

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

### DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE MAYORACIÓN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) PARTIENDO DE DATOS HISTÓRICOS DE ZONAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE CUENCA

Trabajo de Titulación previo a la obtención  
del Título de Ingeniero Civil

**Autores:**

Gordillo Pinos Darwin Javier  
C.I: 0302886775

Miguitama Fernández Byron Israel  
C.I: 0105716252

**Director:**

Ing. Avilés Ordóñez Juan Marcelo. MSc  
C.I: 0103872503

CUENCA – ECUADOR  
2018

# Resumen

---

El presente estudio se centra en la determinación de los factores de ajuste o mayoración de tráfico para la ciudad de Cuenca – Ecuador, de acuerdo a información histórica de conteos vehiculares de la ciudad.

El análisis de tipo descriptivo observacional realizado para la determinación de los factores de ajuste, se basó en un registro histórico de cinco años (2010 – 2015) de conteos automáticos sin clasificar, mismos que han sido proporcionados por la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte (UMT) de la ciudad de Cuenca y que corresponden a 126 estaciones de conteo automático continuo (105 en el centro y 21 en las periferias). En este sentido se han determinado factores para cada uno de los años y posteriormente mediante un análisis estadístico se han determinado factores de ajuste únicos para la ciudad de Cuenca.

La validación de los resultados, se muestra mediante la comparación de los errores de estimación obtenidos de acuerdo a las estimaciones del TPDA realizadas por las dos metodologías (propuesta y tradicional) con respecto al TPDA real, esto se ha realizado para 13 intersecciones seleccionadas al azar de las 126 intersecciones del estudio; donde los resultados indican que el método tradicional proporciona un 50% adicional al error absoluto máximo obtenido mediante los factores propuesto y un 68% adicional al error absoluto medio, es decir, la estimación del TPDA en promedio mejoró más del 50% al emplear los factores de ajuste propuestos en este estudio, mejorando de esta manera la metodología y resultados en la estimación del TPDA.

**Palabras Claves:** Tráfico Promedio Diario Anual, TPDA, Conteos automáticos, Factores de Ajuste de Tráfico.

# Abstract

---

The present study focuses on the determination of the factors of adjustment or increase of traffic for the city of Cuenca – Ecuador, according to historical information of vehicle counts of the city.

The observational descriptive analysis made for the determination the adjustment factors was based on a five-year historical record (2010 – 2015) of unclassified automatic counts, which were provided by the Municipal Transit and Transportation Unit ( UMT) of the city of Cuenca and corresponding to 126 continuous automatic counting stations (105 in the center and 21 in the peripheries). In this sense factors for each of the years have been determined and later, by means of a statistical analysis, unique adjustment factors have been determined for the city of Cuenca.

The validation of the results is shown by comparing the estimation errors obtained according to the AADT estimates made by the two methodologies (proposed and traditional) with respect to the real AADT, this has been done for 13 selected intersections at random of the 126 intersections of the study; where the results indicate that the traditional method provides an additional 50 % of the maximum absolute error obtained by the proposed factors and an additional 68 % of the mean absolute error, that is, the average AADT estimate improved by more than 50 % when using the factors of adjustment proposed in this study, thus improving the methodology and results in the estimation of the AADT.

**Keywords: Annual Average Daily Traffic, AADT, Automatic Counter, Traffic Adjustment Factors.**

# Índice general

<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción . . . . .	2
1.2. Objetivos . . . . .	5
1.2.1. Objetivo general . . . . .	5
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	5
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1. Elementos de tránsito . . . . .	6
2.1.1. Volumen de tránsito . . . . .	6
2.2. Aforos Vehiculares . . . . .	8
2.2.1. Aforos Manuales . . . . .	8
2.2.2. Aforos Automáticos . . . . .	9
2.3. Ajuste de volúmenes de tráfico . . . . .	9
2.3.1. Factor de ajuste horario . . . . .	10
2.3.2. Factor de ajuste diario . . . . .	11
2.3.3. Factor de ajuste semanal . . . . .	12
2.3.4. Factor de ajuste mensual . . . . .	13
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
3.1. La movilidad en Cuenca . . . . .	15



3.2. Materiales . . . . .	16
3.2.1. Volumen vehicular . . . . .	16
3.3. Metodología . . . . .	16
3.3.1. Proceso de la información . . . . .	16
3.3.2. Determinación de datos no registrados . . . . .	18
3.3.3. Determinación del factor de ajuste diario . . . . .	18
3.3.4. Determinación del factor de ajuste semanal . . . . .	21
3.3.5. Determinación del factor de ajuste mensual . . . . .	23
3.3.6. Intervalos de confianza . . . . .	25
3.3.7. Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA . . . . .	26
3.3.8. Validación de resultados . . . . .	28
<b>4. RESULTADOS y DISCUSIÓN</b>	<b>29</b>
4.1. Factor de ajuste diario . . . . .	29
4.2. Factor de ajuste semanal . . . . .	31
4.3. Factor de ajuste mensual . . . . .	33
4.4. Estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) . . . . .	35
4.4.1. Estimación mediante factores propuestos . . . . .	35
4.4.2. Estimación mediante factores tradicionales . . . . .	36
4.5. Comparación de resultados . . . . .	38
4.6. Discusión . . . . .	39
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>41</b>

# Índice de tablas

3.1. Ejemplo de datos procesados para el año 2011 . . . . .	17
3.2. Porcentaje medio de datos no registrados por año . . . . .	18
3.3. Volúmenes diarios de la intersección siete (08/01/11 - 14/01/11) . . . . .	18
3.4. Factores de ajuste diario para la intersección siete (08/01/11 - 14/01/11) . . . . .	19
3.5. Factores de ajuste diario representativos por año . . . . .	20
3.6. Factores de ajuste diario de acuerdo al conteo histórico del año 2013 . . . . .	21
3.7. Trafico Promedia Diario Semanal de la intersección siete (2011) . . . . .	21
3.8. Factores de ajuste semanal para la intersección siete (2011) . . . . .	22
3.9. Factores semanales – 2011 . . . . .	22
3.10. Factor mensual para la intersección siete (2011) . . . . .	23
3.11. Factores de ajuste mensual por año . . . . .	24
3.12. Consumo de combustible en el Azuay – 2011 (ARCH) . . . . .	24
3.13. Factores mensuales tradicionales – 2011 . . . . .	25
3.14. Intersecciones aleatorias para la determinación del TPDA . . . . .	26
4.1. Factores de ajuste diario propuestos, desviación estándar y coeficiente de variación . . . . .	29
4.2. Intervalos de confianza (95 %) para los factores de ajuste diario propuestos . . . . .	30
4.3. Factores de ajuste diario tradicionales de acuerdo a conteos históricos . . . . .	30
4.4. Factores de ajuste semanal propuestos . . . . .	31



4.5. <i>Desviación Estándar de los factores semanales propuestos</i> . . . . .	31
4.6. <i>Coefficiente de variación (%) para los factores semanales propuestos</i> . . . . .	31
4.7. <i>Intervalos de confianza (95 %) para los factores de ajuste semanal propuestos</i> . .	32
4.8. <i>Factor de ajuste semanal tradicional</i> . . . . .	33
4.9. <i>Factores de ajuste mensual propuestos, desviación estándar y coeficiente de variación</i> . . . . .	33
4.10. <i>Intervalos de confianza (95 %) para los factores de ajuste mensual propuestos</i> . .	34
4.11. <i>Factores mensuales tradicionales de acuerdo al consumo de combustible del Azuay</i>	34
4.12. <i>Error de estimación del TPDA</i> . . . . .	38
5.1. <i>Factores semanales – 2010</i> . . . . .	52
5.2. <i>Factores semanales – 2012</i> . . . . .	52
5.3. <i>Factores semanales – 2013</i> . . . . .	52
5.4. <i>Factores semanales – 2014</i> . . . . .	52
5.5. <i>Factores semanales – 2015</i> . . . . .	53
5.6. <i>Consumo de combustible en el Azuay – 2010 (ARCH)</i> . . . . .	53
5.7. <i>Consumo de combustible en el Azuay – 2012 (ARCH)</i> . . . . .	53
5.8. <i>Consumo de combustible en el Azuay – 2013 (ARCH)</i> . . . . .	54
5.9. <i>Consumo de combustible en el Azuay – 2014 (ARCH)</i> . . . . .	54
5.10. <i>Error absoluto de estimación del TPDA mediante factores propuestos (Limite inferior)</i> . . . . .	54
5.11. <i>Error absoluto de estimación del TPDA mediante factores propuestos (Media)</i> .	55
5.12. <i>Error absoluto de estimación del TPDA mediante factores propuestos (Límite superior)</i> . . . . .	55
5.13. <i>Error absoluto de estimación del TPDA de acuerdo a factores tradicionales</i> . . .	55
5.14. <i>Intersecciones de conteo vehicular</i> . . . . .	56

# Índice de figuras

2.1.	<i>Variación horaria del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)</i>	10
2.2.	<i>Variación diaria del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)</i>	12
2.3.	<i>Variación semanal del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)</i>	13
2.4.	<i>Variación mensual del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)</i>	14
3.1.	<i>Intersección 23 (Gaspar Sangurima y Tarqi)</i>	16
3.2.	<i>Información sin procesar del contador 1-2 de la intersección siete (01/01/11)</i>	17
3.3.	<i>Conteo automático de tráfico, Cuenca – 2013 (J. Flores, 2016)</i>	20
4.1.	<i>TPDA Calculado mediante factores propuestos (intersección ocho – 2010)</i>	35
4.2.	<i>Error de estimación de acuerdo a factores propuesto (intersección ocho – 2010)</i>	36
4.3.	<i>Error absoluto de acuerdo a factores propuestos (intersección ocho – 2010)</i>	36
4.4.	<i>TPDA Calculado mediante factores tradicionales (intersección ocho – 2010)</i>	37
4.5.	<i>Error de estimación de acuerdo a factores tradicionales (intersección ocho – 2010)</i>	37
4.6.	<i>Error absoluto de acuerdo a factores tradicionales (intersección ocho - 2010)</i>	38
5.1.	<i>Variación diaria entre intersecciones del año 2010</i>	46
5.2.	<i>Variación diaria entre intersecciones del año 2011</i>	46
5.3.	<i>Variación diaria entre intersecciones del año 2012</i>	46
5.4.	<i>Variación diaria entre intersecciones del año 2013</i>	47
5.5.	<i>Variación diaria entre intersecciones del año 2014</i>	47





5.6. <i>Variación diaria entre intersecciones del año 2015</i> . . . . .	47
5.7. <i>Variación semanal entre intersecciones del año 2010</i> . . . . .	48
5.8. <i>Variación semanal entre intersecciones del año 2011</i> . . . . .	48
5.9. <i>Variación semanal entre intersecciones del año 2012</i> . . . . .	48
5.10. <i>Variación semanal entre intersecciones del año 2013</i> . . . . .	49
5.11. <i>Variación semanal entre intersecciones del año 2014</i> . . . . .	49
5.12. <i>Variación semanal entre intersecciones del año 2015</i> . . . . .	49
5.13. <i>Variación mensual entre intersecciones del año 2010</i> . . . . .	50
5.14. <i>Variación mensual entre intersecciones del año 2011</i> . . . . .	50
5.15. <i>Variación mensual entre intersecciones del año 2012</i> . . . . .	50
5.16. <i>Variación mensual entre intersecciones del año 2013</i> . . . . .	51
5.17. <i>Variación mensual entre intersecciones del año 2014</i> . . . . .	51
5.18. <i>Variación mensual entre intersecciones del año 2015</i> . . . . .	51



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Darwin Javier Gordillo Pinos en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Determinación de los factores de mayoración del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de Febrero de 2018

Darwin Javier Gordillo Pinos

C.I: 0302886775

darwin.jpg



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Byron Israel Miguitama Fernández en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Determinación de los factores de mayoración del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de Febrero de 2018

---

Byron Israel Miguitama Fernández

C.I: 0105716252

Byron.jpg



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Darwin Javier Gordillo Pinos, autor del trabajo de titulación "Determinación de los factores de mayoración del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de Febrero de 2018

---

Darwin Javier Gordillo Pinos

C.I: 0302886775

darwin.jpg



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Byron Israel Miguitama Fernández, autor del trabajo de titulación "Determinación de los factores de mayoración del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de Febrero de 2018

---

Byron Israel Miguitama Fernández

C.I: 0105716252

Byron.jpg

# Dedicatoria

---

A mi madre y hermanos, quienes siempre han creído en mí y han sabido apoyarme en todas mis decisiones.

Darwin Javier Gordillo Pinos

# Dedicatoria

---

Dedico de manera especial a mi madre Isabel Fernández, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida personal y profesional, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.

Gracias Dios por concederme la mejor de las madres.

Byron Israel Miguitama Fernández

# Agradecimientos

---

A Dios, por concederme la fuerza y perseverancia para salir adelante día a día.

A mi familia y de manera muy especial a mi madre, quien han estado siempre a mi lado alentándome y brindándome su apoyo de manera incondicional para que logre alcanzar mi sueño, a ellos gracias por haberme facilitado el arduo esfuerzo diario realizado durante todo este proceso.

A la Universidad de Cuenca, principalmente a la facultad de Ingeniería por haberme instruido y formado durante mi carrera profesional, gracias también a todos mis compañeros y amigos con quienes he pasado buenos y malos momentos, pues son ellos quienes me han acompañado durante mi paso por la universidad y de manera directa o indirecta han sabido aportar a la culminación de este trabajo.

A todos los profesores de la facultad de Ingeniería Civil y de manera muy especial al docente y director de este trabajo, el Ingeniero Juan Avilés, quien con su apoyo y conocimientos ha sabido guiarnos durante todo el proceso de elaboración de esta investigación.

Darwin Javier Gordillo Pinos



# Agradecimientos

---

Mi gratitud a Dios y mi más sincero reconocimiento al ALMA MATER de mi Universidad de Cuenca, al personal docente y a mis profesores que me formaron con todo su profesionalismo para llegar a ser una persona de bien.

Byron Israel Miguitama Fernández

# Capítulo 1

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Introducción

El Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) de una sección de carretera se obtiene registrando el volumen diario a largo de todo un año calendario (Cal et al., 1994). El enfoque más fiable para obtener el valor de TPDA es a través de contadores automáticos, los cuales posibilitan obtener características temporales del tráfico durante el año (Mohamad et al., 1998). Sin embargo realizar este tipo de conteos, en muchos casos, no es factible debido a cuestiones económicas como de plazos (Ah & Oh, 2014).

Los conteos más largos generalmente están sujetos a menores fluctuaciones de tráfico y por ende producen mejores y más reales estimaciones de TPDA (Sharma et al., 1996); uno de los factores más importantes en la ejecución de proyectos son los plazos, por lo tanto, el método más eficiente para determinar el TPDA en la actualidad, es a través de conteos cortos, pues, este tipo de conteos brinda amplias ventajas económicas al descartar la edición de datos y los largos aforos costosos (Lam and Xu, 2000), ocasionando así que, gran cantidad de proyectos de tránsito y transporte sean llevados a cabo mediante conteos vehiculares de corto plazo (inferiores a 24 horas) (Ha and Oh, 2014), para luego emplear factores de ajuste y de esta manera obtener una estimación del TPDA.

En el campo laboral, gran parte de los estudios de tráfico y transporte se deben realizar con información actualizada de TPDA, para así poder desarrollar mejores modelos de transporte y calibración de tráfico. Sin embargo, el TPDA del año actual del proyecto no se encuentra disponible, por lo que es necesario utilizar una base datos históricos de registros automáticos que permitirán estimar el TPDA (Tang et al., 2003).

En la actualidad muchos sistemas viales no poseen suficiente información del tráfico, provocando de esta manera que muchas agencias de tránsito y transporte realicen grandes esfuerzos para estimar los valores del TPDA a través de diversas metodologías (Eom et al., 2006), y en muchos casos el TPDA se basa en comparaciones con vías de características relativamente similares (Xia et al., 1999).

En este sentido, a lo largo de la historia se han desarrollado varios métodos para estimar



el TPDA, entre los que se pueden mencionar los modelos de estadísticas espaciales, análisis de regresión y redes neuronales, sin embargo, el método más empleado es mediante la determinación de factores de corrección como el propuesto por Flaherty (1993) en donde se estimó el TPDA mediante un análisis de grupo de factores mensuales históricos de cinco años para realizar la clasificación de 28 sitios en Arizona, EE. UU. Ah and Oh (2012) estimaron los valores de TPDA mediante factores de ajuste diarios, semanales y mensuales, con los cuales demostró mejores resultados, a pesar de esto, se han venido desarrollando nuevos métodos para realizar estimaciones del TPDA, teniéndose así que McCord et al. (2003) propuso un método de estimación del TPDA en base a imágenes satelitales y fotos aéreas en Ohio, EE. UU. Así también Wang et al. (2013) propuso un método de estimación del TPDA utilizando una modelación de la demanda de viaje.

Por otro lado, en los últimos años, el crecimiento del parque automotor ocasionado por una expansión del área urbana, así como también por aspectos como comodidad y estatus social, han llevado a muchas ciudades del mundo a buscar soluciones frente a la problemática de la saturación de los sistemas viales, esto a través de la modificación o construcción de nuevas infraestructuras (M de Cuenca, 2014).

La ciudad de Cuenca, ubicada aproximadamente a 2 500 m.s.n.m y siendo una de las ciudades más importantes del Ecuador debido a su gran nivel turístico<sup>1</sup>, se ha visto afectada por el crecimiento del parque automotor, llegando a observarse un crecimiento de aproximadamente 10 000 vehículos mixtos por año y presentando un total de 1 330 948 viajes generados, de los cuales, 48 % representan movilidad cantonal (interna y externa) y un 52 % dentro del cantón Cuenca. (M de Cuenca, 2014)

Asimismo, de acuerdo al Plan de Movilidad (2014) el área urbana de Cuenca representa aproximadamente 600 000 desplazamientos, de los cuales el 69 % son desplazamientos motorizados y el 31 % corresponden a peatones y ciclistas; esto conjuntamente con el crecimiento económico y poblacional de Cuenca saturó la mayor parte de la red viaria, lo que produjo la invasión de vías residenciales y la ocupación del espacio público con automóviles en circulación o estacionamiento. Creando de esta manera una necesidad de mejorar o construir nuevos sistemas viales que permitan alcanzar una mejor movilidad tanto para población urbana como rural.

Dentro de este contexto, debe planificarse y dimensionarse los sistemas viales con una mejor precisión, una economía adecuada y que además permitan mantener un nivel razonable de movilidad durante su periodo de diseño (Lam & Xu, 2000). Entendiéndose de esta manera que, un adecuado nivel de servicio es aquel que mantiene la relación entre variables como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y el acondicionamiento del flujo a las exigencias y necesidades del usuario y la seguridad vial (HCM, 2000).

Desde hace varios años en Cuenca, la estimación del Tráfico Promedio Diario Anual se realiza en base a factores empíricos, los cuales no mantienen una relación tan directa con el tráfico como es el caso de los factores semanales y mensuales; proporcionando de esta forma estimaciones del TPDA con un bajo nivel de confiabilidad.

---

<sup>1</sup>Atribuido en gran parte por la conservación del patrimonio histórico y cultural que le proporciona el Centro Histórico, el cual constituye el núcleo del área urbana convirtiéndolo en el principal centro generador de tráfico de la ciudad.



Dicho esto, el presente trabajo pretende mejorar la estimación del TPDA a través de la determinación de factores de ajuste únicos para la ciudad, esto mediante la agrupación de 126 estaciones permanentes de conteo diario de volumen de tráfico durante cinco años (2010 – 2015) proporcionados por la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte (UMT) de la ciudad de Cuenca, con lo cual se logrará reflejar las variaciones diarias de tráfico de mejor manera y demostrar que los resultados obtenidos al emplear los factores propuestos son más precisos que los obtenidos a través de los factores de ajuste empleados en estudios previos.

La validación de los factores de ajuste determinados, se realizará mediante la comparación de los errores de estimación del TPDA obtenidos de acuerdo a los factores propuestos y tradicionales con respecto al TPDA real para 13 intersecciones, la cuales serán seleccionadas al azar de entre sub-grupos de 10 intersecciones de las 126 intersecciones del estudio, esto debido a la gran cantidad de información con la cual se cuenta y con el objetivo de asegurar que dentro de las intersecciones a ser validadas se encuentren al menos dos intersecciones de las avenidas (vías con tráfico superior a los 30 000 vehículos).

Los resultados expuestos permitirán realizar la estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el sistema vial de la ciudad de Cuenca a través de factores únicos, mejorando de esta manera tanto la metodología de estimación como sus resultados, ya que estas estimaciones son de gran importancia para la planificación y operaciones de los departamentos de carreteras (Garber, N. J. 1984).



## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Determinar los factores de ajuste o mayoración del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para la ciudad de Cuenca mediante el empleo de conteos automáticos de cinco años (2010 – 2015). Con lo cual se pretende mejorar tanto la metodología como los resultados para la estimación de los volúmenes de tráfico en la ciudad, además, de que estos resultados servirán para realizar estimaciones en ciudades similares o con un tráfico semejante al área de estudio.

### 1.2.2. Objetivos específicos

De manera más específica se presentan a continuación los objetivos a ser desarrollados en la investigación:

- Determinar los factores de ajuste de tráfico a través de datos históricos para las diferentes intersecciones de estudio.
- Establecer los factores de ajuste de tráfico representativos para la ciudad de Cuenca.
- Estimar el TPDA mediante factores de ajuste determinados en la presente investigación.
- Estimar el TPDA a partir del método tradicional (mediante factores utilizados actualmente en la ciudad).
- Obtener el error de estimación del TPDA en base a un análisis comparativo entre los resultados obtenidos para cada una de las metodologías.

# Capítulo 2

## MARCO TEÓRICO

Puesto que el objetivo de la investigación se centra en la determinación de los factores de ajuste del TPDA, en este capítulo se presenta la argumentación teórica establecida entre las variables necesarias para llevar a cabo los objetivos planteados.

### 2.1. Elementos de tránsito

#### 2.1.1. Volumen de tránsito

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el objetivo de obtener datos reales del movimiento tanto vehicular como peatonal sobre puntos específicos dentro de una vía o carretera y en donde estos resultados son expresados en función del tiempo. El *volumen de tránsito* se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o calzada, durante un periodo determinado (Cal et al., 1994). Se expresa como:

$$Q = N/T$$

Donde:

$Q$  representa los vehículos que pasan por unidad de tiempo. (vehículos/periodo).

$N$  es el número total de vehículos que pasan.

$T$  indica un periodo determinado (unidades de tiempo).

#### Volúmenes absolutos o totales

Dependiendo de los periodos de tiempo se presentan los siguientes volúmenes absolutos (Cal et al., 1994):

- **Tráfico horario (TH)**, corresponde al número de vehículos durante una hora.



- **Tráfico diario (TD)**, corresponde al número de vehículos durante un día.
- **Tráfico semanal (TS)**, corresponde al número de vehículos durante una semana.
- **Tráfico mensual (TM)**, corresponde al número de vehículos durante un mes.
- **Tráfico anual (TA)**, corresponde al número de vehículos durante un año.
- **Tasa de flujo (q)**, corresponde al número de vehículos durante un periodo inferior a una hora (15 o 30 minutos).

Cada uno de los volúmenes se determina para el correspondiente periodo de tiempo pudiendo ser este un año, un mes, una semana, un día, una hora o menos de una hora (flujo).

### Volúmenes de tráfico promedio diario

El volumen de tráfico promedio diario (*TPD*) se define como la relación entre el número de vehículos que pasan en un determinado periodo (días completos igual o menor a un año y mayor a un día) y el número de días del periodo.

Dependiendo del periodo de estudio los volúmenes promedios diario pueden ser los siguientes:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T < 1 \text{ año}}$$

Donde *N* representa el número de vehículos y *T* es el periodo de tiempo. Obteniéndose así:

#### 1. Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

Se define como el número de vehículos que pasan por un determinado punto de una vía en un periodo de una semana continua y se representa mediante la siguiente expresión:

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{veh/día} \quad (2.1)$$

#### 2. Tráfico Promedio Diario Mensual (TPDM)

Consiste en el número de vehículos que pasan por un determinado punto de una vía en un periodo de un mes, su valor se halla representado mediante la siguiente expresión:

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad \text{veh/día} \quad (2.2)$$

### 3. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Representa el tránsito total que circulará por la carretera durante un año dividido por 365, es decir representa el volumen de tránsito promedio por día (MOP, 2003). Este valor se encuentra definido mediante la siguiente expresión:

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad \text{veh/día} \quad (2.3)$$

## 2.2. Aforos Vehiculares

La determinación del volumen de tránsito es parte fundamental para la evaluación y diseño de carreteras, puesto que su sobreestimación podría producir un sobredimensionamiento de las mismas y por ende ocasionará pérdidas económicas, por otro lado, la subestimación del tráfico dará como resultado un deficiente nivel de servicio en la carretera; por lo que será necesario recolectar la información más precisa posible (Ha & Oh, 2014). Para la obtención del volumen de tráfico se cuenta con dos métodos como son el manual y el automático.

### 2.2.1. Aforos Manuales

Los conteos manuales tuvieron una gran acogida dentro de la década de 1930, generando desde entonces importantes aportes dentro del área de tránsito y transporte (Albright, 1991). A través de este método es posible obtener aquellos datos que no pueden ser obtenidos por otros tipos de procedimientos; como por ejemplo, permite clasificar a los vehículos por tipo, la distribución de movimientos, entre otros parámetros.

Este tipo de aforos deben ser realizados por personal debidamente capacitado para el levantamiento de información, puesto que, a través de estos conteos se obtiene una representación más detallada del tráfico, tanto motorizado como no motorizado. Estos tipos de levantamiento de información permiten obtener los siguientes parámetros de valoración (M de Cuenca, 2014):

- La variación temporal del volumen de tráfico clasificado en livianos, buses, camiones (con diferente número de ejes) y motos; para cada vía de una determinada intersección.
- Un registro de giros que realizan los diferentes tipos de vehículos en una determinada intersección.
- La variación temporal del volumen de peatones que atraviesan las diferentes aproximaciones de una intersección, distinguiendo los grupos de atención prioritaria como niños, adultos mayores y personas con discapacidad.
- La variación temporal del volumen de bicicletas que se aproximan a una intersección.





A través de esta información es posible realizar proyecciones de variación de la demanda de tráfico motorizado, que permiten dimensionar e identificar las medidas requeridas para un adecuado diseño y gestión de tráfico.

### 2.2.2. Aforos Automáticos

Los métodos de aforos automáticos, representan la mejor forma de recolección de información vehicular (sin clasificar), pues permiten la obtención de volúmenes de tráfico continuos con una mayor exactitud y precisión durante largos periodos de tiempo, y a pesar de que no es posible obtener la clasificación y distribución de los movimientos vehiculares en muchos de estos métodos, estos tipos de aforos son empleados como estaciones maestras para la determinación de factores de ajuste de tráfico.

## 2.3. Ajuste de volúmenes de tráfico

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser estudiados como eventos dinámicos, por lo que únicamente son precisos para el periodo de duración de los conteos. Sin embargo, dado que sus variaciones son por lo general cíclicas y repetitivas, es posible obtener un conocimiento de sus características, para de esta manera, llegar a planificar aforos y relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar (Cal et al., 1994).

En este sentido, gracias a las variaciones cíclicas que presenta el tráfico se puede disponer entonces, de un patrón básico de volumen vehicular para determinadas carreteras con características similares de intensidad vehicular. Obteniéndose así, oscilaciones bastante periódicas dependiendo de la escala de tiempo (horario, diario, semanal, mensual y anual).

La unidad de medida del tráfico en una determinada sección de carretera es el volumen del Tráfico Promedio Diario Anual. El TPDA equivale al volumen vehicular medio diario correspondiente a un año calendario (MTOPI, 2013).

Entonces, para obtener el (TPDA) en un determinado punto de una carretera, es necesario disponer del volumen de vehículos que circulan por dicho punto durante un periodo de un año, esto mediante la ejecución de aforos continuos a lo largo de todo el año. Sin embargo, esto en muchos casos no es factible debido a cuestiones tanto económicas como de plazos, por lo que es necesario contar con estaciones maestras de aforos permanentes o periódicos que permitan determinar factores de ajuste o expansión, mismos que permitirán transformar un volumen vehicular de un aforo corto (inferior a 24 horas) de un día y mes específico a un volumen de tránsito promedio diario anual (Cal et al., 1994).

El TPDA se determina entonces a través de la siguiente expresión (MOP, 2003):

$$TPDA = T_a * F_h * F_d * F_s * F_m \quad (2.4)$$

Donde

$T_a$ : Trafico aforado

$F_h$ : Factor de ajuste horario

$F_d$ : Factor de ajuste diario

$F_s$ : Factor de ajuste semanal

$F_m$ : Factor de ajuste mensual

Actualmente debido a la falta de información en zonas inexploradas o menos desarrolladas, las estimaciones se llevan a cabo mediante comparaciones con carreteras consideradas similares, es decir, en muchas vías se emplean factores de ajuste de otras vías similares (MOP, 2003).

### 2.3.1. Factor de ajuste horario

Dentro de las variaciones horarias, la dinámica del tráfico tiende a ser estable entre los días laborables, pues la población presenta una movilidad casi habitual. Teniéndose así que en el sistema vial urbano de la ciudad de Cuenca (Figura 2.1), se observan variaciones bastantes cíclicas a lo largo del día, pudiendo observarse de esta manera tres periodos picos de tráfico: de 11:00 a 12:00 am, próximo a las 17:00 pm y de 18:00 a 19:00 pm.

Si bien estos picos de tráfico coinciden aproximadamente con las actividades cotidianas de la población, como lo son la pausa de medio día, el inicio de clases y jornada laboral (jornada vespertina) y el final de actividades, llama la atención que el pico que se esperaría en el inicio de la jornada laboral, mismo que bordearía a las 8:00 am no se pueda apreciar correctamente en la Figura 2.1.

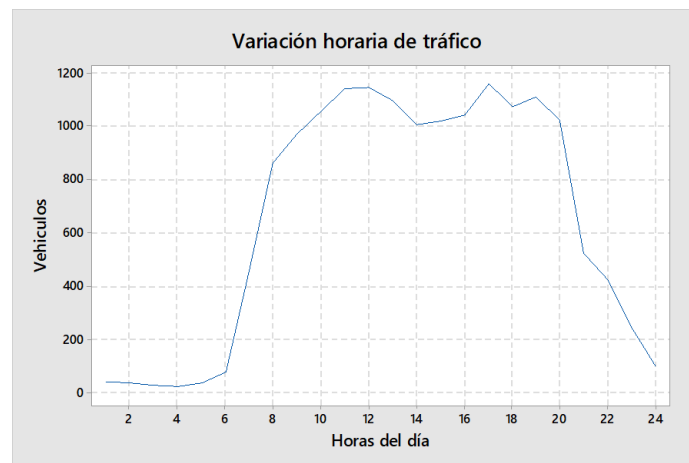


Figura 2.1: Variación horaria del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)

Los registros vehiculares inferiores a un día, se transforman a tráfico medio diario a través del factor de ajuste horario, el cual permite llevar un volumen horario a un volumen medio diario. Este factor es la razón entre un volumen histórico de tránsito diario (24 horas) y el tráfico aforado, el cual por lo general consiste en aforos de entre 12 a 14 horas de conteo continuo.

Estas 12 horas de conteo se realizan durante el periodo de 06:00 a 20:00, pues como se observa en la Figura 2.1, es durante este periodo donde se logra obtener la mejor variación del tráfico diario y por ende un mejor factor de ajuste diario, ya que si se realizara conteos en periodos diferentes al antes mencionado, se determinarían factores de ajuste altos, pues los periodos (00:00 – 12:00 y 12:00 – 24:00), entre otros, representan solo una parte de la variabilidad del tráfico diario.

El factor horario permite transformar un volumen horario a un volumen medio diario. Este factor se define de la siguiente manera:

$$F_h = \frac{TD}{TH} \quad (2.5)$$

Donde:

$F_h$ : Factor de ajuste horario

$TD$ : Tráfico Diario

$TH$ : Tráfico Horario (Tráfico aforado)

### 2.3.2. Factor de ajuste diario

La variación del volumen vehicular durante los periodos diarios se encuentra influenciados entre otros factores por el tipo de vía o carretera (agrícola, turística, comercial, urbana, entre otros.) (Cal et al., 1994).

En este contexto, de acuerdo a Cal y Mayor (1994), los volúmenes vehiculares entre semana son muy estables en tanto que los máximos o mínimos volúmenes se han registrado durante los fines de semana (dependiendo de la vía), esto debido a que, por lo general es en estos días en los que los usuarios emplean la vía como medio para realizar actividades de tipo turístico y recreacional. Otra variación importante en los volúmenes diarios tanto a nivel urbano como rural se presenta en fechas especiales como Navidad, Semana Santa, entre otras.

En la Figura 2.2 se muestra la variabilidad del tráfico diario en el área urbana de Cuenca, donde se puede apreciar claramente que, durante los días más cotidianos (lunes a jueves), el tráfico no presenta mucha variabilidad, en tanto que, al iniciar el fin de semana (viernes) el tráfico aumenta debido a que en el área urbana es donde se encuentran los centros de diversión, entre otros. Asimismo se puede observar que durante el fin de semana (sábado y domingo) existe una disminución del tráfico significativa, esto es debido a que la población realiza actividades recreacionales, reduciendo así el volumen de tráfico dentro del área urbana.

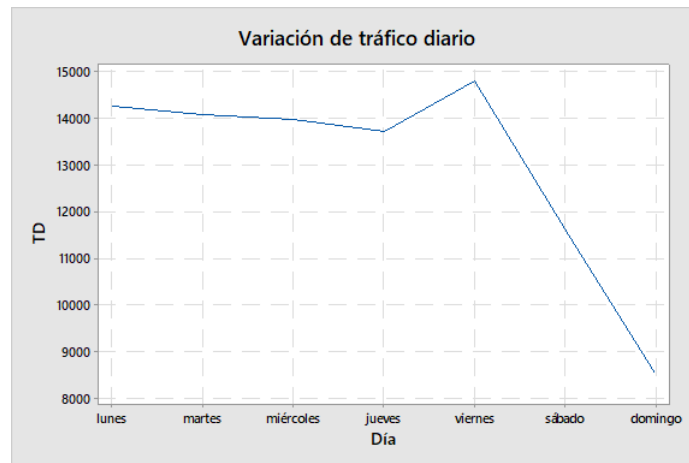


Figura 2.2: Variación diaria del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)

Dicho esto, es apropiado tener factores para cada uno de los días (laborables y fines de semana), puesto que el comportamiento del tráfico no es similar como ya se mencionó anteriormente, además de que, a medida que la unidad de factores se divide en mayor detalle, la precisión de estimación del TPDA mejora (Ah & Oh, 2014).

El factor de ajuste diario permite llevar el volumen de tráfico diario a un volumen de tráfico medio semanal y se obtiene de la relación entre el volumen promedio de vehículos de una determinada semana y el volumen diario de vehículos de la misma semana, pudiendo así, obtenerse factores de ajuste para cada día de la semana.

Este factor se determina a través de la siguiente expresión:

$$F_d = \frac{TPDS}{TD} \quad (2.6)$$

Donde:

$F_d$ : Factor de ajuste diario

$TPDS$ : Tráfico Promedio Diario Semanal

$TD$ : Tráfico Diario (Lunes, Martes, etc.)

### 2.3.3. Factor de ajuste semanal

De la misma forma existe una variación de tráfico semanal, pues como puede observarse en la Figura 2.3, existe una variabilidad semanal significativa del tráfico, y a pesar de que no existan valores para las semanas 18, 34, 38, 41, 47 y 48 en la estación siete, se pueden observar tráficos semanales máximos como por ejemplo en la semana cinco (feriado de febrero), semana 25 (verano), semana 36 (inicio de periodo lectivo en Cuenca), semana 45 (feriado de noviembre) y semana 52 (Navidad y Fin de año).

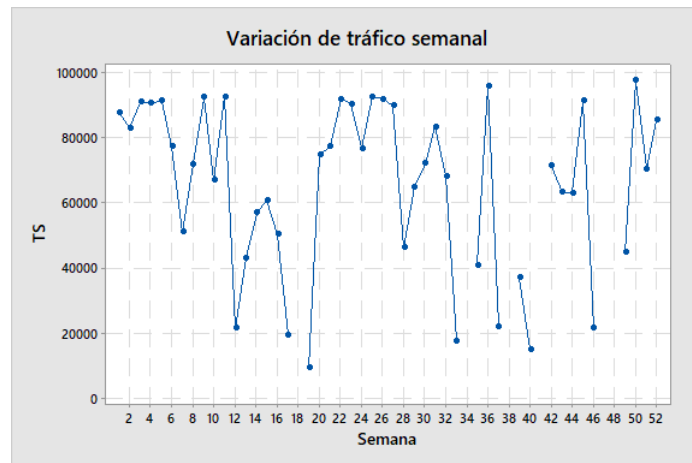


Figura 2.3: Variación semanal del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)

El factor de ajuste semanal, transforma un volumen semanal a un volumen promedio mensual. La determinación de este factor no es más que la razón entre el tráfico promedio diario anual y el tráfico promedio diario semanal, obteniéndose así 52 ( $365/7$ ) factores, mismos que corresponden a cada una de las semanas del año.

El factor de ajuste semanal queda definido mediante la ecuación siguiente:

$$F_s = \frac{TPDA}{TPDS} \quad (2.7)$$

Donde:

$F_s$ : Factor de ajuste semanal

$TPDA$ : Tráfico Promedio Diario Anual

$TPDS$ : Tráfico Promedio Diario Semanal

### 2.3.4. Factor de ajuste mensual

La variación del volumen vehicular también se genera en periodos mensuales, pues existen meses en los cuales se producen máximos o mínimos volúmenes de tráfico y al igual que en las variaciones diarias y semanales, estas dependen en gran medida del tiempo, es decir, para los meses con fechas importantes como por ejemplo diciembre, se tendrán volúmenes mayores y en tanto que para los otros meses (marzo, mayo, entre otros) se tendrá un volumen estable.

Pudiendo observarse en la Figura 2.4 la variación mensual del tráfico en el centro de la ciudad, donde se presentan tres valores picos correspondiente a los meses de enero (donde gran la población retoma sus actividades cotidianas), junio (inicio de verano) y diciembre (navidad).

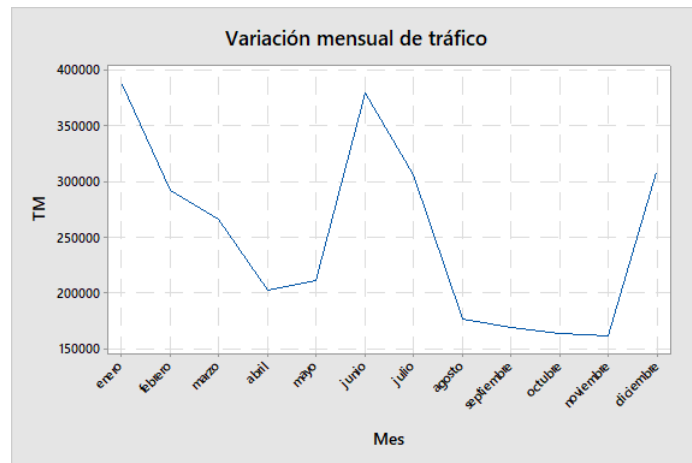


Figura 2.4: Variación mensual del tráfico en el centro de Cuenca (estación siete)

El factor de ajuste mensual permite transformar un volumen promedio mensual a un volumen de promedio anual y se obtiene mediante la relación entre el volumen promedio diario anual y el volumen de tráfico promedio mensual, su formulación se muestra enseguida.

$$F_m = \frac{TPDA}{TPDM} \quad (2.8)$$

Donde:

$F_m$ : Factor de ajuste mensual

$TPDA$ : Tráfico Promedio Diario Anual

$TPDM$ : Tráfico Promedio Diario Mensual

# Capítulo 3

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe la metodología empleada para determinar los factores de ajuste diario, semanal y mensual partiendo de la base de datos histórica de volúmenes de tráfico (2010 – 2015), asimismo, se indica la determinación de los factores de ajuste de acuerdo a la metodología actual o tradicional; se muestra también la metodología de estimación del TPDA utilizando los factores propuestos y factores tradicionales. Finalmente, se indica la metodología de estimación del error de estimación del TPDA.

### 3.1. La movilidad en Cuenca

La dinámica de movilidad está directamente relacionada con el uso y ocupación del suelo, de aquí que la movilidad dentro de la ciudad de Cuenca se encuentra asociada a motivos puntuales, esto debido a la ubicación espacial de los componentes generadores de viajes, como son los centros administrativos, laborales, educativos y de salud, entre otros; generando de esta manera la necesidad de movilidad cotidiana hacia el núcleo urbano por parte de los sectores territoriales urbanos y rurales.

De acuerdo al Plan de Movilidad (2014), los desplazamientos dentro del área urbana de la ciudad de Cuenca, presentan un total de 694 876 viajes con origen/destino dentro de esta área, donde el 25 % del total de viajes diarios es atraído por el Centro Histórico.

Por otro lado, en Cuenca a partir de la implementación del “Sistema de Gestión de Tráfico Adaptativo Centralizado” (2009), la ciudad dispone actualmente de 126 estaciones de registro ligadas a la central semafórica (105 en el centro y 21 en las periferias del centro), dichas estaciones han permitido obtener un registro histórico del comportamiento del tráfico diario en la ciudad. (M de Cuenca, 2014)

Mediante estos aforos se cuenta con información más detallada de las variaciones que presentan los volúmenes diarios de tránsito motorizado sin clasificar en cada una de las intersecciones estudiadas.

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Volumen vehicular

Para la determinación de los factores de ajustes de tráfico se utilizó la base datos históricos de aforos vehiculares diarios (no clasificados) de 126 estaciones de conteo o intersecciones ubicadas dentro del Centro Histórico (105 estaciones delimitadas por las siguientes vías: al norte la Av. Héroes de Verdeloma, al sur la Av. 12 de Abril, al este la Av. Huayna Capac y al oeste la calle Juan Montalvo) y en las periferias del mismo (21 estaciones ubicadas en las Avenidas: Fray Vicente Solano, Remigio Crespo, España y de las Américas); dichos aforos han sido realizados mediante contadores automáticos continuos durante un periodo de tiempo igual a cinco años y han sido proporcionados por la Unidad Municipal de tránsito y transporte (UMT) de la ciudad de Cuenca.

En la Figura 3.1 se indica la disposición de los contadores en la intersección 23 ubicada en entre las calles Tarqui y Gaspar Sangurima.

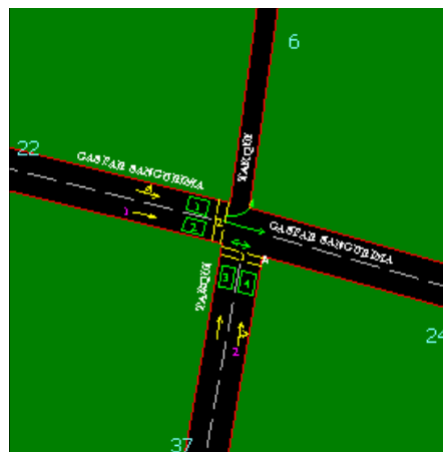


Figura 3.1: *Intersección 23 (Gaspar Sangurima y Tarqui)*

La ubicación de las intersecciones se muestra en los Anexos.

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Proceso de la información

La base de datos disponible para el estudio consta de datos entre los años 2010 - 2015 y los resultados extraídos de los contadores<sup>1</sup> automáticos se encuentran en formato de texto (txt), por lo que es necesario realizar el proceso de los mismos para así contar con

<sup>1</sup>Por intersección existen entre (1 - 4) contadores o archivos de información, dependiendo de la intersección



una base de datos sobre la cual sea posible trabajar y realizar el estudio de una manera más eficiente. En la Figura 3.2 se muestra la información obtenida de los contadores.

TF\_00007.txt: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Site: 7 Sábado, 1 Enero 2011 Traffic Flow filename:CUENCA\_20110101.VS

Saturday, 01 January 2011

Approach 1, Detectors: 1-2

	00:	01:	02:	03:	04:	05:	06:	07:	08:	09:	10:	11:
:15	15	32	24	14	6	5	11	30	76	72	69	75
:30	18	28	28	10	9	7	16	46	55	74	90	67
:45	33	26	17	6	7	8	4	68	73	58	60	80
:60	29	17	13	11	7	9	35	38	78	101	82	93
Hourly Total	95	103	82	41	29	29	66	182	282	305	301	315
AM Total:	1830	AM peak	320	09:45 - 10:45								
	12:	13:	14:	15:	16:	17:	18:	19:	20:	21:	22:	23:
:15	100	67	66	54	75	69	77	76	76	33	31	21
:30	66	65	59	59	61	89	57	64	47	31	21	7
:45	75	50	49	69	67	78	72	48	33	35	14	14
:60	69	70	61	57	59	62	99	66	39	27	13	12
Hourly Total	310	252	235	239	262	298	305	254	195	126	79	54
PM Total:	2609	PM peak	311	18:30 - 19:30								
Daily Total	4439											

Figura 3.2: Información sin procesar del contador 1-2 de la intersección siete (01/01/11)

Para llevar a cabo este trabajo se ha empelado el software Matlab, mediante el cual se ha realizado la codificación para realizar el proceso de los datos de una manera más eficiente y segura.

Los volúmenes de tráfico han sido agrupados de manera anual para todos los contadores de cada intersección, es decir, los datos se encuentran conformando una matriz de volúmenes de tráfico por día del año en todas las direcciones de la intersección y en periodos de 15 minutos. En la Tabla 3.1 se muestra un ejemplo de la información ya procesada de los contadores para el año 2011.

Tabla 3.1: Ejemplo de datos procesados para el año 2011

Año	Mes	Día	Día	Intersección	C1 0:0 -0:15	C1 0:15 -0:30	...	C4 23:45 -23:60
2011	Enero	Sábado	1	7	15	18	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	8	9	30	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	9	11	28	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	12	9	26	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	13	9	15	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	14	11	22	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	15	15	21	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	17	7	23	...	N/A
2011	Enero	Sábado	1	18	18	41	...	24
2011	Enero	Sábado	1	23	4	8	...	N/A
:	:	:	:	:	:	:	...	:
2011	Diciembre	Sábado	31	239	104	87	...	N/A

### 3.3.2. Determinación de datos no registrados

Todo trabajo realizado está sujeto a cometer errores durante su ejecución, sin importar si el mismo ha sido realizado de manera manual o automática. De esta manera, en la base de datos de aforos vehiculares diarios existen datos que no han sido registrados, esto por razones como daños en los equipos, daños eléctricos que interrumpen el conteo, entre otros factores que no han permitido realizar un registro continuo de información.

De esta manera en la Tabla 3.2 se muestra el porcentaje<sup>2</sup> medio de datos no registrados de las 126 estaciones de conteo para cada año de estudio.

Tabla 3.2: *Porcentaje medio de datos no registrados por año*

2010	2011	2012	2013	2014	2015
48 %	35 %	45 %	53 %	68 %	83 %

Como puede observarse para el año 2014 y 2015 existe una gran cantidad de datos sin registrar; sin embargo, se cuenta con una información de tráfico de cinco años, en la cual, se dispone con al menos una semana completa para cada mes de los años de estudio, lo cual permite establecer una variabilidad tanto diaria como semanal; y puesto que, de acuerdo a Albright (1991) para áreas urbanas grandes, es posible considerar que los volúmenes diarios de los días laborables típicos pueden representar el tráfico promedio diario anual con una precisión del  $\pm 10\%$ , se puede considerar que los resultados del año 2015 no afectarían a los resultados finales.

### 3.3.3. Determinación del factor de ajuste diario

#### Factores propuestos

Como se mencionó en párrafos anteriores, los registros volumétricos no se encuentran completos, por lo que la determinación de los tráfico promedio diarios no se han calculado para días teóricos, es decir, no se han considerado semanas, meses y años completos, sino más bien, los tráfico promedios se han determinado en base a días existentes<sup>3</sup>, esto con el fin de reducir posibles errores en los resultados.

En la Tabla 3.3 se indica la metodología de cálculo para los factores diarios, tomando como ejemplo la intersección número siete (Vega Muñoz y General Torres) para el periodo de la segunda semana del mes de enero del año 2011.

Tabla 3.3: *Volúmenes diarios de la intersección siete (08/01/11 - 14/01/11)*

Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
08-Jan-11	09-Jan-11	10-Jan-11	11-Jan-11	12-Jan-11	13-Jan-11	14-Jan-11
12734	N/A	13980	14267	14477	14094	13265

<sup>2</sup>Los porcentajes de datos no registrados por intersección y año han sido calculados mediante la codificación en Matlab.

<sup>3</sup>Día en el cual existe un volumen diario completo de tráfico.

De acuerdo a la Tabla 3.3, se determinan los factores de ajuste diario mediante la Ecuación 2.6.

$$F_d = \frac{TPDS}{TD}$$
$$F_{d(\text{sábado})} = \frac{(12734 + \dots + 13265)/6}{12734}$$

$$F_{d(\text{sábado})} = 1,084$$

Puesto que la media se ve afectada por valores extremos, el valor del TPDS<sup>4</sup> se determina como el promedio de los seis días en los cuales existe información y no como el promedio para los siete días teóricos de la semana, es decir, solo se ha trabajado con datos existentes y no se ha realizado ningún trabajo para rellenar datos faltantes, esto con el propósito de realizar un trabajo solo con datos reales de tráfico.

De acuerdo a la misma metodología, en la Tabla 3.4 se muestran los resultados para cada uno de los días del ejemplo.

Tabla 3.4: Factores de ajuste diario para la intersección siete (08/01/11 - 14/01/11)

Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
08-Jan-11	09-Jan-11	10-Jan-11	11-Jan-11	12-Jan-11	13-Jan-11	14-Jan-11
1.084	N/A	0.987	0.967	0.953	0.979	1.041

Este procedimiento se ha realizado para todos los días del año e intersección, obteniéndose de esta forma 52 factores diarios para cada uno de los días de la semana y para cada una de las 126 intersecciones; sin embargo, al considerar un comportamiento cíclico a través de cada uno de los días de la semana respectivamente, se obtiene el valor medio de estos 52 factores; teniéndose así, un solo valor por día, por intersección y por año (2010 – 2015).

En base a estos resultados se procedió a calcular los factores únicos para la ciudad de Cuenca por año, estos factores representativos se muestran en la Tabla 3.5 y han sido determinados al agrupar las 126 intersecciones del estudio, lo cual se justifica por el hecho de que las estaciones se encuentran en su totalidad dentro del área urbana presentando así una variación similar del flujo vehicular.

De manera más específica los factores representativos para cada año corresponden al valor de la mediana de las 126 intersecciones, pues como ya se mencionó en párrafos anteriores, el no registro de información puede proporcionar valores extremos<sup>5</sup>, por lo que una mejor aproximación es asumir el valor central del conjunto de intersecciones, además de que, al obtener la mediana de las intersecciones, tanto las desviaciones estándar como los coeficientes de variación (CV) entre los resultados anuales son menores que las obtenidas al utilizar el valor medio de las intersecciones, reduciendo así la variación entre los resultados de cada año.

La variación del tráfico diario entre las intersecciones se muestra en los Anexos.

<sup>4</sup>Trafico Promedio Diario Semanal

<sup>5</sup>Valores producidos por fallas en los equipos.

Tabla 3.5: Factores de ajuste diario representativos por año

Año	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
2010	0.979	0.967	0.953	0.930	0.875	0.999	1.600
2011	0.970	0.982	0.946	0.933	0.937	0.992	1.524
2012	0.997	0.983	0.949	0.926	0.929	1.030	1.446
2013	0.976	1.005	0.935	0.919	0.906	1.006	1.585
2014	0.989	0.992	0.942	0.971	0.910	1.004	1.561
2015	0.993	0.997	0.986	0.909	0.864	0.985	1.559

### Factores tradicionales

Actualmente debido a la falta de información de tráfico, la determinación de los factores diarios se realiza mediante la utilización de un conteo automático histórico para un tiempo e intersección cualquiera, es decir, se emplea un aforo que puede o no estar de acuerdo al tiempo en el cual se esté realizando el estudio.

Con el objetivo de ejemplificar la metodología tradicional de cálculo para los factores de ajuste diario, se considerará el conteo automático histórico de la Figura 3.3. El cual corresponde a un conteo histórico de la intersección 194 (Av 12 de Abril y Av. Huayna Capac).

CONTEO AUTOMÁTICO DE TRÁFICO								
Calle principal:			Av. 12 de Abril		Calle Secundaria:		Av. Huayna Capac	
Estación:			194					
Fecha:			13/MAYO/2013 -19/MAYO/2013					
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
00:00-01:00	144	171	238	231	377	615	525	2301
01:00-02:00	68	63	142	193	276	452	464	1658
02:00-03:00	58	54	69	86	164	490	452	1373
03:00-04:00	70	65	64	74	96	310	273	952
04:00-05:00	104	79	83	87	140	173	159	825
05:00-06:00	228	227	219	220	231	239	137	1501
06:00-07:00	1070	1159	1087	1160	1181	537	302	6496
07:00-08:00	2481	2404	2477	2522	2481	1443	677	14485
08:00-09:00	2764	2592	2791	2793	2821	2052	183	15996
09:00-10:00	2590	2380	2517	2439	2661	2098	375	15060
10:00-11:00	2453	2492	2588	2479	2569	2228	329	15138
11:00-12:00	2370	2575	2467	2496	2784	2304	334	15330
12:00-13:00	2413	2408	2569	2538	2764	2088	278	15058
13:00-14:00	2357	2392	2507	2498	2822	2026	1270	15872
14:00-15:00	2297	2268	2270	2411	2521	1759	1330	14856
15:00-16:00	2715	2802	2581	2653	2778	1817	1399	16745
16:00-17:00	2746	2521	2443	2537	3152	1865	1399	16663
17:00-18:00	2578	2558	2421	2500	2710	1799	1309	15875
18:00-19:00	2653	2775	2576	2755	2420	1758	1432	16369
19:00-20:00	2125	2190	2148	2250	2361	1605	1310	13989
20:00-21:00	1572	1513	1745	1734	2135	1548	1079	11326
21:00-22:00	1079	1237	1244	1398	1780	1425	812	8975
22:00-23:00	727	783	904	1097	1476	1185	509	6681
23:00-24:00	340	397	480	567	924	805	290	3803
<b>TOTAL</b>	<b>38002</b>	<b>38105</b>	<b>38630</b>	<b>39718</b>	<b>43624</b>	<b>32621</b>	<b>16627</b>	<b>247327</b>

Figura 3.3: Conteo automático de tráfico, Cuenca – 2013 (J. Flores, 2016)

Los factores de ajuste diario se desarrollan mediante la Ecuación 2.6, como se muestra a continuación:

$$F_d = \frac{TPDS}{TD}$$

$$F_{d(Lunes)} = \frac{247327/7}{38002}$$

$$F_{d(Lunes)} = 0,930$$

Los valores mostrados en la Tabla 3.6 corresponden a los factores diarios tradicionales para el año 2013.

Tabla 3.6: *Factores de ajuste diario de acuerdo al conteo histórico del año 2013*

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
0.930	0.927	0.915	0.890	0.810	1.083	2.125

### 3.3.4. Determinación del factor de ajuste semanal

#### Factores propuestos

La determinación del factor de ajuste semanal se ha determinado en base al tráfico promedio diario semanal (TPDS) correspondiente a las 52 semanas del año y al promedio diario anual (TPDA).

En la Tabla 3.7, se muestra la determinación de los factores de ajuste semanal para la intersección número siete durante el año 2011.

El Trafico Promedio Diario Anual se determinó como el promedio de tráfico diario a lo largo del año en base solamente a los días existentes, de esta manera el TPDA para el año 2011 para la intersección siete es de 12 746 vehículos por día.

Tabla 3.7: *Trafico Promedia Diario Semanal de la intersección siete (2011)*

TS. 1	TS. 2	TS. 3	TS. 4	TS. 5	...	TS. 52
87374	82817	90733	90573	91226	...	85154
Días registrados						
7	6	7	7	7	...	7
TPDS. 1	TPDS. 2	TPDS. 3	TPDS. 4	TPDS. 5	...	TPDS. 52
12482	13803	12961	12939	13032	...	12165

Aplicando la Ecuación 2.7 se tiene:

$$F_s = \frac{TPDA}{TPDS}$$

$$F_{s(semanal)} = \frac{12\,746}{12\,482}$$

$$F_{s(\text{semana1})} = 1,021$$

En la Tabla 3.8 se muestran los factores semanales para la intersección siete del 2011.

Tabla 3.8: *Factores de ajuste semanal para la intersección siete (2011)*

Fs. 1	Fs. 2	Fs. 3	Fs. 4	Fs. 5	...	Fs. 52
1.021	0.923	0.983	0.985	0.978	...	1.048

Al realizar los cálculos para todas las intersecciones, se ha obtenido un total de 6 552 (52 \* 126) factores semanales por año, de donde, al igual que en los factores de ajuste diario propuestos se obtuvo 52 factores semanales representativos para la ciudad por año, esto a través de la obtención del valor central de entre todas intersecciones. En la Tabla 3.9 se indican los factores semanales para el año 2011.

Tabla 3.9: *Factores semanales – 2011*

Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs
1	1.047	11	0.962	21	0.991	31	1.019	41	N/A	51	0.954
2	0.935	12	1.199	22	0.981	32	1.063	42	0.884	52	1.049
3	0.983	13	0.893	23	0.969	33	1.405	43	1.007	N/A	N/A
4	0.975	14	0.984	24	0.975	34	N/A	44	0.944	N/A	N/A
5	0.960	15	1.024	25	0.971	35	0.948	45	0.990	N/A	N/A
6	0.994	16	0.990	26	0.959	36	0.974	46	1.193	N/A	N/A
7	1.002	17	1.321	27	0.987	37	1.193	47	N/A	N/A	N/A
8	0.889	18	N/A	28	1.083	38	N/A	48	N/A	N/A	N/A
9	0.961	19	1.489	29	0.939	39	1.075	49	0.871	N/A	N/A
10	1.263	20	0.882	30	1.032	40	0.902	50	0.950	N/A	N/A

La variación del tráfico semanal entre las intersecciones y los factores de ajuste semanal por año (2010, 2012, 2013, 2014 y 2015) se muestra en los Anexos.

## Factores tradicionales

La estimación del tráfico semanal desde hace tiempo se ha determinado con la relación entre el número de semanas<sup>6</sup> que posee cada mes y el número de semanas base. Donde el número de semanas base se consigue al tomar como representativo al mes de Febrero, mismo que posee 28 días, determinándose así un número de semanas base igual a cuatro (28/7).

De esta manera se muestra el cálculo del factor semanal para el mes de enero, el cual tiene 31 días.

$$F_{s(\text{enero})} = \frac{31/7}{4}$$

$$F_{s(\text{enero})} = 1,107$$

<sup>6</sup>Siendo el número de semanas, el total de días del mes correspondiente dividido entre siete.



De la misma manera se determinan los factores de ajuste semanal para cada mes del año, estos valores se muestran en el capítulo de Resultados.

### 3.3.5. Determinación del factor de ajuste mensual

#### Factores propuestos

El cálculo del factor de ajuste mensual se determinó como la razón entre el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y el Tráfico Promedio Diario Mensual TPDM<sup>7</sup> de acuerdo a la Ecuación 2.8.

Tomando como ejemplo la intersección siete (Vega Muñoz y General Torres) a continuación realiza el cálculo del factor mensual para el año 2011, donde se tiene un TPDA de 12 746 vehículos por día.

$$F_m = \frac{TPDA}{TPDM}$$

$$F_{m(enero)} = \frac{12\,746}{12\,887}$$

$$F_{m(enero)} = 0,989$$

En la Tabla 3.10 se muestran los factores mensuales para la estación siete del año 2011.

Tabla 3.10: *Factor mensual para la intersección siete (2011)*

Mes	TM	Días registrados	TPDM (veh/día)	Fm
Enero	386613	30	12887	0.989
Febrero	291306	22	13241	0.963
Marzo	265475	22	12067	1.056
Abril	202148	16	12634	1.009
Mayo	210489	16	13155	0.969
Junio	379170	29	13074	0.975
Julio	305887	25	12235	1.042
Agosto	176258	15	11750	1.085
Septiembre	168611	13	12970	0.983
Octubre	163447	12	13620	0.936
Noviembre	161251	13	12403	1.028
Diciembre	308289	23	13403	0.951

Al igual que los apartados anteriores, los factores mensuales para cada año han sido determinados al tomar la mediana de las intersecciones. De esta manera en la Tabla 3.11 se muestran los factores mensuales representativos de cada año.

<sup>7</sup>Los promedios se han determinado solo para el número de días existentes a través de la codificación en Matlab

La variación del tráfico mensual entre las intersecciones se muestra en los Anexos.

Tabla 3.11: *Factores de ajuste mensual por año*

Mes / Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	N/A	0.993	1.023	0.962	0.965	0.959
Febrero	N/A	0.961	1.025	1.085	0.964	0.974
Marzo	N/A	1.041	0.980	1.003	0.961	0.951
Abril	1.029	1.015	0.981	0.986	0.946	0.936
Mayo	0.988	0.994	0.945	0.957	0.965	0.944
Junio	0.931	0.962	0.936	0.965	0.978	0.949
Julio	1.022	1.021	0.988	1.022	1.007	1.030
Agosto	1.046	1.038	1.076	1.048	1.067	1.059
Septiembre	1.001	1.025	0.972	0.986	0.972	N/A
Octubre	0.967	0.935	0.971	0.966	0.953	N/A
Noviembre	0.998	1.009	0.969	0.966	1.001	N/A
Diciembre	1.002	0.972	0.976	0.942	1.071	N/A

Cabe aclarar que los factores de ajuste diarios, semanales y mensuales propuestos por el estudio han sido determinados para cada uno de los años entre el 2010 – 2015 siguiendo la metodología anterior, a través de la codificación en Matlab.

### Factores tradicionales

Debido a la falta de conteos o aforos volumétricos de tráfico durante periodos mensuales, la determinación de los factores mensuales tradicionales se realiza a través de la información del consumo de combustible; para el caso práctico se dispone de los datos del dispendio de combustibles para la provincia del Azuay entre los años 2010 – 2014 proporcionada por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH). En los cálculos siguientes se expone la determinación de los factores mensuales correspondientes al año 2011.

Tabla 3.12: *Consumo de combustible en el Azuay – 2011 (ARCH)*

Mes	87 Octanos	92 Octanos	Diésel Premium	Total
Enero	3,108,357	598,469	1,877,398	5,584,224
Febrero	3,063,078	572,101	1,784,526	5,419,705
Marzo	3,426,482	687,984	2,023,076	6,137,542
Abril	3,193,750	612,783	1,972,132	5,778,665
Mayo	3,368,485	634,773	2,170,014	6,173,272
Junio	3,359,469	635,890	2,244,556	6,239,915
Julio	3,300,330	645,187	2,215,557	6,161,074
Agosto	3,311,189	705,688	666,832	4,683,709
Septiembre	3,369,206	664,767	N/A	4,033,973
Octubre	3,465,957	656,824	897,369	5,020,150
Noviembre	3,352,033	665,694	2,400,122	6,417,849
Diciembre	3,712,254	704,190	2,845,181	7,261,625
Total	40,030,590	7,784,350	21,096,763	68,911,703

El factor de ajuste mensual en este caso se obtiene como la razón entre el promedio mensual de consumo de combustible al año y el consumo total del mes correspondiente, como ejemplo se determina el factor de ajuste para el mes de enero.



$$F_{m(\text{enero})} = \frac{68\,911\,703/12}{5\,584\,224}$$

$$F_{m(\text{enero})} = 1,028$$

En la Tabla 3.13 se muestran los factores mensuales tradicionales para el año 2011.

Tabla 3.13: *Factores mensuales tradicionales – 2011*

Mes	Fm
Enero	1.028
Febrero	1.060
Marzo	0.936
Abril	1.994
Mayo	1.930
Junio	1.920
Julio	0.932
Agosto	1.226
Septiembre	1.424
Octubre	1.144
Noviembre	0.895
Diciembre	0.791

### 3.3.6. Intervalos de confianza

En muchos casos, la determinación de una estimación puntual no es capaz de proporcionar la información suficiente a cerca de un parámetro o evento, por tanto, es necesario contar con un rango o intervalo dentro del cual se podría encontrar el verdadero valor que represente a la variable (Montgomery et al., 2003). Este intervalo se conoce como intervalo de confianza y se encuentra definido como se muestra a continuación:

$$l < \mu < u$$

Donde:

$l$ : Limite inferior del intervalo

$\mu$ : Media muestral

$u$ : Limite superior del intervalo

Los límites para el intervalo de confianza quedan definidos mediante las expresiones siguientes (Montgomery et al., 2003):

$$x - z_{\alpha/2} * \frac{\delta}{\sqrt{n}} < \mu < x + z_{\alpha/2} * \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad (3.1)$$



Donde:

$x$ : Media muestral

$z_{\alpha/2}$ : Para niveles de confianza del 90 % y 95 % toma los valores de 1.64 y 1.96 respectivamente.

$\delta$ : Desviación estándar

$n$ : Número de muestras

### 3.3.7. Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA

La determinación del Tráfico Promedio Diario Anual se define como el producto entre un volumen de tráfico obtenido de un aforo continuo y los factores de ajuste correspondientes al día, semana y mes en el cual ha sido realizado el aforo.

Para los cálculos siguientes se considerarán los volúmenes de tráfico diario existentes para cada uno de los años entre el 2010 y 2015. Por otra parte y debido a la gran cantidad de intersecciones con las que se dispone para el estudio, se han considerado a medida de ejemplo para la determinación del TPDA, aquellas que han sido obtenidas mediante el comando “Aleatorio” de Excel, con lo cual se ha obtenido una intersección al azar de entre grupos de cada 10 intersecciones. Se han considerado estos grupos de diez intersecciones, con el objetivo de asegurar que, dentro de las intersecciones a ser objeto de ejemplo de cálculo, se encuentren por lo menos dos intersecciones de las avenidas (solo existen 21 estaciones en las avenidas y estas se encuentran en el último grupo de la 126 estaciones).

Dicho esto, se ha establecido 13 intersecciones en la cuales se realizará la estimación del TPDA a través de las dos metodologías, estas intersecciones se muestran en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14: *Intersecciones aleatorias para la determinación del TPDA*

Intersección	Ubicación
8	Vega Muñoz y Padre Aguirre
25	Gaspar Sangurima y Padre Aguirre
38	Mariscal Lamar y General Torres
43	Mariscal Lamar y Hermano Miguel
59	Gran Colombia y Mariano Cueva
70	Simón Bolívar y Benigno Malo
85	Mariscal Sucre y Luis Cordero
90	Mariscal Sucre y Tomás Ordoñez
107	Juan Jaramillo y Benigno Malo
111	Juan Jaramillo y Mariano Cueva
126	Calle Larga y Benigno Malo
177	Av. 12 de Abril y Unidad Nacional
239	Av. España y Sebastián Benalcazar

## Estimación mediante factores propuestos

Como se ha descrito en párrafos anteriores, la estimación del TPDA se realizó a partir de volúmenes de tráfico diarios existentes para cada uno de los años; entonces el cálculo del TPDA se determinó mediante la siguiente expresión:

$$TPDA = T_d * F_d * F_s * F_m \quad (\text{veh/día}) \quad (3.2)$$

Donde  $T_d$  es el volumen de tráfico diario.

Para ejemplificar estos cálculos, a continuación se realiza la estimación del TPDA para el día domingo 11/04/2010 de la intersección ocho (Vega Muñoz y Padre Aguirre), la cual de acuerdo a los conteos automáticos se han registrado 8 862 vehículos para ese día. De acuerdo a esto se tiene:

$F_d$  para el día domingo (1.546)

$F_s$  para la semana 15 (segunda semana de abril) (0.999)

$F_m$  para el mes de abril (0.982)

$$TPDA = 8862 * 1,546 * 0,999 * 0,982$$

$$TPDA = 13441 \quad (\text{veh/día})$$

De la misma manera se procede a estimar los valores de TPDA para cada uno de los volúmenes de tráfico diarios existentes en los respectivos años y para cada intersección de la Tabla 3.14 y por año.

### Error absoluto de estimación

Puesto que los resultados obtenidos durante el cálculo del TPDA mostrarán un error de estimación con respecto al TPDA real<sup>8</sup>, se plantea una medida que cuantifique la dispersión entre los mismo, esta variación se define mediante el error absoluto de estimación.

El error absoluto que se muestra a continuación consiste en el volumen adicional en valor absoluto con el cual ha sido realizada la estimación del TPDA con respecto al TPDA real para cada uno de los días existentes. Obteniéndose de esta forma las siguientes expresiones:

$$E(\%) = 100 * \frac{|TPDA_{\text{real}} - TPDA_{\text{Prop}}|}{TPDA_{\text{real}}} \quad (3.3)$$

Donde el  $TPDA_{\text{Prop}}$  representa al valor estimado de acuerdo a los factores propuestos.

$$E(\%) = 100 * \frac{|TPDA_{\text{real}} - TPDA_{\text{Trad}}|}{TPDA_{\text{real}}} \quad (3.4)$$

---

<sup>8</sup>El TPDA real se calculó como la media de volúmenes diarios existentes durante un determinado año.



Donde el  $TPDA_{\text{Trad}}$  representa al valor estimado de acuerdo a los factores tradicionales.

Continuando con el ejemplo de la intersección ocho, enseguida se muestra la determinación del error de estimación que se obtiene al emplear los factores de ajuste propuestos.

De acuerdo a los registros automáticos se ha determinado un TPDA real para el año 2010 correspondiente a la intersección ocho de 11894 (veh/día).

$$E(\%) = 100 * \frac{|11\,894 - 13\,441|}{11\,894}$$

$$E(\%) = 13,0\%$$

### Estimación mediante factores de ajuste tradicionales

La estimación del TPDA con los factores tradicionales se realizó de acuerdo al mismo procedimiento empleado para los factores propuestos. Para la misma intersección del método propuesto se tiene:

$F_d$  para el día domingo (2.125)

$F_s$  para las semanas de abril (1.071)

$F_m$  para el mes de abril (1.025)

$$TPDA = 8862 * 2,125 * 1,071 * 1,025$$

$$TPDA = 20\,673 \quad (\text{veh/día})$$

### Error absoluto de estimación

A si también, de acuerdo a la Ecuación 3.4 se tiene el siguiente error absoluto de estimación para los factores tradicionales.

$$E(\%) = 100 * \frac{|11\,894 - 20\,673|}{11\,894}$$

$$E(\%) = 73,8\%$$

### 3.3.8. Validación de resultados

La validación de los factores de ajuste se ha realizado en función del error absoluto máximo y absoluto medio de estimación que produce cada metodología (propuesta y tradicional); estos valores se muestran en el capítulo de Resultados.

# Capítulo 4

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

En este capítulo se indican los factores de ajuste de tráfico únicos o representativos para la ciudad de Cuenca de acuerdo a la investigación realizada, así como también se muestran los factores de ajuste de acuerdo a la metodología tradicional. Asimismo, se muestran los resultados de la estimación del TPDA utilizando los factores propuestos y los factores tradicionales y finalmente se expone una comparación entre los resultados obtenidos por cada metodología.

### 4.1. Factor de ajuste diario

#### Factores propuestos

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 3.5, se observa que los valores calculados para cada año, no presentan mucha variación, por lo que se puede asumir un comportamiento casi cíclico a través de los años; dicho esto, los factores de ajuste diario propuestos para la ciudad de Cuenca se han obtenido a través del valor medio de todos los años. Estos resultados se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: *Factores de ajuste diario propuestos, desviación estándar y coeficiente de variación*

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
$F_d$	0.984	0.988	0.952	0.931	0.904	1.003	1.546
$\delta$	0.010	0.013	0.018	0.021	0.029	0.015	0.055
$CV$	1.0%	1.3%	1.9%	2.3%	3.2%	1.5%	3.6%

Albright (1991) en su investigación sobre la historia de la estimación y evaluación de las estadísticas de volumen de tráfico anual, indica que las estimaciones de los tráficos promedios diarios medidos con desviaciones estándar entre 10 % y 12 % o en su caso para coeficientes de variación de no más de  $\pm 10\%$  presentan resultados satisfactorios para carreteras con volúmenes diarios superiores a los 500 vehículos; por lo que los resultados presentados en la Tabla 4.1 se consideran aceptables.

## Intervalos de confianza

De acuerdo a la Ecuación 3.1, se han determinado los rangos o intervalos con un 95 % de confianza para los factores de ajuste diario propuestos. Los resultados se indican en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: *Intervalos de confianza (95 %) para los factores de ajuste diario propuestos*

Límite	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<i>Inf.</i>	0.982	0.985	0.948	0.927	0.898	1.000	1.535
<i>Med.</i>	0.984	0.988	0.952	0.931	0.904	1.003	1.546
<i>Sup.</i>	0.986	0.990	0.955	0.935	0.909	1.006	1.556

## Factores tradicionales

Siguiendo el proceso de cálculo para los factores diarios tradicionales, indicada en el capítulo anterior, se han determinado los factores tradicionales para cada año en base a los aforos<sup>1</sup> correspondientes a la intersección y años que se indican en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: *Factores de ajuste diario tradicionales de acuerdo a conteos históricos*

Intersección	Año	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>194</b>	2010	1.328	0.857	0.866	0.898	0.821	1.038	1.589
<b>194</b>	2011	0.940	0.93	0.893	0.926	0.852	1.084	1.771
<b>194</b>	2012	0.917	0.956	0.918	0.906	0.851	1.034	1.896
<b>194</b>	2013	0.930	0.927	0.915	0.890	0.810	1.083	2.125
<b>194</b>	2014	0.932	0.91	0.885	0.882	0.842	1.107	2.112
<b>132</b>	2015	0.922	0.936	0.943	0.931	0.867	1.088	1.562

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 4.2 y Tabla 4.3, se puede notar que para los días laborables (lunes a viernes) los factores diarios propuestos presentan valores mayores a los factores tradicionales, no siendo así para el caso de los fines de semana (sábado y domingo), en los cuales los factores tradicionales son mayores a los factores propuestos.

Esto debido a que los factores tradicionales por año son obtenidos en base a un solo conteo para una determinada intersección (intersección 194: Avenida 12 abril y Huayna Capac e intersección 132: Avenida Huayna Capac y calle Larga), las cuales presentan aproximadamente un Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS) de 38 000 vehículos, asimismo, presenta un tráfico promedio de días laborables de 41 800 vehículos y un tráfico promedio para el fin de semana de 28 600 vehículos; provocando de esta manera, factores menores durante los días laborables (mayor tráfico) y factores de ajuste altos para los fines de semana (tráfico bajo). Sin tener en consideración que los factores diarios tradicionales no representan la variabilidad del tráfico diario que existe entre semanas y meses del año.

<sup>1</sup>Los aforos utilizados para determinar estos factores se han obtenido de los registros históricos disponibles para el estudio.

## 4.2. Factor de ajuste semanal

### Factores propuestos

En el presente apartado se exponen los factores de ajuste semanal, mismos que, al igual que en el caso de los factores diarios se han determinado a través del valor medio de los factores semanales de todos los años de estudio. Los factores semanales propuestos se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4: *Factores de ajuste semanal propuestos*

Semana	$F_s$	Semana	$F_s$	Semana	$F_s$	Semana	$F_s$	Semana	$F_s$	Semana	$F_s$
1	1.018	11	0.976	21	0.962	31	0.988	41	0.955	51	0.938
2	0.942	12	1.038	22	0.934	32	1.062	42	0.949	52	1.157
3	1.092	13	1.040	23	0.920	33	1.339	43	0.989	N/A	N/A
4	1.021	14	0.922	24	0.963	34	1.032	44	1.020	N/A	N/A
5	0.936	15	0.999	25	0.969	35	1.113	45	0.968	N/A	N/A
6	1.228	16	0.986	26	0.972	36	0.966	46	1.061	N/A	N/A
7	1.001	17	1.098	27	1.000	37	1.037	47	0.921	N/A	N/A
8	1.005	18	1.047	28	1.033	38	0.967	48	1.071	N/A	N/A
9	0.985	19	1.030	29	1.152	39	1.032	49	0.931	N/A	N/A
10	0.982	20	0.954	30	1.013	40	0.943	50	0.954	N/A	N/A

Asimismo en la Tabla 4.5 y Tabla 4.6 se muestran los valores de las desviaciones estándar y los coeficientes de variación respectivamente.

Tabla 4.5: *Desviación Estándar de los factores semanales propuestos*

Semana	$\delta$	Semana	$\delta$	Semana	$\delta$	Semana	$\delta$	Semana	$\delta$	Semana	$\delta$
1	0.100	11	0.090	21	0.047	31	0.022	41	0.030	51	0.016
2	0.026	12	0.119	22	0.049	32	0.049	42	0.051	52	0.102
3	0.255	13	0.128	23	0.039	33	0.377	43	0.021	N/A	N/A
4	0.065	14	0.042	24	0.048	34	0.039	44	0.141	N/A	N/A
5	0.025	15	0.035	25	0.045	35	0.328	45	0.049	N/A	N/A
6	0.526	16	0.048	26	0.023	36	0.038	46	0.106	N/A	N/A
7	0.078	17	0.194	27	0.059	37	0.091	47	0.015	N/A	N/A
8	0.144	18	0.206	28	0.044	38	0.053	48	0.135	N/A	N/A
9	0.035	19	0.227	29	0.314	39	0.040	49	0.046	N/A	N/A
10	0.188	20	0.063	30	0.041	40	0.041	50	0.005	N/A	N/A

Tabla 4.6: *Coficiente de variación (%) para los factores semanales propuestos*

Semana	$CV$	Semana	$CV$	Semana	$CV$	Semana	$CV$	Semana	$CV$	Semana	$CV$
1	9.8	11	9.2	21	4.9	31	2.3	41	3.2	51	1.7
2	2.8	12	11.5	22	5.3	32	4.6	42	5.3	52	8.8
3	23.3	13	12.3	23	4.3	33	28.1	43	2.1	N/A	N/A
4	6.3	14	4.5	24	5.0	34	3.8	44	13.8	N/A	N/A
5	2.6	15	3.5	25	4.6	35	29.4	45	5.1	N/A	N/A
6	42.8	16	4.9	26	2.3	36	3.9	46	10.0	N/A	N/A
7	7.8	17	17.7	27	5.9	37	8.7	47	1.6	N/A	N/A
8	14.3	18	19.7	28	4.2	38	5.5	48	12.6	N/A	N/A
9	3.5	19	22.1	29	27.3	39	3.9	49	4.9	N/A	N/A
10	19.1	20	6.6	30	4.1	40	4.4	50	0.5	N/A	N/A

De acuerdo a la Tabla 4.6, los coeficientes de variación ( $CV$ ) expuestos, representan valores por debajo del 10% para 38 de las 52 semanas, con lo cual se entiende que las variaciones de los factores de ajuste semanal a lo largo de los años se mantienen constantes para estas semanas, proporcionando resultados satisfactorios.

Así también, se observa que existen 14 semanas que muestran valores de CV superiores al 10 %, la variabilidad significativa que existe entre estas semanas, podría ser ocasionada por la existencia de datos no registrados o debido a otros fenómenos como por ejemplo, reparaciones en la vías, el clima, entre otros, pues al igual que la media, la desviación estándar es susceptible a errores debido a valores extremos, provocando así la aparición de ciertos valores atípicos en los resultados; o en su contra-parte, esta variabilidad anual, podría ser una característica propia de las arterias viales estudiadas, por lo que se debería ampliar la base de información para corroborar estos supuestos.

### Intervalos de confianza

De acuerdo al procedimiento seguido para los factores de ajuste diario y al aplicar la Ecuación 3.1, se tienen los siguientes intervalos con un 95 % de confianza para los factores de ajuste semanal.

Tabla 4.7: Intervalos de confianza (95 %) para los factores de ajuste semanal propuestos

Semana	Inf.	Med.	Sup.	Semana	Inf.	Med.	Sup.
1	0.999	1.018	1.037	28	1.025	1.033	1.042
2	0.937	0.942	0.947	29	1.091	1.152	1.212
3	1.043	1.092	1.141	30	1.005	1.013	1.021
4	1.009	1.021	1.033	31	0.983	0.988	0.992
5	0.931	0.936	0.940	32	1.053	1.062	1.072
6	1.126	1.228	1.329	33	1.267	1.339	1.412
7	0.986	1.001	1.016	34	1.025	1.032	1.040
8	0.977	1.005	1.032	35	1.050	1.113	1.176
9	0.979	0.985	0.992	36	0.958	0.966	0.973
10	0.946	0.982	1.018	37	1.019	1.037	1.054
11	0.959	0.976	0.993	38	0.957	0.967	0.977
12	1.015	1.038	1.061	39	1.025	1.032	1.040
13	1.015	1.040	1.065	40	0.935	0.943	0.951
14	0.914	0.922	0.930	41	0.949	0.955	0.960
15	0.992	0.999	1.006	42	0.939	0.949	0.959
16	0.977	0.986	0.996	43	0.985	0.989	0.993
17	1.060	1.098	1.135	44	0.992	1.020	1.047
18	1.007	1.047	1.087	45	0.959	0.968	0.978
19	0.986	1.030	1.073	46	1.041	1.061	1.082
20	0.942	0.954	0.966	47	0.918	0.921	0.924
21	0.953	0.962	0.971	48	1.045	1.071	1.097
22	0.924	0.934	0.943	49	0.922	0.931	0.940
23	0.912	0.920	0.927	50	0.953	0.954	0.955
24	0.954	0.963	0.972	51	0.935	0.938	0.941
25	0.960	0.969	0.978	52	1.137	1.157	1.176
26	0.968	0.972	0.976	N/A	N/A	N/A	N/A
27	0.989	1.000	1.012	N/A	N/A	N/A	N/A

De acuerdo a la Tabla 4.7, a pesar de que existen altos valores de CV, los rangos entre los intervalos superior e inferior, se encuentran entre (0.002 y 0.098) para 49 de las 52 semanas, estos valores pueden ser causados por el amplio tamaño de la muestra sobre el cual se realiza el estudio, pues como ya se ha mencionado, se cuenta con cinco años de conteo para 126 intersecciones, lo cual reduce la incertidumbre en las estimaciones realizadas. Sin embargo, existen tres semanas con rangos significativos entre (0.13 y 0.20), las cuales pueden ser debidas a características propias de la vía.

### Factores tradicionales

De acuerdo a la metodología indicada anteriormente los resultados para los factores semanales tradicionales se muestran en la Tabla 4.8.



Tabla 4.8: *Factor de ajuste semanal tradicional*

Mes	Número de días	Número de Semanas	Fs
Enero	31	4.43	1.107
Febrero	28	4.00	1.000
Marzo	31	4.43	1.107
Abril	30	4.29	1.071
Mayo	31	4.43	1.107
Junio	30	4.29	1.071
Julio	31	4.43	1.107
Agosto	31	4.43	1.107
Septiembre	30	4.29	1.071
Octubre	31	4.43	1.107
Noviembre	30	4.29	1.071
Diciembre	31	4.43	1.107

Los factores semanales de la Tabla 4.8, se consideran constantes a lo largo de cualquier periodo mensual, pues como se indicó anteriormente estos son obtenidos en función del número de días que posee determinado mes, lo cual no representa mucha relación con el comportamiento del tráfico semanal que posee una carretera, pues a pesar de que se observe cierta periodicidad a lo largo de ciertas semanas, el comportamiento del tráfico semanal no necesariamente es constante durante periodos mensuales, ya que, al igual que existen días de la semana que presentan valores atípicos por cualquier motivo, así también existen semanas<sup>2</sup> que presentan volúmenes de tráfico irregulares a lo largo del mes y año.

### 4.3. Factor de ajuste mensual

#### Factores propuestos

Puesto que el objetivo de esta investigación, es la determinación de factores únicos para la ciudad de Cuenca, se ha realizado la agrupación de las 126 intersecciones y siguiendo el mismo procedimiento realizado para la determinación de los factores diarios y semanales, se ha obtenido la media de los resultados anuales (ver Tabla 3.11). Obteniéndose así los siguientes factores mensuales únicos para la ciudad.

Tabla 4.9: *Factores de ajuste mensual propuestos, desviación estándar y coeficiente de variación*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$F_m$	0.981	1.002	0.987	0.982	0.966	0.954	1.015	1.056	0.991	0.958	0.989	0.993
$\delta$	0.027	0.053	0.036	0.037	0.021	0.018	0.015	0.014	0.022	0.015	0.020	0.049
$CV$	2.8%	5.3%	3.7%	3.7%	2.2%	1.9%	1.5%	1.4%	2.2%	1.5%	2.0%	4.9%

De acuerdo a los valores tanto de las desviaciones estándar como de los CV presentados en Tabla 4.9, se concluye que al igual que en los factores diarios y semanales, los factores mensuales presentaran también estimaciones del TPDA satisfactorias para todas las intersecciones.

<sup>2</sup>Semanas atípicas como semana de Navidad, Semana Santa, Semanas de invierno en Cuenca (pues el clima puede también afectar significativamente el tráfico en una carretera).

## Intervalos de confianza

De acuerdo al análisis realizado para los factores diarios y semanales propuestos, se ha obtenido también los intervalos para los factores mensuales para un 95 % de confianza. Los intervalos de los factores mensuales para la ciudad de Cuenca se muestran en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10: *Intervalos de confianza (95 %) para los factores de ajuste mensual propuestos*

Límite	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Inf.</i>	0.975	0.991	0.980	0.975	0.962	0.950	1.012	1.053	0.987	0.955	0.985	0.983
<i>Med.</i>	0.981	1.002	0.987	0.982	0.966	0.954	1.015	1.056	0.991	0.958	0.989	0.993
<i>Sup.</i>	0.986	1.012	0.994	0.989	0.970	0.957	1.018	1.058	0.995	0.961	0.992	1.002

De lo expuesto en Tabla 4.10, se observa que los rangos entre los intervalos inferior y superior no son significativos, pues estos rangos, varían entre 0,006 y 0,02, lo cual no representa diferencia alguna entre tomar un valor inferior o superior, por lo tanto se podría asumir como factor mensual único al valor medio.

## Factores tradicionales

Siguiendo la metodología propuesta en el capítulo anterior y al realizar el proceso de información de los consumos de combustible para los años (2010 – 2014) se determinaron los factores mensuales tradicionales que se indican en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11: *Factores mensuales tradicionales de acuerdo al consumo de combustible del Azuay*

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>2010</b>	1.034	1.115	0.973	1.025	1.049	1.085	0.976	0.987	0.995	0.948	0.962	0.890
<b>2011</b>	1.028	1.060	0.936	0.994	0.930	0.920	0.932	1.226	1.424	1.144	0.895	0.791
<b>2012</b>	1.016	1.091	0.982	1.049	0.964	0.990	0.977	0.971	1.029	0.961	1.011	0.975
<b>2013</b>	1.008	1.099	1.009	1.005	0.966	1.059	0.967	0.983	1.016	0.958	0.980	0.969
<b>2014</b>	0.994	1.038	1.008	0.983	0.929	1.008	0.947	1.413	0.948	0.900	0.978	0.906
<b>2015</b>	0.994	1.038	1.008	0.983	0.929	1.008	0.947	1.413	0.948	0.900	0.978	0.906

De acuerdo a la Tabla 4.10 y Tabla 4.11, se puede observar una similitud entre los factores de ajuste para los meses de enero, marzo, abril, mayo, julio y noviembre; sin embargo, para los meses de febrero, junio, agosto, septiembre, octubre y diciembre se puede notar que los factores tradicionales son mayores a los factores propuestos, esto podría ser debido a que los factores tradicionales son determinados en base de un registro de combustible, el cual, si bien presenta una relación con el tráfico, no lo hace de una forma tan directa, pues, el hecho de que se registre un consumo de combustible en la ciudad, no indica que el mismo, será utilizado para circular en las vías de la ciudad.

Cabe aclarar que, muchas veces debido a la no disponibilidad de información del consumo de combustible para el año en el cual se realiza cierto estudio, se han considerado como factores mensuales para el año de estudio, aquellos valores correspondientes al año más próximo del cual se disponga la información. En este sentido y para representar esta condición, se ha planteado la utilización de los factores mensuales para el año 2015 aquellos factores correspondientes al año 2014.

Los consumos de combustible para la provincia del Azuay entre los años 2010 y 2014 se

muestran en los Anexos.

## 4.4. Estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

### 4.4.1. Estimación mediante factores propuestos

Con el objetivo de presentar los resultados, en la Figura 4.1 se muestran de manera gráfica las estimaciones del TPDA mediante los factores propuestos en este estudio y la variabilidad que presentan los mismos con respecto al TPDA real de la intersección ocho (Vega Muñoz y Padre Aguirre) durante el año 2010.

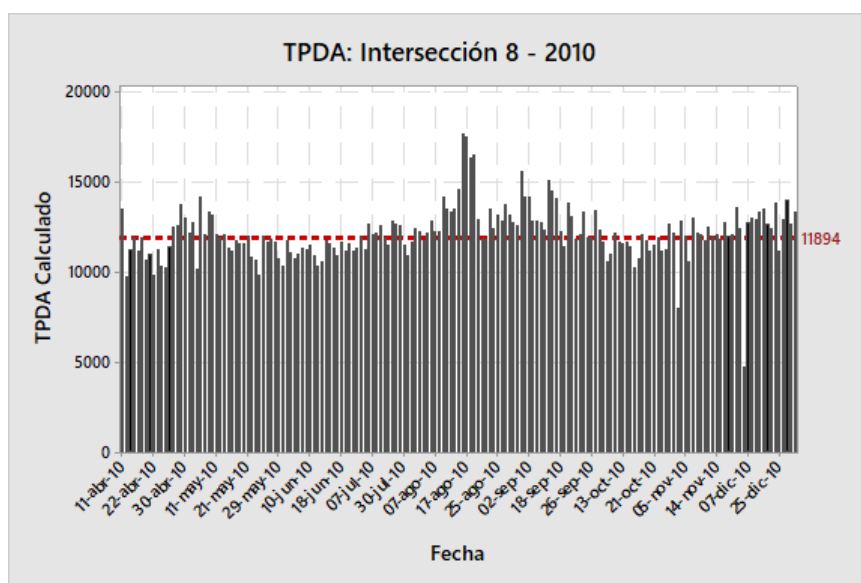


Figura 4.1: *TPDA Calculado mediante factores propuestos (intersección ocho – 2010)*

En la Figura 4.1, aproximadamente para el día domingo 28 de noviembre se produce una subestimación del TPDA muy significativa; sin embargo, este inconveniente puede ser debido a errores del contador durante ese día o también por posibles reparaciones en la vía, pues de acuerdo a los registros, los días domingos presentan un tráfico diario cercano a los 8 000 vehículos, sin embargo, para el día domingo 28, se cuenta con un registro de 2 800 vehículos generando de esta manera una subestimación del TPDA del 60 %.

### Error de estimación

La estimación del TPDA mediante factores de ajuste puede producir dos tipos de errores, teniéndose por un lado un error de sobreestimación y por otro un error de subestimación.

De esta manera, de acuerdo a los factores propuestos se ha obtenido para la intersección ocho durante el año 2010 (el cual cuenta con 173 días registrados) un total de 96 (55 %)

valores de TPDA sobreestimados y 77 (45 %) valores subestimados. Estos resultados se muestran en la Figura 4.2.

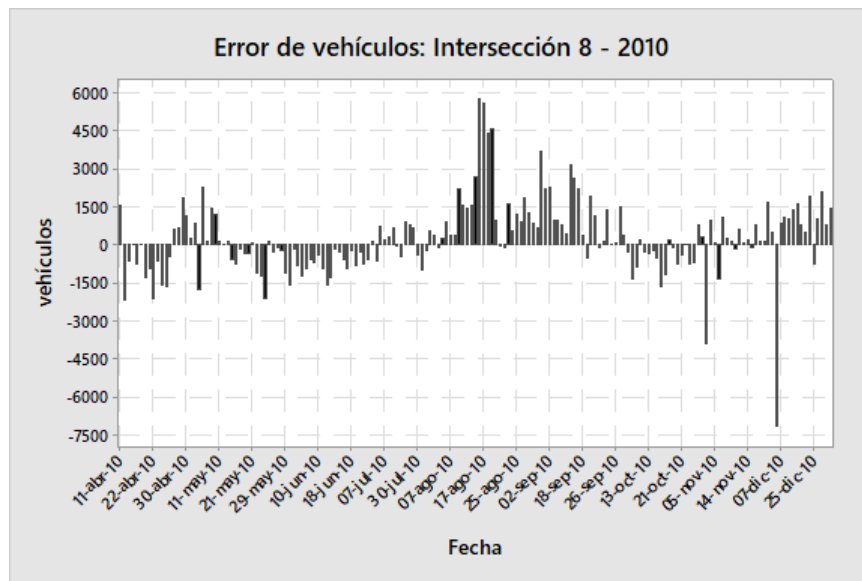


Figura 4.2: Error de estimación de acuerdo a factores propuesto (intersección ocho – 2010)

Asimismo, se muestra en la Figura 4.3 los errores absolutos en porcentaje, para la intersección ocho correspondiente al año 2010, donde se observa que los factores propuestos pueden llegar a presentar un error absoluto máximo de 50 %.

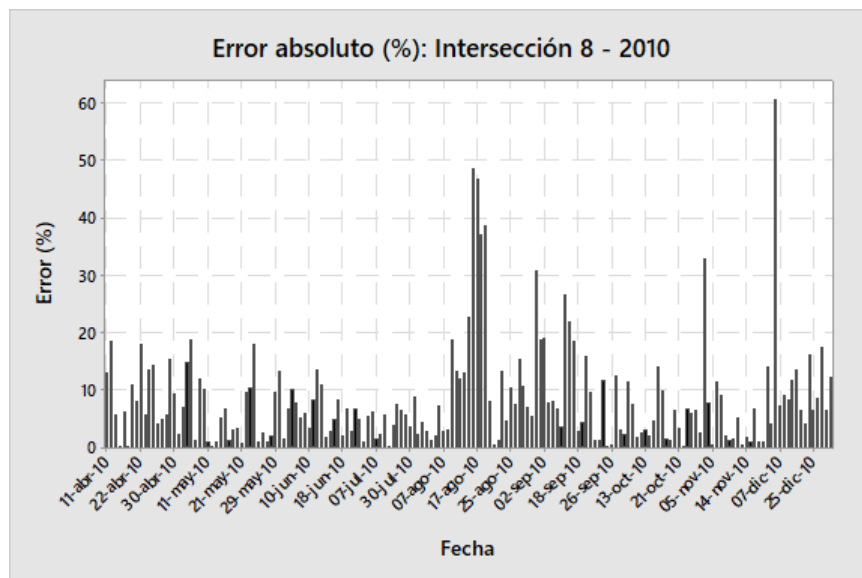


Figura 4.3: Error absoluto de acuerdo a factores propuestos (intersección ocho – 2010)

#### 4.4.2. Estimación mediante factores tradicionales

De la misma manera, se han realizado la estimación del TPDA mediante los factores tradicionales, estos resultados se muestran en la Figura 4.4.

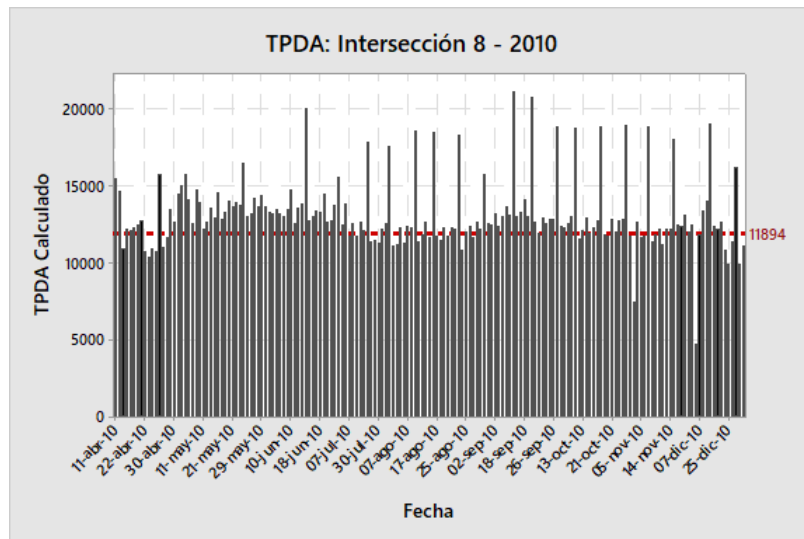


Figura 4.4: *TPDA Calculado mediante factores tradicionales (intersección ocho – 2010)*

De acuerdo a la Figura 4.4, los factores tradicionales proporcionan una sobreestimación mayor a la obtenida mediante los factores propuestos, esto puede ser debido a que los factores semanales, al ser obtenidos de acuerdo al número de días de cada mes, determinan factores semanales altos (todos superiores a 1,00). Asimismo, existe una subestimación para el 28 de noviembre, lo cual, confirma el hecho de que durante ese día se presentó un incorrecto registro de información, produciendo estos picos extremos en la estimación del TPDA.

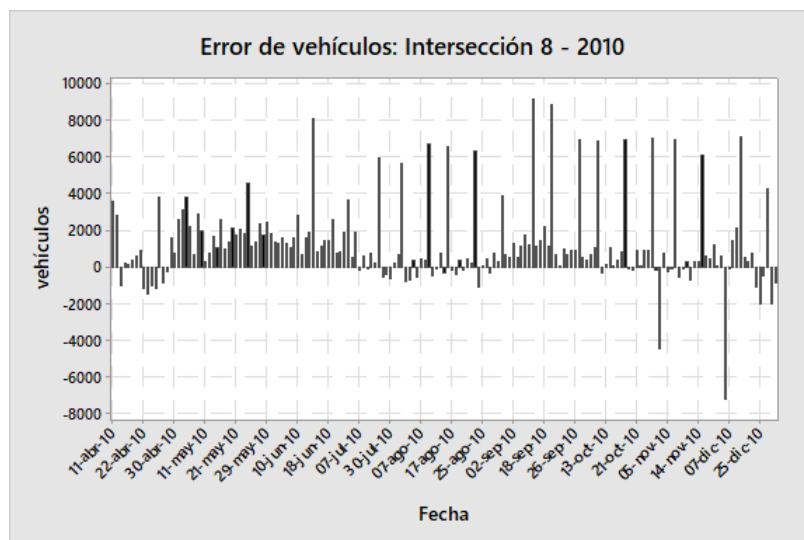


Figura 4.5: *Error de estimación de acuerdo a factores tradicionales (intersección ocho – 2010)*

Por otro lado, en la la Figura 4.5, al igual que para los resultados obtenidos mediante los factores propuestos, se ha determinado para la intersección ocho (2010) el número de valores que sobreestiman y subestiman el TPDA al utilizar los factores tradicionales. Obteniéndose así, 133 valores (77%) que sobreestiman el TPDA y 40 valores (23%) que lo subestiman.

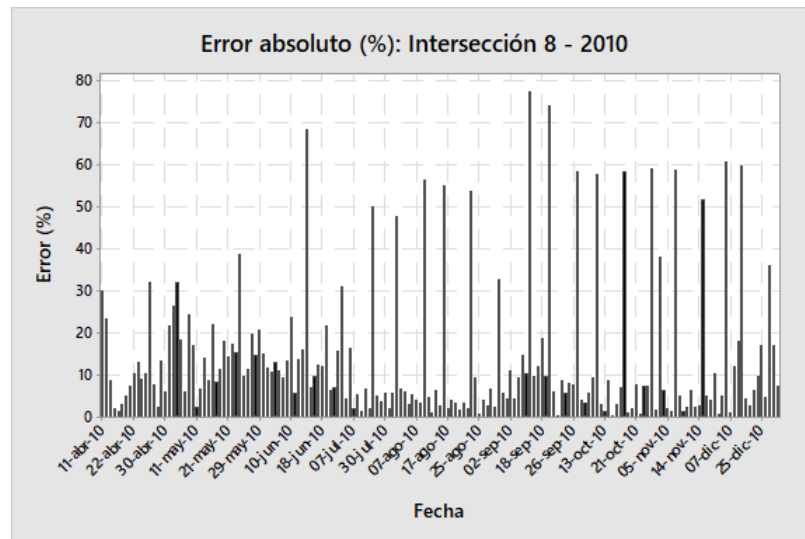


Figura 4.6: *Error absoluto de acuerdo a factores tradicionales (intersección ocho - 2010)*

Así también, en la Figura 4.6 se muestran los errores absolutos de estimación del TP-DA. Donde se puede apreciar que el método tradicional llega a alcanzar valores máximos absolutos de cerca el 80 %.

## 4.5. Comparación de resultados

Debido a la gran cantidad de resultados que se han determinado para cada año e intersecciones de la Tabla 3.14. En la Tabla 4.12 se muestra el valor promedio de los errores absolutos para estas intersecciones, respectivamente para cada año de acuerdo tanto a los factores tradicionales como a los factores propuestos para los límites inferior, medio y superior.

Tabla 4.12: *Error de estimación del TPDA*

Intersección	Factores propuestos						Factores tradicionales	
	Límite inferior		Limite medio		Límite superior		E (máx.)	E (med.)
	E (máx.)	E (med.)	E (máx.)	E (med.)	E (máx.)	E (med.)		
2010	59.5	9.6	60.7	10.3	62.9	11.4	77.2	16.1
2011	64.2	8.2	63.8	9.00	64.4	10.3	86.4	17.0
2012	50.1	9.7	53.8	10.6	59.6	11.9	81.8	15.5
2013	58.7	8.6	60.4	9.10	63.8	10.1	81.9	15.4
2014	46.9	8.2	47.4	8.80	53.6	9.80	86.7	14.3
2015	34.0	8.8	36.5	10.2	44.6	12.1	69.7	18.4
Error absoluto medio (MAPE)	52.2	8.9	53.8	9.7	58.2	10.9	80.6	16.1

Con el objetivo de determinar un error absoluto máximo y medio representativo para los factores propuestos y tradicionales presentados en este trabajo, en la Tabla 4.12 se indican también los errores promedios de todos los años con lo cual se obtiene un error absoluto representativo de cada metodología.

## 4.6. Discusión

A pesar de que existen 14 semanas en las cuales se observan CV superiores al 10 %, se han obtenido intervalos superiores e inferiores poco significativos para los factores de ajuste propuestos, es decir, los intervalos para los factores de ajuste determinados en la investigación, no presentan gran variación con respecto al valor central, pudiendo considerarse como únicos factores para la ciudad a los valores centrales.

De acuerdo a la Figura 4.2 y Figura 4.5, se ha podido establecer que los factores propuestos, al menos para la intersección ocho, se encuentran subestimando el TPDA en un 45 % y sobreestimando el mismo en un 55 %. A diferencia de los factores tradicionales en los cuales se observa una sobreestimación del 77 % y un 23 % de subestimación del TPDA, estos resultados podrían ser beneficiosos por el lado de la seguridad y así como también podrían ser perjudiciales por el lado económico en el caso de ser excesivos.

Asimismo, se puede mencionar que la presencia de registros incompletos en ciertos días del año, determinan una subestimación extrema del TPDA para ambas metodologías, llegándose a obtener subestimaciones entre el (50 % – 60 %) como se indica en la Figura 4.3 y Figura 4.6.

Dentro del mismo contexto, las estimaciones del TPDA para la intersección ocho, mediante los factores propuestos presentan subestimaciones máximas de alrededor de 1 800 vehículos por día y sobreestimaciones máximas de 5 800 vehículos por día, en tanto que, el método tradicional presenta subestimaciones máximas de 2 000 vehículos por día y una sobreestimación máxima de 9 000 vehículos por día, es decir, la subestimación en los dos métodos es aproximadamente la misma, sin embargo, la sobreestimación del método tradicional representa cerca del 50 % adicional a lo que se obtiene con el método propuesto.

Así también, se puede notar que, los factores de ajuste propuestos en este estudio presentan un menor error absoluto de estimación del TPDA con respecto a los errores obtenidos de acuerdo a los factores tradicionales (Ver Tabla 4.12). Estos errores absolutos presentan una diferencia significativa, obteniéndose así que, el método tradicional proporciona un 50 % adicional al error máximo obtenido mediante el método propuesto y un 68 % adicional al error medio.

El método tradicional se encuentra sobrestimando en mayor magnitud el valor real del TPDA, pues como se ha demostrado, esta metodología presenta errores absolutos máximos de estimación por sobre el 80 %, lo cual generara el desperdicio en el uso del presupuesto y también afectara la funcionalidad de la vía o carretera, generando de esta manera sistemas viarios con volúmenes de tráfico inferiores para los cuales fue diseñado el proyecto (Ah & Oh, 2014).

Los resultados alcanzados permiten realizar una mejor estimación del TPDA de las vías de la ciudad de Cuenca y así también para ciudades con un tráfico similar, puesto que, los factores determinados, corresponden a estaciones de conteo que se encuentran dentro del área urbana y también a estaciones de registro ubicadas en avenidas (con volumen vehicular superior a los 30 000 vehículos por día), entonces se puede tomar también estos resultados, como una aproximación de TPDA para carreteras con volúmenes vehiculares



altos.

Mediante la determinación de los factores de ajuste representativos para la ciudad, se permite obtener una metodología más confiable para realizar estimaciones del TPDA en las vías de la ciudad de Cuenca, puesto que con los resultados propuestos se estaría evitando contratiempos como lo son, la necesidad de contar con un registro de combustible y de contar con un conteo histórico de una vía que podría o no tener una similitud con el proyecto a realizarse.

Los factores de ajuste únicos han sido determinados como se ha mencionado anteriormente, mediante la agrupación de todas las estaciones de conteo automático (126 intersecciones), por lo que, estos resultados podrían ser afinados mediante una mejor agrupación de las estaciones y la ampliación de la base de información de volumen vehicular pudiendo llegarse a obtener mejores resultados.



## Capítulo 5

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que no exista un registro completo en los conteos históricos, se cuenta con al menos una semana completa para cada mes de los años del estudio, y puesto que, para áreas urbanas grandes se puede asumir que los volúmenes diarios de tráfico registrados durante días característicos, representan el TPDA con una exactitud del  $\pm 10\%$  (Albright, 1991); se concluye que, los valores del TPDA real usado para la estimación del error absoluto, representan un valor confiable para realizar la comparación de métodos (propuesto y tradicional).

Asimismo, aunque los factores de ajuste presentados en este trabajo han sido desarrollados con un nivel de datos no registrados entre el 50 % y 55 % y así como también se han obtenidos bajo la asunción de tomar el valor medio debido a la poca variación que presentan los datos analizados, se han obtenido mejores resultados con respecto a los obtenidos mediante la utilización de los factores de ajuste tradicionales.

Los resultados expuestos en esta investigación, se consideran aceptables para cualquier periodo de tiempo y también para vías de características similares a las estudiadas, puesto que, como se ha podido observar en los diferentes resultados, los coeficientes de variación (CV) de los factores propuestos, representan valores inferiores al 10 % en todos los factores diarios y mensuales y en gran parte de los factores semanales.

Así también, la existencia de datos mal registrados por los contadores, puede ser motivo de la presencia de valores inconsistentes o atípicos y así como también de errores extremos en la determinación del Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) en determinados tiempos e intersecciones.

Los errores obtenidos para cada metodología de estimación del TPDA, muestran una variación significativa, teniéndose así, que los errores de estimación del TPDA mediante los factores propuestos son menores a los obtenidos mediante los factores tradicionales, llegando a la conclusión de que el método tradicional proporciona un 50 % adicional al error máximo y un 68 % adicional al error medio obtenido mediante el método propuesto.

Una de las principales ventajas que ofrece el método propuesto es la estimación del TPDA mediante factores únicos, es decir, a través de estos resultados se podrá obviar los requerimientos de información como el registro de combustible y conteos automáticos históricos, pues se ha demostrado que los factores propuestos determinan el TPDA con una buena aproximación para cada uno de los años estudiados.

Si bien los resultados obtenidos han sido desarrollados para estaciones concretas de conteo, se ha demostrado que los factores para una estación específica pueden ser utilizados en otras estaciones cuyas características sean similares. Por lo tanto, los resultados propuestos pueden ser empleados en otros sistemas viales con características similares de tráfico.

Los factores de ajuste obtenidos en este trabajo, presentan mejores resultados con respecto a los obtenidos mediante la utilización de los factores de ajuste tradicionales, obteniéndose así, un error máximo del 80.6 % (sobrestima cerca de 9 000 veh/día) y un error medio del 16.1 % para el método tradicional, frente a un error máximo del 53.8 % (sobrestima cerca de 5 800 veh/día) y un error medio del 9.7 % para el método propuesto.

De manera general se podría decir que, los resultados obtenidos proporcionan una herramienta que los ingenieros de tránsito y transporte pueden utilizar para realizar una mejor estimación del volumen de tráfico (TPDA) que circula en una determinada vía o carretera, ya que los factores resultantes, como se ha mencionado en párrafos anteriores, han sido obtenidos de acuerdo a una base de datos histórica de cinco años de conteos automáticos continuos de tráfico, lo cual proporciona una menor incertidumbre y una mejor predicción del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para vías con un tráfico similar a las estudiadas.

Así también, de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación (ver Figura 4.5), se puede decir que, para el caso de los factores diarios tradicionales, se recomienda realizar un análisis para verificar la influencia que presentan los factores para los días laborables y fines de semana en cuanto a las sobrestimaciones y subestimaciones del TPDA se refiere.

De la misma manera se puede mencionar que, no es recomendable considerar un factor semanal constante para periodos mensuales como se realiza actualmente, puesto que, como se puede observar en la Tabla 4.4, la variación del tráfico entre semanas del año es significativa.

Finalmente, una importante recomendación para futuras investigaciones, es la ampliación de la base de datos de volúmenes diarios de tráfico, pues, de acuerdo a la metodología presentada, los resultados expuestos se encuentran sujetos a ser mejorados, es decir, se pueden realizar estudios más amplios en cuanto a, clasificación de vías de acuerdo al tipo, su ubicación, características temporales (estaciones del año), etc. Asimismo se podrían realizar estudios de regresión, redes neuronales, entre otros, para llegar a obtener mejores factores de ajuste que se adapten de mejor manera al tráfico real, con lo cual se llegaría a obtener diseños viales más sustentables desde el punto de vista económico y así como también más precisos desde el punto de vista de diseños y niveles de servicio durante el periodo de vida útil de la vía.

## Referencias Bibliográficas

- Albright, D. (1991). History of estimating and evaluating annual traffic volume statistics. *Transportation Research Record*, 1305, 103-107.
- Cal y Mayor, R. & J. Cárdenas. (1994). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega. México, D.F
- Eom, J., Park, M., Heo, T. Y., & Huntsinger, L. (2006). Improving the prediction of annual average daily traffic for nonfreeway facilities by applying a spatial statistical method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1968), 20-29.
- Flaherty, J. (1993). Cluster analysis of Arizona automatic traffic recorder data. *Transportation Research Record*.
- Flores Guillén, J. H. (2016). Modelo de la caracterización de la movilidad vehicular en el Centro Histórico de Cuenca. Universidad del Azuay.
- Ha, J. A., & Oh, J. S. (2014). Estimating Annual Average Daily traffic using Daily Adjustment Factor. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 580.
- Ha, J. A., & Oh, S. C. (2012). Estimating annual average daily traffic using hourly traffic pattern and grouping in national highway. *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 11(2), 10-20.
- Highway Capacity Manual (HCM). (2000). Special Rep. No. 209, 4th Ed., *Transportation Research Board*, National Research Council, Washington, D.C.
- I. Municipalidad de Cuenca. (2014). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos*, Cuenca, Ecuador.
- Lam, W. H., & Xu, J. (2000). Estimation of AADT from short period counts in Hong Kong—A comparison between neural network method and regression analysis. *Journal of Advanced Transportation*, 34(2), 249-268.
- McCord, M., Yang, Y., Jiang, Z., Coifman, B., & Goel, P. (2003). Estimating annual average daily traffic from satellite imagery and air photos: Empirical results. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1855), 136-142.
- Mohamad, D., Sinha, K., Kuczek, T., & Scholer, C. (1998). Annual average daily traffic prediction model for county roads. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1617), 69-77.
- Montgomery, C., & Runger, G. C. (2003). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. (2 Edición). Limusa. México
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2003). *Norma de diseño geométrico de carre-*



teras. Quito, Ecuador.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE). (2013). *Norma para estudios y diseños viales*, NEVI-12, Volumen 2, Quito, Ecuador.

Sharma, S. C., Gulati, B. M., & Rizak, S. N. (1996). Statewide traffic volume studies and precision of AADT estimates. *Journal of Transportation Engineering*, 122(6), 430-439.

Wang, T., Gan, A., & Alluri, P. (2013). Estimating annual average daily traffic for local roads for highway safety analysis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2398), 60-66.

Xia, Q., Zhao, F., Chen, Z., Shen, L., & Ospina, D. (1999). Estimation of annual average daily traffic for nonstate roads in a Florida county. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1660), 32-40

Tang, Y. F., Lam, W. H., & Ng, P. L. (2003). Comparison of four modeling techniques for short-term AADT forecasting in Hong Kong. *Journal of Transportation Engineering*, 129(3), 271-277.

Garber, N. J. (1984). Optimizing traffic count program: a methodology for estimating AADT volumes from short-duration counts (No. VHTRC 85-R14). Virginia *Transportation Research Council*.



# Anexos

## A1. Variación de los factores de ajuste diario entre intersecciones

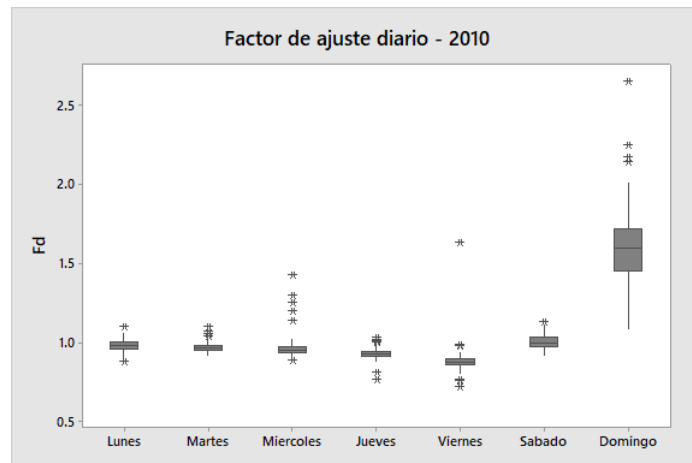


Figura 5.1: Variación diaria entre intersecciones del año 2010

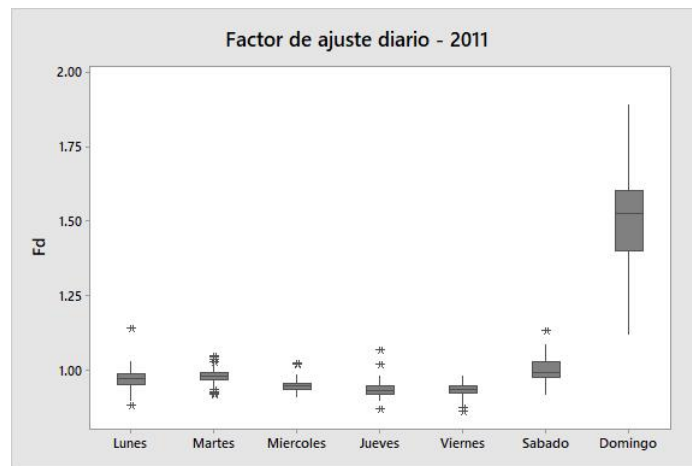


Figura 5.2: Variación diaria entre intersecciones del año 2011

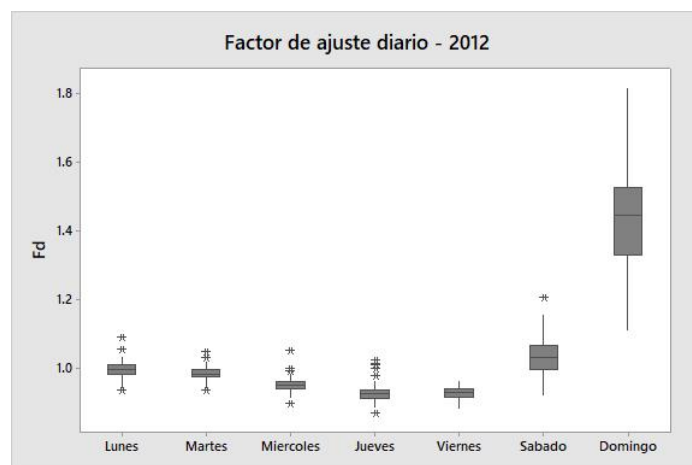


Figura 5.3: Variación diaria entre intersecciones del año 2012

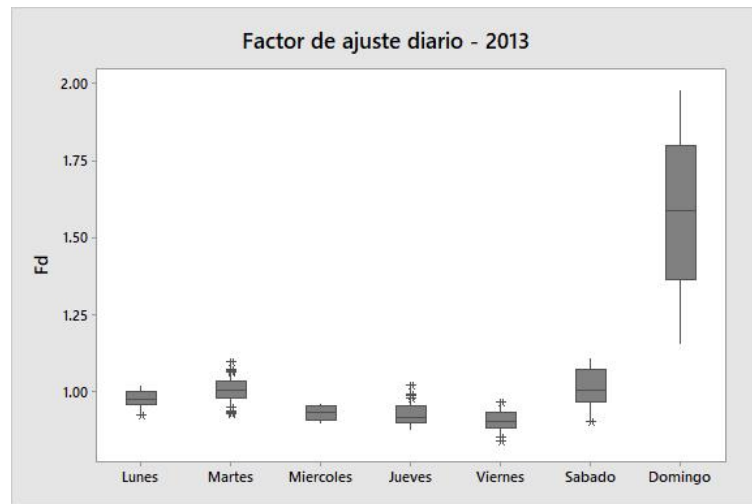


Figura 5.4: Variación diaria entre intersecciones del año 2013

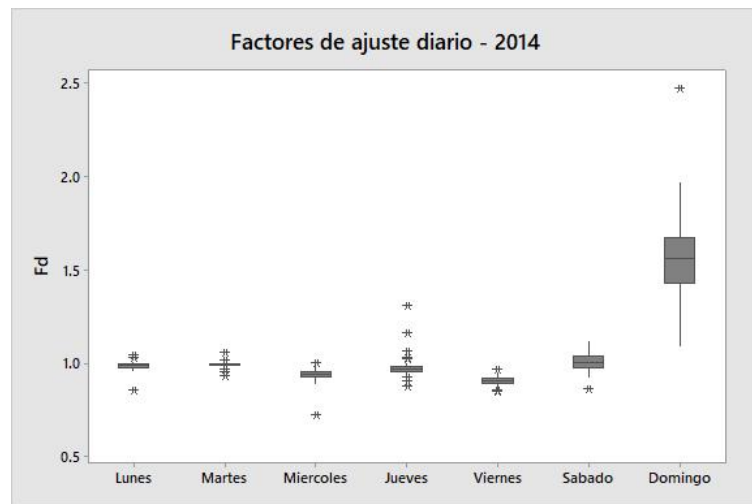


Figura 5.5: Variación diaria entre intersecciones del año 2014

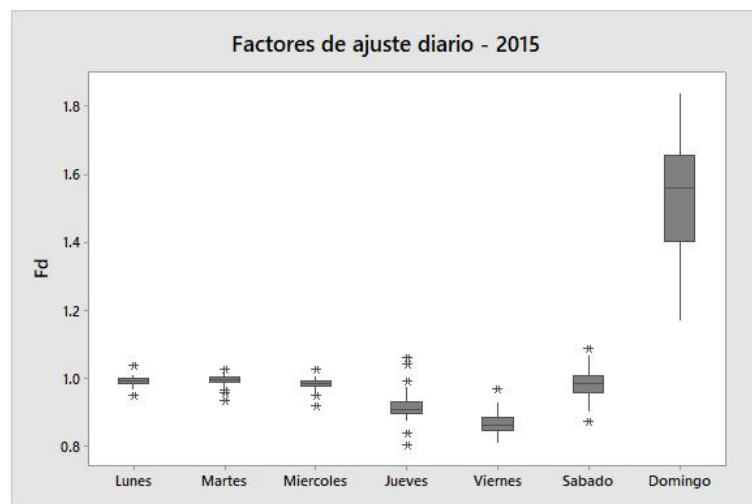


Figura 5.6: Variación diaria entre intersecciones del año 2015

## A2. Variación de los factores de ajuste semanal entre intersecciones

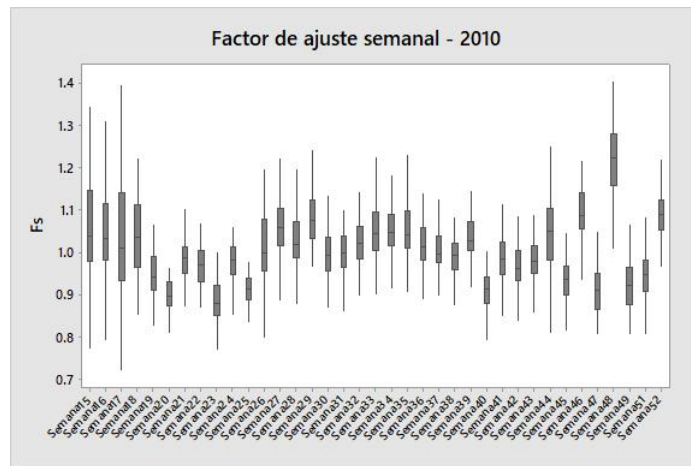


Figura 5.7: Variación semanal entre intersecciones del año 2010

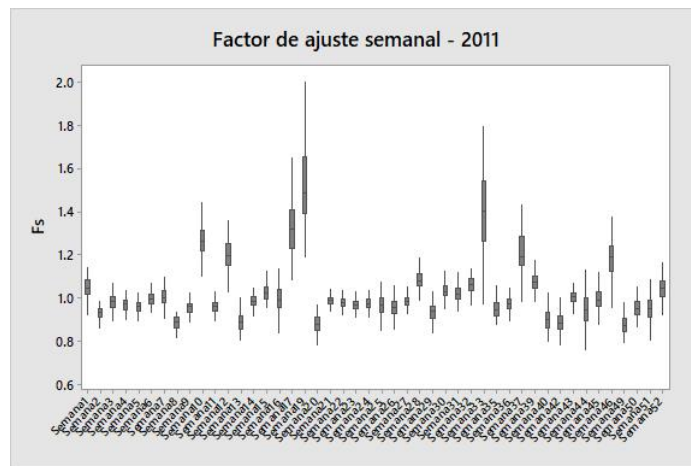


Figura 5.8: Variación semanal entre intersecciones del año 2011

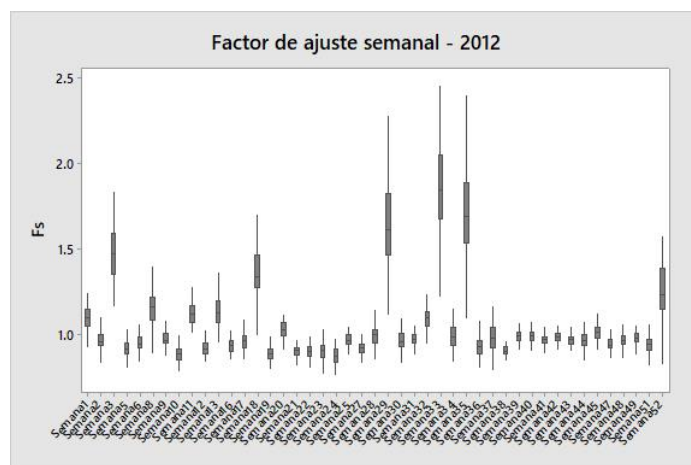


Figura 5.9: Variación semanal entre intersecciones del año 2012



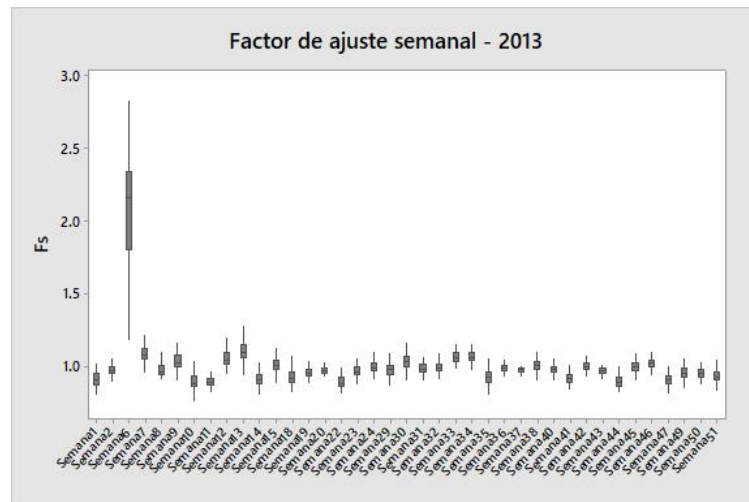


Figura 5.10: Variación semanal entre intersecciones del año 2013

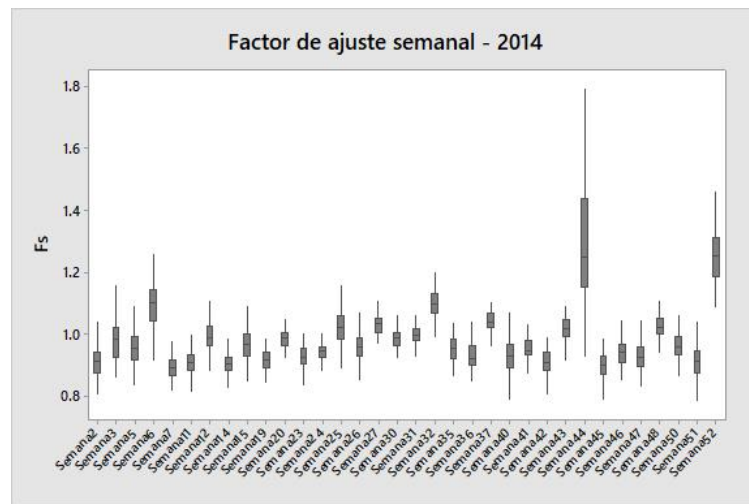


Figura 5.11: Variación semanal entre intersecciones del año 2014

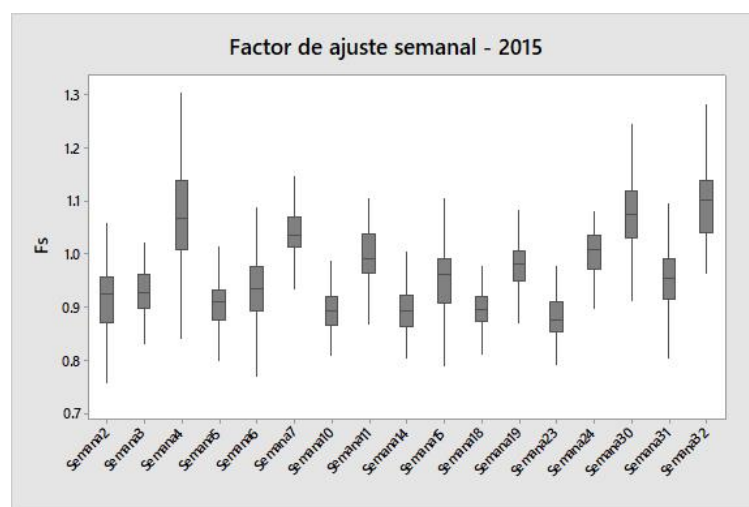


Figura 5.12: Variación semanal entre intersecciones del año 2015

### A3. Variación de los factores de ajuste mensual entre intersecciones

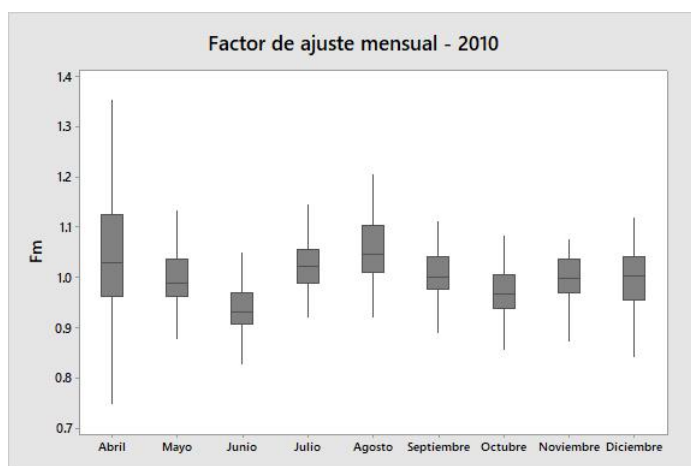


Figura 5.13: Variación mensual entre intersecciones del año 2010

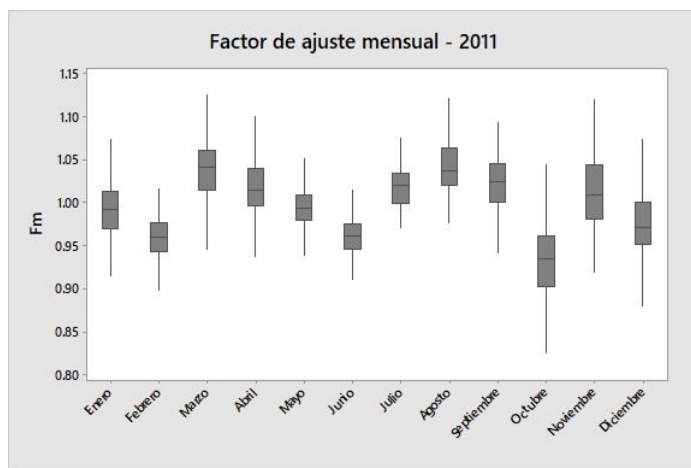


Figura 5.14: Variación mensual entre intersecciones del año 2011

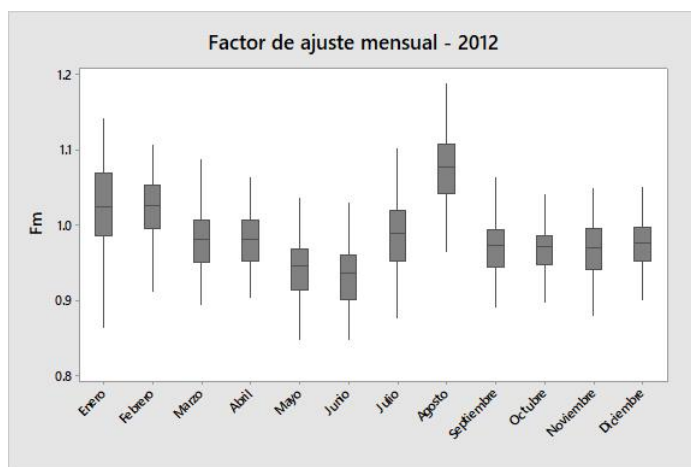


Figura 5.15: Variación mensual entre intersecciones del año 2012

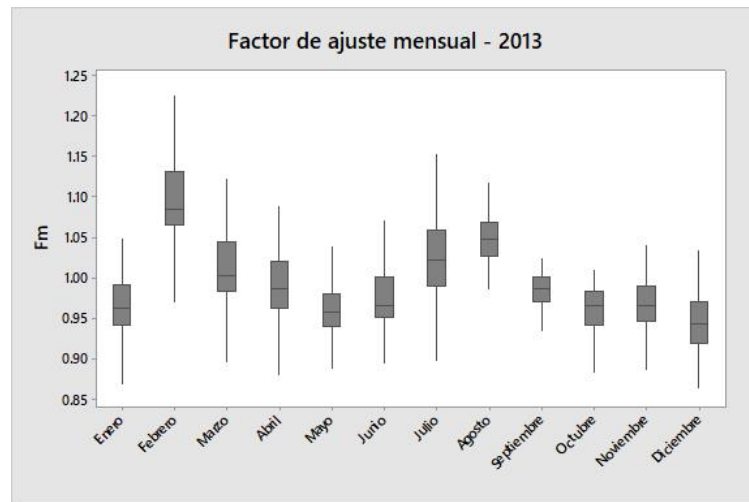


Figura 5.16: Variación mensual entre intersecciones del año 2013

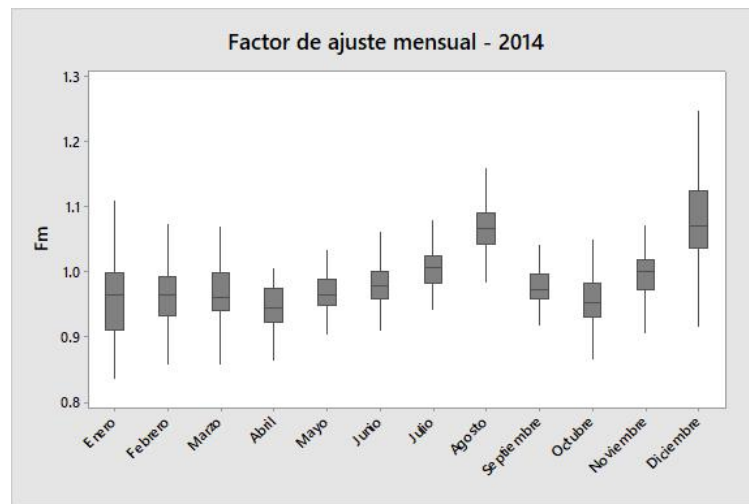


Figura 5.17: Variación mensual entre intersecciones del año 2014

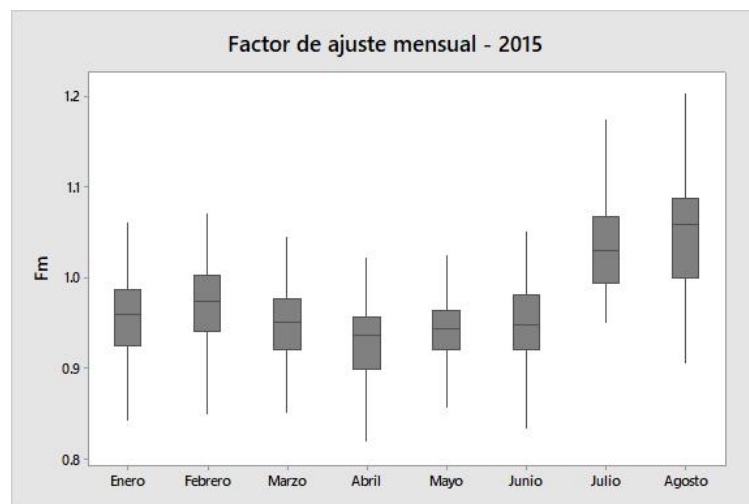


Figura 5.18: Variación mensual entre intersecciones del año 2015



## A4. Factores de ajuste semanal por año

Tabla 5.1: *Factores semanales – 2010*

Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs
1	N/A	11	N/A	21	0.988	31	0.999	41	0.985	51	0.946
2	N/A	12	N/A	22	0.971	32	1.022	42	0.961	52	1.091
3	N/A	13	N/A	23	0.878	33	1.044	43	0.979	N/A	N/A
4	N/A	14	N/A	24	0.981	34	1.048	44	1.049	N/A	N/A
5	N/A	15	1.040	25	0.913	35	1.041	45	0.936	N/A	N/A
6	N/A	16	1.033	26	0.998	36	1.012	46	1.087	N/A	N/A
7	N/A	17	1.009	27	1.057	37	0.997	47	0.910	N/A	N/A
8	N/A	18	1.037	28	1.018	38	0.992	48	1.223	N/A	N/A
9	N/A	19	0.943	29	1.075	39	1.027	49	0.923	N/A	N/A
10	N/A	20	0.897	30	0.993	40	0.913	50	N/A	N/A	N/A

Tabla 5.2: *Factores semanales – 2012*

Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs
1	1.099	11	1.120	21	0.908	31	0.971	41	0.971	51	0.946
2	0.962	12	0.919	22	0.902	32	1.102	42	0.989	52	1.236
3	1.472	13	1.127	23	0.911	33	1.847	43	0.971	N/A	N/A
4	N/A	14	N/A	24	0.875	34	0.988	44	0.964	N/A	N/A
5	0.917	15	N/A	25	0.970	35	1.693	45	1.019	N/A	N/A
6	0.946	16	0.936	26	N/A	36	0.934	46	N/A	N/A	N/A
7	N/A	17	0.964	27	0.923	37	0.978	47	0.940	N/A	N/A
8	1.166	18	1.341	28	0.999	38	0.906	48	0.966	N/A	N/A
9	0.970	19	0.891	29	1.615	39	0.995	49	0.979	N/A	N/A
10	0.888	20	1.031	30	0.961	40	0.993	50	N/A	N/A	N/A

Tabla 5.3: *Factores semanales – 2013*

Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs
1	0.907	11	0.894	21	N/A	31	0.984	41	0.915	51	0.929
2	0.974	12	1.045	22	0.881	32	0.985	42	1.001	52	N/A
3	N/A	13	1.100	23	0.960	33	1.062	43	0.971	N/A	N/A
4	N/A	14	0.906	24	0.992	34	1.062	44	0.890	N/A	N/A
5	N/A	15	1.004	25	N/A	35	0.928	45	0.998	N/A	N/A
6	2.161	16	N/A	26	N/A	36	0.988	46	1.026	N/A	N/A
7	1.074	17	N/A	27	N/A	37	0.977	47	0.908	N/A	N/A
8	0.960	18	0.915	28	N/A	38	1.004	48	N/A	N/A	N/A
9	1.025	19	0.955	29	0.977	39	N/A	49	0.952	N/A	N/A
10	0.884	20	0.971	30	1.030	40	0.981	50	0.951	N/A	N/A

Tabla 5.4: *Factores semanales – 2014*

Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs
1	N/A	11	0.910	21	N/A	31	0.997	41	0.948	51	0.914
2	0.911	12	0.988	22	N/A	32	1.099	42	0.910	52	1.251
3	0.984	13	N/A	23	0.925	33	N/A	43	1.016	N/A	N/A
4	N/A	14	0.906	24	0.945	34	N/A	44	1.250	N/A	N/A
5	0.953	15	0.966	25	1.022	35	0.953	45	0.899	N/A	N/A
6	1.100	16	N/A	26	0.959	36	0.920	46	0.940	N/A	N/A
7	0.892	17	N/A	27	1.035	37	1.039	47	0.926	N/A	N/A
8	N/A	18	N/A	28	N/A	38	N/A	48	1.023	N/A	N/A
9	N/A	19	0.917	29	N/A	39	N/A	49	N/A	N/A	N/A
10	N/A	20	0.988	30	0.986	40	0.928	50	0.959	N/A	N/A

Tabla 5.5: *Factores semanales – 2015*

Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs	Semana	Fs
1	N/A	11	0.992	21	N/A	31	0.955	41	N/A	51	N/A
2	0.926	12	N/A	22	N/A	32	1.102	42	N/A	52	N/A
3	0.928	13	N/A	23	0.876	33	N/A	43	N/A	N/A	N/A
4	1.067	14	0.893	24	1.008	34	N/A	44	N/A	N/A	N/A
5	0.912	15	0.961	25	N/A	35	N/A	45	N/A	N/A	N/A
6	0.936	16	N/A	26	N/A	36	N/A	46	N/A	N/A	N/A
7	1.035	17	N/A	27	N/A	37	N/A	47	N/A	N/A	N/A
8	N/A	18	0.896	28	N/A	38	N/A	48	N/A	N/A	N/A
9	N/A	19	0.982	29	N/A	39	N/A	49	N/A	N/A	N/A
10	0.893	20	N/A	30	1.076	40	N/A	50	N/A	N/A	N/A

## A5. Consumo de combustible en la provincia del Azuay

 Tabla 5.6: *Consumo de combustible en el Azuay – 2010 (ARCH)*

Mes	87 Octanos	92 Octanos	Diésel Premium	Total
Enero	2,953,767	571,342	2,000,924	5,526,033
Febrero	2,787,859	543,418	1,792,395	5,123,672
Marzo	3,180,840	623,718	2,071,143	5,875,701
Abril	3,052,558	602,085	1,920,543	5,575,186
Mayo	3,154,030	585,309	1,706,538	5,445,877
Junio	3,076,502	584,503	1,605,767	5,266,772
Julio	3,164,410	605,093	2,083,505	5,853,008
Agosto	2,998,940	633,883	2,156,080	5,788,903
Septiembre	3,058,021	593,616	2,092,381	5,744,018
Octubre	3,226,679	609,390	2,190,208	6,026,277
Noviembre	3,165,817	604,839	2,169,337	5,939,993
Diciembre	3,501,835	674,017	2,242,873	6,418,725
<b>Total</b>	<b>37,321,258</b>	<b>7,231,213</b>	<b>24,031,694</b>	<b>68,584,165</b>

 Tabla 5.7: *Consumo de combustible en el Azuay – 2012 (ARCH)*

Mes	87 Octanos	92 Octanos	Diésel Premium	Total
Enero	3,418,037	654,733	3,008,793	7,081,563
Febrero	3,252,927	642,430	2,703,444	6,598,801
Marzo	3,597,343	667,572	3,061,182	7,326,097
Abril	3,437,654	574,957	2,851,814	6,864,425
Mayo	3,712,344	589,247	3,167,097	7,468,688
Junio	3,599,479	565,059	3,103,685	7,268,223
Julio	3,657,734	578,500	3,127,044	7,363,278
Agosto	3,530,610	572,171	3,312,464	7,415,245
Septiembre	3,423,310	508,178	3,066,213	6,997,701
Octubre	3,708,092	532,409	3,246,634	7,487,135
Noviembre	3,662,645	528,236	2,927,684	7,118,565
Diciembre	3,803,233	545,989	3,030,835	7,380,057
<b>Total</b>	<b>42,803,408</b>	<b>6,959,481</b>	<b>36,606,889</b>	<b>86,369,778</b>

Tabla 5.8: *Consumo de combustible en el Azuay – 2013 (ARCH)*

Mes	87 Octanos	92 Octanos	Diésel Premium	Total
<b>Enero</b>	3,595,521	523,303	3,039,608	7,158,432
<b>Febrero</b>	3,310,130	499,157	2,759,360	6,568,647
<b>Marzo</b>	3,615,689	518,490	3,021,425	7,155,604
<b>Abril</b>	3,612,763	534,418	3,036,811	7,183,992
<b>Mayo</b>	3,859,579	540,918	3,074,424	7,474,921
<b>Junio</b>	3,537,365	484,071	2,792,507	6,813,943
<b>Julio</b>	3,817,274	538,214	3,104,678	7,460,166
<b>Agosto</b>	3,672,130	541,847	3,130,445	7,344,422
<b>Septiembre</b>	3,613,139	509,682	2977708	7,100,529
<b>Octubre</b>	3,891,105	536,036	3,108,493	7,535,634
<b>Noviembre</b>	3,762,629	515,967	3,082,896	7,361,492
<b>Diciembre</b>	4,008,434	538,809	2,900,846	7,448,089
<b>Total</b>	44,295,758	6,280,912	36,029,201	86,605,871

 Tabla 5.9: *Consumo de combustible en el Azuay – 2014 (ARCH)*

Mes	87 Octanos	92 Octanos	Diésel Premium	Total
<b>Enero</b>	3,796,422	507,293	2,941,462	7,245,177
<b>Febrero</b>	3,542,307	480,267	2,917,377	6,939,951
<b>Marzo</b>	3,764,000	498,137	2,879,815	7,141,952
<b>Abril</b>	3,822,458	525,698	2,980,713	7,328,869
<b>Mayo</b>	4,036,443	517,716	3,196,690	7,750,849
<b>Junio</b>	3,723,521	467,390	2,956,829	7,147,740
<b>Julio</b>	3,911,613	527,873	3,166,809	7,606,295
<b>Agosto</b>	2,607,481	388,229	2,101,562	5,097,272
<b>Septiembre</b>	3,943,498	530,359	3121207	7,595,064
<b>Octubre</b>	4,146,156	571,482	3,282,397	8,000,035
<b>Noviembre</b>	3,839,730	499,018	3,024,192	7,362,940
<b>Diciembre</b>	3,756,439	615,751	2,754,934	7,127,124
<b>Total</b>	41,133,629	5,513,462	32,569,053	86,343,268

## A6. Error absoluto de estimación del TPDA

 Tabla 5.10: *Error absoluto de estimación del TPDA mediante factores propuestos (Limite inferior)*

Int.	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)
<b>8</b>	61.8	7.8	69.0	7.8	39.8	7.3	70.4	8.0	39.9	10.8	25.3	5.6
<b>25</b>	62.1	8.8	69.4	7.9	65.8	7.8	70.7	8.3	41.5	6.7	25.8	5.9
<b>38</b>	62.0	8.2	68.5	7.0	42.4	7.1	64.6	15.5	37.7	7.5	22.5	5.3
<b>43</b>	64.4	9.5	68.4	8.1	56.5	7.5	38.8	8.3	85.2	14.0	54.2	6.2
<b>59</b>	62.5	8.4	61.9	7.5	58.5	7.0	61.4	8.1	35.3	6.9	63.2	23.4
<b>70</b>	52.1	12.5	56.5	9.9	44.5	10.5	43.9	8.3	61.9	8.8	42.2	8.3
<b>85</b>	50.2	9.9	53.0	8.0	38.8	7.4	46.1	7.7	54.8	8.6	39.3	8.3
<b>90</b>	78.5	15.3	73.6	10.0	32.7	7.2	70.5	8.5	59.0	8.7	35.0	9.6
<b>107</b>	62.4	7.8	64.4	6.6	32.3	6.2	60.2	6.5	31.8	5.7	19.4	5.0
<b>111</b>	70.4	10.2	71.4	9.1	68.5	8.7	68.8	8.3	49.6	7.3	28.7	7.8
<b>126</b>	52.7	7.8	59.3	7.6	47.7	8.1	54.3	6.8	37.4	7.7	21.2	5.4
<b>177</b>	37.5	7.4	67.3	8.0	69.8	30.7	69.0	9.1	31.8	6.3	30.9	14.9
<b>239</b>	56.7	11.6	52.0	9.5	54.1	10.2	44.4	7.9	43.7	8.1	N/A	N/A

Tabla 5.11: *Error absoluto de estimación del TPDA mediante factores propuestos (Media)*

Int.	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)
8	60.4	8.3	67.5	8.6	44.7	7.8	69.6	8.5	37.8	11.0	26.8	6.7
25	60.8	9.0	67.9	8.7	64.3	8.8	69.8	8.9	39.7	7.0	26.6	7.4
38	60.6	9.0	67.0	7.8	47.4	7.9	63.5	16.0	35.7	8.2	23.8	6.2
43	63.1	9.6	66.8	8.2	54.7	8.7	39.8	8.1	84.3	12.5	53.4	6.7
59	61.1	8.6	60.1	8.0	56.7	7.7	60.3	8.4	34.6	7.6	62.4	26.2
70	55.4	13.4	59.7	10.8	54.3	11.5	53.6	8.9	60.6	9.7	49.8	9.2
85	55.4	10.6	50.8	8.7	43.7	8.4	56.3	8.3	53.3	9.5	38.3	10.2
90	77.5	15.9	72.3	11.0	31.6	7.7	69.7	9.3	64.1	9.6	32.8	10.5
107	61.0	8.5	62.7	7.2	36.6	6.4	59.0	6.8	29.6	6.4	32.0	6.2
111	69.3	10.8	70.1	9.9	67.2	9.5	67.9	9.0	47.9	8.0	30.9	9.2
126	51.0	8.5	57.3	8.7	52.3	9.2	53.0	7.3	51.5	8.7	27.6	7.3
177	46.2	8.2	65.8	8.9	86.6	32.4	68.1	9.5	30.7	7.7	33.3	16.5
239	67.3	13.1	62.2	11.3	59.1	11.4	54.1	8.6	46.4	9.1	N/A	N/A

 Tabla 5.12: *Error absoluto de estimación del TPDA mediante factores propuestos (Límite superior)*

Int.	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)
8	59.1	9.4	66.0	9.8	51.4	9.2	68.7	9.5	50.1	11.5	38.9	8.5
25	59.4	9.8	66.4	9.7	62.9	10.0	69.0	9.9	37.8	7.7	38.6	9.5
38	59.3	10.3	65.5	9.0	56.4	9.2	72.9	16.9	40.7	9.3	35.6	7.9
43	61.8	10.2	65.2	8.7	54.9	10.1	48.0	8.3	83.4	11.6	52.7	8.5
59	59.8	9.3	58.2	9.1	59.5	8.9	59.2	9.2	47.4	8.6	69.8	29.2
70	62.5	14.7	69.3	11.9	64.0	12.9	63.4	9.9	62.8	11.0	57.4	11.1
85	64.5	11.7	50.3	9.9	51.6	9.8	72.0	9.5	51.8	10.7	39.6	12.2
90	76.5	16.8	71.0	12.3	34.0	8.8	68.8	10.5	68.8	10.9	39.1	11.8
107	59.7	9.5	61.0	8.3	42.3	7.2	57.9	7.8	36.5	7.4	44.6	8.3
111	68.2	11.7	68.7	11.1	65.9	10.8	67.0	10.1	46.4	9.3	43.4	11.0
126	54.4	9.8	59.2	10.2	57.3	10.8	51.7	8.6	66.7	10.0	39.9	9.7
177	54.7	9.5	64.2	10.3	105.2	34.2	67.2	10.5	42.6	9.3	35.5	18.1
239	77.9	14.9	72.5	13.4	69.2	12.8	63.9	10.0	61.0	10.4	N/A	N/A

 Tabla 5.13: *Error absoluto de estimación del TPDA de acuerdo a factores tradicionales*

Int.	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)	E(máx.)	E(med.)
8	77.0	13.8	79.8	15.9	66.8	12.4	80.3	14.7	70.3	13.2	53.6	14.1
25	79.1	14.6	82.0	14.0	78.6	13.5	84.5	13.8	69.1	11.4	63.6	16.0
38	91.2	15.4	78.7	14.9	69.8	13.5	97.6	19.9	78.1	13.7	59.7	14.0
43	76.3	14.7	92.7	15.2	72.9	14.8	58.7	11.0	78.0	14.9	64.2	14.6
59	71.1	12.9	77.6	16.1	78.1	12.1	82.5	13.5	63.5	12.3	55.4	29.5
70	82.8	18.5	113.8	20.2	101.4	18.4	95.7	17.4	123.0	18.0	93.6	16.0
85	71.3	16.4	93.0	17.7	65.6	14.3	91.9	17.2	78.1	15.9	93.2	16.9
90	96.9	21.2	72.1	16.4	51.4	12.2	68.8	14.3	70.6	13.8	69.8	15.1
107	83.3	17.7	92.4	16.1	68.4	10.5	77.9	14.8	88.0	13.1	59.1	14.2
111	69.3	15.0	69.4	15.1	91.0	13.1	67.0	13.9	93.3	13.0	59.8	14.6
126	57.9	14.4	95.7	18.4	106.6	15.8	94.6	17.3	119.6	16.3	76.0	16.2
177	73.4	15.0	65.0	17.2	118.7	32.6	74.0	15.5	64.1	14.2	87.9	39.5
239	73.8	19.6	111.0	23.5	94.7	17.8	90.9	17.6	131.9	16.7	N/A	N/A

## A7. Localización de las intersecciones

Tabla 5.14: *Intersecciones de conteo vehicular*

Ítem	Intersección	Ubicación
1	6	Vega Muñoz y Tarqui
2	7	Vega Muñoz y Gnr. Torres
3	8	Vega Muñoz y Padre Aguirre
4	9	Vega Muñoz y Benigno Malo
5	10	Vega Muñoz y Luis Cordero
6	11	Vega Muñoz y Antonio Borrero
7	12	Vega Muñoz y Hrm. Miguel
8	13	Vega Muñoz y Mariano Cueva
9	14	Vega Muñoz y Vargas Machuca
10	15	Vega Muñoz y Tomas Ordoñez
11	16	Vega Muñoz y Manuel Vega
12	17	Vega Muñoz y Huayna Capac
13	18	España y Núñez de Bonilla
14	22	Gaspar Sangurima y Juan Montalvo
15	23	Gaspar Sangurima y Tarqui
16	24	Gaspar Sangurima y Gnr. Torres
17	25	Gaspar Sangurima y Padre Aguirre
18	26	Gaspar Sangurima y Benigno Malo
19	27	Gaspar Sangurima y Luis Cordero
20	28	Gaspar Sangurima y Antonio Borrero
21	29	Gaspar Sangurima y Hrm. Miguel
22	30	Gaspar Sangurima y Mariano Cueva
23	31	Gaspar Sangurima y Vargas Machuca
24	32	Gaspar Sangurima y Tomas Ordoñez
25	33	Gaspar Sangurima y Manuel Vega
26	37	Mariscal Lamar y Tarqui
27	38	Mariscal Lamar y Gnr. Torres
28	39	Mariscal Lamar y Padre Aguirre
29	40	Mariscal Lamar y Benigno Malo
30	41	Mariscal Lamar y Luis Cordero
31	42	Mariscal Lamar y Antonio Borrero
32	43	Mariscal Lamar y Hrm. Miguel
33	44	Mariscal Lamar y Mariano Cueva
34	45	Mariscal Lamar y Vargas Machuca





35	46	Mariscal Lamar y Tomas Ordoñez
36	47	Mariscal Lamar y Manuel Vega
37	48	Mariscal Lamar y Huayna Capac
38	51	Gran Colombia y Juan Montalvo
39	52	Gran Colombia y Tarqui
40	53	Gran Colombia y Gnr. Torres
41	54	Gran Colombia y Padre Aguirre
42	55	Gran Colombia y Benigno Malo
43	56	Gran Colombia y Luis Cordero
44	57	Gran Colombia y Antonio Borrero
45	58	Gran Colombia y Hrm. Miguel
46	59	Gran Colombia y Mariano Cueva
47	60	Gran Colombia y Vargas Machuca
48	61	Gran Colombia y Tomas Ordoñez
49	62	Gran Colombia y Manuel Vega
50	63	Gran Colombia y Huayna Capac - Av. González Suárez
51	67	Simón Bolívar y Tarqui
52	68	Simón Bolívar y General Torres
53	69	Simón Bolívar y Padre Aguirre
54	70	Simón Bolívar y Benigno Malo
55	71	Simón Bolívar y Luis Cordero
56	72	Simón Bolívar y Antonio Borrero
57	73	Simón Bolívar y Hrm. Miguel
58	74	Simón Bolívar y Mariano Cueva
59	75	Simón Bolívar y Vargas Machuca
60	76	Simón Bolívar y Tomas Ordoñez
61	77	Simón Bolívar y Manuel Vega
62	78	Simón Bolívar y Huayna Capac - La República
63	80	Mariscal Sucre y Juan Montalvo
64	81	Mariscal Sucre y Tarqui
65	82	Mariscal Sucre y Gnr. Torres
66	83	Mariscal Sucre y Padre Aguirre
67	84	Mariscal Sucre y Benigno Malo
68	85	Mariscal Sucre y Luis Cordero
69	86	Mariscal Sucre y Antonio Borrero
70	87	Mariscal Sucre y Hrm. Miguel
71	88	Mariscal Sucre y Mariano Cueva
72	89	Mariscal Sucre y Vargas Machuca
73	90	Mariscal Sucre y Tomas Ordoñez
74	91	Mariscal Sucre y Manuel Vega
75	92	Mariscal Sucre y Huayna Capac - Juan José Flores
76	94	Presidente Córdova y Tarqui
77	95	Presidente Córdova y Gnr. Torres
78	96	Presidente Córdova y Padre Aguirre
79	97	Presidente Córdova y Benigno Malo
80	98	Presidente Córdova y Luis Cordero



81	99	Presidente Córdova y Antonio Borrero
82	100	Presidente Córdova y Hrm. Miguel
83	101	Presidente Córdova y Mariano Cueva
84	102	Presidente Córdova y Vargas Machuca
85	103	Presidente Córdova y Tomas Ordoñez
86	104	Presidente Córdova y Manuel Vega
87	105	Presidente Córdova y Huayna Capac - Eloy Alfaro
88	106	Juan Jaramillo y Padre Aguirre
89	107	Juan Jaramillo y Benigno Malo
90	108	Juan Jaramillo y Luis Cordero
91	109	Juan Jaramillo y Antonio Borrero
92	110	Juan Jaramillo y Hrm. Miguel
93	111	Juan Jaramillo y Mariano Cueva
94	112	Juan Jaramillo y Vargas Machuca
95	113	Juan Jaramillo y Tomas Ordoñez
96	114	Juan Jaramillo y Manuel Vega
97	115	Juan Jaramillo y Huayna Capac
98	119	Honorato Vásquez y Vargas Machuca
99	122	Honorato Vásquez y Huayna Capac
100	126	Calle Larga y Benigno Malo
101	128	Calle Larga y Antonio Borrero
102	131	Calle Larga y Alfonso Jerves
103	132	Calle Larga y Huayna Capac
104	139	Huayna Capac y Pio Bravo
105	147	Av. Américas y México
106	148	Av. Américas y Carlos Arizaga Vega
107	149	Av. Américas y Batan
108	151	Av. Américas y Tinajilos
109	152	Av. Américas y Héroes de Verdeloma
110	153	Av. Américas y Nicanor Merchán
111	154	Av. Américas y Luis Cordero
112	165	Remigio Crespo y Venezuela
113	167	Remigio Crespo y Loja
114	168	Remigio Crespo y Lorenzo Piedra
115	169	Remigio Crespo y Ricardo Muñoz
116	171	Remigio Crespo y Agustín Cueva
117	173	Remigio Crespo y Federico Proaño
118	175	Gran Colombia y Unidad Nacional
119	177	Av. 12 de Abril y Unidad Nacional
120	191	Av. 12 de Abril y Loja
121	192	Av. 12 de Abril y Vicente Solano
122	194	Av. 12 de Abril y Huayna Capac
123	196	Av. Solano y Florencio Astudillo
124	231	Gran Colombia y Bolívar - Octavio Cordero
125	233	Av. España y Chapetones
126	239	Av. España y Sebastián Benalcazar

A8. Localización planimétrica de las intersecciones

