



# Universidad del Azuay

## Departamento de Posgrados

### ” Maestría en Tránsito Transporte y Seguridad Vial” I Versión

**Modelo de caracterización de la movilidad vehicular en el  
Centro Histórico de Cuenca.**

Trabajo de graduación previo a la obtención  
del título de Magister en  
“Tránsito Transporte y Seguridad Vial”

Autor: Ing. Jorge Flores Guillén.

Director: Mgst. Chester Sellers Walden

CUENCA-ECUADOR  
2016

**Dedicatoria**

A mí adorada esposa e hija.

**Agradecimiento**

Al Director de tesis, Ing. Chester Sellers. MSc. al personal del IERSE – Universidad del Azuay, por su apoyo y colaboración técnica de manera bondadosa y desinteresada.

## Resumen

Cuenca es una ciudad con alto porcentaje de personas movilizándose al Centro Histórico empleando vehículo liviano, lo cual repercute en los índices de tráfico.

Es objetivo de ésta tesis generar un modelo de interpretación gráfica mediante mapas, en función del volumen vehicular, utilizando el software CADNA-A para caracterizar la operación del tránsito en algunas intersecciones del área urbana de Cuenca.

La metodología utilizada acoge la información sobre aforos realizados, mediante convenio Universidad del Azuay - GAD de Cuenca, durante 14 horas continuas. Estos datos permiten generar una base de datos, elaborar tablas, gráficos del volumen vehicular y desarrollar una modelación del comportamiento vehicular.

## ABSTRACT

Cuenca is a city with a high percentage of people mobilizing to the Historic Center in light vehicle; situation that has an impact in traffic rates.

The objective of this thesis is to produce a graphical interpretation model through maps and according to the vehicular volume, by using CadnaA software to characterize the traffic operation at some intersections of Cuenca's urban area.

The methodology used incorporates the information on seating capacity conducted during 14 continuous hours by *Universidad del Azuay* and the GAD of Cuenca. These data allow us to generate a database, produce tables, vehicular volume graphs, and develop a modeling of vehicular behavior.

**Keywords:** Traffic, Seating Capacity, Traffic Indices, Rush Hour, Annual Average Daily Traffic-TPDA, as per its Spanish acronym.



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
1.1 Resumen Histórico de la ciudad.....	2
1.2. Ubicación y división política.....	3
1.2.1. El Centro Histórico.....	4
1.3. Situación demográfica .....	5
1.3.1. Población y movilidad humana.....	5
1.3.2. Perfil socio-económico de la población.....	5
1.4.1. Red vial.....	5
1.5. Transporte terrestre.....	6
1.6. La movilidad en Cuenca .....	6
1.6.1. Características de movilidad.....	6
1.6.2. Modos y motivos de viaje. ....	6
1.7. Problemática General.....	8
1.7.1. Problemática de la movilidad de Cuenca. ....	8
1.8. Metodología.....	10
1.8.1. Mediciones de flujo de vehículos.....	10
1.8.2. Digitación de los datos obtenidos en campo. ....	11
1.8.3. Componentes del flujo de tráfico. ....	11
1.8.3.1. Volumen de tráfico.....	11
1.8.3.2. Intensidad.....	12
1.8.4. Cálculo de volumen e intensidad de tráfico. ....	13
1.8.5. Hora pico. ....	19
1.8.6. Variación horaria. ....	21
1.8.7. Aforos direccionales. ....	25
1.8.8. Variaciones periódicas.....	30
1.8.9. Calculo del tránsito promedio diario anual (TPDA).....	36
1.8.10. Composición vehicular.....	38

1.8.11. Factor horario de máxima demanda.....	39
1.9. MODELACIÓN.....	41
1.9.1. Metodología de Modelación.....	43
CAPÍTULO 2. RESULTADOS.....	46
2.1 Composición vehicular.....	47
2.2. Volumen horario.....	48
2.3. Volumen Horario de máxima demanda. (VHMD).....	51
2.4. Factor de Máxima Demanda.....	52
2.5. Resultados de la modelación.....	53
CAPÍTULO 3. DISCUSIÓN.....	56
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	61

**ÍNDICE DE TABLAS.**

TABLA 1. VOLUMEN E INTENSIDAD VEHICULAR - ESTACIÓN E1 .....	15
TABLA 2. VOLUMEN E INTENSIDAD VEHICULAR - ESTACIÓN E2. ....	16
TABLA 3. VOLUMEN E INTENSIDAD VEHICULA - ESTACIÓN E1. ....	18
TABLA 4 . MAX. INTENSIDAD DE VEHÍCULOS POR ESTACIÓN.....	18
TABLA 5. VOLUMEN DE VEHÍCULOS EN HORA PICO.. ....	21
TABLA 6. VOLUMEN HORARIO - ESTACIÓN E1.. ....	22
TABLA 7. VOLUMEN HORARIO - ESTACIÓN E2.. ....	23
TABLA 8. VOLUMEN HORARIO - ESTACIÓN E3. ....	23
TABLA 9. VARIACIÓN HORARIA - INTERSECCIÓN 84.....	24
TABLA 10. GIROS DESDE LA ESTACIÓN E1- INTERSECCIÓN 84. ....	26
TABLA 11. GIROS DESDE LA ESTACIÓN E2- INTERSECCIÓN 8.....	27
TABLA 12. GIROS DESDE LA ESTACIÓN E3 - INTERSECCIÓN 84. ....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO</b>
<b>DEFINIDO.</b>	
TABLA 13. DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL - INTERSECCIÓN 84. ....	29
TABLA 14. AFORO DE VEHÍCULOS AÑO 2013.....	33
TABLA 15. FACTOR SEMANAL, FS.....	35
TABLA 16. CONSUMO MENSUAL DE COMBUSTIBLE - 2013. ....	35
TABLA 17. FACTOR DE TPDA PARA LOS DÍAS DE LA SEMANA.....	36
TABLA 18. VOLUMEN DE VEHÍCULOS OBSERVADOS – INTERSECCIÓN 84.....	37
TABLA 19. TPDA – 2015.....	38
TABLA 20 . FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA. ....	40
TABLA 21. TPDA 2015 DE 9 INTERSECCIONES. ....	43
TABLA 22. ESCALA DE COLOR POR VOLUMEN VEHICULAR. ....	45
TABLA 23. VOLUMEN VEHICULAR CATEGORIZADO .....	46
TABLA 24. VARIACIÓN VEHICULAR HORARIA - 9 INTERSECCIONES.....	48
TABLA 25. INCREMENTO VEHICULAR DURANTE AFORO.....	50
TABLA 26. VOLUMEN VEHICULAR EN HORA PICO. ....	51
TABLA 27. FACTOR DE HORA PICO. ....	52

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1 . ACTIVIDAD OCUPACIONAL URBANA - CUENCA.....	5
GRÁFICO 2. MODOS DE TRANSPORTE.....	7
GRÁFICO 3 . MOTIVOS DE VIAJE EN CUENCA. ....	7
GRÁFICO 4. FORMATO PARA CONTEO DE VEHÍCULOS.. ....	10
GRÁFICO 5. FORMATO PARA CONTEO DE VEHÍCULOS.. ....	12
GRÁFICO 6. VARIACIÓN HORARIA - INTERSECCIÓN 84.....	25
GRÁFICO 7. ESQUEMA DE ACCESOS Y SALIDAS - INTERSECCIÓN 84.....	25
GRÁFICO 8. DISTRIBUCIÓN VEHICULAR DIRECCIONAL .....	30
GRÁFICO 9. DISTRIBUCIÓN MODA .....	39
GRÁFICO 10. MOSAICO CON VALORES DEL TPDA 2015.....	45
GRÁFICO 11. VOLUMEN DE VEHÍCULOS EN 9 INTERSECCIONES.....	47
GRÁFICO 12. DISTRIBUCIÓN MODAL EN 9 INTERSECCIONES.....	48
GRÁFICO 13. VARIACIÓN HORARIA- - INTERSECCIÓN 84.....	49
GRÁFICO 14. VARIACIÓN HORARIA - INTERSECCIONES 85-97-92-99-96. ....	49
GRÁFICO 15. VARIACIÓN HORARIA - INTERSECCIONES 87-88.10.....	50
GRÁFICO 16. VOLUMEN VEHICULAR HORAS PICO - 9 INTERSECCIONES. ....	51
GRÁFICO 17. FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA.....	52

**ÍNDICE DE MAPAS**

MAPA 1. UBICACIÓN Y LÍMITES DE CUENCA.....	3
MAPA 2. PARROQUIAS URBANAS DE CUENCA .....	3
MAPA 3. CENTRO HISTÓRICO - CUENCA. ....	4
MAPA 4. UBICACIÓN DE LAS 9 INTERSECCIONES. ....	44
MAPA 5. COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN FUNCIÓN DEL TPDA 2015.....	53
MAPA 6 . MOSAICO DE MAPAS: VOLUMEN - ESCALA DE COLOR.....	54
MAPA 7. RESULTADOS DE MODELACIÓN - INTERSECCIÓN 84.....	55

Autor: Jorge Flores Guillén

“Trabajo de Graduación”

Director: Ingeniero Chester Sellers. MSc.

Julio – 2016

**Tema: “Modelo de caracterización de la movilidad vehicular en el Centro Histórico de Cuenca.”**

## **INTRODUCCIÓN**

En la historia de las ciudades se puede observar cómo el transporte ha facilitado cambios, no solo en su morfología, sino también en la dinámica económica y social. La ciudad y el transporte crecen y se expanden de manera paralela pero profundamente distanciadas una de la otra. Dicha ruptura ha desencadenado un sinnúmero de dificultades en cuanto a planificación, movilización y acceso a la ciudad, pero sobre todo, a problemas ambientales y segregación social, por el aumento de las distancias y el tiempo de viaje. (Lizárraga, 2006: 284).

En muchos países del mundo al igual que en Ecuador, a partir de la década de los años 60 con el despegue industrial, muchas ciudades evidenciaron un cambio socio económico significativo. La problemática de Cuenca, con una población de 505.585 habitantes (INEC 2010), no es la excepción, mucha gente se trasladó del campo a la ciudad, ésta migración asociada con el creciente número de vehículos, modos de viaje, y la forma que estos se distribuyen, provoca serios conflictos entre los actores: peatones, ciclistas, vehículos privados y transporte público que entran en disputa por un espacio para circular. (CUENCA, 2015).

El proceso de expansión urbana de la ciudad de Cuenca trae consigo los problemas de congestión, polución ambiental y accidentes, típicos de las urbes modernas (Análisis de la movilidad urbana Espacio , medio ambiente y equidad, n.d.), que junto al modelo de movilidad dependiente del automóvil, han saturado gran parte de la red vial, en su mayoría vías correspondientes a áreas residenciales y de indiscutible sensibilidad ambiental como el centro histórico, gran parte del espacio público, se ha ocupado con automóviles en circulación o en la modalidad de estacionamiento. (MUNICIPAL, 2015).

Con el antecedente de los párrafos anteriores, que describen la problemática de la ciudad de Cuenca, el objetivo principal en esta tesis es utilizar los datos de los aforos de volumen de tráfico, levantados en las principales intersecciones del centro urbano de la ciudad de Cuenca mediante convenio entre la Universidad del Azuay y el GAD Municipal de Cuenca, para construir una base de datos numérica de volúmenes de tráfico vehicular, para desarrollar la caracterización dinámica del estado actual de operación del tránsito vehicular en algunas

intersecciones del área urbana de la ciudad de Cuenca, mediante la generación de un mapa descriptivo de la movilidad motorizada en un tramo arterial conformado por 9 intersecciones de dicha área urbana. Como objetivos específicos hacer una estimación de los orígenes y destinos de los vehículos que acceden y salen de cada intersección y su respectiva composición vehicular la cual mide los porcentajes de las diferentes categorías de vehículos, principalmente livianos (automóviles, camionetas, jeeps) y pesados (buses, camiones de 2, 3 y 4 o más ejes). Se justifica éste objetivo porque, la caracterización puede ser de gran utilidad a las instituciones que han emprendido en proyectos de movilidad, dentro de sus jurisdicciones, con el propósito de identificar aspectos que podrían mejorar tanto la circulación vehicular como la conectividad interior y exterior de la ciudad, pero principalmente la calidad de vida de sus habitantes. Tal es el caso particular de Cuenca que trabaja en el Plan de Movilidad y Espacios Públicos (PMEP), cuyo propósito es alcanzar a que los ciudadanos puedan acceder a los equipamientos de manera segura y rápida.

Este trabajo consta de 3 capítulos que contienen gráficos, tablas y mapas que proporcionan información detallada y comprensible del flujo vehicular de la siguiente manera:

En el capítulo 1 consta una breve reseña histórica y un resumen de la problemática de movilidad motorizada actual de la ciudad en donde se desarrolla el presente trabajo, conjuntamente con el justificativo, el objetivo y la metodología para desarrollar esta tesis.

En este mismo capítulo se describe, como parte del objetivo de la tesis, la necesidad de desarrollar una modelación del comportamiento vehicular en 9 intersecciones del centro urbano de la ciudad mediante el uso de un software conocido como “Computer Aided Noise Abatement,” por sus siglas en inglés conocido como CADNA-A.

El capítulo 2 presenta los resultados de las características actuales de movilidad en 9 intersecciones en el Centro Histórico de Cuenca, atendiendo a las características de operación, tales como el volumen de tráfico vehicular.

En el capítulo 3 se hace una breve discusión respecto a todo el trabajo desarrollado en esta tesis.

Al final de la tesis se extraen las conclusiones y recomendaciones. Y se adjuntan los anexos.

## **CAPÍTULO 1. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **1.1 Resumen Histórico de la ciudad.**

En 1.557 los conquistadores españoles fundan una nueva ciudad con el nombre “Santa Ana de los ríos de Cuenca”. Se inicia la etapa Colonial, donde los habitantes viven bajo el dominio español; con el objetivo de conseguir la libertad, los cuencanos declaran su independencia en 1.820, este proceso duró hasta 1.822, a partir de este año inicia la etapa Republicana, con una gran variedad de cambios políticos, hoy es la ciudad que conocemos como Cuenca, la Atenas del Ecuador.” (PNUD, 2013).

## 1.2. Ubicación y división política.

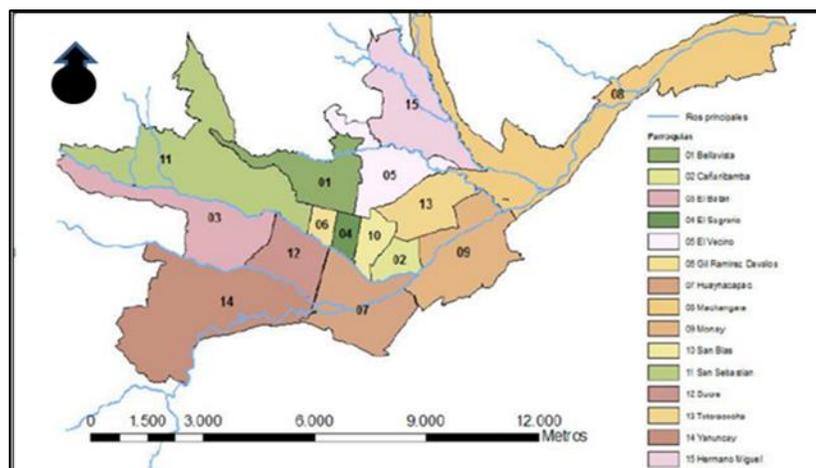
El Cantón Cuenca capital de la provincia del Azuay está ubicado geográficamente entre las coordenadas 2°39' a 3°00' de latitud sur y 78°54' a 79°26' de longitud oeste, con una altura promedio de 2.560 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la Provincia del Cañar, al sur con los cantones Camilo Ponce Enríquez, San Fernando, Santa Isabel y Girón, al oeste con las provincias del Guayas y hacia el este con los cantones Paute, Gualaqueto y Sigsig.



Mapa 1. Ubicación y Límites de Cuenca.

Fuente: Google.

El Cantón Cuenca está dividido en 15 parroquias urbanas, y 21 parroquias rurales (Mapa 2). Al conjunto de las 15 parroquias urbanas se les denomina la Ciudad de Cuenca, con un área aproximada de 72.32 km<sup>2</sup>. El área total del cantón es de aproximadamente de 3.086 km<sup>2</sup>, ocupando el área urbana apenas el 2.34%, de acuerdo a lo establecido en la Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca (PNUD, 2013).



Mapa 2. Parroquias urbanas de Cuenca

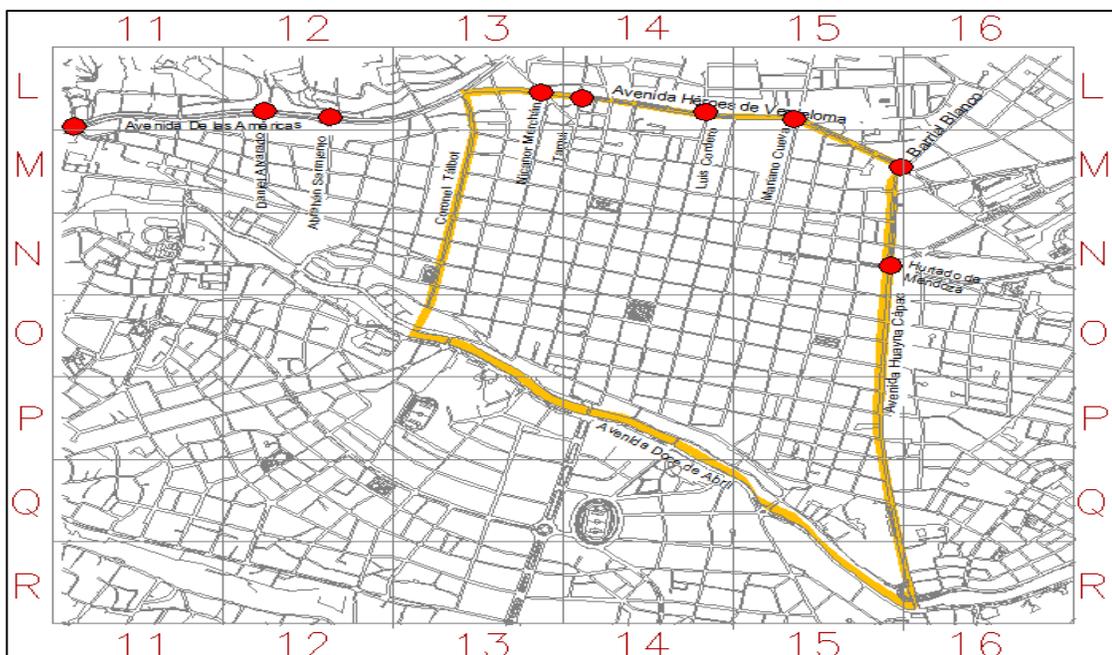
Fuente: GAD Municipal - Cuenca 2012

El uso del suelo del Cantón está definida por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, en vigencia desde diciembre de 2012, el mismo que define 5 niveles principales: área urbana, área de conservación, área de expansión urbana, área de producción y área de recuperación. Dentro del área urbana existe una sectorización especial que está definida por el Centro Histórico, campus universitarios, zonas militares, áreas comerciales, parque industrial, plantas de tratamiento y otros sectores destinados a vivienda, educación, recreación, servicios, mercados, etc.

### 1.2.1. El Centro Histórico

La ciudad de Cuenca, es la tercera ciudad más importante de Ecuador y el centro económico de la sierra austral. Estas distinciones, junto con el nivel de conservación de su patrimonio histórico y cultural han propiciado que el Centro Histórico de Cuenca fuese nombrada por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad. (GAD Municipal, 2007).

El Centro Histórico geográficamente está localizado en las coordenadas  $2^{\circ} 53' 00''$  S y  $78^{\circ} 59' 00''$  O (Referido al edificio municipal), constituye el núcleo del centro urbano de Cuenca, delimitado por arterias viales de gran importancia: al norte la avenida Héroes de Verdeloma, al sur la avenida Doce de Abril, al este la avenida Huayna Cápac, al oeste no existe una característica especial para identificar como referencia de la periferia occidental de Centro Histórico, sin embargo se asume la calle Octavio Cordero como límite.



Mapa 3. Centro Histórico - Cuenca.

Fuente: GAD Municipal - Cuenca 2015

### 1.3. Situación demográfica

#### 1.3.1. Población y movilidad humana.

Según datos del Censo 2010 (INEC-2010), el Cantón Cuenca registra una población de 505.585 habitantes de los cuales el 65,26% (329.928 habitantes) corresponden al área urbana.

#### 1.3.2. Perfil socio-económico de la población.

En el ámbito del empleo, en el cantón la población económicamente activa (PEA) es de 223 mil personas. El 96% de la PEA está en situación económica ocupada. Según los datos del INEC al 2010, las principales actividades económicas de la población urbana, se observa en el gráfico 1.

Las parroquias de mayor movimiento comercial son: San Blas, El Sagrario, San Sebastián y Gil Ramírez Dávalos, las tres primeras pertenecen al Centro Histórico. Generalmente, la población de otras parroquias se moviliza a estas zonas para el comercio.(PNUD, 2013).



Gráfico 1 . Actividad ocupacional urbana - Cuenca Fuente: INEC 2015

### 1.4. Infraestructura urbana.

#### 1.4.1. Red vial.

La red vial corresponde a la infraestructura vial existente que mediante el intercambio de flujos vehiculares permite el desplazamiento peatonal y vehicular desde los diferentes asentamientos del cantón hacia el interior central de la ciudad a través de las intersecciones de entrada y salida.

Actualmente la ciudad de Cuenca, cuenta con alrededor de 1.100 km de vías solamente en su área urbana. La estructura urbana presenta tres tramas viarias, una trama central que sigue un patrón ortogonal y que corresponde a la originada en el período fundacional de la ciudad, y actualmente constituye el Centro Histórico de Cuenca, una segunda trama en el sector El Ejido

con trazos irregulares lo que genera conflictos de tráfico, una tercera al sur y al oeste de la ciudad, que sirven de acceso hacia el Centro Histórico, como ejemplo La Avenida Loja, la Avenida Ordoñez Laso. En el resto del territorio la construcción de las vías no ha seguido una planificación que se adecúe a las necesidades urbanas funcionales y de movilidad actuales. (CUENCA, 2015).

### **1.5. Transporte terrestre.**

El cantón Cuenca, cuenta con la Dirección Municipal de Tránsito y Transporte (DMT), el cual fue creado en convenio entre el Consejo Nacional de Tránsito y la Municipalidad de Cuenca para organizar, planificar, regular el tránsito y transporte terrestre en el cantón, con la finalidad de brindar un mejor servicio a la comunidad cuencana. (Bott, R, 2014).

La ciudad de Cuenca cuenta con un terminal terrestre ubicado al este de la ciudad y una central de transferencia en la zona oeste, ambas ubicadas fuera del Centro Histórico. Para el transporte terrestre interno, se cuenta con el servicio de bus urbano y Micro-regional, actualmente existen 474 unidades y tienen 28 recorridos por toda la zona urbana a la urbe. En cuanto al transporte pesado, éste tiene prohibición de entrar en un área que constituye el Centro Histórico. (PNUD, 2013).

### **1.6. La movilidad en Cuenca**

Para iniciar cualquier tipo de investigación sobre el sistema de tráfico en una ciudad o zona es preciso conocer la situación real actual de la movilidad. El presente trabajo resalta una imagen de la situación actual de la ciudad de Cuenca, sus características relativas a la movilidad en los accesos al Centro Histórico de la ciudad y un análisis de los diferentes modos de transporte existentes.

#### **1.6.1. Características de movilidad.**

El Plan de Movilidad y Espacios Públicos (2015) ofrece una visión de las características de movilidad interna de la ciudad de Cuenca.

Las características de movilidad en el área urbana de Cuenca suponen un total de 600.000 viajes, con origen y destino en el interior de la ciudad.

El Centro Histórico y El Ejido son las zonas de destino con mayor porcentaje de viajes diarios tanto en transporte público como en vehículo privado (Municipalidad de Cuenca, 2014).

#### **1.6.2. Modos y motivos de viaje.**

Las encuestas realizadas en el año 2012 proporcionan información más reciente. El 25 % del total de viajes tienen como destino el Centro Histórico de Cuenca debido a la concentración de equipamientos y a la actividad económica / social de los ciudadanos.

Los datos del plan de movilidad considera que el 23% del total de viajes al interior del centro urbano se realizan en vehículo privado y tiene como origen y destino el propio perímetro zonal, y que el 14 % de los viajes se realizan usando el transporte público.

Los diferentes modos de transporte utilizados por la ciudadanía están constituidos mayoritariamente por el vehículo motorizado que representa el 69 % contra el 31% del modo no motorizado. Sin embargo, del 100 % de transporte público y privado, el transporte público y la caminata representan en conjunto el 64%, por sobre el uso del vehículo privado.

La siguiente gráfica muestra la distribución modal en Cuenca.

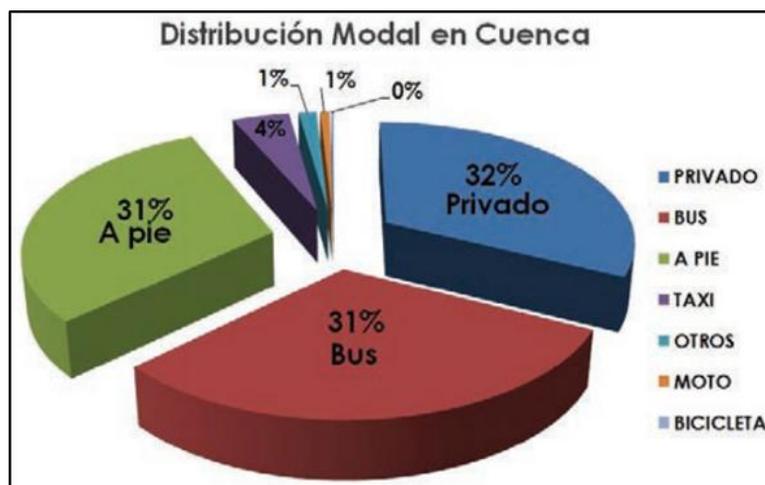


Gráfico 2. Modos de transporte. Fuente: EMOV - Cuenca - Plan de movilidad 2015

Los motivos de viaje más representativos corresponden por trabajo y estudios, que equivale a un 51%, seguido por el 17% que corresponde a motivos de compras, el 16% por gestiones personales y el 16% restante por otros motivos.

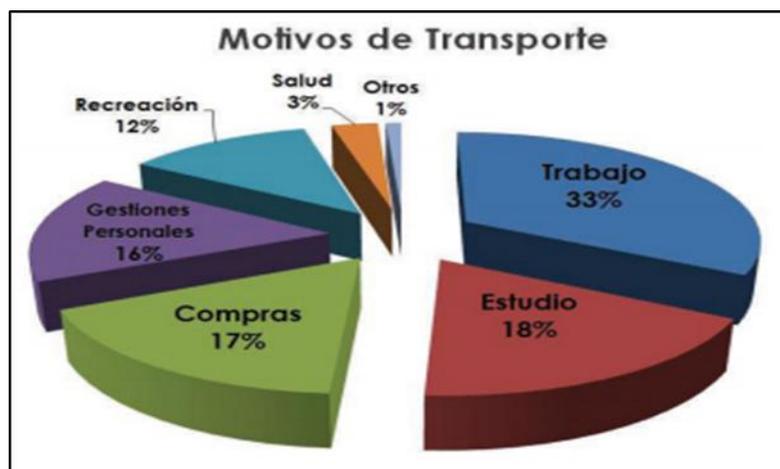


Gráfico 3 . Motivos de viaje en Cuenca. Fuente: EMOV - Cuenca - Plan de movilidad 2015

## 1.7. Problemática General.

El congestionamiento vial es un problema que cada año va en aumento, convirtiéndose en factor que perjudica la calidad de vida de las personas. Esta realidad se debe al crecimiento desmedido de la cantidad de automóviles existentes, adquiridos por mejores ingresos económicos de las personas y las facilidades de financiación, sin deslindar los aportes por la ineficiencia y mal servicio del transporte público reemplazado por la comodidad de los vehículos privados. Por ejemplo Guadalajara-México, con una población de 1´495.000 habitantes es la ciudad con el mayor número de vehículos por cada 1000 habitantes en México.(Sibd, n.d.)

Los habitantes de las ciudades del primer mundo son menos propensos a ocupar sus automóviles para desplazarse a la oficina en las horas de máxima demanda. Un banquero neoyorquino o londinense, residente en los suburbios de su ciudad, nunca contemplaría viajar diariamente a “Wall Street” o a “City Hall” en automóvil, por contar, en ambos casos, con un sistema de transporte público de buena calidad. Su contraparte paulista o santiaguino no consideraría llegar al centro sino en automóvil.

En Quito, cuya población en 1990 era de aproximadamente un millón de habitantes, el viaje medio entre el hogar y el lugar de trabajo era de 56 minutos; en Múnich, con 1.3 millones de habitantes, la demora era de 25 minutos. En Bogotá (5 millones de habitantes), la demora era de 90 minutos, mientras que en Londres (6.8 millones) era de 30 minutos. Muchos otros ejemplos indican lo mismo. Está claro que en las ciudades del mundo desarrollado hay una mayor capacidad de convivir con el automóvil, eludiendo sus peores consecuencias, lo que en América Latina aún no se ha aprendido. (CEPAL, 1988 y 1995).

### 1.7.1. Problemática de la movilidad de Cuenca.

Al igual que otras ciudades del mundo Cuenca en la actualidad tiene un proceso acelerado de crecimiento económico y de población, constituyéndose así en el centro de poder político-administrativo de la región, en la que se desarrollan un gran número de actividades que han modificado la demanda por transporte, no solo en cuanto al número y modo de viajes, sino también en la forma que estos se distribuyen en la ciudad, que se enfatiza en el incremento de tráfico de paso de los vehículos que atraviesan el Centro Histórico para acortar distancias, en las vías de acercamiento a la ciudad, en los accesos y salidas del Centro Histórico (*Análisis de la movilidad urbana Espacio , medio ambiente y equidad*, n.d.), que junto al modelo de movilidad dependiente del automóvil, han saturado gran parte de la red vial, en su mayoría vías correspondientes a áreas residenciales y de indiscutible sensibilidad ambiental como el Centro Histórico, gran parte del espacio público se ha ocupado con automóviles en circulación o en modalidad de estacionamiento. (MUNICIPAL, 2015).

En el Centro Histórico de Cuenca y en muchas otras ciudades, es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados donde existen restricciones en el ancho de la calzada, la sobre oferta del servicio de taxi que circulan a baja velocidad buscando pasajeros y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. La información disponible sobre las condiciones del tránsito es deficiente, situación que no ayuda a la circulación vehicular. Si un motorista que dispone de dos rutas, A y B, para llegar a su destino, supiera que las condiciones de tránsito están complicadas en la ruta A, podría emplear la ruta B, de esta manera su contribución a la congestión vehicular sería menor.

Para enfrentar los problemas de la movilidad en el Centro Histórico de la ciudad donde el automóvil ha llegado a ser el protagonista del paisaje urbano, en perjuicio de otras formas de movilidad más sustentable y de menor consumo energético, las entidades municipales han emprendido en proyectos dentro de sus jurisdicciones para revertir este problema. Tal es el caso de la ciudad de Quito-Ecuador, la ciudad del Cusco-Perú, que han implementado programas y proyectos, como es el caso particular de Cuenca donde se trabaja en el Plan de Movilidad y Espacios Públicos (PMEP). En concordancia con el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT), el PMEP, de la ciudad de Cuenca, tiene como objetivo principal el cambio de modelo de movilidad urbana, para lo cual recoge las características actuales de movilidad del cantón, con el fin de entender el comportamiento operacional y la distribución actual del tráfico.

El conocimiento del comportamiento histórico del tráfico en una ciudad, es la base para que la ingeniería de tráfico sea capaz de generar propuestas, que respondan a las demandas del transporte tanto de personas como de mercancías, en condiciones de eficiencia y seguridad vial. Es indispensable que la ciudad cuente con información sobre el tráfico, en el caso de Cuenca, existen datos recogidos del monitoreo periódico, que se obtiene aplicando métodos manuales y automatizados. Aforos Automáticos: a partir de la implementación del “Sistema de Gestión de Tráfico Adaptativo Centralizado” (2009), con lo que la ciudad ha podido tener un registro histórico del comportamiento del tráfico. Actualmente existen 126 intersecciones que se encuentran enlazadas a la central semaforica. Mediante estos aforos se tiene información sobre las variaciones diarias de volumen de tránsito motorizado en las diferentes intersecciones. Además aforos manuales: Estos aforos son realizados por personal capacitado para el levantamiento de información. (CUENCA, 2015).

Con estos datos, se genera una caracterización de las intersecciones que conducen el tráfico hacia el interior del Centro Histórico. Con lo que se identifica la presencia excesiva del vehículo motorizado privado en el espacio público de la ciudad, es imprescindible que en una zona de la ciudad de Cuenca se realice y analice la situación, con información actualizada y veraz sobre volúmenes de tráfico, con el objetivo de caracterizar el comportamiento de la movilidad en

determinadas intersecciones del Centro Histórico, e implementar un modelo de interpolación que permita interpretar gráficamente mediante mapas georeferenciados los resultados obtenidos e identificar aspectos que podrían mejorar la circulación de los actores de la movilidad.

### 1.8. Metodología.

El conocimiento de los datos hace posible el desarrollo de métodos sistemáticos, mediante la colecta de datos de los elementos de tráfico en la interacción de los usuarios viales: peatón, conductor, vehículos motorizado y no motorizados, en armonía con el medio ambiente, para generar una base de datos completa, actualizada, información en atención a la ubicación, que permitan tomar decisiones más acertadas en la planificación, regulación y operación del tránsito de la ciudad o zona analizada. (Hudiel, 2010)

Con el propósito de realizar una interpretación de la situación actual del tráfico en el área de estudio, se inició con aforos, luego la tabulación y análisis de la información levantada, de acuerdo a las particularidades del Centro Histórico de Cuenca con la finalidad de lograr los objetivos planteados en este trabajo.

#### 1.8.1. Mediciones de flujo de vehículos.

Mediante convenio de cooperación entre la Universidad del Azuay y el GAD Municipal de Cuenca se realizaron mediciones periódicas de flujos vehiculares en 27 puntos de control dentro de la ciudad de Cuenca, con el objetivo de disponer de información necesaria y actualizada al año 2015. Esto es, para calcular el volumen de vehículos, la asignación de modos (autos y camiones). Esta información fue levantada utilizando formatos, proporcionadas por la EMOV-EP del Municipio de Cuenca, como se especifican en la gráfica 4. En el anexo N° 1 está disponible toda la metodología aplicada para levantar la información en las intersecciones analizadas.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DEL CANTÓN CUENCA							
ESTUDIO DE TRÁFICO: GIROS CLASIFICADO						Croquis	
Intersección N°	Ubicación:						
Aforador:	Estación		Hora Inicio				
Supervisor:			Hora Final				
Movimiento		Fecha					
Período	Liviano	Buses	2 Ejes	3 Ejes	> 4 Ejes	Motos	Bicicletas

Gráfico 4. Formato para conteo de vehículos.

Fuente: EMOV- Cuenca- Plan de movilidad 2015.

### **1.8.2. Digitación de los datos obtenidos en campo.**

Tal como se indicó, las mediciones fueron realizadas en el mes de julio de 2015, obteniéndose como resultado los volúmenes de tráfico en los accesos de cada intersección analizada. La información recogida en campo fue digitada y sometida a un acucioso proceso de validación. Este proceso consiste en eliminar la información inconsistente y/o con errores evidentes, como valores de volúmenes de vehículos que no corresponden a la intersección medida. Sin este proceso no se pueden extraer conclusiones válidas de los datos. Por lo tanto este proceso es de suma importancia para futuros manejos de la información. Una vez finalizado el proceso de depuración de los datos se procedió con el análisis de circulación discontinua a aplicar en la estructura del estudio, incluyendo la información tabulada y gráficos para cada intersección.

### **1.8.3. Componentes del flujo de tráfico.**

Abordar el análisis del flujo vehicular, significa dar a conocer algunas de sus aplicaciones más relevantes en este tema, con particular énfasis en los aspectos que relacionan la variable del volumen vehicular, útil para determinar el comportamiento de operación del tráfico.

Uno de los objetivos del análisis de la circulación de vehículos es la medición de la capacidad vial y los niveles de servicio en función de la interrelación entre las variables fundamentales del tráfico, como la cantidad de tráfico, la velocidad, tiempo de viaje, características geométricas de la vía.

Sin embargo para alcanzar el principal objetivo de esta tesis, las principales variables estudiadas son las relacionadas con a) volumen de tráfico, b) intensidad de tráfico, c) variación horaria, d) asignación modal y e) tráfico promedio diario anual - 2015 (TPDA), que se pueden obtener, mediante cálculos matemáticos en hojas de cálculo, para ser útiles en otra aplicación importante de la teoría del flujo de tráfico, la modelación y la simulación, en donde se utiliza algoritmos para estimar los efectos de los cambios producidos en el flujo de tráfico.

#### **1.8.3.1. Volumen de tráfico.**

Expresión de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de un carril durante un intervalo de tiempo dado.

Los volúmenes de tráfico recopilados en el estudio, pueden ser expresados en relación a los períodos de tiempo anual, diario, horario, sub-horarios.

Cuando se realiza el aforo en periodos de 15 minutos, el volumen horario de tráfico es igual a la suma de los volúmenes de vehículos registrados en cada período observado dentro de la hora. (HCM2000, 2011).

**1.8.3.2. Intensidad.**

Está definida por la intensidad equivalente que, es el número de vehículos que pasa por una sección de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo inferior a la hora, que normalmente es de 15 minutos, pero expresado en horas.

La diferencia entre volumen e intensidad de circulación radica en que el volumen es la cantidad real de vehículos que pasan por una sección durante un intervalo de tiempo, mientras que intensidad de circulación es la cantidad de vehículos que pasan por una sección durante un período de tiempo menor a una hora, pero expresado a través de la intensidad equivalente (Transportation Research Board, 2000)

La metodología detallada en el anexo 1, para realizar los aforos vehiculares durante 14 horas en periodos de 15 minutos, proporcionaron los datos para calcular los volúmenes de vehículos que transitaron por cada una de las intersecciones analizadas en el presente estudio.

El procedimiento descrito a continuación se aplica de igual forma a todas las intersecciones analizadas, comenzando con el esquema de la ubicación y los datos generales de cada intersección, como se muestra en la gráfica 5 respecto a la intersección 84.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PUBLICOS DE CUENCA				
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO				
ID:	84		Hurtado de Mendoza	
PRINCIPAL:	Huayna Cápac	SENTIDO:	Doble Via	SENTIDO: Una vía
RESPONSABLE DE GRUPO:	Carolina Mora	Lunes 27 julio 2015		
DISTRIBUCION DE RESPONSABILIDADES			MAPA DE INTERSECCION	FOTO SATELITAL
ESTUDIANTE	ESTACION	RESPONSABILIDAD		
Angélica Calle	1	Recto		
Carolina Mora	2	Recto		
Emanuel Marín	3	Recto		
Janeth Bustamante	1	Recto		
Erika Sacoto	2	Giros -E1		
Edisson Siguenza	1	Giro- E 1A		
Edisson Siguenza	1	Giro- E1B		
Isabel Chumi	2	Giro- E2		
Isabel Chumi	2	Giro- E2A		
Paulina Sacoto	3	Giro - E3 A		
Paulina Sacoto	3	Giro - E3 B		
CALLE	ESTACION	Direccion		
Av. España	1	E - W		
Av. Huayna Cápac	2	N - S		
Sangurima	3	W - E		
Av. Huayna Cápac	4	S - N		
Av. Hurtado de Mendoza	5	NE - SE		
Av. España	1	W - E		

Gráfico 5. Formato para conteo de vehículos.

Fuente: EMOV- Cuenca- Plan de movilidad 2015.

Como se observa en la gráfica de datos generales de la intersección 84, está localizada entre la Av. Huayna Cápac y Av. Hurtado de Mendoza, le corresponden tres estaciones de entrada E1 en sentido este- oeste de la Av. España, E2 en sentido norte –sur de la Av. Huayna Cápac, E3 en sentido oeste – este de la calle Sangurima y dos estaciones de salida S4 en sentido norte - sur en la estación E4 de la Av. Huayna Cápac y S5 en sentido sureste en la estación E5 de la Av. Hurtado de Mendoza.

#### 1.8.4. Cálculo de volumen e intensidad de tráfico.

El cálculo de la intensidad propuesta por la norma HCM 2000 (Highway Capacity Manual) se obtiene al dividir el número de vehículos observado en un período sub-horario entre el tiempo de observación (en las unidades veh. / hora). Esto se expresa en la fórmula 1:

$$\text{Intensidad} = \text{Volumen observado en el periodo} / \text{tiempo observado} \quad (\text{veh./ hora})$$

Fórmula 1. Intensidad vehicular. Fuente: HCM 2000

El volumen de vehículos registrados durante el período de aforo en las estaciones de la intersección (84) y el cálculo de la intensidad de tráfico se muestran en las tablas 1, 2 y 3.

En la tabla 1, se muestran los datos del volumen de vehículos que acceden por la estación E1 localizada en la Av. España en sentido este-oeste. En ella se observa que la máxima intensidad de vehículos corresponde a 676 veh. / h, que inicia en el subperíodo 16H00 – 16H15.

#### Estación 1-Intersección 84, localizada en Av. España.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA							
CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO							
Intersección:		84		Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza			
Sentido	N-S	S-N	E-W	W-E	Inicio: 06:H:00		Fin: 20:H:00
Estación:	1	Ubicación:		Av. España			27-jul-15
Periodo cada 15'	Llv.	Pesados				Total	Intensidad horaria
		Bus	2 E	3 E	>4 E		
06:00-06:15	53	5	0	0	0	58	232
06:15-06:30	60	6	0	0	0	66	264
06:30-06:45	71	10	0	0	0	81	324
06:45-07:00	72	8	0	0	0	80	320
07:00-06:15	100	7	0	0	0	107	428
07:15-06:30	99	7	0	0	0	106	424
07:30-06:45	95	7	0	0	0	102	408
07:45-08:00	135	7	1	0	0	143	572

08:00-08:15	132	3	3	0	0	138	552
08:15-08:30	125	5	0	0	0	130	520
08:30-08:45	145	5	0	0	0	150	600
08:45-09:00	120	5	1	0	0	126	504
09:00-09:15	133	6	2	0	0	141	564
09:15-09:30	137	3	1	0	0	141	564
09:30-09:45	148	5	2	0	0	155	620
09:45-10:00	116	6	0	0	0	122	488
10:00-10:15	120	2	1	0	0	123	492
10:15-10:30	138	6	0	0	0	144	576
10:30-10:45	122	5	0	0	0	127	508
10:45-11:00	112	5	0	0	0	117	468
11:00-11:15	126	4	0	0	0	130	520
11:15-11:30	107	6	1	0	0	114	456
11:30-11:45	133	8	3	1	0	145	580
11:45-12:00	136	6	0	1	0	143	572
12:00-12:15	120	4	1	0	0	125	500
12:15-12:30	137	5	1	0	0	143	572
12:30-12:45	131	8	1	0	0	140	560
12:45-13:00	160	5	3	0	0	168	672
13:00-13:15	56	7	3	0	0	66	264
13:15-13:30	95	6	2	0	0	103	412
13:30-13:45	122	6	4	0	0	132	528
13:45-14:00	124	6	2	0	0	132	528
14:00-14:15	156	5	3	0	0	164	656
14:15-14:30	118	6	1	0	0	125	500
14:30-14:45	128	5	3	0	0	136	544
14:45-15:00	115	4	1	0	0	120	480
15:00-15:15	130	4	2	0	0	136	544
15:15-15:30	132	7	3	0	0	142	568
15:30-15:45	114	3	3	0	0	120	480
15:45-16:00	139	5	3	0	0	147	588
16:00-16:15	162	6	1	0	0	169	676
16:15-16:30	99	5	4	0	0	108	432
16:30-16:45	111	4	2	0	0	117	468
16:45-17:00	112	3	3	0	0	118	472
17:00-17:15	118	8	1	0	0	127	508
17:15-17:30	107	4	3	0	0	114	456
17:30-17:45	97	5	2	0	0	104	416
17:45-18:00	110	7	2	0	0	119	476
18:00-18:15	108	6	1	0	0	115	460
18:15-18:30	120	7	3	0	0	130	520
18:30-18:45	116	8	2	0	0	126	504

18:45-19:00	146	8	0	0	0	154	616
19:00-19:15	130	3	3	0	0	136	544
19:15-19:30	126	7	1	0	0	134	536
19:30-19:45	121	6	2	0	0	129	516
19:45-20:00	121	9	1	0	0	131	524
<b>TOTAL</b>	6616	319	82	2	0	7019	
%	94,26%	4,54%	1,17%	0,03%	0,00%	100,00%	

**Tabla 1.** Volumen e intensidad vehicular - estación E1. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

En la tabla 2, se muestran los datos de la estación de entrada E2 localizada en la Av. Huayna Cápac en sentido norte-sur. Donde la intensidad máxima es 2.616 veh / h en el período de 12H45 – 13H00.

**Estación 2-Intersección 84, localizada en Av. Huayna Cápac.**

<b>CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA</b>							
<b>CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO</b>							
<b>Intersección:</b>		<b>84</b>		<b>Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza</b>			
<b>Sentido</b>	<b>N-S</b>	<b>S-N</b>	<b>E-W</b>	<b>W-E</b>	<b>Inicio:</b> 06:H:00		<b>Fin:</b> 20:H:00
<b>Estación:</b>	<b>2</b>	<b>Ubicación:</b>		<b>Huayna Cápac</b>		<b>27-jul-15</b>	
<b>Periodo cada 15'</b>	<b>Liv.</b>	<b>Pesados</b>				<b>Total</b>	<b>Intensidad horaria</b>
		<b>BUS</b>	<b>2E</b>	<b>3E</b>	<b>&gt; 4 Ejes</b>		
06:00-06:15	132	2	0	0	0	134	536
06:15-06:30	148	4	0	0	0	152	608
06:30-06:45	222	12	4	0	0	238	952
06:45-07:00	342	6	6	0	0	354	1416
07:00-06:15	296	10	2	0	0	308	1232
07:15-06:30	342	10	8	0	0	360	1440
07:30-06:45	416	8	6	0	0	430	1720
07:45-08:00	412	6	10	2	0	430	1720
08:00-08:15	456	6	12	0	0	474	1896
08:15-08:30	392	8	12	0	0	412	1648
08:30-08:45	528	10	20	0	0	558	2232
08:45-09:00	542	10	26	0	0	578	2312
09:00-09:15	544	6	10	0	0	560	2240
09:15-09:30	476	12	12	0	0	500	2000
09:30-09:45	496	12	22	0	0	530	2120
09:45-10:00	416	4	20	0	0	440	1760
10:00-10:15	554	8	12	0	0	574	2296
10:15-10:30	484	2	0	0	0	486	1944

10:30-10:45	566	6	12	2	0	586	2344
10:45-11:00	476	8	10	0	2	496	1984
11:00-11:15	356	8	12	0	0	376	1504
11:15-11:30	496	2	12	0	0	510	2040
11:30-11:45	450	4	8	4	0	466	1864
11:45-12:00	540	4	10	0	0	554	2216
12:00-12:15	390	6	10	0	0	406	1624
12:15-12:30	616	8	12	0	0	636	2544
12:30-12:45	414	22	18	0	0	454	1816
12:45-13:00	634	8	12	0	0	654	2616
13:00-13:15	410	4	10	0	0	424	1696
13:15-13:30	532	6	16	0	0	554	2216
13:30-13:45	430	8	6	0	0	444	1776
13:45-14:00	380	4	2	0	0	386	1544
14:00-14:15	232	2	7	0	0	241	964
14:15-14:30	214	5	5	0	0	224	896
14:30-14:45	233	4	9	0	0	246	984
14:45-15:00	225	4	7	0	0	236	944
15:00-15:15	222	3	5	0	0	230	920
15:15-15:30	221	3	5	0	0	229	916
15:30-15:45	225	2	8	0	0	235	940
15:45-16:00	220	2	3	0	0	225	900
16:00-16:15	223	2	8	0	0	233	932
16:15-16:30	240	4	7	0	0	251	1004
16:30-16:45	211	4	8	0	0	223	892
16:45-17:00	183	5	5	0	0	193	772
17:00-17:15	209	4	7	0	0	220	880
17:15-17:30	195	5	4	0	0	204	816
17:30-17:45	187	3	4	0	0	194	776
17:45-18:00	200	4	6	0	0	210	840
18:00-18:15	215	4	2	0	0	221	884
18:15-18:30	215	4	5	0	0	224	896
18:30-18:45	247	2	4	0	0	253	1012
18:45-19:00	251	6	4	0	0	261	1044
19:00-19:15	221	3	7	0	0	231	924
19:15-19:30	244	4	2	0	0	250	1000
19:30-19:45	255	3	5	0	0	263	1052
19:45-20:00	243	5	4	0	0	252	1008
<b>TOTAL</b>	19219	321	463	8	2	20013	
<b>%</b>	96,03%	1,60%	2,31%	0,04%	0,01%	100,00%	

Tabla 2. Volumen e intensidad vehicular - estación E2.

Fuente: Elaboración propia 2015

En la tabla 3, se muestran los datos de la estación de entrada E3 localizada en la calle Sangurima en sentido este-oeste. Con intensidad máxima de 308 veh. / h entre 11H15 – 11H30.

**Estación E3-Intersección 84, localizada en la calle Sangurima.**

<b>CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA</b>							
<b>CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO</b>							
<b>Intersección:</b>		<b>84</b>		Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza			
<b>Sentido</b>	N-S	S-N	E-W	<b>W-E</b>	<b>Inicio:</b> 06:H:00		<b>Fin:</b> 20:H:00
<b>Estación:</b>	<b>3</b>	Ubicación:		Sangurima			27-jul-15
<b>Periodo cada 15'</b>	<b>LIV</b>	<b>Pesados</b>				<b>Total</b>	<b>Intensidad horaria</b>
		<b>BUS</b>	<b>2E</b>	<b>3E</b>	<b>&gt; 4 Ejes</b>		
06:00-06:15	9	7	0	0	0	16	64
06:15-06:30	12	8	0	0	0	20	80
06:30-06:45	14	9	0	0	0	23	92
06:45-07:00	10	8	0	0	0	18	72
07:00-06:15	17	8	1	0	0	26	104
07:15-06:30	9	8	1	0	0	18	72
07:30-06:45	15	9	0	0	0	24	96
07:45-08:00	18	8	3	0	0	29	116
08:00-08:15	24	8	1	0	0	33	132
08:15-08:30	26	7	0	0	0	33	132
08:30-08:45	25	8	0	0	0	33	132
08:45-09:00	45	7	0	0	0	52	208
09:00-09:15	37	7	3	0	0	47	188
09:15-09:30	33	8	2	0	0	43	172
09:30-09:45	39	7	1	0	0	47	188
09:45-10:00	32	8	0	0	0	40	160
10:00-10:15	41	7	4	0	0	52	208
10:15-10:30	32	4	0	0	0	36	144
10:30-10:45	49	8	2	0	0	59	236
10:45-11:00	39	8	2	0	0	49	196
11:00-11:15	39	6	0	0	0	45	180
11:15-11:30	70	5	2	0	0	77	308
11:30-11:45	54	9	0	0	0	63	252
11:45-12:00	48	5	1	0	0	54	216
12:00-12:15	35	9	2	0	0	46	184
12:15-12:30	34	7	3	0	0	44	176
12:30-12:45	46	7	1	0	0	54	216
12:45-13:00	55	8	3	0	0	66	264
13:00-13:15	30	9	0	0	0	39	156

13:15-13:30	45	8	0	0	0	53	212
13:30-13:45	41	9	0	0	0	50	200
13:45-14:00	37	9	0	0	0	46	184
14:00-14:15	39	8	0	0	0	47	188
14:15-14:30	50	7	0	0	0	57	228
14:30-14:45	46	7	1	0	0	54	216
14:45-15:00	54	7	1	0	0	62	248
15:00-15:15	38	9	0	0	0	47	188
15:15-15:30	50	6	0	0	0	56	224
15:30-15:45	58	6	0	0	0	64	256
15:45-16:00	55	7	0	0	0	62	248
16:00-16:15	55	7	2	0	0	64	256
16:15-16:30	42	8	3	0	0	53	212
16:30-16:45	55	6	2	0	0	63	252
16:45-17:00	46	8	1	0	0	55	220
17:00-17:15	34	8	1	0	0	43	172
17:15-17:30	47	8	0	0	0	55	220
17:30-17:45	39	7	1	0	0	47	188
17:45-18:00	46	6	1	0	0	53	212
18:00-18:15	37	9	0	0	0	46	184
18:15-18:30	35	7	0	0	0	42	168
18:30-18:45	45	9	0	0	0	54	216
18:45-19:00	41	6	0	0	0	47	188
19:00-19:15	48	8	0	0	0	56	224
19:15-19:30	48	10	0	0	0	58	232
19:30-19:45	45	9	0	0	0	54	216
19:45-20:00	43	7	0	0	0	50	200
<b>TOTAL</b>	<b>2156</b>	<b>423</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2624</b>	
<b>%</b>	<b>82,16%</b>	<b>16,12%</b>	<b>1,71%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100,00%</b>	

**Tabla 3.** Volumen e intensidad vehicula - estación E1. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

Aplicando la anterior fórmula 1, en cada una de las tablas anteriores se determinó las máximas intensidades equivalentes de entrada de vehículos a la intersección. Estos valores se muestran en la tabla 4, donde la mayor intensidad equivalente la soporta la estación E2 con 2.616 veh. /h. en el período de 12H15 -12H30.

Sub-Período	Estación	Volumen	Máxima Intensidad
16:00	E1	169	676 veh. / hora
12:15	E2	654	2616 veh. / hora
11:15	E3	77	308 veh. /hora

**Tabla 4 .** Max. Intensidad de vehículos por estación. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

La información de las tablas 1, 2, 3 proporcionan los elementos necesarios para alcanzar uno

de los objetivos específicos de esta tesis: Generar una base de datos numérica de volúmenes de tráfico vehicular.

### 1.8.5. Hora de Máxima Demanda.

Conforme a la teoría de flujo vehicular en los análisis operacionales, para determinar el parámetro de hora pico, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto se conoce como “hora pico” (HP), u hora de máxima demanda (HMD) (HCM2000, 2011).

El volumen horario de máxima demanda o volumen de hora pico es el cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos. (Ordenacion & Territorio, n.d.).

Para determinar el volumen de la hora pico o volumen horario de máxima demanda (VHMD) se calculó el volumen horario con los datos del conteo de vehículos que confluyeron a la intersección, en períodos de 15 minutos, conforme se aprecia en la Tabla 5. La hora pico ocurrió desde las 12H00 a 13H00, con un volumen máximo de 2.936 veh. / hora, que representa el 9,90 % del total de vehículos registrados en la intersección durante el tiempo de aforo.

En adelante, para el presente estudio se consideró que la categoría de vehículos livianos corresponde a los automóviles particulares, taxis, camionetas, busetas y camiones de dos ejes con un neumático posterior por lado, mientras que a la categoría de vehículos pesados pertenecen los vehículos de carga de 2, 3, 4 o más ejes y transporte público.

En la Tabla 5 se muestra el máximo volumen vehicular en la hora pico de la intersección 84.

#### Intersección 84. Av. Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA							
CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO							
Intersección:		84	Inicio:	06H00	Av. Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza		
E1+E2+E3+E4			Fin	20H00	lunes, 27 de julio de 2015		
Periodo cada 15 min	LIV	Pesados				Total	Hora Pico
		BUS	2 Ejes	3 Ejes	> 4 Ejes		
06:00-06:15	194	14	0	0	0	208	
06:15-06:30	220	18	0	0	0	238	
06:30-06:45	307	31	4	0	0	342	
06:45-07:00	424	22	6	0	0	452	1240

07:00-06:15	413	25	3	0	0	441	1473
07:15-06:30	450	25	9	0	0	484	1719
07:30-06:45	526	24	6	0	0	556	1933
07:45-08:00	565	21	14	2	0	602	2083
08:00-08:15	612	17	16	0	0	645	2287
08:15-08:30	543	20	12	0	0	575	2378
08:30-08:45	698	23	20	0	0	741	2563
08:45-09:00	707	22	27	0	0	756	2717
09:00-09:15	714	19	15	0	0	748	2820
09:15-09:30	646	23	15	0	0	684	2929
09:30-09:45	683	24	25	0	0	732	2920
09:45-10:00	564	18	20	0	0	602	2766
10:00-10:15	715	17	17	0	0	749	2767
10:15-10:30	654	12	0	0	0	666	2749
10:30-10:45	737	19	14	2	0	772	2789
10:45-11:00	627	21	12	0	2	662	2849
11:00-11:15	521	18	12	0	0	551	2651
11:15-11:30	673	13	15	0	0	701	2686
11:30-11:45	637	21	11	5	0	674	2588
11:45-12:00	724	15	11	1	0	751	2677
12:00-12:15	545	19	13	0	0	577	2703
12:15-12:30	787	20	16	0	0	823	2825
12:30-12:45	591	37	20	0	0	648	2799
12:45-13:00	849	21	18	0	0	888	2936
13:00-13:15	496	20	13	0	0	529	2888
13:15-13:30	672	20	18	0	0	710	2775
13:30-13:45	593	23	10	0	0	626	2753
13:45-14:00	541	19	4	0	0	564	2429
14:00-14:15	427	15	10	0	0	452	2352
14:15-14:30	382	18	6	0	0	406	2048
14:30-14:45	407	16	13	0	0	436	1858
14:45-15:00	394	15	9	0	0	418	1712
15:00-15:15	390	16	7	0	0	413	1673
15:15-15:30	403	16	8	0	0	427	1694
15:30-15:45	397	11	11	0	0	419	1677
15:45-16:00	414	14	6	0	0	434	1693
16:00-16:15	440	15	11	0	0	466	1746
16:15-16:30	381	17	14	0	0	412	1731
16:30-16:45	377	14	12	0	0	403	1715
16:45-17:00	341	16	9	0	0	366	1647
17:00-17:15	361	20	9	0	0	390	1571
17:15-17:30	349	17	7	0	0	373	1532
17:30-17:45	323	15	7	0	0	345	1474

17:45-18:00	356	17	9	0	0	382	1490
18:00-18:15	360	19	3	0	0	382	1482
18:15-18:30	370	18	8	0	0	396	1505
18:30-18:45	408	19	6	0	0	433	1593
18:45-19:00	438	20	4	0	0	462	1673
19:00-19:15	399	14	10	0	0	423	1714
19:15-19:30	418	21	3	0	0	442	1760
19:30-19:45	421	18	7	0	0	446	1773
19:45-20:00	407	21	5	0	0	433	1744
<b>TOTAL</b>	27991	1063	590	10	2	29656	
<b>%</b>	94,39%	3,58%	1,99%	0,03%	0,01%	100,00%	
						Volumen de Hora Pico	2936
						Hora Pico	12:00-13:00
						15 Minutos de mayor tráfico	888

**Tabla 5.** Volumen de vehículos en hora pico. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

Durante la hora pico, fue predominante la modalidad del vehículo privado. Esta hora coincide con la salida de la media jornada de trabajo y salidas de las instituciones de educación.

#### 1.8.6. Variación horaria.

Los volúmenes de tráfico se deben considerar dinámicos debido a que tiene su precisión solamente en el período del aforo porque sufren variaciones horarias durante el día.

Con los datos del aforo en períodos de 15 minutos, se calculó el volumen horario en cada estación de acceso a la intersección 84, esto se observa en las tablas 6, 7 y 8.

**Estación E1, intersección 84, localizada en la Av. España, sentido este – oeste.**

<b>CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA</b>						
<b>CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO (SOLO VEHÍCULOS- RECTO)</b>						
<b>Intersección</b>	<b>84</b>	<b>Huayna Cápac y Hurtado Mendoza</b>			<b>Inicio:</b>	06H00
<b>Sentido:</b>	N-S	S-N	<b>E-W</b>	W-E	<b>Fin:</b>	20H00
<b>Estación:</b>	<b>1</b>	<b>Ubicación:</b>	Av. España		lunes, 27 de julio de 2015	
<b>Periodo cada 15 min</b>	<b>LIV</b>	<b>Pesados</b>				<b>Total</b>
		<b>BUS</b>	<b>2E</b>	<b>3 E</b>	<b>&gt; 4 Ejes</b>	
6h00-7h00	256	29	0	0	0	285
7h00-8h00	429	28	1	0	0	458
8h00-9h00	522	18	4	0	0	544
9h00-10h00	534	20	5	0	0	559
10h00-11h00	492	18	1	0	0	511

11h00-12h00	502	24	4	2	0	532
12h00-13h00	548	22	6	0	0	576
13h00-14h00	397	25	11	0	0	433
14h00-15h00	517	20	8	0	0	545
15h00-16h00	515	19	11	0	0	545
16h00-17h00	484	18	10	0	0	512
17h00-18h00	432	24	8	0	0	464
18h00-19h00	490	29	6	0	0	525
19h00-20h00	498	25	7	0	0	530
<b>TOTAL</b>	6616	319	82	2	0	7019
<b>%</b>	94,26%	4,54%	1,17%	0,03%	0,00%	100 %

**Tabla 6.** Volumen horario - estación E1. Fuente: Elaboración propia 2015.

En la estación E1, intersección 84, el aporte máximo de 576 vehículos ocurre de 12H00 a 13H00. En la asignación modal predomina el uso del vehículo liviano que representa el 94,26 % seguido por el 5,74 % el uso del transporte pesado.

**Estación E2, intersección 84, localizada en la Av. Huayna Cápac, sentido norte – sur.**

<b>CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA</b>						
<b>CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO (SOLO VEHÍCULOS- RECTO)</b>						
<b>Intersección</b>	<b>84</b>	<b>Huayna Cápac y Hurtado Mendoza</b>			<b>Inicio:</b>	06H00
<b>Sentido:</b>	<b>N-S</b>	S-N	E-W	W-E	<b>Fin:</b>	20H00
<b>Estación:</b>	<b>2</b>	<b>Ubicación:</b>	Huayna Cápac		lunes, 27 de julio de 2015	
<b>Periodo cada 15 min</b>	<b>LIV</b>	<b>Pesados</b>				<b>Total</b>
		<b>Bus</b>	<b>2E</b>	<b>3 E</b>	<b>&gt; 4 Ejes</b>	
6h00-7h00	844	24	10	0	0	878
7h00-8h00	1466	34	26	2	0	1528
8h00-9h00	1918	34	70	0	0	2022
9h00-10h00	1932	34	64	0	0	2030
10h00-11h00	2080	24	34	2	2	2142
11h00-12h00	1842	18	42	4	0	1906
12h00-13h00	2054	44	52	0	0	2150
13h00-14h00	1752	22	34	0	0	1808
14h00-15h00	904	15	28	0	0	947
15h00-16h00	888	10	21	0	0	919
16h00-17h00	857	15	28	0	0	900
17h00-18h00	791	16	21	0	0	828
18h00-19h00	928	16	15	0	0	959
19h00-20h00	963	15	18	0	0	996
<b>TOTAL</b>	19219	321	463	8	2	20013

%	96,03%	1,60%	2,31%	0,04%	0,01%	100%
---	--------	-------	-------	-------	-------	------

**Tabla 7.** Volumen horario - estación E2. Fuente: Elaboración propia 2015.

En esta estación E2, el aporte máximo de 2.150 vehículos ocurre de 12H00 a 13H00. En la asignación modal predomina el uso del vehículo liviano que representa el 96,03%, seguido por el 3,97 % el uso del transporte pesado.

**Estación E3, intersección 84, localizada en la calle Sangurima, sentido oeste – este.**

CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO (SOLO VEHÍCULOS- RECTO)						
Intersección	84	Huayna Cápac y Hurtado Mendoza			Inicio:	06H00
Sentido:	N-S	S-N	E-W	W-E	Fin:	20H00
Estación:	3	Ubicación:	Sangurima		lunes, 27 de julio de 2015	
Periodo cada 15 min	LIV	Pesados				Total
		Bus	2E	3 E	> 4 Ejes	
6h00-7h00	45	32	0	0	0	77
7h00-8h00	59	33	5	0	0	97
8h00-9h00	120	30	1	0	0	151
9h00-10h00	141	30	6	0	0	177
10h00-11h00	161	27	8	0	0	196
11h00-12h00	211	25	3	0	0	239
12h00-13h00	170	31	9	0	0	210
13h00-14h00	192	43	0	0	0	235
14h00-15h00	189	29	2	0	0	220
15h00-16h00	256	35	2	0	0	293
16h00-17h00	232	37	9	0	0	278
17h00-18h00	203	38	3	0	0	244
18h00-19h00	158	31	0	0	0	189
19h00-20h00	184	34	0	0	0	218
<b>TOTAL</b>	2321	455	48	0	0	2824
<b>%</b>	82,19%	16,11%	1,70%	0,00%	0,00%	100 %

**Tabla 8.** Volumen horario - estación E3. Fuente: Elaboración propia 2015.

En la estación E3, el aporte máximo de 293 vehículos ocurre de 15H00 a 16H00. En la asignación modal predomina el uso del vehículo liviano que representa el 82,19%, seguido por el 17,81% el uso del transporte pesado

Los volúmenes horarios de cada estación de acceso a la intersección conforman el volumen total horario en la intersección estudiada. Debe anotarse que la variación horaria del volumen de tráfico depende de la ubicación de la intersección, así como de las actividades que desarrollan los usuarios y del día en el que se realiza el aforo.

Un resumen con la variación horaria del volumen total de vehículos que confluyeron a la intersección 84 están definidos en la Tabla 9.

VOLUMEN HORARIO EN LA INTERSECCIÓN 84						
CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DE CUENCA						
CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO (SOLO VEHÍCULOS- RECTO)						
Intersección		84			Inicio:	06H00
SENTIDO:	N-S	S-N	E-W	W-E	Fin:	20H00
Intersección	84	Ubicación:	Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza			
Período cada 15'	LIV	Pesados				Total
		BUS	2E	3E	> 4 Ejes	
6h00-7h00	1145	85	10	0	0	1240
7h00-8h00	1954	95	32	2	0	2083
8h00-9h00	2560	82	75	0	0	2717
9h00-10h00	2607	84	75	0	0	2766
10h00-11h00	2733	69	43	2	2	2849
11h00-12h00	2555	67	49	6	0	2677
12h00-13h00	2772	97	67	0	0	2936
13h00-14h00	2341	90	45	0	0	2476
14h00-15h00	1610	64	38	0	0	1712
15h00-16h00	1659	64	34	0	0	1757
16h00-17h00	1573	70	47	0	0	1690
17h00-18h00	1426	78	32	0	0	1536
18h00-19h00	1576	76	21	0	0	1673
19h00-20h00	1645	74	25	0	0	1744
<b>TOTAL</b>	28156	1095	593	10	2	29856
<b>%</b>	94,31%	3,67%	1,99%	0,03%	0,01%	100 %

Tabla 9. Variación horaria - intersección 84. Fuente: Elaboración propia 2015.

En esta intersección 84, el aporte global máximo de 2.936 veh / hora ocurre de 12H00 a 13H00. En la asignación modal predomina el uso del vehículo liviano que representa el 94,31%, seguido por el 5,69% el uso del transporte pesado (bus, camiones de 2 ejes). No existe circulación de camiones de 3 y 4 ejes, debido a la prohibición por ordenanza municipal.

La siguiente gráfica 6 es la representación de la variación horaria en la intersección 84.

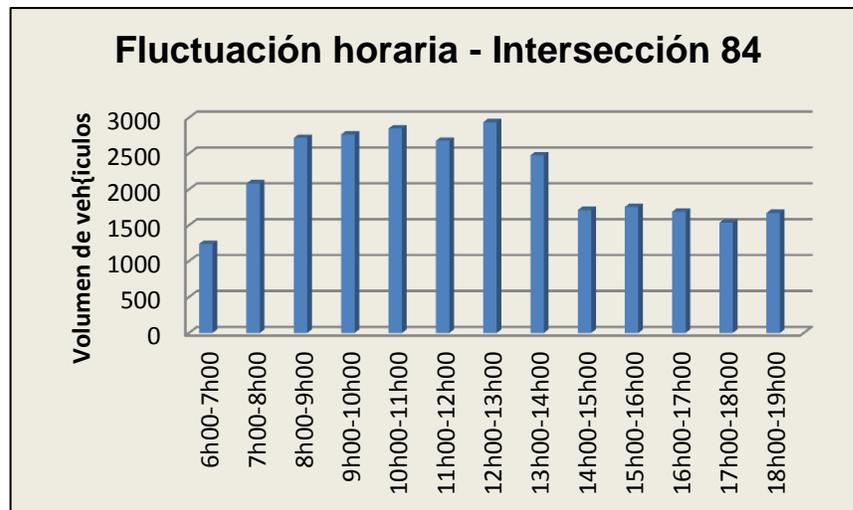


Gráfico 6. Variación horaria - Intersección 84. Fuente: Elaboración propia 2015

**1.8.7. Aforos Direccionales.**

Se puede entender las características y el comportamiento del tránsito cuando se describe la forma como se distribuye la circulación de vehículos, una vez que han ingresado a la intersección, es decir, es preciso estudiar la distribución direccional del volumen de vehículos para los diferentes movimientos en la intersección. Esto se muestra en las tablas 10, 11 y 12, en donde, de acuerdo al conteo vehicular de 8 horas, para cada acceso identificado como E1, E2 y E3, se determinó la cantidad y porcentajes de vehículos distribuidos hacia las diferentes direcciones de salida, identificados como S1, S2, S4 y S5 en las mismas estaciones E1, E2, E4 y E5 respectivamente, como se puede apreciar en el gráfico 7.

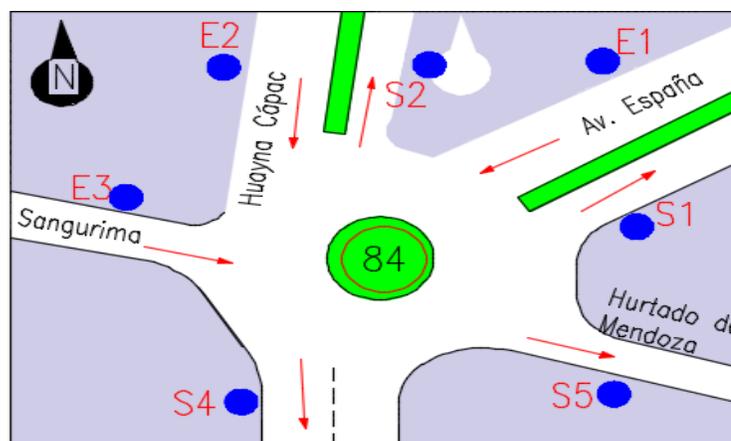


Gráfico 7. Esquema de accesos y salidas - Intersección 84. Fuente: Elaboración propia 2015

La Tabla 10 muestra la distribución direccional de vehículos en la estación E1.

## Estación 1, intersección 84.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DEL CANTON CUENCA												
CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DEL TRÁFICO												
Intersección	84	Huayna Cápac y H. Mendoza				Fecha:	27 julio 2015	Inicio	06H00			
Estación	1	Sentido	E - W			Av. España		Fin	14H00			
PERIODO	GIRO DERECHO						RECTO					
	LIV	Pesados				Total	LIV	Pesados				Total
		BUS	2E	3E	> 4 E			BUS	2E	3E	> 4 E	
6h00-7h00	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
7h00-8h00	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
8h00-9h00	16	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
9h00-10h00	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
10h00-11h00	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
11h00-12h00	14	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0
12h00-13h00	15	1	1	0	0	17	0	0	0	0	0	0
13h00-14h00	14	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Total	99						0					
%	2,54%						0,00%					
PERIODO	GIRO IZQUIERDO E - S						GIRO IZQUIERDO E - SE					
	LIV	BUS	Pesados			Total	LIV	BUS	Pesados			Total
			2E	3E	> 4 E				2E	3E	> 4 E	
6h00-7h00	202	23	0	0	0	225	50	6	0	0	0	56
7h00-8h00	337	24	1	0	0	362	82	4	0	0	0	86
8h00-9h00	407	14	3	0	0	424	99	4	1	0	0	104
9h00-10h00	421	16	5	0	0	442	101	4	0	0	0	105
10h00-11h00	385	15	1	0	0	401	95	3	0	0	0	98
11h00-12h00	393	19	3	2	0	417	95	5	1	0	0	101
12h00-13h00	428	16	4	0	0	448	105	5	1	0	0	111
13h00-14h00	308	21	9	0	0	338	75	4	2	0	0	81
Total	3057						742					
%	78,42%						19,04%					

Tabla 10. Giros desde la estación E1- intersección 84. Fuente: Elaboración propia 2015.

Los 3.898 vehículos que accedieron por la estación E1 (Av. España) en sentido este – oeste realizaron los siguientes movimientos de salida:

- 2, 54 % de vehículos evacuaron por la salida S2 (Av. Huayna Cápac), en la estación E2, sentido este – norte.

- 78,42 % de vehículos evacuaron por la salida S4 (Av. Huayna Cápac), en la estación E4, sentido norte – sur.
- 19,04 % de vehículos evacuaron por la salida S5 (Av. Hurtado de Mendoza), en la estación E5, sentido sureste.

Estación 2, intersección 84.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DEL CANTON CUENCA												
CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DEL TRÁFICO												
Intersección	84	Huayna Cápac y H. Mendoza			Fecha	27 julio 2015	Inicio	06H00				
Estación	2	Sentido	N - S			Av.Huayna Cápac		Fin	14H00			
PERIODO	GIRO DERECHO						GIRO IZQUIERDO N - SE					
	LIV	Pesados				Total	LIV	Pesados				Total
		BUS	2E	3E	> 4 E			BUS	2E	3E	> 4 E	
6h00-7h00	0	0	0	0	0	0	89	4	2	0	0	95
7h00-8h00	0	0	0	0	0	0	154	4	3	0	0	161
8h00-9h00	0	0	0	0	0	0	202	4	9	0	0	215
9h00-10h00	0	0	0	0	0	0	203	6	7	0	0	216
10h00-11h00	0	0	0	0	0	0	218	3	5	0	0	226
11h00-12h00	0	0	0	0	0	0	193	3	6	1	0	203
12h00-13h00	0	0	0	0	0	0	216	5	7	0	0	228
13h00-14h00	0	0	0	0	0	0	184	4	4	0	0	192
Total	0						1536					
%	0,00%						10,62%					
PERIODO	RECTO						GIRO IZQUIERDO N - E					
	LIV	BUS	Pesados			Total	LIV	BUS	Pesados			Total
			2E	3E	> 4E				2E	3E	> 4 E	
6h00-7h00	726	20	8	0	0	754	29	0	0	0	0	29
7h00-8h00	1262	30	23	2	0	1317	50	0	0	0	0	50
8h00-9h00	1649	30	59	0	0	1738	67	0	2	0	0	69
9h00-10h00	1663	28	55	0	0	1746	66	0	2	0	0	68
10h00-11h00	1790	21	29	2	2	1844	72	0	0	0	0	72
11h00-12h00	1585	15	36	3	0	1639	64	0	0	0	0	64
12h00-13h00	1768	38	44	0	0	1850	70	1	1	0	0	72
13h00-14h00	1508	18	30	0	0	1556	60	0	0	0	0	60
Total	12444						484					
%	86,03%						3,35%					

Tabla 11. Giros desde la estación E2- intersección 84.

Fuente: Elaboración propia 2015.

Los 14.464 vehículos que accedieron por la estación E2 (Av. Huayna Cápac) en sentido norte – sur realizaron los siguientes movimientos de salida:

- 86,03 % de vehículos evacuaron por la salida S4 (Av. Huayna Cápac), en la estación E4, sentido norte - sur.
- 10,62 % de vehículos evacuaron por la salida S5 (Av. Hurtado de Mendoza), en la estación E5, sentido norte - Sureste.
- 3,35 % vehículos por la salida S1 (Av. España), en la estación E1, sentido norte - este.

#### Estación 3, intersección 84.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PUBLICOS DEL CANTON CUENCA												
CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DEL TRAFICO												
Intersección	84	Huayna Cápac y H. Mendoza				Fecha:	27 julio 2015	Inicio	06H00			
Estación	3	Sentido	N - S			Sangurima			Fin	14H00		
PERIODO	GIRO DERECHO						GIRO DERECHO W - SE					
	LIV	Pesados				Total	LIV	Pesados				Total
		BUS	2E	3E	> 4E			BUS	2E	3E	> 4E	
6h00-7h00	22	15	0	0	0	0	6	4	0	0	0	10
7h00-8h00	28	16	1	0	0	2	7	4	1	0	0	12
8h00-9h00	59	14	0	0	0	2	15	4	0	0	0	19
9h00-10h00	69	14	2	0	0	7	19	4	1	0	0	24
10h00-11h00	79	13	4	0	0	11	22	4	1	0	0	27
11h00-12h00	105	11	1	0	0	4	27	4	0	0	0	31
12h00-13h00	84	14	3	0	0	6	23	4	2	0	0	29
13h00-14h00	75	16	0	0	0	6	21	4	0	0	0	25
Total	645						177					
%	46,67%						12,81%					
PERIODO	RECTO						GIRO IZQUIERDO					
	LIV	BUS	Pesados			Total	LIV	BUS	Pesados			Total
			2E	3E	> 4E				2E	3E	> 4E	
6h00-7h00	2	1	0	0	0	3	15	12	0	0	0	27
7h00-8h00	3	1	0	0	0	4	21	12	3	0	0	36
8h00-9h00	4	0	0	0	0	4	42	12	1	0	0	55
9h00-10h00	3	0	0	0	0	3	50	12	3	0	0	65
10h00-11h00	4	0	0	0	0	4	56	10	3	0	0	69
11h00-12h00	5	1	0	0	0	6	74	9	2	0	0	85
12h00-13h00	4	1	0	0	0	5	59	12	4	0	0	75

13h00-14h00	43	11	0	0	0	54	53	12	0	0	0	65
Total	83						477					
%	6,01%						34,52%					

**Tabla 12.** Giros desde la estación E3- Intersección 84. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

Los 1.387 de vehículos que accedieron por la estación E3 (Sangurima) en sentido oeste – este realizaron los siguientes movimientos de salida:

- 46,67 % de vehículos por la salida S4 (Av. Huayna Cápac), en la estación E4, sentido oeste – sur.
- 6,01 % de vehículos por la salida S1 (Av. España), en la estación E1, sentido este - oeste.
- 12,81 % de vehículos por la salida S5 (Av. Hurtado de Mendoza), en la estación E5, sentido sureste.
- 34,52 % de vehículos por la salida S2 (Av. Huayna Cápac), en la estación E2, sentido este - norte.

Una apreciación de los movimientos vehiculares por cada acceso y la distribución direccional o giros en la intersección 84, se muestra en la tabla 13.

Resumen de giros (Vehículos. 06:00-14:00)						
Or. \ De.	S1	S2	S3	S4	S5	Total
E1		99	0	3057	742	3898
E2	484		0	12444	1536	14464
E3	83	477		645	177	1382
E4	0	0	0		0	0
Total	567	576	0	16146	2455	19744

Resumen de giros (Porcentajes 06:00-14:00)						
Or. \ De.	S1	S2	S3	S4	S5	Total
E1		2,5%	0,0%	78,4%	19,0%	100%
E2	3,3%		0,0%	86,0%	10,6%	100%
E3	6,0%	34,5%		46,7%	12,8%	100%
E4	0,0%	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%
Total	2,87%	2,92%	0,00%	81,78%	12,43%	100,00%

**Tabla 13.** Distribución direccional - Intersección 84 **Fuente:** Elaboración propia 2015.

Or. ➔ Es la arteria vial por donde ingresan los vehículos a la intersección, es decir es el punto origen del tráfico en la intersección.

De. ➔ Es la arteria vial de la intersección por donde salen los vehículos, es decir es el punto destino del tráfico en la intersección.

En la tabla 13 se observa que, por la intersección 84, durante el período de aforo, circularon 19.744 vehículos que provinieron desde las tres estaciones de acceso y que mayoritariamente el 81.78 % de vehículos se direccionaron hacia la salida S4, seguida por el 12,43 % de vehículos que salieron por la estación S5, luego el 2,92 % de vehículos salieron por la estación S2 y finalmente el 2,87 % se dirigieron por la salida S1.

Un resumen gráfico de los volúmenes de vehículos, registrados en los puntos de aforo de ingreso y salida en la intersección 84, se muestran en la gráfica 8.

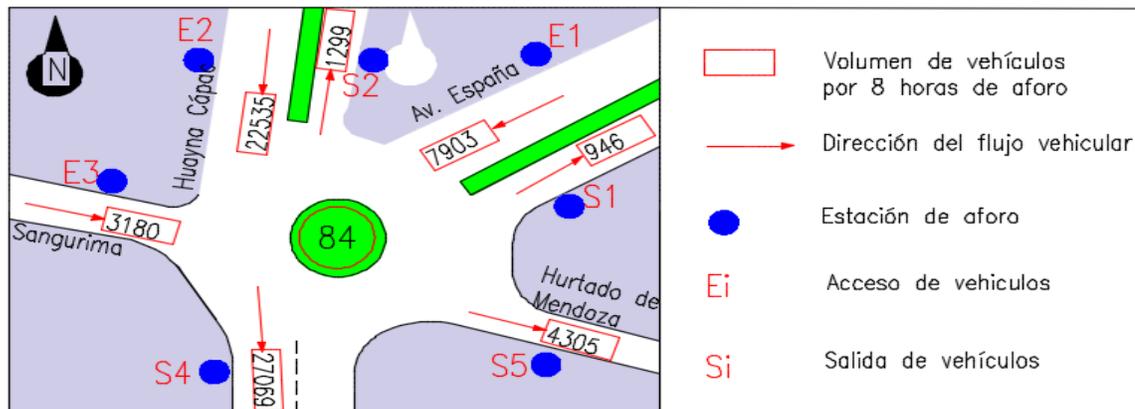


Gráfico 8. Distribución vehicular direccional.

Fuente: Elaboración propia 2015

### 1.8.8. Variaciones periódicas.

Estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan para conocer la cantidad de vehículos que circulan por una vía o por un sistema de vías, y constituyen la fuente primaria de información para distribuir y proyectar volúmenes de tránsito. Existen diferentes tipos de estudios en función del lugar donde se realicen y el objeto de estudio, tales como: estudios en lugares aislados, estudios en sistemas de vías rurales, urbanas y estudios en cordones viales.

Los resultados de los estudios en lugares aislados se pueden usar para proyectar vías, hacer análisis sobre su capacidad, establecer las fases de semáforos y para muchos otros fines. En estos estudios se levanta la información, su duración suele ser de 48 horas a una semana, si se utilizan contadores automáticos y cuando los recuentos se efectúan en forma manual, se acostumbra emplear recuentos manuales durante pocas horas en períodos de 15 minutos (La & Vial, 2005a).

Es fundamental que, al estudiar el fenómeno de la circulación vehicular se debe conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año.

Pero no siempre se dispone de toda la información de los volúmenes de tráfico a través de períodos largos como, por ejemplo un año. Por lo tanto es necesario contar con estaciones de referencia en donde se realizan aforos permanentes durante todo el año, que permitan extrapolar y determinar factores de ajuste aplicables a otros lugares con comportamientos similares, en los cuales se aplique los factores de ajuste a las mediciones realizadas en períodos más cortos (Hudeil, Navarro, 2009).

Es decir, debido a la dificultad de llevar a cabo un conteo manual durante un día completo, se debe recurrir a la inclusión de factores de ajuste que permitan extrapolar los volúmenes registrados, de pocas horas, al volumen diario, mensual o anual.

Si bien los valores de volúmenes específicos para determinados períodos (horas, días o semanas) pueden llegar a ser muy diferentes de un lugar a otro, su proporción en el tiempo con respecto a los totales o promedios, es constante. Estas propiedades son las que sustentan el uso de factores de expansión y ajuste en la estimación de volúmenes para otros lugares y otros períodos.(Crespo & Solano, n.d.).

Este trabajo de tesis dispone de los datos de aforo realizado por un día en un período de 14 horas entonces; estos datos se ajustaron para expandir de 14 horas a 24 horas mediante el factor horario (FH), llevar de un día a una semana mediante el factor diario (FD), para luego proyectar al mes mediante el factor semanal (FS) y finalmente llevar el ajuste a volumen anual a través del factor mensual (FM), el cálculo de estos factores se presentan más adelante en los puntos a, b, c y d.

Con la información proporcionada por el GAD Municipal de Cuenca, fue posible determinar la existencia de estaciones permanentes en ciertas intersecciones del Centro Histórico de Cuenca, asociadas al sistema integrado de semáforos, que mantienen el conteo de vehículos durante las 24 horas del día por 365 días del año. Aprovechando esta fuente de información y contando con los datos procesados anteriormente, de la información levantada en campo, se procedió a encontrar los valores de los factores de ajuste para extrapolar los datos del conteo de 14 horas a volumen promedio diario anual.

Para una mejor comprensión sobre los factores de ajuste, es necesario anticipar ciertos conceptos:

- Tránsito Anual (TA), es el número de vehículos que pasan durante un año.
- Tránsito Mensual (TM), es el número de vehículos que pasan durante un mes.
- Tránsito Semanal (TS), es el número de vehículos que pasan durante una semana.
- Tránsito Diario (TD), es el número total de vehículos que pasan durante un día.
- Tránsito Horario (TH), es el número de vehículos que pasan durante una hora.

- Volumen Horario: Es el número de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo de una hora.
- El volumen horario de máxima demanda es el máximo número de vehículos que transitan durante 60 minutos consecutivos, denominados también "Horas Punta".
- Tránsito Promedio Diario Anual TPDA ó VDPA ó IMDA:  
 $TDPA = (\text{Volumen Anual Total}) / 365.$
- TPDS: Tránsito promedio diario semanal VDPS = (Volumen semanal) / 7.
- VPD: Volumen diario promedio VDP = Volumen Total en "n" días / Número de días de conteo (La & Vial, 2005b).

Según el Instituto Nacional de Vías de Colombia los factores de corrección del tráfico se obtienen mediante el conocimiento de la variación del tráfico sean estos horarios, diarios o mensuales. La base para obtener estas variaciones será aquella información de tráfico de conteos realizados con anterioridad (Crespo & Solano, n.d.).

Para calcular los factores de ajuste FH, FD y FM, utilizando los datos actuales de aforo por 14 horas, fue necesario utilizar la información base de conteos de 24 horas, Tabla 14, que fue proporcionada por el GAD Municipal de Cuenca, Empresa de Movilidad - EMOV-EP, sobre aforos levantados en mayo del año 2013 en la intersección del avenida 12 de abril y avenida Huayna - Cápac del Centro Histórico.

CONTEO AUTOMÁTICO DE TRÁFICO								
<b>Calle principal:</b>			Av. 12 de Abril			<b>Calle Secundaria:</b>		Av. Huayna Capac
<b>Estación:</b>				194				
<b>Fecha:</b>				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>
<b>F. HORARIO</b>	<b>1,131</b>	<b>1,137</b>	<b>1,155</b>	<b>1,167</b>	<b>1,211</b>	<b>1,285</b>	<b>1,394</b>	
<b>F. DIARIO</b>	<b>0,930</b>	<b>0,927</b>	<b>0,915</b>	<b>0,890</b>	<b>0,810</b>	<b>1,083</b>	<b>2,125</b>	

Tabla 14. Aforo de vehículos año 2013. Fuente: UTM – GAD- Cuenca 2015

En la tabla anterior se debe considerar solamente el área que representa los valores entre las 06H00 y las 20H00 necesarios para el cálculo posterior de los factores de ajuste, en concordancia con las horas de aforo en la intersección 84.

Para un mejor entendimiento de los factores de ajuste, es preciso conocer y profundizar algunas definiciones:

**a) Factores diarios:** son coeficientes o factores que permiten expandir el volumen de tráfico diario registrado a una media de tráfico diario semanal. Surgen al relacionar el promedio de los tráficos registrados durante semanas completas de un año, con la suma del tráfico total registrado por tipo de día de una semana completa (es decir distinguiendo si se trata de día domingo, lun, mar, miércoles, jueves, viernes o sábado). El valor se obtiene con la siguiente expresión:

$$FD = (\text{Volumen total de vehículos en la semana} / 7) / \text{Volumen de vehículos del día específico.}$$

Fórmula 2 Factor diario. Fuente: Navarro - 2008.

Para el caso estudiado. Si el volumen de tráfico de la semana es 247.327 vehículos y el volumen (tabla 14), de vehículos de un día de la semana, por ejemplo martes, es 38.105 vehículos, entonces el factor diario resulta en 0,927:

$$F. \text{ Diario} = (247.327 / 7) / 38.105$$

$$\text{Factor diario} = 0.927$$

**b) Factor horario:** este factor permite llevar el volumen vehicular de pocas horas de aforo a un volumen de un día. Surge de relacionar el volumen histórico total registrado durante un día

completo con el volumen registrado en “n” horas del análisis. Puede calcularse para un único día promedio y distinguiendo si se trata de día domingo, laboral o sábado.

$$FH = \text{Volumen historial de 24 horas} / \text{Volumen de n horas.}$$

Fórmula 3. . Factor Horario. Fuente: Navarro-2008

Igualmente en la tabla 14, por ejemplo para el día martes, si el volumen de 24 horas es 38.105 vehículos y el volumen de 14 horas es 33.514 vehículos entonces el factor horario es de 1,137.

$$\text{Factor horario} = 38.105 / 33.514$$

$$\text{Factor horario} = 1.137$$

Utilizando ésta formulación se calculan los factores de ajuste diario y horario, para cada día de la semana, resultados que se muestran al final en la anterior tabla 14.

**c) Factor semanal:** Para determinar este factor, de acuerdo a Navarro 2011 se considera la variación del tráfico mes a mes, por tanto, para el cálculo se tomó como base el mes de febrero que tiene solamente 28 días. Consecuentemente como febrero tiene 28 días ( $28 / 7 = 4$ ) el número de semanas base será 4 (“volúmenes-ingeniería-de-transito,” n.d. 2009).

El factor semanal es la razón entre el número de semanas (número de días de dicho mes dividido para 7) que tiene el mes en cuestión y el número de semanas base. Así el factor semanal será diferente para cada mes del año como se observa en la tabla 15. Para el tema de esta tesis se determinó el factor semanal considerando que el conteo se realizó en el mes de Julio. Por tanto, el factor semanal está dado por:

$$F. \text{semanal} = \# \text{ días del mes} / 4$$

$$\text{Factor semanal} = (31/7) / 4 = 1.107$$

El factor semanal calculado para todos los meses del año, se muestra en la Tabla 15.

Factores de ajuste semanal			
Mes	Número de días	Número de semanas	Factor semanal
Enero	31	4,429	1,107
Febrero	28	4,000	1,000
Marzo	31	4,429	1,107
Abril	30	4,286	1,071
Mayo	31	4,429	1,107
Junio	30	4,286	1,071
Julio	31	4,429	1,107

Agosto	31	4,429	1,107
Septiembre	30	4,286	1,071
Octubre	31	4,429	1,107
Noviembre	30	4,286	1,071
Diciembre	31	4,429	1,107

**Tabla 15.** Factor semanal, FS. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

**d) Factor mensual:** son coeficientes que permiten llevar el volumen de tráfico promedio mensual al volumen de tráfico promedio anual, surgen al relacionar el tráfico promedio diario anual (la suma total anual del tráfico dividido por 365 días) por el tráfico promedio diario mensual (el tráfico total del mes dividido por la cantidad de días que posee el mes).

Dado que no se disponía con un historial de conteo continuo de vehículos durante los meses del año, se recurrió a calcular los factores mensuales en base a la información del consumo de combustible en el Azuay para el año 2013. Esta información mostrada en la tabla 16 fue proporcionada por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).

<b>Registro de consumo de combustible en Azuay - Año 2013</b>				
<b>MES</b>	<b>87 OCTANOS</b>	<b>92 OCTANOS</b>	<b>DIESEL PREMIUM</b>	<b>SUMA</b>
<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	2.977.708	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
<b>Consumo Promedio Mensual</b>				7217155,917
<b>F. MENSUAL</b>				<b>0,967</b>

**Tabla 16.** Consumo mensual de combustible - 2013. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

El factor mensual resulta de la relación entre el consumo promedio mensual del año y el consumo total del mes analizado.

$$FM = \text{Consumo promedio mensual del año} / \text{consumo total del mes analizado.}$$

Fórmula 4. Factor Horario. **Fuente:** Navarro-2008

En el caso que corresponde a este trabajo se determinó que el consumo promedio anual es 7.217.155,9 gl, y el consumo total del mes de julio (mes del aforo vehicular) es 7.460.166 gl.

Por lo tanto el factor mensual resultante es 0,967.

$$\text{Factor mensual} = 7.217.155,9 / 7.460.166$$

$$F. \text{ mensual} = 0.967$$

### 1.8.9. Cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA).

Entre los estudios que involucran el tráfico automotor, citados por R. Cal y Mayor y J. Cárdenas, está el planeamiento, proyecto, ingeniería de tráfico, logística, seguridad, investigación y los usos comerciales relacionados con el tráfico vehicular, es requisito básico, conocer de manera aproximada el volumen de tráfico, o lo que en su forma técnica se conoce como Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), es decir el volumen promedio diario de tráfico registrado a lo largo de un año calendario, sobre una sección de un camino o arteria y la clasificación del tráfico involucrado, es decir, la forma en que el tráfico está compuesto, considerando las diversas tipologías de vehículos que hacen uso de la vía.

Según Navarro (AASHTO, 2001), el TPDA, para un punto de una vía, se calcula empleando el Factor de TPDA, donde los factores de ajuste FH, FD, FS y FM, que surgen de datos históricos de algunas de las fuentes, constituyen la base del cálculo de dicho factor, a través de la expresión:

$$\text{Factor TPDA}_{2015} = \text{Factor Horario} * \text{Factor Diario} * \text{Factor Semanal} * \text{Factor Mensual}$$

Fórmula 5. Factor TPDA. Fuente: Navarro - 2008.

En esta tesis se identifica la demanda del tráfico, por medio del TPDA y su clasificación, sobre ciertas intersecciones del Centro Histórico de Cuenca, junto con sus características distintivas particulares, inherentes a cada intersección. Los factores de ajuste fueron calculados utilizando los datos históricos de ciertas fuentes, como el GAD Municipal de Cuenca y la Agencia de Hidrocarburos. En la tabla 17 constan los valores del Factor TPDA para cada día de la semana.

FACTOR DE TPDA:							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>Factor TPDA</b>	1,126	1,129	1,131	1,112	1,05	1,491	3,173

Tabla 17. Factor de TPDA para los días de la semana. Fuente: Elaboración propia 2015.

Una vez calculados los factores de ajuste, se procedió a extrapolar el volumen de vehículos, conocido por el aforo del período de 14 horas, para determinar la demanda del tráfico anual, por medio del TPDA y su clasificación.

Para determinar el TPDA actual para la intersección analizada (84), primero se elaboró la tabla 18 con los volúmenes aforados de los diferentes tipos de vehículos que accedieron a la intersección, a través de las estaciones E1, E2 y E3, como se muestra en la Tabla 18.

#### Volumen de vehículos aforados en la intersección 84.

Estación 84		Av.Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza			
Resumen de tráfico observado					
Estación	E1	E2	E3	E4	Intersección
Liv.	6616	19219	2321		28156
Bus	319	321	455		1095
2 Ejes	82	463	48		593
3 Ejes	2	8	0		10
> 4 Ejes	0	2	0		2
<b>Total</b>	7019	20013	2824		29856

% Resumen de tráfico observado					
Estación	E1	E2	E3	E4	Intersección
Liv.	22,16%	64,37%	7,77%		94,31%
Bus	1,07%	1,08%	1,52%		3,67%
2 Ejes	0,27%	1,55%	0,16%		1,99%
3 Ejes	0,01%	0,03%	0,00%		0,03%
> 4 Ejes	0,00%	0,01%	0,00%		0,01%
<b>Total</b>	23,51%	67,03%	9,46%		100,00%

**Tabla 18.** Volumen de vehículos observados - Intersección 84. Fuente: Elaboración propia 2015.

El resumen del volumen observado durante el período de conteo, muestra que: del total de 29.856 vehículos que transitaron por la intersección 84, el 67,03% (20.013 vehículos) accedieron por la estación E2. Por otro lado, el predominio del uso del vehículo privado representa el 94,31% (28.156 vehículos), seguido por el 5,69 % que corresponde al uso del transporte pesado, que circulan por la mencionada estación.

A los valores involucrados en la tabla 18 se les aplicó el factor del TPDA, dependiendo del día en el cual se realizó el conteo manual vehicular, de acuerdo a la tabla 17. El resultado generó la tabla 19 del Tráfico Promedio Diario para el año 2015 (TPDA<sub>2015</sub>).

#### Tráfico Promedio Diario Anual en la intersección 84.

Estación 84		Av.Huayna Cápac y Hurtado de Mendoza			
Tráfico Promedio Diario Anual TPDA <sub>2015</sub>					
Estación	E1	E2	E3	E4	Intersección

Liv.	7449	21641	2613		31704
Bus	359	361	512		1233
2 Ejes	92	521	54		668
3 Ejes	2	9	0		11
> 4 Ejes	0	2	0		2
<b>Total</b>	<b>7903</b>	<b>22534</b>	<b>3180</b>		<b>33618</b>

<b>%-Tráfico Promedio Diario Anual TPDA<sub>2015</sub></b>					
<b>Estación</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>Intersección</b>
Liv.	22,16%	64,37%	7,77%		94,31%
Bus	1,07%	1,08%	1,52%		3,67%
2 Ejes	0,27%	1,55%	0,16%		1,99%
3 Ejes	0,01%	0,03%	0,00%		0,03%
> 4 Ejes	0,00%	0,01%	0,00%		0,01%
<b>Total</b>	<b>23,51%</b>	<b>67,03%</b>	<b>9,46%</b>		<b>100,00%</b>

Tabla 19. TPDA – 2015

Fuente: Elaboración propia 2015.

Los datos, de la tabla 19, del TPDA<sub>2015</sub>, mantienen la misma estructura que los datos del resumen observado de la tabla 18, con la sola diferencia que estos datos están proyectados para todo el año 2015, con un resultado final anual de 33.618 vehículos.

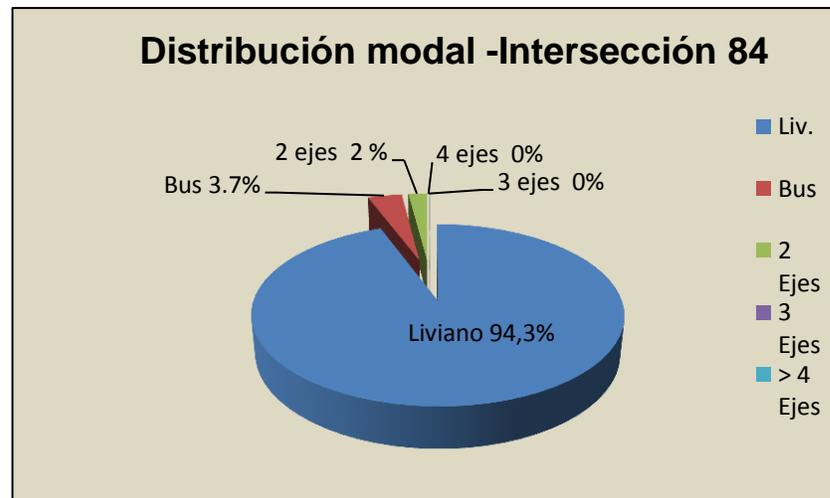
#### 1.8.10. Composición vehicular.

Además de conocer la cantidad de vehículos que atraviesan una determinada intersección, es igualmente importante conocer su composición, considerando las diversas tipologías de vehículos que hacen uso de la intersección.

La composición vehicular en la intersección 84, medidos en porcentaje sobre el TPDA, se muestra en la gráfica 9.

La clasificación empleada es la siguiente:

- Livianos: Esta categoría está conformada por autos, taxis, camionetas y camiones pequeños de 2 ejes con una llanta posterior, con 94,31 % del total, es la más numerosa en el tráfico motorizado de la ciudad.
- Pesados o de carga: Representan el 5.69 %. Lo conforman camiones de 2 ejes, 3 ejes o mayor a 4 ejes y autobuses,



**Gráfico 9.** Distribución modal. Intersección 84.  
Fuente: Elaboración propia 2015

#### 1.8.11. Factor horario de máxima demanda.

La intensidad de tráfico pone de manifiesto las características del flujo de tránsito vehicular para un determinado período de tiempo.

La intensidad horaria se relaciona con el volumen horario, su valor se obtiene al dividir el volumen de vehículos registrado en el sub-período para el período sub- horario, expresado en horas.

La Intensidad máxima horaria se relaciona con el volumen de la hora pico mediante el factor de hora pico (FHP). La intensidad máxima, conocida también como volumen horario de máxima demanda (VHMD), representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 15 minutos dentro de una hora pico no se encuentran sostenidos a través de la hora completa, como se puede observar, marcado, en la tabla 5 de registro del conteo vehicular.

El FHP está definido por la relación entre el volumen máximo horario (Q) y la intensidad o volumen máximo producido en un período sub-horario de 15 minutos dentro de la hora pico ( $q_{15}$ ) (La & Vial, 2005a).

Su expresión está dada por:

$$\text{FHP} = (\text{Volumen en la Hora de Máxima Demanda}) / (4 \times \text{Vol. Max. 15 min.}).$$

Fórmula 6. Factor de hora pico. Fuente: HCM - 2000

$$\text{FHP} = Q / (4 * q_{15\text{max}})$$

Los valores frecuentes del FHP varían entre 0.80 y 0.95, pero no mayor a 1. Factores altos son condiciones típicas de entornos urbanos y suburbanos en condiciones de hora pico. (Transportation Research Board, 2000)

Los datos obtenidos en campo deben ser utilizados en lo posible para desarrollar el cálculo del factor de hora pico de condiciones locales, con el fin de obtener resultados reales del comportamiento vehicular propios de la zona específica en donde se levanta la información y que no sean datos extrapolados desde otras zonas con similares condiciones.

Para calcular el FHP, mediante esta última fórmula 6, es preciso recurrir a los datos de la tabla 5, en ella se determinó el volumen máximo durante los 15 minutos dentro de la hora pico ( $Q_{\text{máx.15}}$ ), igual 888 veh / 15' y el volumen horario de máxima demanda, es decir, el volumen de hora pico ( $Q_{\text{MAX}}$ ), igual a 2936 veh / h.

Es decir si:

VHMD = 2.936 vehículos / hora. (Volumen máx. de vehículos en la hora pico).

$Q_{\text{máx.15}} = 888 \text{ veh} / 15 \text{ min.}$  (Máximo volumen de vehículos durante 15 minutos de hora pico).

Aplicando la fórmula 6, se determinó el Factor de Hora (FHP)

$$\text{FHP} = 2936 / (4 * 888)$$

$$\text{FHP} = 0,827$$

Este valor se resume en la tabla 20.

FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA DE LA INTERSECCIÓN 84	
<b>VHMD</b>	2936
<b>Intensidad máxima</b>	3552
<b>FHP</b>	<b>0,827</b>

**Tabla 20 .** Factor horario de máxima demanda. Intersección 84 **Fuente:** Elaboración propia 2015

Los resultados de la tabla 20, revelan que el FHP es 0,827. Lo que significa que el flujo es muy cercano a una circulación uniforme.

El factor de la hora pico es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Si este valor es igual a 1 significa uniformidad, en cambio valores muy pequeños indicarán concentraciones de flujos máximos (Transportation Research Board, 2000).

### 1.9. MODELACIÓN.

Un modelo nos sirve para representar un fenómeno, en función de un propósito, existen diferentes modelos que describen el tráfico vehicular tomando algunas de sus características y nos dan aproximaciones matemáticas con cierto grado de apego a la realidad. Estos modelos son llevados a la simulación, elaborando un programa de cómputo que se comporte como el fenómeno físico, y así analizar y probar el modelo.(Hoogendoorn & Bovy, 2001)

Dicho de otra forma la modelación, se puede expresar como la representación de una realidad del tráfico.

Existen varios modelos para optimizar el sistema de tráfico, como:

- Microscópico.- Con gran detalle se puede describir el comportamiento del flujo de tráfico vehicular, lo que resulta igual, describe el comportamiento automóbiles, relacionados con el espaciamiento entre vehículos y la velocidad.
- Macroscópico.- Estos de modelos describen el tráfico como un flujo de automóbiles a gran escala, sin considerar los automóbiles de forma individual, Los tres parámetros macroscópicos principales que describen el flujo vehicular son: velocidad de vehículos, intensidad vehicular y densidad de tráfico.
- Mesoscópico.- Con poco detalle estudia los autos por grupos, se clasifican de acuerdo a sus velocidades y se obtienen tipos de autos que se pueden estudiar de forma individual. (Hoogendoorn & Bovy, 2001)
- Modelos que son matemáticos como el descrito por [H.J.C. Huijberts y J.H. van Schuppen (1995).
- Otros son modelos computacionales como SATURN, que funciona como modelo combinado para simulación y asignación de tráfico permitiendo cambios de relativa importancia en la red, como por ejemplo, introducción de calles de sentido único, calles para circular únicamente buses etc.).

Como se puede observar en los párrafos precedentes, todos los modelos pretenden ayudar a mejorar el tránsito vehicular pero siempre en función de la interrelación entre ciertas variables como: la velocidad, la densidad vehicular, el volumen de vehículos, la geometría de calles o intersecciones, según Ronests. De acuerdo a los modelos Sidra, Transyt, Ainsum los modelos dependen también del comportamiento de los conductores y de intersecciones con sistema semafórico.

Para la modelación, del comportamiento vehicular en algunas intersecciones del Centro Histórico de Cuenca, se optó por utilizar un software conocido como “Computer Aided Noise Abatement,” por sus siglas en inglés CADNA-A, el cual tiene enfoque microscópico, que mediante algoritmos proporciona numerosas herramientas para modelar, calcular, presentar, evaluar y predecir el ruido ambiental en los puntos receptores predefinidos para producir mapas de ruido.

Este software es aplicable para varios tipos de emisiones, como el tráfico de vehículos a cualquier escala, comenzando con pocos receptores individuales en un barrio hasta proyectos de mapeo de ruido en ciudades e incluso en países enteros, de acuerdo con la resolución de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002).

El CADNA-A tiene un concepto de organización basado en el uso de múltiples variables que deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas para el modelado y cálculo del ruido de tráfico como:

Tipo de Emisor: Carretera

Emisión: La emisión puede ser especificada directamente dependiendo de la norma elegida, o, alternativamente, calculada basándose en los siguientes parámetros:

- Flujo diario (ej. IMD: intensidad media diaria Vehículos/24h u horaria Vehículos/1h)
- Porcentaje de vehículos pesados.
- Velocidad
- Tipo de superficie de carretera
- Tipología del flujo de tráfico
- Corrección por pendiente

Pendiente de carretera:

La pendiente de la vía puede calcularse en función del modelo de terreno y procesado como atributo de la carretera en el cálculo.

Otros atributos.- Existen otros atributos disponibles para ruido de tráfico; Éstos son:

- Ancho de carretera (ancho variable)
- Pendiente lateral en cada punto (pendiente lateral variable)

- Límite de velocidad para día / tarde / noche, y para ligeros / pesados separadamente

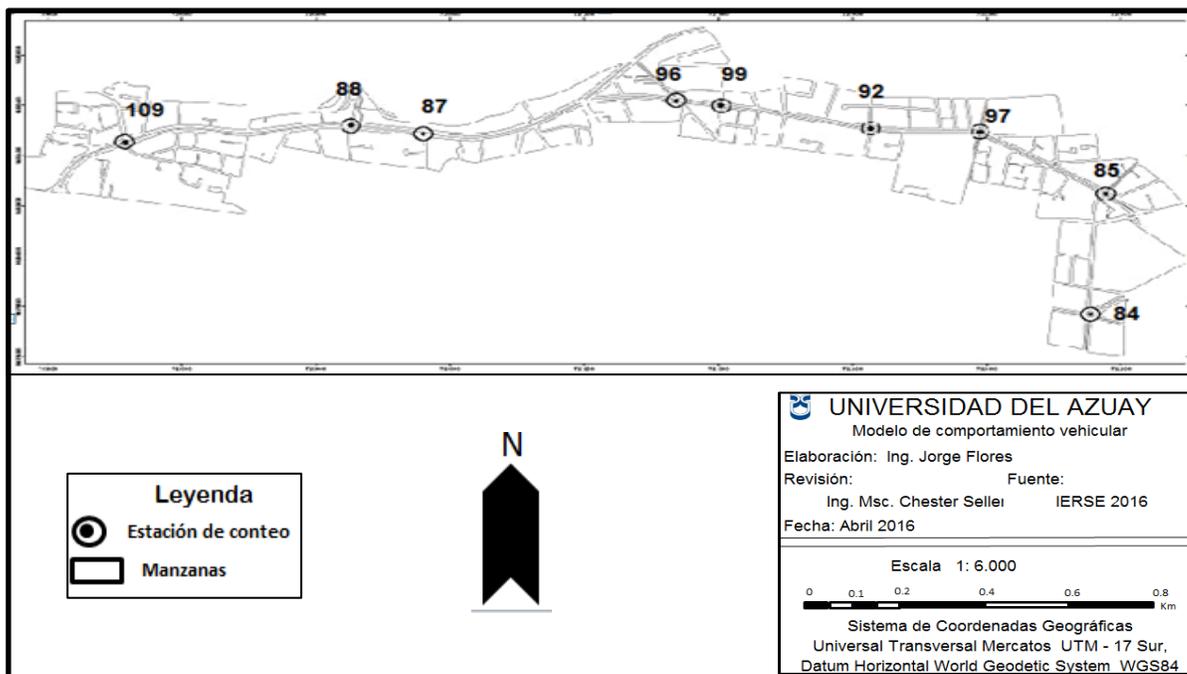
### 1.9.1. Metodología de Modelación.

El principal objetivo de esta tesis, es viabilizar un modelo de predicción del comportamiento vehicular en función del volumen de tráfico medido por el TPDA 2015. Una vez identificadas las intersecciones que conforman el corredor para la modelación y definidos los valores del TPDA 2015, según se observa en la tabla 21, se procedió a la simulación aplicando el software del sistema de modelación CADNA-A que permite la modelación con nivel de detalle microscópico de la red conformada por 9 intersecciones del Centro Histórico de Cuenca.

Volúmenes de acceso y salida medidos por el TPDA 2015									
Intersección	Acceso				Salida				
	E1	E2	E3	E4	S1	S2	S3	S4	S5
84	7903	22535	3180		1147	1098	0	27089	4305
85	17256	5165	13167		10962	4440	14311	5875	
97	11276	4654	14523	3632	15424	3637	11678	3296	
92	11142	2325	13253	5671	14824	4765	12802		
99	9848		12420	2021	12989	1914	9386		
96	9597	6416	10368		10882	1899	7365	6234	
87	20998	25366			24374	20998	992		
88	22438	25423	5004		26791	26073			
109	18762		29097	240	29337	1582	17181		

Tabla 21. TPDA 2015 de 9 intersecciones Fuente: Elaboración propia 2015.

Las 9 intersecciones intervenidas que se localizan en la periferia del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, analizadas en esta tesis, se muestra el mapa 4.



Mapa 4. Ubicación de las 9 intersecciones. Fuente: IERSE- Elaboración propia 2015

Esta tabla va acompañada por un mosaico de gráficos que ayudan a visualizar los volúmenes del TPDA<sub>2015</sub>, de vehículos que ingresan y se distribuyen en cada intersección.

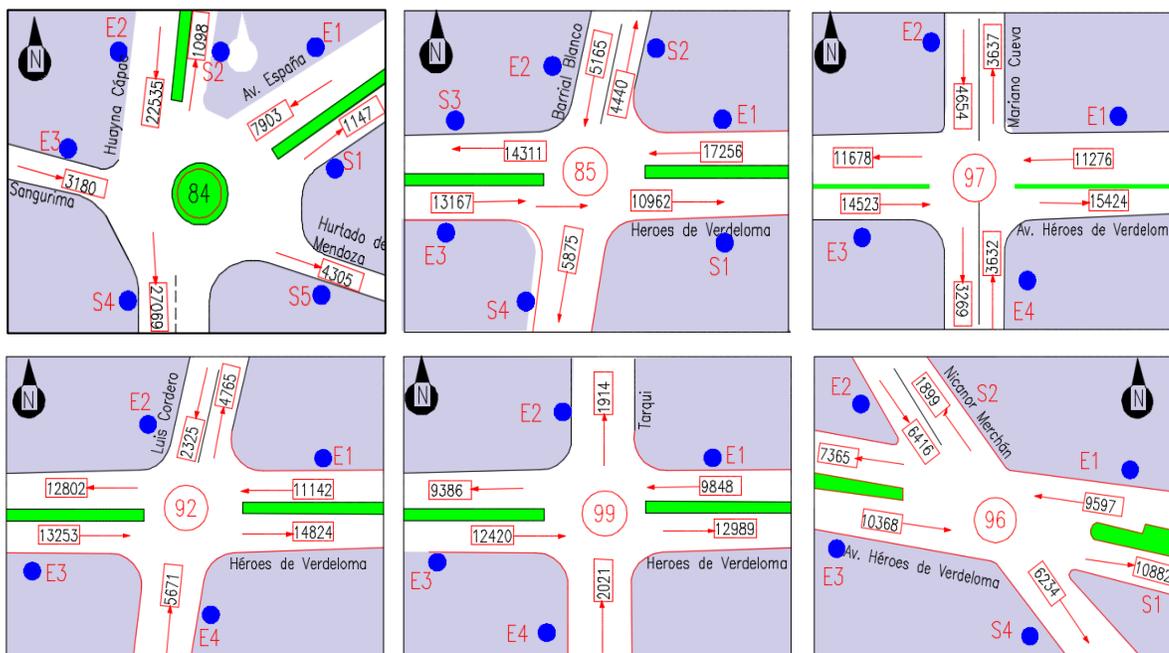




Gráfico 10. Mosaico con valores del TPDA 2015.

Fuente: Elaboración propia 2015.

Para reflejar el comportamiento vehicular lo más cercano posible a la realidad, mediante el uso de una modelación gráfica, se contó con los planos del corredor vial definido en un sistema geográfico SIG y los datos requeridos por el programa del modelo CADNA como son: volúmenes de conteo de vehículos, de acuerdo al TPDA 2015, velocidad de circulación, que se adoptó el parámetro de 50 Km/h. Además, en función de los niveles de presión de ruido, se realizaron varias iteraciones en el modelo para definir una escala de colores que van asociados directamente con el volumen de vehículos que ingresaron a la intersección y se distribuyeron entre las diferentes direcciones de salida, el mejor resultado de las iteraciones se observa en la Tabla 22.

Escala de color por volumen vehicular	
TPDA	Color
0 - 2000	Grigio
2001 - 4000	Verde oscuro
4001 - 6000	Verde oliva
6001 - 8000	Verde claro
8001 - 10000	Verde brillante
10001 - 12000	Verde oscuro
12001 - 14000	Azul
14001 - 16000	Azul oscuro
16001 - 18000	Amarillo
18001 - 20000	Naranja
20001 - 25000	Rojo
25001 - 32000	Rojo oscuro

Tabla 22. Escala de color por volumen vehicular. Fuente: Elaboración propia 2015.

El procedimiento está fundamentado en la interpolación de los datos del tráfico vehicular que corresponden a las respectivas entradas y salidas en cada intersección en estudio. Se ejecutó la modelación iterativamente para obtener la escala de colores que se ajuste mejor a los rangos

de valores establecidos para la categorización en función de la cantidad de vehículos. Una vez establecida la relación entre la escala de colores y el volumen de vehículos la modelación ofrece la posibilidad de generar los mapas que muestran las características del comportamiento vehicular, a lo largo del corredor conformado por 9 intersecciones.

## CAPÍTULO 2. RESULTADOS.

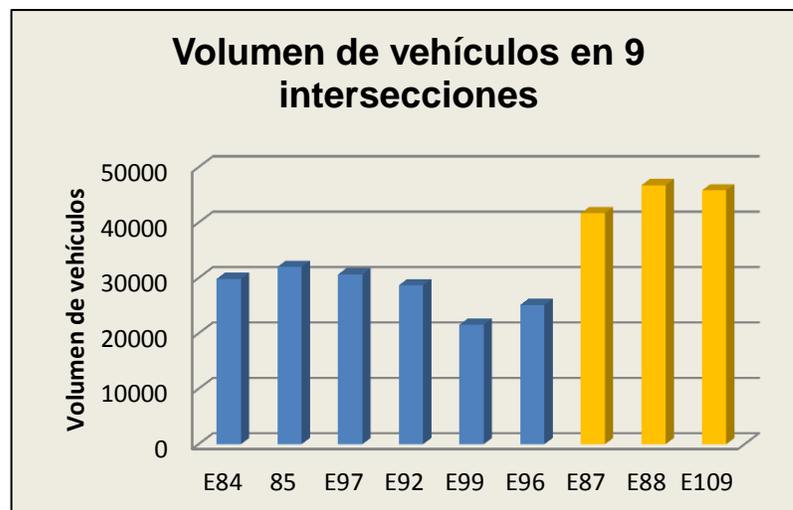
Este trabajo presenta las características actuales de movilidad en 9 intersecciones en el Centro Histórico de Cuenca para entender los patrones de desplazamiento de acceso a la ciudad, sus equipamientos y servicios. Atendiendo a las características de operación, tales como el volumen y características del flujo de vehículos, es decir, reconociendo la variación horaria, el factor horario de máxima demanda, el reparto modal motorizado como vehículos livianos y vehículos pesados.

Los resultados obtenidos de los volúmenes de vehículos livianos y pesados, que corresponden a 12 horas de aforo en las 9 intersecciones estudiadas, se detallan en la tabla 23.

TRÁFICO OBSERVADO CLASIFICADO									
Tipo de vehículo	Intersecciones								
	84	85	97	92	99	96	87	88	109
Livianos	94,31%	93,26%	93,30%	92,23%	91,86%	92,85%	91,19%	93,22%	93,64%
Pesados	5,69%	6,74%	6,70%	7,77%	8,14%	7,15%	8,81%	6,78%	6,36%
Total	29856	32003,78	30651	28690	21571	25124	41694	46741	45809

**Tabla 23.** Volumen vehicular categorizado. Fuente: Elaboración propia 2015

Los valores del volumen vehicular en las 9 intersecciones, recogidos en la Tabla 23, se representan en la gráfica 11.



**Gráfico 11.** Volumen de vehículos en 9 intersecciones  
**Fuente:** Elaboración propia 2015.

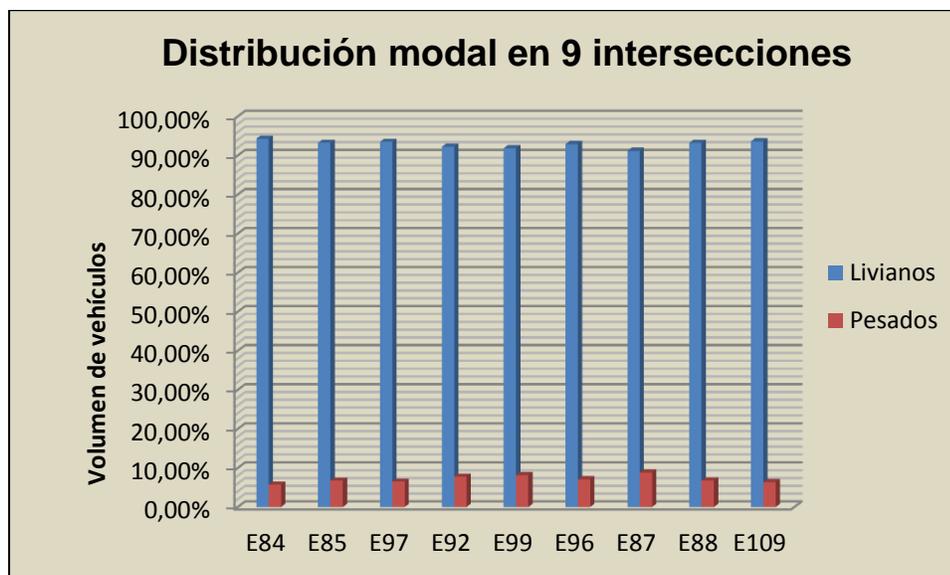
El flujo vehicular, en función del volumen de vehículos que circulan por estas intersecciones, muestra diferentes comportamientos, tanto por las características geométricas y funcionales, como debido: al sentido de circulación, a la categoría de acceso o salida de cada intersección, o por ser vías urbanas del Centro Histórico internas o periféricas. Así, se identificó que por las 5 intersecciones que pertenecen al corredor de la Av. Héroes de Verdeloma transitaban un promedio de 27.608 vehículos, pero al momento de incorporarse al corredor de la Av. De las Américas el volumen en las intersecciones sufre un incremento, llegando a un promedio de 44.748 vehículos. Este incremento tiene su fundamento en el hecho que la Av. De las Américas es una vía periférica de 3 carriles por sentido de circulación y permite la circulación de vehículos pesados.

### 2.1 Composición vehicular.

De los resultados se desprende que, en la zona del presente estudio, la categoría de vehículos livianos es la más numerosa en el tráfico motorizado de la ciudad con un promedio de 92.90 %, frente a un 7.10 % de vehículos pesados.

En la tabla 23 constan los porcentajes de vehículos livianos y pesados que transitaban por cada intersección.

La siguiente gráfica 12 detalla la distribución modal de la tabla 23, en las 9 intersecciones.



**Gráfico 12.** Distribución modal en 9 intersecciones.

Fuente: Elaboración propia 2015.

## 2.2. Volumen horario.

El análisis del comportamiento operacional de los vehículos está en función de los resultados obtenidos de los volúmenes horarios de tráfico en las intersecciones, La variación vehicular horaria experimentada en las 9 intersecciones analizadas se muestra en la tabla 24.

Hora	Variación horaria de cada intersección								
	Inters. 84	Inters. 85	Inters. 97	Inters. 92	Inters. 99	Inters. 96	Inters. 87	Inters. 88	Inters. 109
6h00-7h00	1240	1194	1144	829	628	861	1600	1795	1738
7h00-8h00	2083	2577	2024	1667	1204	1445	2928	3753	3287
8h00-9h00	2717	2801	2614	2146	1611	2070	3649	4201	3641
9h00-10h00	2766	2626	2299	2053	1362	1774	2787	3222	3230
10h00-11h00	2849	2342	2492	2247	1402	1983	2636	3033	2972
11h00-12h00	2677	2405	2394	2257	1360	1646	2763	2837	3250
12h00-13h00	2936	2452	2501	2438	1423	1847	2712	3353	3499
13h00-14h00	2476	2658	2434	2362	1850	1909	3062	3276	4088
14h00-15h00	1712	2007	2034	1993	1598	1810	3045	3586	3531
15h00-16h00	1757	2231	2201	2295	1845	1812	3333	3364	3673
16h00-17h00	1690	2256	2312	2181	1967	1880	3078	3427	3571
17h00-18h00	1536	2267	2332	2262	1924	1947	3477	3747	3426
18h00-19h00	1673	2109	2059	2094	1798	2137	3641	3901	2931
19h00-20h00	1744	2078	1815	1866	1599	2003	2983	3246	2972

**Tabla. 24.** Variación vehicular horaria - 9 intersecciones. Fuente: Elaboración propia 2015

La interpretación de la variación vehicular horaria, se muestra en las gráficas 13, 14 y 15.

Variación horaria del volumen de vehículos durante 12 horas de aforo en la intersección 84.

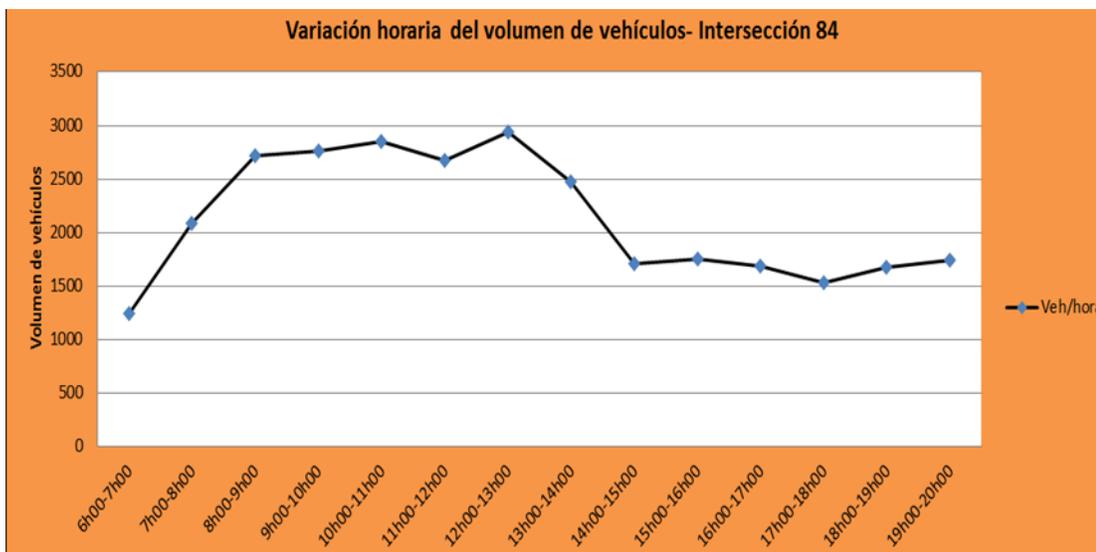


Gráfico 13. Variación horaria - Intersección 84. Fuente: Elaboración propia 2015

Variación horaria del volumen de vehículos durante 12 horas de aforo en las intersecciones 85 - 97 – 92 – 99 – 96 en corredor de la Av. Héroes de Verdeloma.

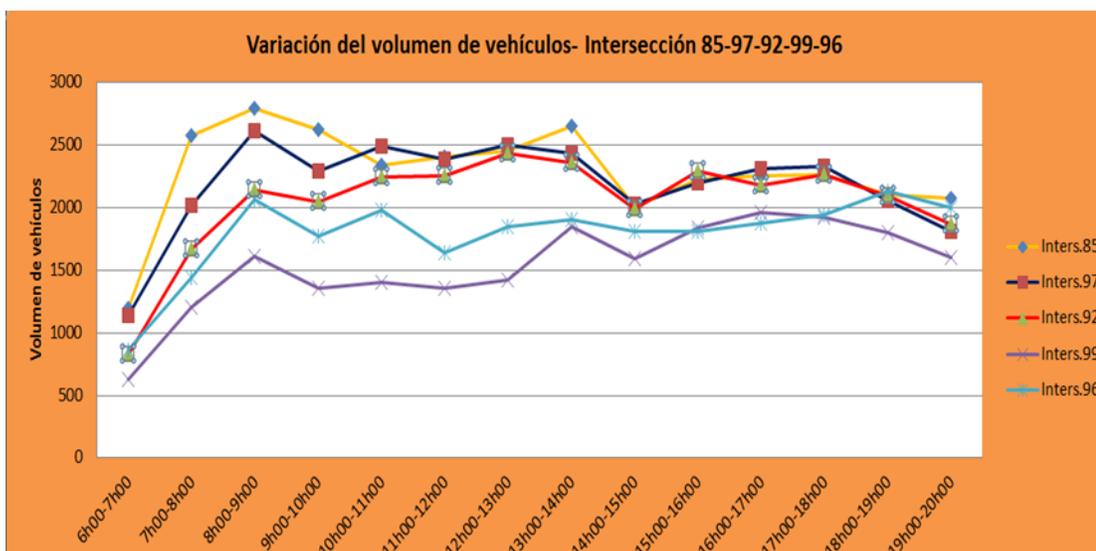


Gráfico 14. Variación horaria - Intersecciones 85-97-92-99-96. Fuente: Elaboración propia 2015

Variación horaria del volumen de vehículos durante 12 horas de aforo en las intersecciones 87 - 88 – 109 en corredor de la Av. De las Américas.

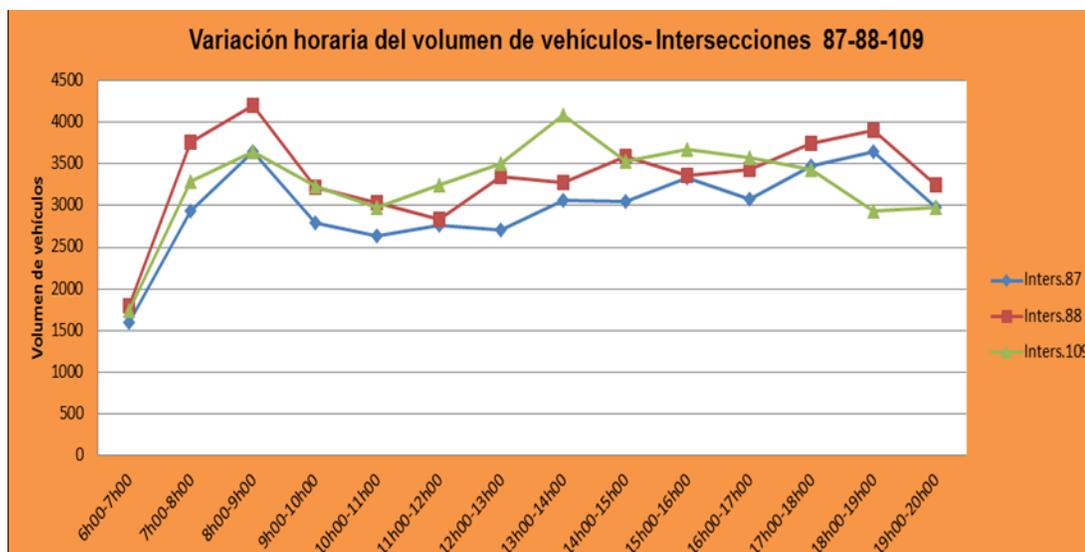


Gráfico 15. Variación horaria - Intersecciones 87-88-109. Fuente: Elaboración propia 2015

De acuerdo con estos resultados los volúmenes de vehículos observados sufren variaciones durante las horas del día, es así que, en las intersecciones analizadas se aprecia que aproximadamente en las horas de la mañana entre 08H00 y 09H00, en horas de medio día, entre 12H00 - 14H00 y en horas de la tarde entre 18H00 – 20H00, el flujo vehicular en cada intersección tiene un comportamiento similar debido a un incremento del volumen de vehículos en estos períodos que coinciden con el inicio o final de la jornada laboral y/ o estudiantil.

Los resultados de la variación horaria, en cada intersección, muestra que el volumen de vehículos durante la primera hora de la mañana es absolutamente menor al volumen de vehículos en las horas subsiguientes durante el período de aforo. Este comportamiento pone de manifiesto que en cada intersección, durante las horas del día hay una diferencia entre el valor del tráfico vehicular mínimo y el valor del tráfico vehicular máximo, que promedia el 70 %, hasta llegar a un valor que representa el máximo volumen vehicular en la hora pico, tal como se aprecia en la Tabla 25.

Volumen vehicular	Variación horaria de cada intersección								
	Inters.84	Inters.85	Inters.97	Inters.92	Inters.99	Inters.96	Inters.87	Inters.88	Inters.109
Mínimo	1240	1194	1144	829	628	861	1600	1795	1738
Promedio	2133	2286	2190	2049	1541	1795	2978	3339	3272
Máximo	2936	2801	2614	2438	1967	2137	3649	4201	4088
Increment.	73,11%	74,30%	77,82%	51,52%	46,90%	67,48%	78,09%	74,61%	73,96%

Tabla. 25. Incremento vehicular durante aforo. Fuente: Elaboración propia 2015

### 2.3. Volumen Horario de máxima demanda. (VHMD).

Los volúmenes de tránsito al ser dinámicos tienden a ser repetitivos en determinados espacios temporales llamados horas pico. Los máximos volúmenes de vehículos en la hora pico de cada intersección se muestran en la Tabla 26, y están representados en la gráfica 16.

Intersección	Hora Pico	Volumen de hora pico
E84	12:00-13:00	2936
E85	07:30 - 08:30	2851
E97	07:45 - 08:45	2668
E92	18:15-19:15	2484
E99	07:45 - 08:45	1806
E96	18:15 - 19:15	2150
E87	17:30- 18:30	3739
E88	07:45- 08:45	4131
E109	07:45- 08:45	3860

Tabla 26. Volumen vehicular en Hora Pico. Fuente: Elaboración propia 2015

Los resultados revelan que cada intersección tiene su característica y comportamiento propios, es decir, no se puede establecer una hora pico común para todas las intersecciones analizadas. Sin embargo en la mayoría (5 de 9) de las intersecciones que son vías de acceso al Centro Histórico y que aportan a la afluencia de vehículos, la hora de máxima demanda inició entre 07h30 – 07h45. Estos valores están reflejados en la gráfica 16.

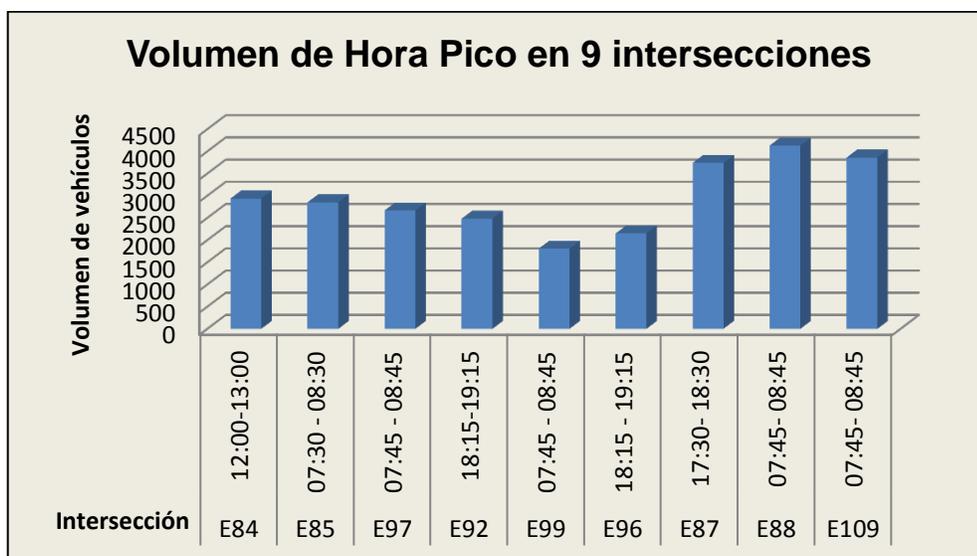


Gráfico 16. Volumen vehicular Horas pico - 9 intersecciones. Fuente: Elaboración propia 2015.

**2.4. Factor de Máxima Demanda.**

De acuerdo a los resultados obtenidos, en casi todas las intersecciones estudiadas el valor del FHMD es mayor a 0.9, tabla 27. Esto revela que la frecuencia del paso de los vehículos en periodos de hora pico mantienen al flujo vehicular dentro de un rango de distribución de flujos máximos sin concentraciones vehiculares.

Factor de Hora Pico									
Intersección	E84	E85	E97	E92	E99	E96	E87	E88	E109
<b>FHP</b>	0,827	0,957	0,915	0,928	0,959	0,925	0,99	0,88	0,889

Tabla 27. Factor de Hora Pico. Fuente: Elaboración propia 2015

El índice FHMD igual a 0,827 en la intersección E84, expresa que los flujos vehiculares en horas pico se torna medianamente concentrado. Debe anotarse que esta intersección, durante los días de aforo se encontraba intervenida con las obras de construcción del proyecto tranvía, razón por la que, los volúmenes de vehículos registrados no representan el comportamiento de un día normal.

En la intersección 87, que corresponde a la intersección en la Avenida De las Américas y Abraham Sarmiento se obtiene como resultado que, el FHMD es igual a 0,99. Esto significa un tráfico fluido sin complicaciones debido a que se trata de una intersección de paso sin distribución direccional. La gráfica 17 muestra estos valores.

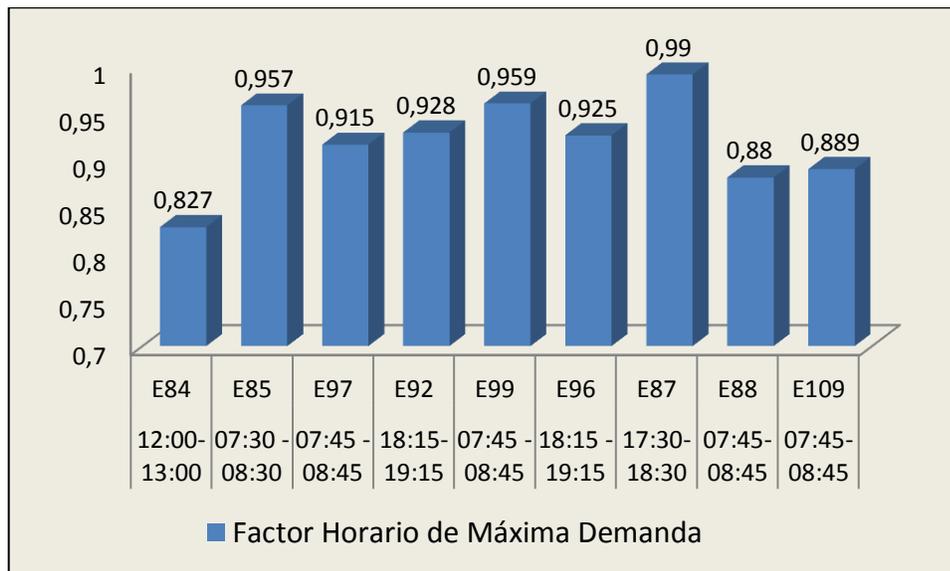
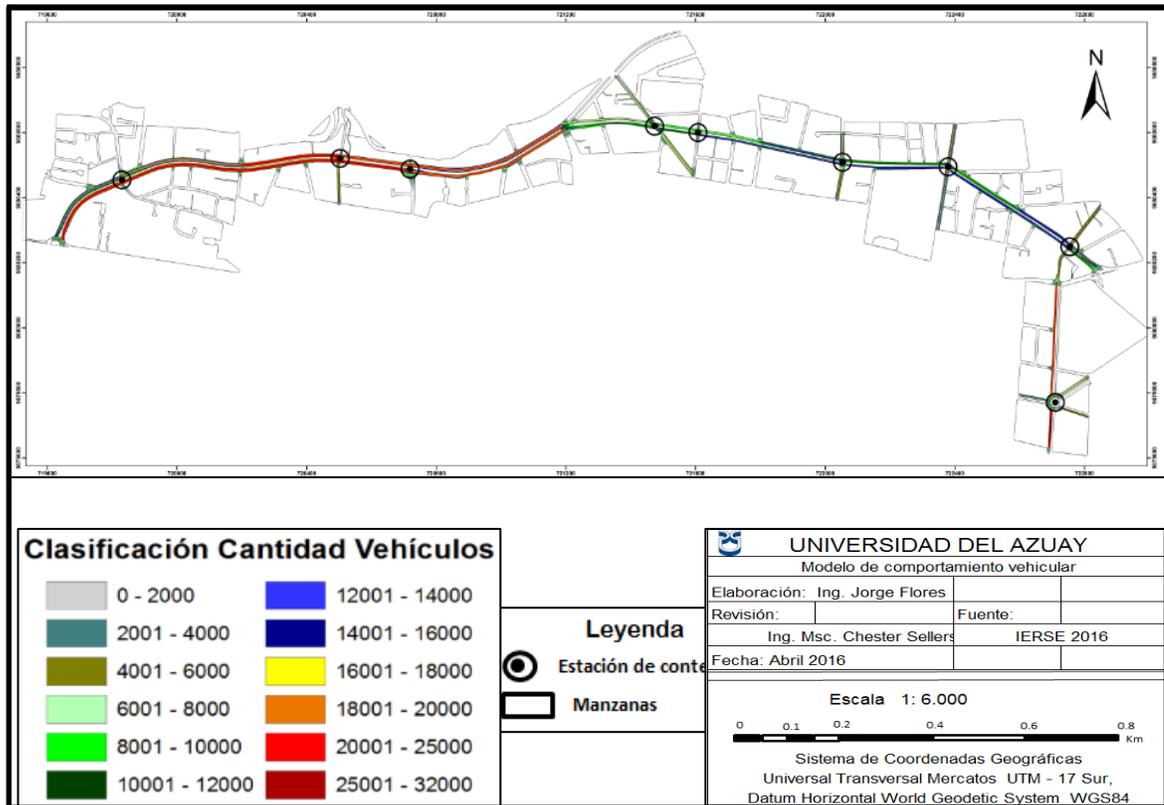


Gráfico 17. Factor Horario de Máxima Demanda. Fuente: Elaboración propia 2015

## 2.5. Resultados de la modelación.

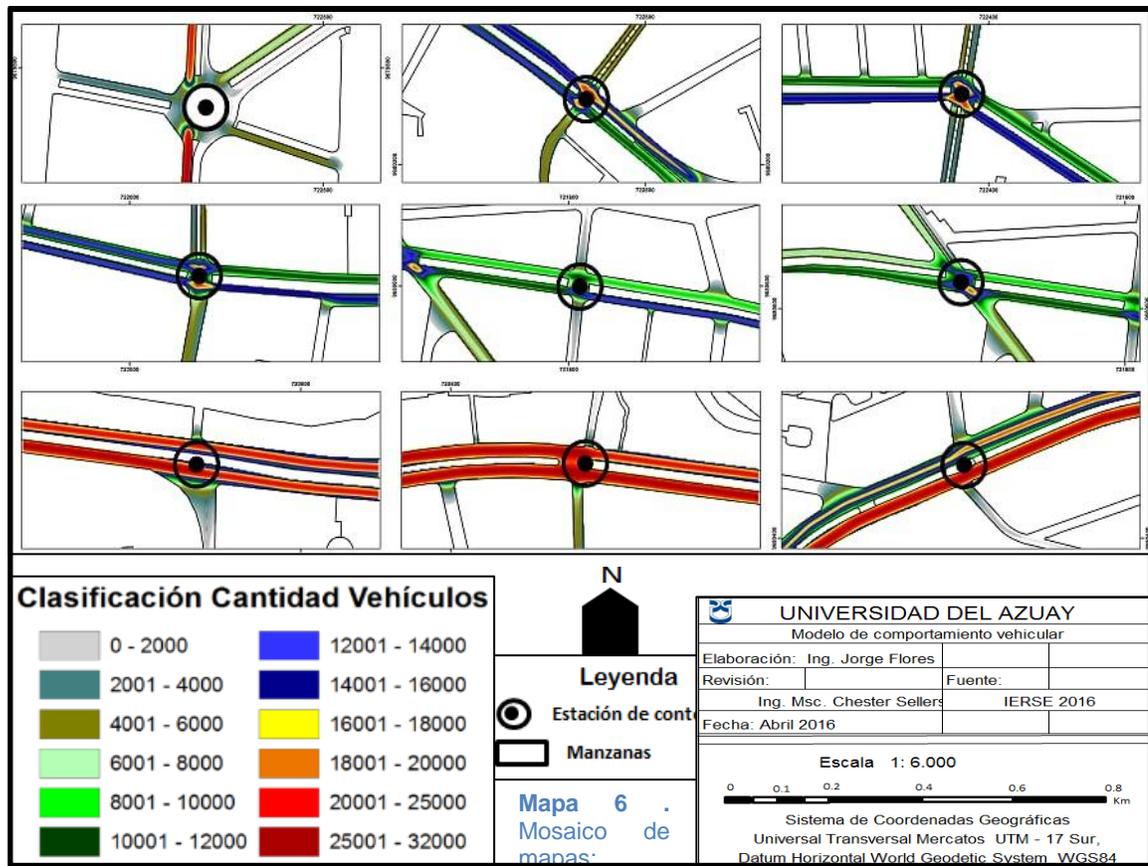
Los resultados de la modelación se observa en el siguiente mapa 5.



**Mapa 5.** Comportamiento vehicular en función del TPDA 2015. **Fuente:** Elaboración propia 2015.

En el mapa 5, todo indica que las variables, tales como, el volumen de vehículos, la escala de colores y los niveles de presión sonora, mantienen una directa correlación entre sí y que el software CADNA ofrece un modelo confiable en base a pocos parámetros, en donde se han capturado las propiedades intrínsecas del corredor analizado y genera una escala de colores en las franjas del corredor vial, que reflejan una alta congruencia con la variación de los volúmenes de vehículos que atravesaron por los diferentes tramos y nodos analizados.

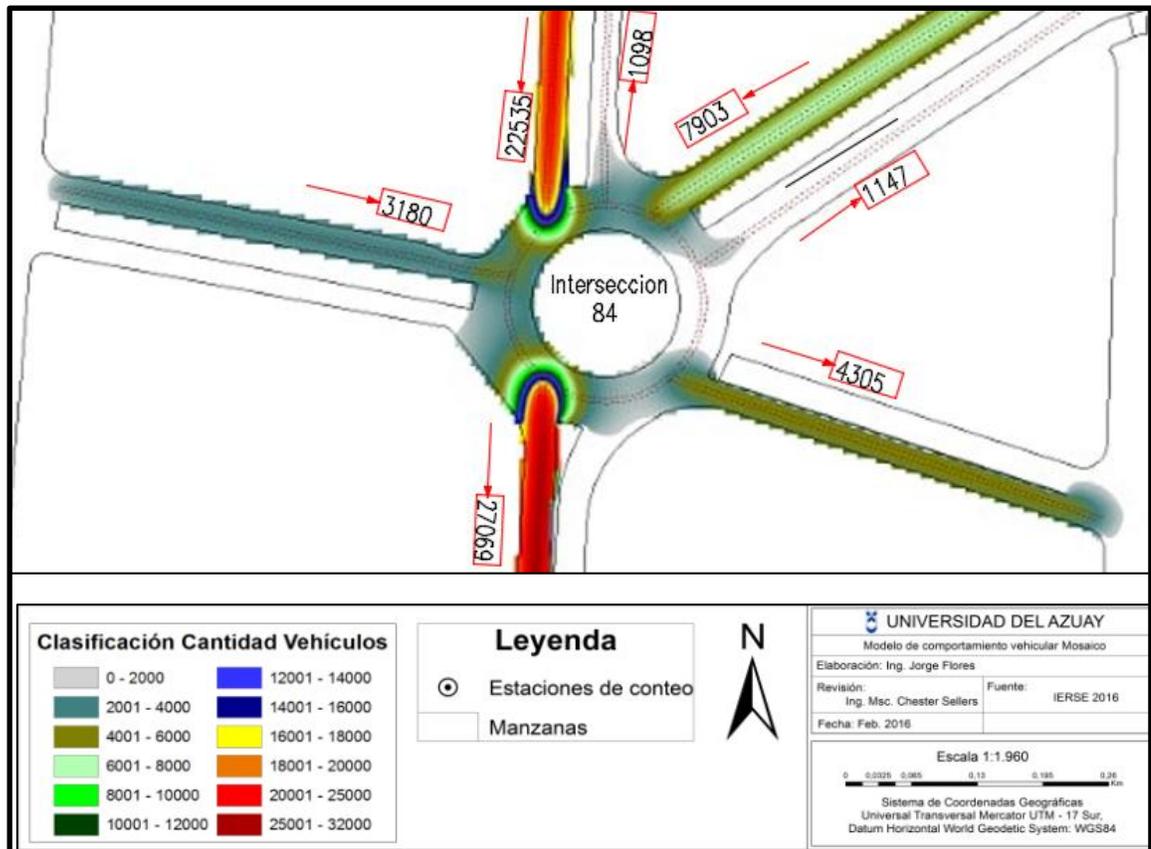
Para interpretar mejor los resultados del mapa 5, se generó un mosaico de mapas a menor escala con las 9 intersecciones analizadas, como se observa a continuación.



Volumen - Escala de color. Fuente: Elaboración propia 2015

En este mosaico de mapas se aprecia que, la congruencia entre los valores del TPDA y la escala de colores relacionados con estos valores, se cumple para todas las restantes intersecciones del corredor estudiado, como se muestra en los mapas individuales ampliados en los respectivos Anexos de cada intersección. Los resultados de la modelación de la intersección 84 se toman como referencia para las restantes intersecciones, y se muestra más adelante en el mapa 7.

Tomando como referencia, para todas las 9 intersecciones analizadas, los resultados de la modelación para la intersección 84, el mapa 7 ampliado muestra el resultado de la congruencia de la relación entre los volúmenes de vehículos que transitan por la intersección y la escala de colores marcados en la franjas viales que constituyen dicha intersección y que representan sus respectivos volúmenes vehiculares.



**Mapa 7.** Resultados de modelación - Intersección 84. **Fuente:** Elaboración propia 2015

Al observar los resultados en el mapa 7, todo indica que el software CADNA ofrece un modelo confiable, en donde se han capturado las propiedades intrínsecas de la intersección analizada y genera una escala de colores en las franjas viales que se contrastan con los volúmenes de vehículos que corresponde a esta intersección 84.

En el mapa 7 se presentan los resultados de una metodología referida a cálculos matemáticos simples de predicción del flujo de tráfico y otros referidos al software de modelación con estándares internacionales que evalúan los niveles de ruido en la intersección 84, asociada al volumen de vehículos que transitaron por esta intersección analizada. Estos resultados se contrastan debido a que los valores calculados del TPDA, referidos en la tabla 19, tienen completa armonía y congruencia con los resultados generados en la escala de colores reflejada en el mapa 7.

### **CAPÍTULO 3. DISCUSIÓN.**

El volumen de vehículos mantiene su tendencia de crecimiento continuo debido a que en la zona de estudio aún no se produce un congestionamiento vehicular, tomando en cuenta que existe un alto movimiento comercial, social, educativo y económico, razón por la cual la calidad de vida de sus habitantes se ve poco afectada. Esta tendencia se evidencia en los resultados del TPDA proyectado al año 2015.

Con el incremento anual del parque automotor, que inevitablemente sufren las ciudades, se agudiza el problema del tráfico vehicular, que puede ser medido a través del parámetro del flujo vehicular conocido como factor de máxima demanda, que por el momento en la zona de estudio se mantiene en valores aconsejables para el tránsito.

Si bien, aún no se producen serios congestionamientos en la zona de estudio, el tráfico de vehículos está sujeto a variaciones durante todo el día. Sin embargo la variación horaria del tráfico de la ciudad de Cuenca mantiene un comportamiento habitual, igual que muchas otras ciudades del país, con horarios de mayor demanda especialmente en horas de entrada y salida laboral y/o escolar.

Estos patrones de movilidad mantienen la misma tendencia que los expresados en el Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca (Municipalidad de Cuenca, 2014).

Datos actuales o proyecciones de algunos resultados pueden estar sujetos de modificaciones futuras por cuanto la información levantada en los aforos se realizó en el período que coincidió con las obras y la implantación del proyecto tranvía. Como ejemplo se puede citar la intersección 84 de la Av. Huayna Cápac - Hurtado de Mendoza, (puntos de aforo) esta intersección inclusive se encontraba cerrada al tránsito durante el período de aforo.

## CONCLUSIONES.

El corredor de las 9 intersecciones analizadas constituye 3 tramos (Huayna Cápac, Héroes de Verdeloma y Av. De las Américas), donde cada tramo tiene características funcionales y geométricas similares, pero el volumen vehicular del tramo de la Av. De las Américas mantiene una diferencia marcada de flujo de vehículos. La razón de esta variación es debido a que en los tramos considerados como Huayna Cápac y Héroes de Verdeloma, existen físicamente nodos o intersecciones intermedias entre las intersecciones estudiadas, por donde ingresan o salen vehículos. Este comportamiento también depende de las diversas actividades comerciales, ocupacionales y educacionales de los usuarios de las vías que confluyen a las intersecciones analizadas.

Los volúmenes de tráfico horario permitieron determinar la máxima demanda vehicular y la hora de los períodos de dicha demanda, que corresponden a los períodos de Hora Pico, coincidiendo que las intersecciones que funcionalmente son de acceso al centro de la ciudad tiene la misma hora pico.

Con los resultados, de los volúmenes de vehículos se concluye que, en la hora pico existe mayor flujo vehicular, sin llegar a la congestión, evidenciando el hábito de la población de trasladarse a sus lugares de trabajo o estudio, utilizando en un promedio de 92,90 % el vehículo de categoría liviano, debido a que la zona analizada sirve como conexión entre el norte-sur y entre este-oeste, como ingreso y salida del centro de la ciudad.

El FHMD es un indicador de las características del tráfico de vehículos en períodos de máxima demanda. En el presente trabajo el valor promedio de éste parámetro es mayor a 0,9 en la mayoría de las intersecciones intervenidas. Esto significa que el tráfico de vehículos en hora pico se mantiene dentro de un rango de distribución de flujos máximos pero sin concentraciones vehiculares, de esta forma, apoyados por las características físicas y geométricas de los tramos analizados, por ahora, se garantiza la ausencia de congestionamiento vehicular.

En los mapas, tablas y gráficos generados en este trabajo, se presentan los resultados de una metodología referida a cálculos matemáticos simples de predicción del flujo de tráfico y otros referidos al software de modelación con estándares internacionales que evalúan los niveles de ruido, en 9 intersecciones de la red vial intervenida, asociada al volumen de vehículos que transitaron por estas intersecciones analizadas.

Las mediciones de las muestras que permitieron obtener los valores del TPDA para el año 2015, al ser sometidos al software del sistema de modelación CADNA, proporcionaron resultados apegados a la realidad respecto al comportamiento vehicular de la zona estudiada.

La predicción del comportamiento de tráfico permite obtener resultados gráficos, que a pesar del reducido número de variables que intervienen, el modelo prueba que la escala de colores, dependientes del nivel de presión sonora, está directamente relacionada con los volúmenes de vehículos, proporcionando de esta forma resultados altamente confiables, fundamentados en la congruencia de estas relaciones.

Aunque el modelo desarrollado aquí se enfocó a una situación muy específica del tramo vial conformado por 9 intersecciones, con este modelo ha sido posible obtener, de manera sencilla, una solución analítica para visualizar el volumen de vehículos mediante la escala de colores en las franjas viales de los mapas, sin recurrir a métodos numéricos complejos, que se contrastan con los valores del TPDA.

El software CADNA-A, para las condiciones específicas preestablecidas con el objetivo de evaluar la variación de los volúmenes de tráfico, asociados a los niveles de presión sonora, es una herramienta muy ventajosa para la predicción del comportamiento vehicular. La modelación permite fácilmente visualizar cambios en la escala de colores distribuidos en los mapas cuando se modifica el volumen de vehículos, de esta manera permite al ingeniero de tránsito evaluar cada una de las posibles soluciones y optimizar el sistema de control vehicular.

La modelación tiene la ventaja, que cuando, se encuentra disponible la información sobre el tipo de vehículos, la topografía del terreno, la velocidad promedio de los vehículos, la composición vehicular y estos parámetros son integrados al software cada vez que se requiera modificar alguna variable para crear diferentes escenarios, los resultados de la modelación CADNA-A son consistentes con los volúmenes de vehículos, relacionados con los niveles de presión sonora.

Otra ventaja del modelo CADNA-A, es cuando existen datos específicos sobre el volumen de vehículos se obtienen 2 tipos de resultados, uno referente a los niveles de presión sonora y otro, los mapas con escala de colores que representan las variaciones del volumen de vehículos que se producen en los arcos viales comprendidos entre dos intersecciones. Esta posibilidad permite obtener resultados que pueden ser aprovechados, tanto por especialistas en contaminación ambiental por ruido, como por especialistas en tránsito de vehículos motorizados. De esta forma se lograría un ahorro de tiempo y dinero en la toma de decisiones en beneficio de una mejor calidad de vida para los ciudadanos.

Finalmente, entre otras ventajas del modelo CADNA-A, se cita las siguientes: la metodología del cálculo se adapta a la necesidad de los resultados, la facilidad para el usuario para ingresar los parámetros y ejecutar el programa, posibilidad de usar varias herramientas presentes en los programas GIS e interactuar con los archivos del CADNA-A para obtener mapas técnicamente fáciles de visualizar e interpretar los resultados.

## RECOMENDACIONES.

Los resultados gráficos obtenidos de la predicción del comportamiento de tráfico deben considerarse en la planificación de las redes viales, sin embargo, se requiere que los modelos predictivos sean probados y calibrados para las realidades locales con el fin de que los valores obtenidos sean confiables.

Los patrones de flujo obtenidos con el sistema CADNA-A revelan que, la modelación puede ser sujeta a una extrapolación con las mismas condiciones técnicas de análisis para posibilitar la generalización del comportamiento vehicular de otras redes urbanas en otras zonas, regiones o ciudades, o inclusive considerar otras situaciones específicas de tráfico, tales como la presencia de varios tipos de vehículos, otro tipo de situaciones físicas que generan complicaciones de tránsito, tales como los llamados “cuellos de botella”.

Puede sugerirse que se debe seguir desarrollando estudios más profundamente que permitan afinar el CADNA-A, o definir otros modelos del flujo de tráfico motorizado más apropiados a la realidad de nuestro país, debiéndose tener en cuenta además, que cuanto mayor sea la precisión que se quiera lograr, se deberá contar con mayores recursos técnicos y económicos.

Puede afirmarse que en el futuro la investigación sobre la eficiencia del modelo podría replantearse para seguir desarrollando estudios más profundamente que permitan afinar el CADNA-A, o definir otros modelos del flujo de tráfico motorizado más apropiados a la realidad de nuestro país, debiéndose tener en cuenta además, que cuanto mayor sea la precisión que se quiera lograr, se deberá contar con mayores recursos técnicos y económicos

A medida de los resultados obtenidos en este trabajo sería muy importante, despertar el interés para realizar una investigación interdisciplinaria que podría servir, como punto de partida, para incursionar en esta disciplina, ya que se sientan las bases y el lenguaje apropiado sobre dinámica vehicular. Así, lo manifiesta la revista Redalyc de la Universidad de Colombia. (Bautista, Salazar, & Macias, 2014)

Por último, y teniendo en cuenta la ley ecuatoriana vigente, se puede establecer que aún se carece de una metodología ajustada específica para realizar la medición y cuantificación del tráfico vehicular en función del ruido. Dado que las técnicas de medición incorporadas en las leyes actuales no consideran en forma detallada el estudio de éstas variables, sería conveniente ajustar la normativa vigente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AASHTO. (2001). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.  
<http://doi.org/10.1029/2004JC002361>
- Análisis de la movilidad urbana Espacio , medio ambiente y equidad*. (n.d.).
- Bautista, A., Salazar, M., & Macias, A. (2014). Analysis of vehicular traffic flow using a macroscopic model *Análisis del flujo de tráfico vehicular a través de un modelo macroscópico*, 81(184), 36–40.
- Bott, R, G. C. (2014). Unidad Municipal de transito. *Igarss 2014*, (1), 1–5.  
<http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Crespo, A. R., & Solano, V. (n.d.). *Análisis de Tráfico Urbano*.
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. *Ministerio de La Presidencia de España*, 25. Retrieved from <https://www.boe.es/doue/2002/189/L00012-00025.pdf>
- GAD Municipal, C. (2007). *Patrimonio Cultural*.
- HCM2000, M. de C. de C. (2011). *Teoría de flujo vehicular*, 20.
- Hoogendoorn, S., & Bovy, P. (2001). State-of-the-art of vehicular traffic flow modelling. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 4(215), 283–303. <http://doi.org/10.1243/0959651011541120>
- Hudeil, Navarro, S. (2009). *Volumenes de ingeniería de tránsito*. Retrieved from <http://es.slideshare.net/fabriciosobalvarro/volumenes-ingenieriadetransito>
- La, C. D. E., & Vial, R. E. D. (2005a). Tema 05: Ingeniería De Tránsito. Retrieved from <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>
- Municipalidad de Cuenca. (2014). *Categorización de la Demanda de Transporte en Ceunca*.
- Ordenacion, U. Y., & Territorio, D. E. L. (n.d.). *CIUDADES MEDIAS MEXICANAS MANUAL NORMATIVO TOMO VIII Manual de Impacto Ambiental en Estudios de Transporte*.
- PNUD, S. (2013). *Metodología De Análisis De Vulnerabilidades a Nivel Cantonal ” - Cuenca*, 180.
- Sibd, W. (n.d.). *Problemática del Tráfico vehicular*. Retrieved from <http://traficovehicularsibd.weebly.com/panorama-mundial.html>
- Transportation Research Board. (2000). *Highway capacity manual. Environmental Protection*.  
[http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000746](http://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746).

## ANEXOS.

### Anexo 1.

#### Aforo general de vehículos motorizados

##### Mediciones de volumen de vehículos

Mediante convenio de cooperación entre la Universidad del Azuay y el GAD Municipal de Cuenca se realizó mediciones periódicas de flujos vehiculares en un cordón que rodea el Centro Histórico conformado por en 27 puntos de control, a objeto de disponer de la información necesaria para calcular el volumen de vehículos, y la asignación de modos (autos y camiones).

En estas mediciones, se consideró la siguiente tipología de vehículos: Automóviles, camionetas, furgones, Jeep, Taxis considerados como Livianos. Buses, Trailers, semitrailers, camiones de 2 ejes, 3 ejes, 4 o más ejes, clasificados como pesados.

El GAD Municipal identificó los puntos de control para estas mediciones de acuerdo a los términos de referencia establecidos en el convenio de cooperación.

##### Definición de las Intersecciones de conteo

Se estableció un total de veinte y siete intersecciones de control para la realización de conteos de flujo vehicular, como se observa en la Tabla 1.1, controlando todos los sentidos de circulación. Las mediciones se realizaron en un período de 14 horas continuas para movimientos con sentido de circulación recto y de 8 horas continuas para giros, para un día laboral de la semana.

La tabla 1.1 muestra el listado de intersecciones en donde se realizó el conteo de vehículos en julio de 2015.

INTERSECCIONES DE AFORO VEHICULAR				
Intersección	Principal	Sentido	Transversal	Sentido
84	Huayna Cápac	Doble Vía	Hurtado de Mendoza	Una Vía
85	Héroes de Verdeloma	Doble Vía	Barrial Blanco	Doble Vía
86	Sangurima	Una Vía	Daniel Alvarado	Una Vía
87	De las Américas	Doble Vía	Abran Sarmiento	Una Vía
88	De las Américas	Doble Vía	Daniel Alvarado	Una Vía
89	Vega Muñoz	Una Vía	Octavio Cordero	Una Vía

90	Sangurima	Una Vía	Miguel Vélez	Una Vía
91	Doce de Abril	Doble Vía	Federico Malo	Una Vía
92	Héroes de Verdeloma	Doble Vía	Luis Cordero	Una Vía
93	Pío Bravo	Una Vía	Estévez de Toral	Una Vía
94	Sangurima	Una Vía	Estévez de Toral	Una Vía
96	Héroes de Verdeloma	Doble Vía	Nicanor Merchán	Doble Vía
97	Héroes de Verdeloma	Doble Vía	Mariano Cueva	Doble Vía
98	Doce de Abril	Doble Vía	Edwin Sacoto	Doble Vía
99	Héroes de Verdeloma	Doble Vía	Tarqui	Una Vía
100	Sangurima	Una Vía	Abran Sarmiento	Una Vía
101	Vega Muñoz	Una Vía	Juan Montalvo	Una Vía
102	Doce de Abril	Doble Vía	Florencia Astudillo	Doble Vía
103	De las Américas	Doble Vía	Ricardo Darquea	Doble Vía
104	Unidad Nacional	Doble Vía	Paseo Tres de Noviembre	Doble Vía
105	Doce de Abril	Doble Vía	Puente del Otorongo	Doble Vía
106	Paseo Tres de Noviembre	Doble Vía	Bolívar	Doble Vía
107	Doce de Abril	Doble Vía	Guayas	Una Vía
108	Bolívar	Una Vía	Coronel Talbot	Una Vía
109	De las Américas	Doble Vía	Las Pencas	Doble Vía
110	De las Américas	Doble Vía	Gonzáles Suárez	Una Vía
111	Paseo Tres de Noviembre	Doble Vía	Presidente Córdova	Doble Vía

Tabla 1. 1 Intersecciones de conteo de vehículos.

Fuente: EMOV-EP – CUENCA 2015

### Localización de las Intersecciones y Estaciones.

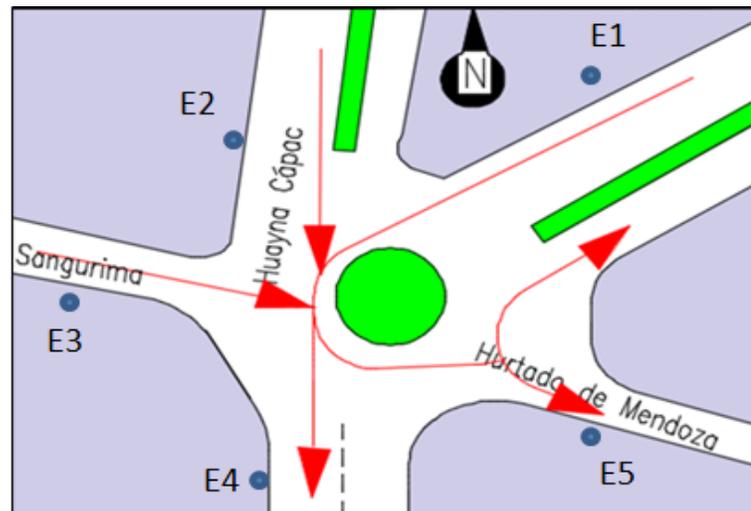
Las intersecciones están geográficamente localizadas por las coordenadas en las diferentes intersecciones del Centro Histórico de la ciudad. Mapa 1.1



**Mapa 1.1:** Estaciones de Aforo. Fuente: Elaboración IERSE 2015

Una Estación de aforo se definió como la ubicación física de los aforadores en los diferentes accesos de entrada y/o salida de los vehículos que circularon por la intersección en estudio.

Cada una de las estaciones de aforo fueron numeradas convenientemente, de manera que la estación E1 siempre sirvió de orientación para las otras estaciones que se numeraron en el sentido anti horario, a manera de ejemplo en la gráfica 1.1 se muestra la ubicación de las estaciones de aforo.



**Gráfico 1.1.** Estaciones de aforo - Intersección 84.  
Fuente: Elaboración propia 2015

## **Plan de Mediciones**

Previo al inicio del levantamiento de la información se desarrolló un taller de capacitación dirigido a los aforadores, estudiantes de la Universidad del Azuay, con el fin de garantizar la obtención de datos seguros reales y veraces.

El trabajo de campo estuvo a cargo del autor de éste trabajo, como ingeniero coordinador delegado de la Universidad del Azuay; y, con técnicos delegados del GAD Municipal de Cuenca con amplia experiencia en estas labores, quienes supervisaron el trabajo desarrollado en terreno.

El Plan de mediciones de conteo vehicular se efectuó durante tres semanas del mes de Julio de 2015. El horario de las mediciones en cada intersección fue:

De 06H00 a 20H00, contemplando un total de 14 horas de medición para movimientos rectos, y;

De 06H00 a 14H00, contemplando un total de 8 horas de medición para giros.

Los conteos clasificados se realizaron por categoría de vehículo y hora de medición, diferenciando los vehículos motorizados livianos (autos, camionetas), buses, camiones de carga de 2 ejes, 3 ejes y camiones con 4 o más ejes, y como vehículos de dos ejes las motos.

La información fue levantada en períodos de 15 minutos por un solo día para cada intersección. Las mediciones se realizaron durante los días laborales de la semana.

## **Ejecución de aforo**

Para realizar 14 horas continuas de conteo de vehículos fue necesario dividir en dos turnos de 7 horas cada uno. En el día señalado para levantar la información se ubicó al personal en la intersección asignada a la hora correspondiente, en cada intersección se inició los aforos, estableciendo como regla general que cada aforador es responsable de un solo movimiento recto y otro aforador responsable de máximo dos giros, con variantes dependiendo de la intensidad de vehículos en circulación en la intersección en donde se realizó el conteo.

## **Registro de datos.**

Los datos registrados en campo para el conteo de vehículos se hicieron en formatos aprobados por el GAD municipal de Cuenca, como se ilustra en las gráfica 1.2.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL: PLAN DE MOVILIDAD Y ESPACIOS PÚBLICOS DEL CANTÓN CUENCA								
ESTUDIO DE TRÁFICO: GIROS CLASIFICADO						Croquis		
Intersección N°	Ubicación:							
Aforador:			Estación	Hora Inicio				
Supervisor:				Hora Final				
Movimiento			Fecha					
Período	Liviano	Buses	2 Ejes	3 Ejes	> 4 Ejes	Motos	Bicicletas	

Grafico 1. 1 Formato para conteo de vehículos. Fuente: EMOV-EP CUENCA 2015

### Digitación de los datos obtenidos en campo

Tal como se indicó, las mediciones fueron realizadas en el mes de julio de 2015, obteniéndose como resultado los volúmenes de tráfico en los accesos de cada intersección analizada. La información recogida en campo fue digitada y sometida a un acucioso proceso de validación, el que consiste en eliminar la información inconsistente y/o con errores evidentes, tal como valores de volúmenes de vehículos que no corresponden a la intersección medida. Sin este proceso no se pueden extraer conclusiones válidas de los datos. Por lo tanto este proceso es de suma importancia para futuros manejos de la información. Una vez finalizado el proceso de depuración de los datos se obtuvo el total del flujo de vehículos, en las correspondientes categorías, que circularon por cada intersección del Centro Histórico de Cuenca que fue analizada.

### Digitación de los datos obtenidos en campo de las restantes intersecciones.

La Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV-EP) y el Instituto de investigación de la Universidad del Azuay-IERSE constituyen la principal fuente primaria de los datos de aforo, con los cuales se procedió a realizar los cálculos, cuadros, tablas y resultados de las restantes intersecciones estudiadas en esta tesis, con el mismo procedimiento seguido para la intersección 84, desarrollado entre los ápices 1.8.1 (Metodología) y 1.8.12 (Factor horario de máxima demanda).

De esta forma, en el anexo 2 se presentan por separado, los datos del aforo, cálculos, cuadros y resultados de cada una de las intersecciones intervenidas en el Centro Histórico de Cuenca, objeto de estudio de ésta tesis.