III.63: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 3..... | 166 |
| Tabla III.64: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 3.....           | 167 |
| Tabla III.65: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 3.....        | 168 |
| Tabla III.66: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 4..... | 169 |
| Tabla III.67: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 4.....           | 170 |
| Tabla III.68: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 4.....        | 171 |
| Tabla III.69: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 5..... | 172 |
| Tabla III.70: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 5.....           | 173 |
| Tabla III.71: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 5.....        | 174 |
| Tabla III.72: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 6..... | 175 |
| Tabla III.73: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 6.....           | 176 |
| Tabla III.74: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 6.....        | 177 |
| Tabla III.75: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 7..... | 178 |
| Tabla III.76: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 7.....           | 179 |
| Tabla III.77: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 7.....        | 180 |
| Tabla III.78: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 8..... | 181 |
| Tabla III.79: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 8.....           | 182 |
| Tabla III.80: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 8.....        | 183 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabla III.81:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 9 .....  | 184 |
| Tabla III.82:  | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 9.....             | 185 |
| Tabla III.83:  | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 9.....          | 186 |
| Tabla III.84:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 10 ..... | 187 |
| Tabla III.85:  | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 10.....            | 188 |
| Tabla III.86:  | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 10.....         | 189 |
| Tabla III.87:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 11 ..... | 190 |
| Tabla III.88:  | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 11 .....           | 191 |
| Tabla III.89:  | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 11.....         | 192 |
| Tabla III.90:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 12 ..... | 193 |
| Tabla III.91:  | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 12.....            | 194 |
| Tabla III.92:  | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 12.....         | 195 |
| Tabla III.93:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 13 ..... | 196 |
| Tabla III.94:  | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 13 .....           | 197 |
| Tabla III.95:  | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 13.....         | 198 |
| Tabla III.96:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 14 ..... | 199 |
| Tabla III.97:  | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 14.....            | 200 |
| Tabla III.98:  | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 14.....         | 201 |
| Tabla III.99:  | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 15 ..... | 202 |
| Tabla III.100: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 15.....            | 203 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabla III.101: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 15 .....        | 204 |
| Tabla III.102: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 16 ..... | 205 |
| Tabla III.103: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 16 .....           | 206 |
| Tabla III.104: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 16 .....        | 207 |
| Tabla III.105: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 17 ..... | 208 |
| Tabla III.106: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 17 .....           | 209 |
| Tabla III.107: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 17 .....        | 210 |
| Tabla III.108: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 18 ..... | 211 |
| Tabla III.109: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 18 .....           | 212 |
| Tabla III.110: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 18 .....        | 213 |
| Tabla III.111: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 19 ..... | 214 |
| Tabla III.112: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 19 .....           | 215 |
| Tabla III.113: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 19 .....        | 216 |
| Tabla III.114: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 20 ..... | 217 |
| Tabla III.115: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 20 .....           | 218 |
| Tabla III.116: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 20 .....        | 219 |
| Tabla III.117: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 21 ..... | 220 |
| Tabla III.118: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 21 .....           | 221 |
| Tabla III.119: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 21 .....        | 222 |
| Tabla III.120: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 22 ..... | 223 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabla III.121: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 22 .....           | 224 |
| Tabla III.122: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 22.....         | 225 |
| Tabla III.123: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 23 ..... | 226 |
| Tabla III.124: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 23 .....           | 227 |
| Tabla III.125: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 23.....         | 228 |
| Tabla III.126: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 24 ..... | 229 |
| Tabla III.127: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 24.....            | 230 |
| Tabla III.128: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 24.....         | 231 |
| Tabla III.129: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 25 ..... | 232 |
| Tabla III.130: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 25 .....           | 233 |
| Tabla III.131: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 25.....         | 234 |
| Tabla III.132: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 26 ..... | 235 |
| Tabla III.133: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 26.....            | 236 |
| Tabla III.134: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 26.....         | 237 |
| Tabla III.135: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 27 ..... | 238 |
| Tabla III.136: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 27 .....           | 239 |
| Tabla III.137: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 27.....         | 240 |
| Tabla III.138: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 28 ..... | 241 |
| Tabla III.139: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 28 .....           | 242 |
| Tabla III.140: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 28.....         | 243 |



|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabla III.141: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 29 .....   | 244 |
| Tabla III.142: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 29 .....   | 245 |
| Tabla III.143: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 29 .....  | 246 |
| Tabla III.144: | Aforo de volúmenes vehiculares en horas pico-Punto de estudio 30 .....   | 247 |
| Tabla III.145: | Porcentajes de las maniobras en el punto de estudio 30 .....   | 248 |
| Tabla III.146: | Porcentaje de vehículos pesados en el punto de estudio 30 .....  | 249 |
| Tabla III.147: | Clasificación del nivel de servicio para el punto de estudio 1 .....   | 257 |
| Tabla III.148: | Tabla de resultados para el punto de estudio 1 .....   | 257 |
| Tabla III.149: | Estimación de capacidades y niveles de servicio para cada uno de los puntos de estudio .....   | 258 |
| Tabla III.150: | Amenaza por exposición - centros generadores de tránsito ( $A_{EX}$ ) para el Punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1 .....                              | 260 |
| Tabla III.151: | Amenaza por Consecuencia – situación de amenaza ( $A_C$ ) para el punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1 .....  | 262 |
| Tabla III.152: | Clasificación de la vía para el punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1. - Factor de modificación por jerarquía vial ( $FM_J$ ) .....                    | 263 |
| Tabla III.153: | Clasificación del nivel de tolerancia para el punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1. - Factor de modificación por nivel de tolerancia ( $FM_T$ ) ..... | 263 |
| Tabla III.154: | Clasificación de la vulnerabilidad en base a los centros generadores de tránsito para el punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1. ....                   | 264 |

|                |   |     |
|----------------|---|-----|
| Tabla III.155: | Evaluación de la vulnerabilidad por exposición de los usuarios ( $V_{EX}$ ) punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1. ....         | 265 |
| Tabla III.156: | Clasificación de la vulnerabilidad por velocidades de operación esperadas ( $V_V$ ) Punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1 ..... | 266 |
| Tabla III.157: | Tabla resumen de datos punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1 .....  | 266 |
| Tabla III.158: | Clasificación del nivel de riesgo en el punto de estudio 1: Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 1 .....   | 267 |
| Tabla III.159: | Clasificación del nivel de riesgo en el los puntos de estudio .....   | 268 |
| Tabla III.160: | Contrastación entre el nivel de riesgo y el total de accidentes en cada uno de los puntos de estudio .....  | 277 |
| Tabla III.161: | Contrastación entre el nivel de riesgo y el número de accidentes por atropello en cada uno de los puntos de estudio.....                                      | 278 |
| Tabla III.162: | Contrastación entre el nivel de riesgo y el número de accidentes por colisión en cada uno de los puntos de estudio .....                                      | 279 |
| Tabla III.163: | Contrastación entre el nivel de riesgo y el número de accidentes por choque a vehículo detenido y estacionado en cada uno de los puntos de estudio .....      | 281 |
| Tabla III.164: | Contrastación entre el nivel de riesgo y el número de accidentes por choque a vehículo por alcance en cada uno de los puntos de estudio .....                 | 282 |
| Tabla III.165: | Contrastación entre el nivel de riesgo y el nivel de servicio en cada uno de los puntos de estudio .....  | 284 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| Figura I.1. Diseño metodológico .....   | 8      |
| Figura II.2: Elementos de una vía .....   | 28     |
| Figura II.3: Accidentes de tránsito en Bolivia .....  | 37     |
| Figura II.4: Muertos en accidentes de tránsito 2000- 2014.....  | 38     |
| Figura II.5: Heridos en accidentes de tránsito 2000- 2014.....  | 38     |
| Figura II.6: Crecimiento del parque vehicular en Bolivia 2005-2015 .....                                    | 39     |
| Figura II.7: Composición del parque vehicular en Bolivia 2014.....  | 40     |
| Figura II.8: Evolución de accidentes de tránsito por ubicación. 2008-2013 .....                             | 41     |
| Figura II.9: Señales reglamentarias 1 .....   | 44     |
| Figura II.10: Señales reglamentarias 2.....   | 45     |
| Figura II.11: Señales preventivas 1 .....   | 46     |
| Figura II.12: Señales preventivas 2.....  | 46     |
| Figura II.13: Señales preventivas 3.....  | 47     |
| Figura II.14: Ejemplo de señales informativas.....  | 49     |
| Figura II.15: Ángulo de entrada y observación de las de las demarcaciones<br>(Señalización horizontal)..... | 52     |
| Figura II.16: Señalización en intersecciones .....  | 54     |
| Figura II.17: Localización de un semáforo en el acceso de una intersección .....                            | 56     |
| Figura II.18: Intersección vial .....   | 64     |
| Figura II.19: Esquema A (Sin carril adicional) .....  | 66     |
| Figura II.20: Esquema B (Carril adicionado en la zona adyacente al camino<br>interceptado).....             | 66     |
| Figura II.21: Esquema C (No recomendable sin señalización) .....  | 67     |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Figura II.22:  | Esquema D (No recomendable sin señalización) .....   | 67  |
| Figura II.23:  | Esquema A (No recomendable sin señalización) .....   | 68  |
| Figura II.24:  | Cruce de cuatro ramales con cuatro isletas guadoras .....  | 68  |
| Figura. II.25: | Rotonda “Moto Méndez” ubicada en la avenida Jaime Paz Zamora y calle España, controlada por semáforos y una deficiente señalización horizontal .....     | 97  |
| Figura II.26:  | Cruce e islas peatonales en la avenida Víctor Paz Estensoro.....   | 97  |
| Figura. II.27: | Mal estado de la superficie de rodadura sobre la avenida Víctor Paz Estensoro y calle España-Acceso 1 .....  | 102 |
| Figura. II.28: | Mal estado de la superficie de rodadura sobre la avenida Panamericana y calle 15 de Abril.....   | 102 |
| Figura. II.29: | Tachones ubicados en la avenida Integración intersección calle La Madrid, controlando movimientos vehiculares.....                                       | 104 |
| Figura. II.30: | Tachones ubicados en la avenida Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 4, controlando movimientos vehiculares.....                                    | 104 |
| Figura. II.31: | Delineadores ubicados en la avenida Jaime Paz Zamora y avenida Ing. Renán Justiniano Soto.....   | 105 |
| Figura. II.32: | Señal reguladora “PARE”ubicada en la calle Cochabamba y calle Ballivián.....   | 106 |
| Figura. II.33: | Delineadores ubicados en la avenida Héroes de la Independencia y avenida 6 de agosto.....  | 106 |
| Figura. II.34: | Señal reguladora “Velocidad Máxima”en la avenida Jaime Paz Zamora y avenida Cnl. Carlos Díaz Sossa .....   | 107 |
| Figura. II.35: | Rotonda en la avenida Héroes de la Independencia y avenida Los Sauces;generalmente son las soluciones más óptimas a los problemas de intersecciones..... | 108 |
| Figura. II.36: | Semaforización de intersecciones entre la avenida Jaime Paz Zamora y avenida Fuerza Aérea.....   | 108 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Figura. II.37: | Vehículos en la calzada sobre la avenida Jaime Paz Zamora y avenida Cnl. Carlos Díaz Sossa.....  | 109 |
| Figura. II.38: | Circulación de vehículos pesados en la avenida Integración y calle La Madrid .....   | 110 |
| Figura. II.39: | Cruce peatonal a nivel en la avenida Víctor Paz Estensoro y calle España.....  | 111 |
| Figura. II.40: | Cruce peatonal en mal estado en la avenida Panamericana y calle 15 de abril .....  | 111 |
| Figura. II.41: | Señal de parada de micros en una intersección, avenida Panamericana y calle 15 de abril.....   | 112 |
| Figura. II.42: | Contaminación visual. Publicidad que se constituyen como elementos de distracción para los usuarios viales sobre la avenida Víctor Paz Estensoro y calle Sucre-Acceso 2..... | 112 |
| Figura. II.43: | Contaminación visual. Publicidad que se constituyen como elementos de distracción para los usuarios viales sobre la avenida La Paz y avenida Belgrano.....                   | 113 |
| Figura. II.44: | Peatón y vehículos haciendo mal uso de la vía avenida Jaime Paz Zamora y avenida Ing. Renán Justiniano Soto .....  | 113 |
| Figura. II.45: | Peatón haciendo mal uso de la vía ante la falta de pasos peatonales y señalización sobre la avenida Jaime Paz Zamora intersección avenida Fuerza Aérea .....                 | 114 |
| Figura. II.46: | Circulación de vehículos livianos, medianos y pesados en la avenida Panamericana .....   | 114 |
| Figura III.47: | Ubicación de los puntos de estudio dentro el municipio de Tarija.....  | 116 |
| Figura III.48: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 1 .....  | 118 |
| Figura III.49: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 2 .....  | 119 |
| Figura III.50: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 3 .....  | 120 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Figura III.51: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 4 .....  | 121 |
| Figura III.52: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 5 .....  | 122 |
| Figura III.53: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 6 .....  | 123 |
| Figura III.54: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 7 .....  | 124 |
| Figura III.55: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 8 .....  | 125 |
| Figura III.56: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 9 .....  | 126 |
| Figura III.57: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 10 ..... | 127 |
| Figura III.58: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 11 ..... | 128 |
| Figura III.59: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 12 ..... | 129 |
| Figura III.60: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 13 ..... | 130 |
| Figura III 61: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 14 ..... | 131 |
| Figura III.62: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 15 ..... | 132 |
| Figura III.63: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 16 ..... | 133 |
| Figura III.64: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 17 ..... | 134 |
| Figura III.65: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 18 ..... | 135 |
| Figura III.66: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 19 ..... | 136 |
| Figura III.67: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 20 ..... | 137 |
| Figura III.68: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 21 ..... | 137 |
| Figura III.69: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 22 ..... | 137 |
| Figura III.70: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 23 ..... | 137 |
| Figura III.71: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 24 ..... | 137 |
| Figura III.72: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 25 ..... | 137 |
| Figura III.73: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 26 ..... | 137 |
| Figura III.74: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 27 ..... | 137 |
| Figura III.75: | Croquis de ubicación-Punto de estudio 28 ..... | 137 |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| Figura III.76:  | Croquis de ubicación-Punto de estudio 29 .....                        | 137 |
| Figura III.77:  | Croquis de ubicación-Punto de estudio 30 .....                        | 137 |
| Figura III.78:  | Horas pico-Av. Víctor Paz Estensoro.....                              | 153 |
| Figura III.79:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 1 .....  | 162 |
| Figura III.80:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 2 .....  | 165 |
| Figura III.81:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 3 .....  | 168 |
| Figura III.82:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 4 .....  | 171 |
| Figura III.83:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 5 .....  | 174 |
| Figura III.84:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 6 .....  | 177 |
| Figura III.85:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 7 .....  | 180 |
| Figura III.86:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 8 .....  | 183 |
| Figura III.87:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 9 .....  | 186 |
| Figura III.88:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 10 ..... | 189 |
| Figura III.89:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 11 ..... | 192 |
| Figura III.90:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 12 ..... | 195 |
| Figura III.91:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 13 ..... | 198 |
| Figura III.92:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 14 ..... | 201 |
| Figura III.93:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 15 ..... | 204 |
| Figura III.94:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 16 ..... | 207 |
| Figura III.95:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 17 ..... | 210 |
| Figura III.96:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 18 ..... | 213 |
| Figura III.97:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 19 ..... | 216 |
| Figura III.98:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 20 ..... | 219 |
| Figura III.99:  | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 21 ..... | 222 |
| Figura III.100: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 22 ..... | 225 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| Figura III.101: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 23 .....  | 228 |
| Figura III.102: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 24 .....  | 231 |
| Figura III.103: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 25 .....  | 234 |
| Figura III.104: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 26 .....  | 237 |
| Figura III.105: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 27 .....  | 240 |
| Figura III.106: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 28 .....  | 243 |
| Figura III.107: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 29 .....  | 246 |
| Figura III.108: | Vista de los accesos de la intersección del punto de estudio 30 .....  | 249 |
| Figura III.109: | Ábaco para determinar la capacidad teórica en vías<br>interrumpidas de un sentido .....  | 251 |
| Figura III.110: | Ábaco para determinar la capacidad teórica en vías<br>interrumpidas de doble sentido .....   | 252 |
| Figura III.111: | Estimación de la capacidad teórica empleando el ábaco<br>del manual de tránsito para la vía de un sentido aplicado<br>en el punto de estudio 1 ..... | 254 |
| Figura III.112: | Clasificación del nivel de riesgo en el los puntos de estudio.....   | 269 |
| Figura III.113: | Características físicas de las señales verticales.....   | 298 |
| Figura III.114: | Señalización horizontal a implementar-Largo paso peatones<br>frente a un alto flujo peatonal .....   | 299 |
| Figura III.115: | Intersecciones normales de estudio .....   | 303 |
| Figura III.116: | Intersecciones de avenidas en estudio .....  | 303 |