



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Mapas de calor de velocidad de buses y taxis en el cantón Cuenca.

**Trabajo de obtención previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Nombre del autor:

CARLOS JAIR DURÁN MALDONADO

Nombre del director:

MATEO COELLO SALCEDO

CUENCA – ECUADOR

2020

DEDICATORIA

A mis padres, por estar conmigo y guiarme incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

a la Universidad del Azuay por su acogida como casa de estudio,
al MSc. Mateo Coello por la acertada guía en la presente investigación,
a quienes de una u otra manera contribuyeron.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	2
<i>A. Caso de estudio</i>	2
<i>B. Procesamiento de datos</i>	2
1. Recolección información	2
2. Segmentación Espacial	3
3. Creación de mapas de calor	3
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	4
IV. CONCLUSIONES	8
V. REFERENCIAS	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Parroquias urbanas del cantón Cuenca.....	2
Fig. 2 Índice IMD.....	3
Fig. 3 División en tramos.....	3
Fig. 4 Rango de colores.....	4
Fig. 5 Resultados Buses. Primer Cuartil.....	4
Fig. 6 Resultados Buses. Tercer Cuartil.....	5
Fig. 7 Resultados Taxis. Hora Valle	6
Fig. 8 Resultados Taxis. Hora Pico	6
Fig. 9 Mapa de calor del día lunes en hora pico.....	7
Fig. 10 Mapa de calor del día Martes en hora pico.....	7
Fig. 11 Mapa de calor del día miércoles en hora pico.....	7
Fig. 12 Mapa de calor del día jueves en hora pico.....	7
Fig. 13 Mapa de calor del día viernes en hora pico.....	7
Fig. 14 Particularidad Condamine.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. VIAS ANALIZADAS EN BUSES	4
TABLA II. TABLA RESUMEN DE RESULTADOS EN BUSES.....	5
TABLA III. VÍAS ANALIZADAS EN TAXIS	5
TABLA IV. RESULTADOS DE VÍAS EN TAXIS.....	8

MAPAS DE CALOR DE VELOCIDAD DE BUSES Y TAXIS EN EL CANTÓN CUENCA.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar el promedio de velocidad de circulación de buses y taxis dentro del cantón Cuenca, Ecuador a través de mapas de calor utilizando datos reales a partir de una flota de 16 taxis y 10 líneas de buses que transitan por la ciudad. Para el levantamiento de información, en los buses se utilizó equipos GPS; en el caso de los taxis, la instrumentación consiste en una interfaz de comunicación entre ELM327 y la aplicación TORQUE PRO. Se utilizaron técnicas de análisis estadístico para la obtención de los promedios de velocidad, en conjunto con su localización geográfica. Los resultados son representados por medio de mapas de calor a través del software ArcGIS. La investigación presentó el promedio de velocidad en taxis de 21,84 km/h y en buses de 19,97 km/h, dentro de las vías del cantón con índice IMD superior a los 35.000 vehículos.

Palabras Clave – Mapas de calor, velocidad promedio, Índice IMD, ArcGIS, ELM327.



Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc

Director del trabajo de titulación



Ing. Robert Rockwood

Director de Escuela



Carlos Durán Maldonado

Autor

SPEED HEAT MAPS OF BUSES AND TAXIS IN CUENCA.

ABSTRACT

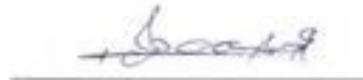
This research aimed to determine the average speed of buses and taxis in Cuenca through heat maps using real data from 16 taxis and 10 bus lines that travel throughout the city. GPS equipment was used for information gathering on buses. In the case of taxis, the instrumentation consisted of a communication interface between ELM327 and the TORQUE PRO application. Statistical analysis techniques were used to obtain speed averages and their geographical location. The results were represented by means of heat maps through ArcGIS software. The research showed an average speed of 21.84 km/h for taxis and 19.97 km/h for buses within city roads with an IMD index that exceeded 35,000 vehicles.

Keywords – Heat maps, average speed, IMD Index, ArcGIS, ELM327.



Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc

Thesis Director



Ing. Roberth Rockwood

Faculty Director



Carlos Durán Maldonado

Author



Translated by
Ing. Paul Arpi

Trabajo de Titulación.

Carlos Jair Durán Maldonado.

Enero, 2020.

Mapas de calor de velocidad de buses y taxis en el cantón Cuenca

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene su origen en la necesidad de un análisis de la velocidad de circulación vehicular dentro del cantón Cuenca en Ecuador, dado que existen límites de velocidad establecidos por la ley, pero estos no han sido contrastados. Por lo tanto, se plantea como finalidad de este estudio determinar las velocidades promedio de circulación de buses y taxis en el Cantón, mediante la creación de mapas de calor. La metodología utilizada está basada en un modelo estadístico que promedia la velocidad de las vías con mayor afluencia vehicular. La información fue levantada a partir de una flota de 16 taxis, como también una muestra de recorridos en 10 líneas de buses que transitan por la ciudad. Los resultados fueron mapas de calor representados a través del software ArcGIS 10.6 por medio de un código de colores.

Mapas de calor de velocidad de buses y taxis en el cantón Cuenca

Carlos Durán Maldonado

Universidad del Azuay
Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería Mecánica Automotriz
Cuenca, Ecuador
cduranm@es.uazuay.edu.ec

Daniel Cordero Moreno

Universidad del Azuay
ERAGON,
Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Automotriz
Cuenca, Ecuador
dacorderom@uazuay.edu.ec

Mateo Coello Salcedo

Universidad del Azuay
Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería Mecánica Automotriz
Cuenca, Ecuador
mfcoello@uazuay.edu.ec

Chester Sellers Walden

Universidad del Azuay
Instituto de Estudios de Régimen
Seccional del Ecuador (IERSE)
Cuenca, Ecuador
csellers@uazuay.edu.ec

Resumen— Esta investigación tiene como objetivo determinar el promedio de velocidad de circulación de buses y taxis dentro del cantón Cuenca en Ecuador, a través de mapas de calor utilizando datos reales a partir de una flota de 16 taxis y 10 líneas de buses que transitan por la ciudad. Para el levantamiento de información, en los buses se utilizó equipos GPS; en el caso de los taxis, la instrumentación consiste en una interfaz de comunicación entre ELM327 y la aplicación TORQUE PRO. Se utilizaron técnicas de análisis estadístico para la obtención de los promedios de velocidad, en conjunto con su localización geográfica. Los resultados son representados por medio de mapas de calor a través del software ArcGIS. La investigación presentó el promedio de velocidad en taxis de 21,84 km/h y en buses de 19,97 km/h, dentro de las vías del cantón con índice IMD superior a los 35.000 vehículos.

Palabras Claves— Mapas de calor, velocidad promedio, Índice IMD, ArcGIS, ELM327.

Abstract— This research aims to determine the average speed of buses and taxis in Cuenca, through heat maps using real data from 16 taxis and 10 bus lines that travel throughout the city. GPS equipment was used for information gathering on buses. In the case of taxis, the instrumentation consisted of a communication interface between ELM327 and the TORQUE PRO application. Statistical analysis techniques were used to obtain speed averages and their geographical location. The results were represented by means of heat maps through ArcGIS software. The research showed an average speed of 21.84 km / h for taxis and 19.97 km / h for buses within city roads with an IMD index that exceeding 35,000 vehicles.

Keywords— Heat maps, average speed, IMD, GIS, ELM327.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, a Latinoamérica se le atribuye la tasa más alta de urbanización de los países en vías de desarrollo. Según el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), la proporción de la población de la región que vive en ciudades casi se duplicó entre 1950 (41%) y 2010 (80%) [1]. Un crecimiento urbanístico

de tal naturaleza conlleva problemas relacionados con la densidad poblacional y la ocupación territorial en cuanto a movilidad respecta. Esto desemboca en la búsqueda de un sistema de transporte que impida el colapso de la zona urbana.

La búsqueda de sistemas de transporte eficientes y sustentables ha sido un desafío mundial dentro de la sociedad. En especial, dentro de ciudades de crecimiento emergente, éstas poseen una infraestructura diseñada para cierta recurrencia vehicular y con este crecimiento también se presenta un aumento constante de vehículos y con ello, menos lugares para transitar los mismos. Al respecto Zhang et al., (2011) menciona que las calles y el diseño urbano no van de acuerdo con la demanda vehicular, por consiguiente, se busca una movilidad eficiente para estas áreas urbanas [2].

En el Ecuador la tasa promedio de vehículos matriculados por cada 1000 habitantes es de 133 vehículos. Respecto a la provincia Azuay, está figura como la segunda provincia en superar este promedio teniendo 169 vehículos matriculados por cada 1000 habitantes. Aquí el parque automotor presenta un crecimiento constante en los últimos años, con aumento en el año 2017 (6,8%) y 2018 (7,2%) [3]. Cuenca, la capital Azuaya, muestra un crecimiento del parque automotor cuatro veces más rápido que su población, que, por otra parte, significa un aumento en los siniestros de tránsito. La tasa de fallecidos presenta incremento de igual forma 2017 (7,06) y 2018 (8,49) fallecidos por cada 100 accidentes [3]. De todos los accidentes de tránsito, la tercera causa se adjudica el exceso de velocidad, ocupando el 14,3% de la totalidad de los mismos.

Actualmente, se han establecido valores máximos o límites de velocidad de circulación dependiendo del tipo de vía por donde se circule. Sin embargo, no se ha utilizado una metodología técnica para la determinación de las mismas, como lo presentan Vélez y Zambrano en su estudio, mediante la norma SAE J299 [4]. Por otra parte, se carece de estudios sobre velocidades promedio de circulación.

Alrededor del mundo varios estudios han sido desarrollados para definir las velocidades promedio, determinar que

velocidades deben implementarse en las vías y que estos estudios han contribuido a dar soluciones al tráfico vehicular o la movilidad de alguna forma.

Siyuan, Jiansu, Qiong, (2013) presentan el primer sistema de transporte inteligente basado en la creación de mapas de calor en China, estudio que trabaja el análisis visual de conjuntos de datos de tráfico a gran escala [5]. Por otra parte, Chang y Zhao, (2016), estudian los patrones espacio-temporales de la demanda de viajes en autobús; enfatizando la parametrización temporal, presenta resultados mediante mapas térmicos [6].

Tostes, Duarte, y Loureiro, (2013) presentan un modelo de predicción para Chicago desarrollado con base en la regresión logística para el descubrimiento de futuras intensidades de flujo para una calle objetivo. Lo particular de este estudio es el uso de mapas térmicos para presentar los resultados por calle específica sobre tráfico y transporte [7].

En el contexto local, Peña y Aymar, (2018) crearon una metodología para la determinación de zonas de tráfico mediante mapas de calor; utilizando la velocidad y consumo específico de combustible como indicadores [8].

Dichos estudios indican que, mediante la representación gráfica de bases de datos a gran escala, se puede conseguir un sinnúmero de ventajas como: eficacia, accesibilidad y aplicabilidad. Por ello, la aplicación de mapas térmicos es una técnica que asocia datos particulares con su geolocalización y simplifica la representación de los resultados obtenidos.

En este trabajo se propone determinar las velocidades promedio de circulación vehicular dentro del área urbana de la ciudad, utilizando mapas de calor. La investigación está estructurada en cuatro secciones, además de esta parte introductoria, en la sección II se detalla la metodología utilizada para levantar la data y procesar las velocidades que han sido representadas en los mapas de calor. En la sección III se analizan los resultados obtenidos, finalizando el artículo en las secciones IV y V, conclusiones y referencias respectivamente.

Esta información es una herramienta de gestión, con la cual organismos encargados de la movilidad y transporte podrían establecer políticas y soluciones al tráfico vehicular.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología abordó tres fases; determinación del área de estudio, recopilación de información y desarrollo del método de análisis. Cabe recalcar que para el presente estudio se utilizaron datos tomados en tiempo real en la ciudad de Cuenca-Ecuador, los cuales se registraron acorde a cuatro parámetros para la creación de los mapas de calor, los cuales son: 1) geolocalización, mediante latitud y longitud en sistema de coordenadas geográficas (WGS 1984), 2) velocidad GPS (km/h), 3) fecha (día, mes, año) y 4) hora del día (hora, minuto, segundo). La información fue levantada dentro del área urbana, a través de 16 unidades de taxis durante 68 días de registro y 10 tramos de rutas de buses con 4 muestras cada una de ellas, tomadas en distintas horas del día, repitiendo los tramos y en el mismo sentido.

A. Caso de estudio

Cuenca, la ciudad capital de la provincia del Azuay, está ubicada al sur del Ecuador ($2^{\circ}53'51''S$ $79^{\circ}00'16''O$). Posee una superficie de 157,3 km², con una población de aproximadamente 580.000 habitantes. Esta ciudad pertenece al cantón de su mismo nombre y está organizada administrativamente en parroquias urbanas y rurales. En este estudio se consideraron únicamente a las parroquias urbanas, las cuales son 15, como se muestra en la Figura 1 [9]. El parque automotor de la ciudad está conformado por un aproximado de 112 000 vehículos livianos y 475 buses urbanos. El 64% de los viajes dentro de la ciudad se realizan en transporte público y 30% en vehículo privado [10].



Fig. 1 Parroquias urbanas del cantón Cuenca [10].

B. Procesamiento de datos

Para encontrar las velocidades promedio de circulación en la ciudad de Cuenca mediante mapas de calor, se realizó: 1) recolección de información dentro de la ciudad, 2) segmentación espacial de los datos y 3) creación de los mapas de calor.

Es oportuno mencionar que en buses la información levantada fue específica, es decir, que los recorridos de buses tienen una trayectoria establecida, a diferencia de los taxis que no poseen una. Debido a ello no necesitamos segmentar la información en cuanto a parroquias, índice IMD o temporalidad, por lo contrario, fue analizada estadísticamente mediante dos escenarios, uno crítico (Primer Cuartil) y uno favorable (Tercer Cuartil) de la totalidad de la información.

1. Recolección información

En buses la información fue levantada mediante equipos GPS, con una frecuencia de 1 Hz, en 10 tramos de rutas de buses con 4 muestras cada una. Para la grabación de los datos un usuario (estudiante), subió a la línea de bus desde un punto A hasta uno B, con la grabación del equipo durante de 1km de recorrido repitiendo el mismo tramo en cuatro ocasiones.

En taxis; la instrumentación consistió en la interfaz de comunicación de equipos ELM327 y la aplicación TORQUE PRO, estos registraron y grabaron la información con una frecuencia de 1Hz [11]. Durante los días de registro se dio una interacción entre investigadores y conductores de las diferentes unidades de taxis, con el objetivo de llevar un control de la información levantada.

2. Segmentación Espacial

Dado que la información levantada para taxis duró 68 días durante las 24 horas, es pertinente segmentar la información bajo tres criterios; 1) parroquias urbanas del cantón, 2) vías con mayor afluencia vehicular y 3) la temporalidad en el análisis.

2.1 Parroquias

La red vial cantonal presenta una longitud viaria de 4590,31 km de vías principales urbanas y 1 097 km de tramos dentro del límite urbano [12]. Por ello la necesidad de segregar la información a través de las 15 parroquias urbanas existentes. En donde, se seleccionaron las vías más concurridas de cada parroquia. No se analizó todo el largo de la vía sino el tramo que corresponde a cada parroquia [10].

2.1 Vías objetivo

Las vías seleccionadas de cada parroquia dependieron del índice IMD (Intensidad media diaria), el cual representa el número total de vehículos que atraviesan una determinada sección durante un día, expresado en número de vehículos [12]. Para el presente estudio se seleccionaron 20 vías con índice IMD superior a 35 000 vehículos, como se muestra en la Figura 2.

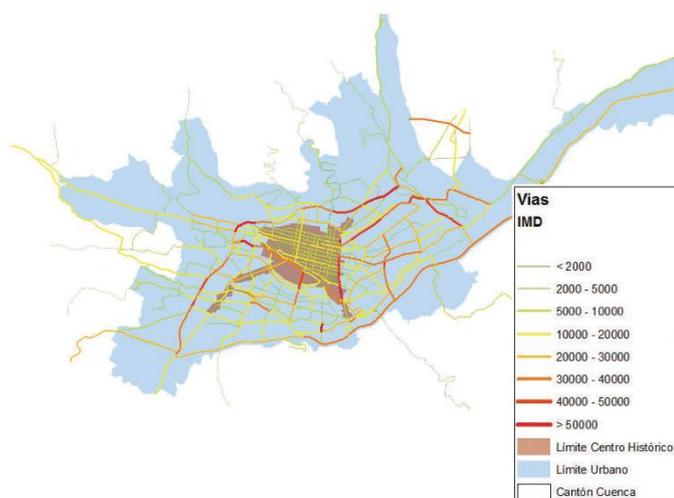


Fig. 2 Índice IMD [12].

Seleccionadas las vías objetivo, estas fueron divididas en tramos de 200 m con la finalidad de que, al extraer la información de la base de datos en función de su latitud y longitud, se pueda abarcar solo información correspondiente a la vía analizada y no de intersecciones de la misma o vías secundarias, como se presenta en la Figura 3.

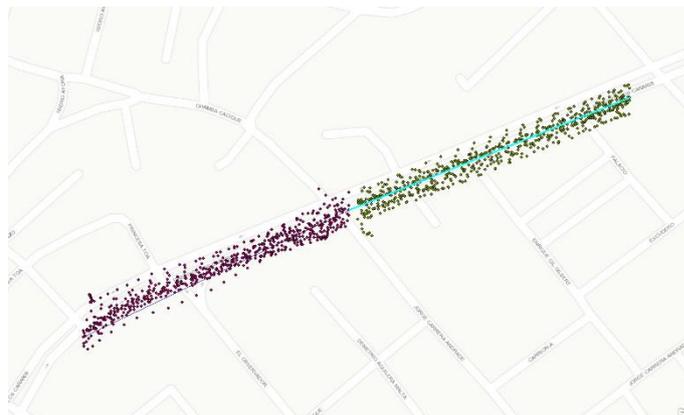


Fig. 3 División en tramos.

2.2 Temporalidad

Mediante un sondeo realizado por El Comercio, se presentan los horarios más conflictivos, es decir, horas en las que mayor tráfico se registra en las tres ciudades principales del país, de las cuales Cuenca es una de ellas [13].

Un estudio realizado por Mejía y Morocho, en la ciudad de Cuenca, definen 3 periodos específicos de tráfico que influyen sobre la velocidad de circulación, siendo las 19h00 el horario más conflictivo en cuanto a tráfico vehicular [14]. Como resultado, se definieron los escenarios de análisis, el primer escenario identificado como hora valle (10h00 a 12h00) caracterizado por un tráfico vehicular fluido y un segundo escenario en el cual la afluencia vehicular sea limitada, denominado hora pico (18h00 a 20h00).

3. Creación de mapas de calor

Una vez segmentada la información se realizó un proceso estadístico de tipo paramétrico descriptivo, el cual, utilizó medidas de tendencia central y dispersión, para definir las velocidades que representaron en términos temporales y espaciales las velocidades de circulación.

Para la creación de los mapas de calor se utilizó el software ArcGIS, utilizando un mapa base precargado del viario de la ciudad, con el cual fueron cargados los datos teniendo en cuenta los parámetros mencionados [15].

Los tramos representados en los mapas de calor muestran una escala de 5 rangos de velocidad, estos de 10km/h cada uno, ya que, según Woolley, con la reducción de 10km/h en los límites de velocidad, los riesgos de accidentalidad disminuyen un 20% [16]. En efecto, el rango inicia desde 0km/h hasta valores mayores a 40km/h, empezando desde el color rojo hasta verde, respectivamente, como lo indica la Figura 4.



Fig. 4 Rango de colores.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio muestra dos análisis diferentes, por consiguiente, resultados para cada uno; dividiéndolos en buses y taxis.

A. Resultados Buses

Las vías selectas para el análisis de buses fueron las presentadas en la Tabla I, a partir de la línea de bus correspondiente.

TABLA I.
VIAS ANALIZADAS EN BUSES

VÍAS SELECCIONADAS DE BUSES		
N	Línea	Vía
1	25	Avenida Don Bosco
2	16	Avenida Abelardo J. Andrade
3	5	Avenida Fray Vicente Solano
4	10	Calle Larga
5	100	Antonio Ricaurte
6	27	Mariano Cueva
7	15	Huayna Cápac
8	22	Avenida 12 de Abril
9	26	Manuel Vega
10	NULTI	Avenida España

La Figura 5 a continuación representa el primer cuartil de la información a partir de los tramos de las 10 líneas de buses, esta información corresponde al escenario más crítico en cuanto a velocidad de circulación teniendo como promedio de todos los tramos una velocidad de circulación de 16,06 km/h a lo largo del día.

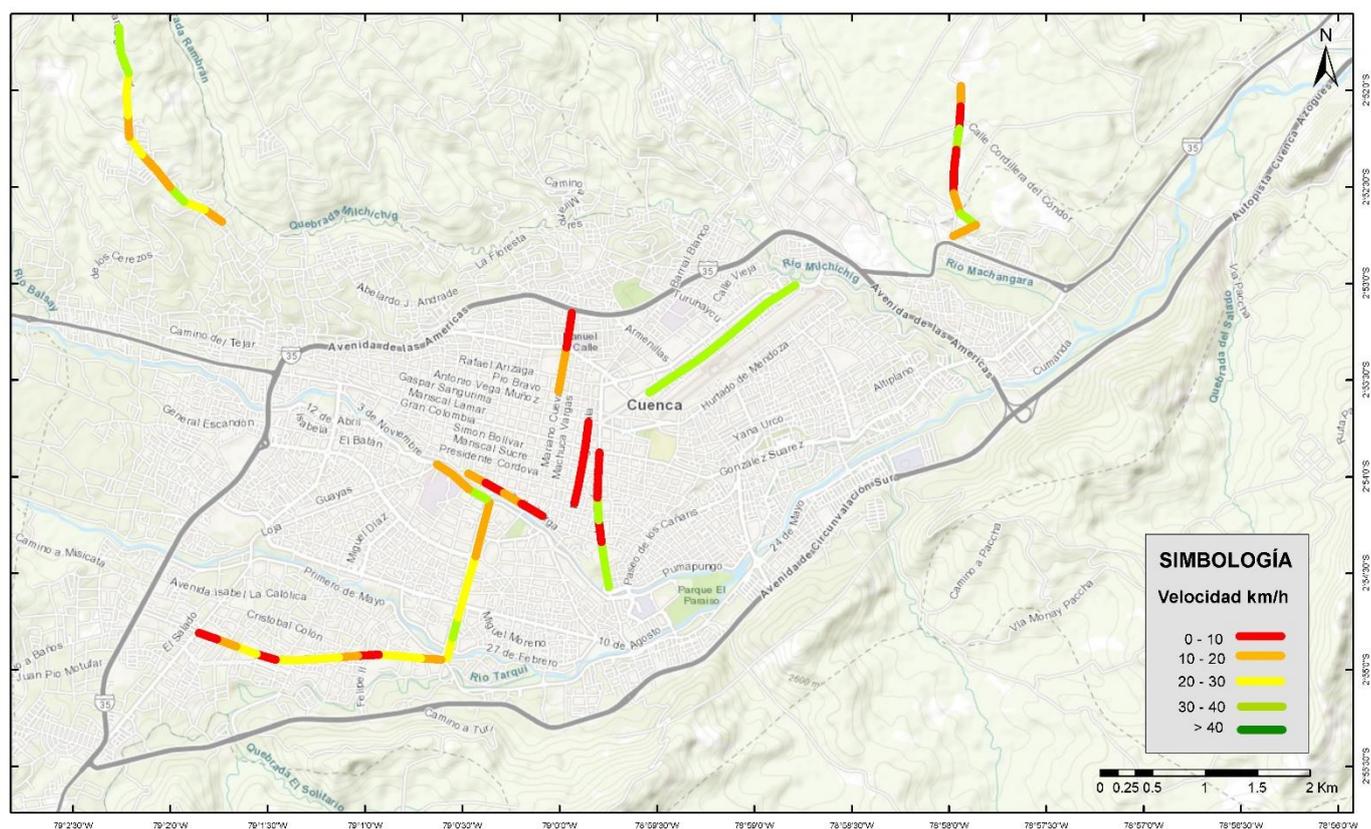


Fig. 5 Resultados Buses. Primer Cuartil.

Por el contrario, el mapa de calor presentado por la Figura 6 muestra el mejor escenario, en cuanto a velocidad de circulación, este representado por el tercer cuartil de la

información procesada. En efecto este muestra una velocidad promedio de circulación de 30,05 km/h durante el transcurso del día.

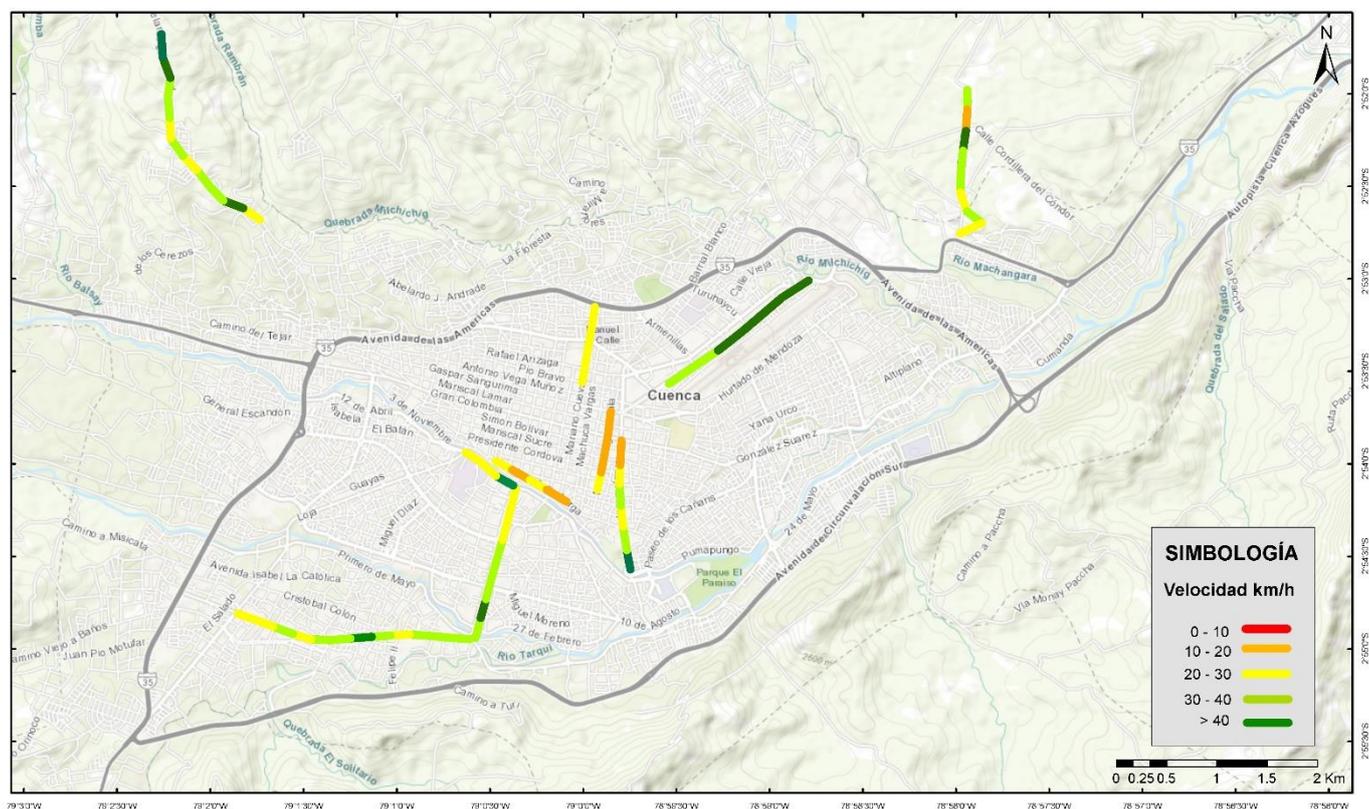


Fig. 6 Resultados Buses. Tercer Cuartil.

Como resume la Tabla II, la velocidad promedio de circulación en todas las vías donde fue levantada la información durante el transcurso del día es de 19.97 km/h, lo cual ha sido representado en porcentajes que muestran variaciones superiores al 100% de reducción de la velocidad para el escenario crítico. Situación que se visualiza en los mapas de calor en colores rojizos.

TABLA II.
TABLA RESUMEN DE RESULTADOS EN BUSES

TABLA DE RESULTADOS DE BUSES					
N	Línea	Promedio [km/h]	1° Cuartil [km/h]	3° Cuartil [km/h]	%
1	25	22.07	18.12	32.72	80.61
2	16	25.60	24.50	34.28	39.93
3	5	19.83	17.79	30.63	72.15
4	10	12.75	6.94	23.20	234.23
5	100	19.32	15.75	32.17	104.22
6	27	17.10	10.41	26.44	153.90
7	15	13.83	10.82	29.73	174.75
8	22	21.84	20.07	32.25	60.68
9	26	11.59	2.91	17.32	495.01
10	NULTI	35.74	33.25	41.80	25.71

B. Resultados Taxis

Las vías selectas para el análisis en taxis son presentadas en la Tabla III, la distribución realizada de vías para cada parroquia se debió a que, en las parroquias más extensas existen mayor número de vías objetivo.

TABLA III.
VÍAS ANALIZADAS EN TAXIS

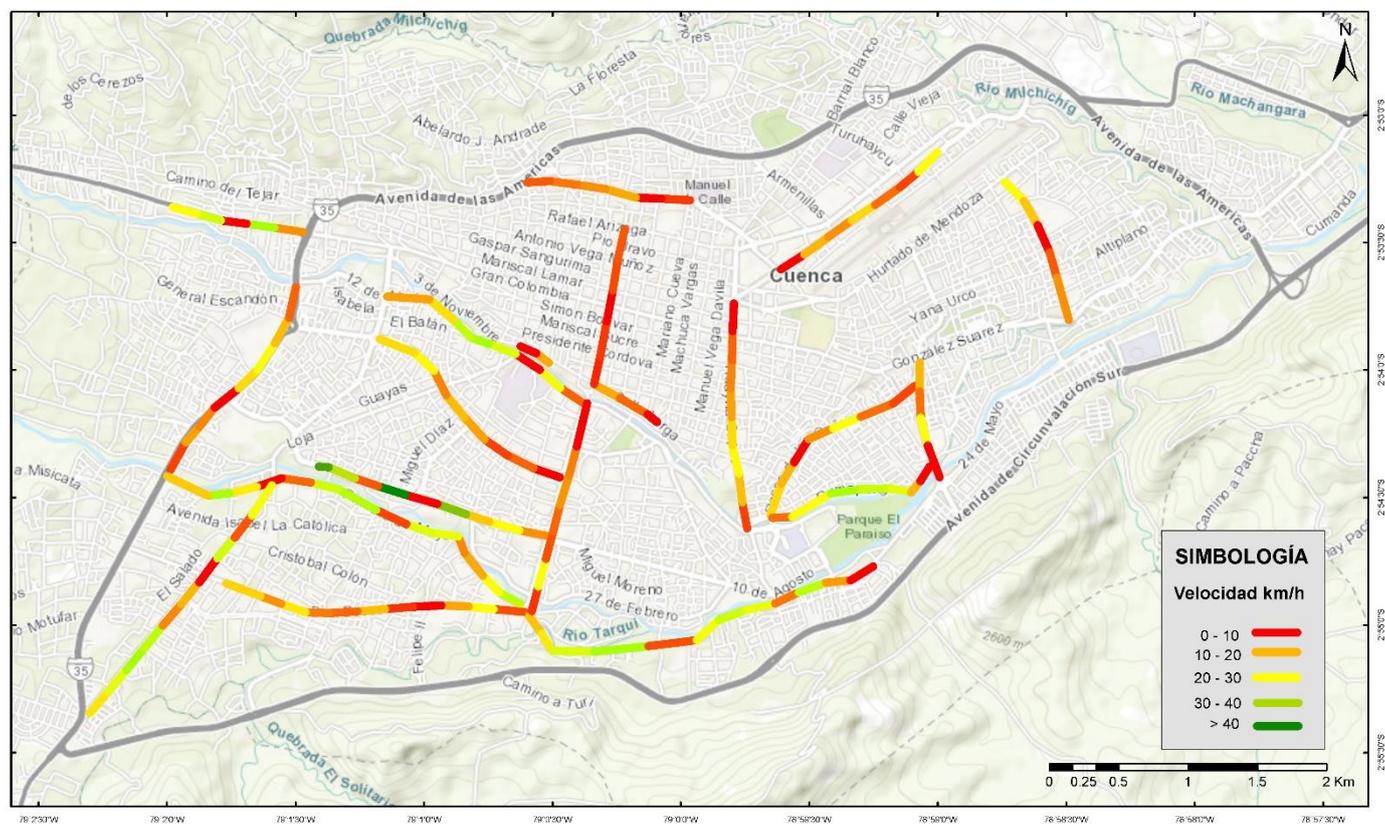
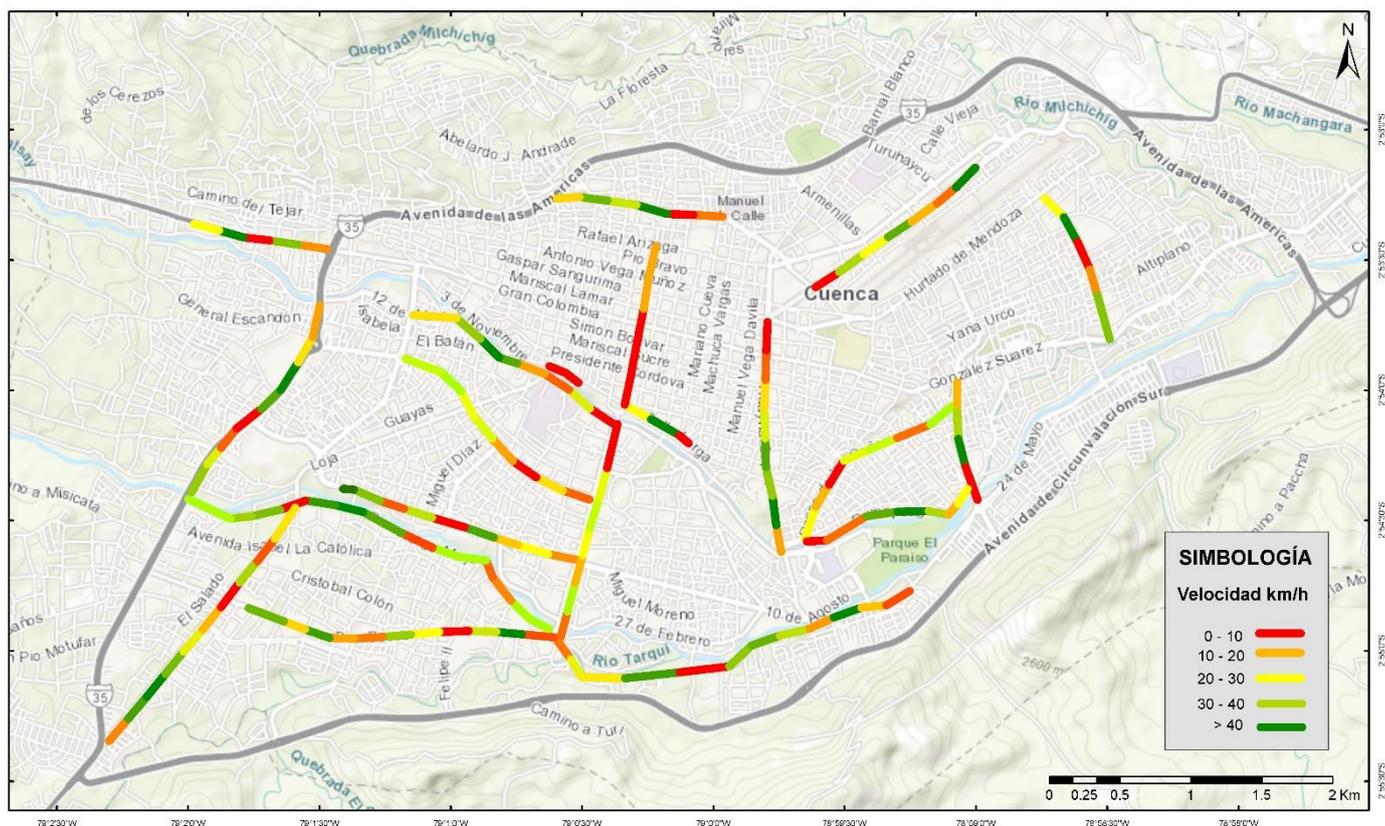
VÍAS OBJETIVO EN TAXIS			
N	Parroquia	N	Vía objetivo
1	San Sebastián	1	Avenida Ordoñez Lasso
2	El Batán	2	Avenida Las Américas
3	Yanuncay	3	1° De Mayo
4		4	Avenida Loja
5		5	Avenida Don Bosco
6	Bellavista	6	Héroes De Verdeloma
5	Gil Ramírez Davalos	7	Condamine
8		8	Benigno Malo
6	San Blas	9	Huayna Capac
7	Cañaribamba	10	Paseo De Los Cañaris
8		11	Pumapungo
9		12	Remigio Crespo
10		13	Avenida 10 de Agosto
11		14	Avenida Fray V. Solano
12		15	Avenida 12 de Abril
13	Huayna Capac	16	24 De Mayo
10	Hermano Miguel		
11	El Vecino		
12	Totoracocha	17	Avenida Los Andes
13		18	Avenida España
14	Monay	19	Avenida Max Hule
14	Sagrario	20	Calle Larga
15	Machangara		

Es importante mencionar que la muestra de resultados en taxis se divide en dos: 1) días de la semana y 2) particulares para cada día.

Teniendo como primer resultado la velocidad promedio de circulación de los días de la semana para hora valle es de 24,21

km/h, a diferencia de un segundo escenario, la hora pico, donde se encontró un promedio de 19,46 km/h. Esto mediante los

mapas de calor y su rango de colores se puede apreciar una diferencia ejemplificada en las figuras 7 y 8.



Como resultado de este análisis, se observa que la reducción del promedio de velocidad de circulación para la hora pico con respecto a la hora valle se da en un porcentaje del 19,58 %, para los días de la semana.

Es importante mencionar, que la velocidad de circulación es atípica para los fines de semana, ya que existe un incremento en el promedio de velocidad de circulación del flujo vehicular en un 20,76 % y esto se ve reflejado en el promedio de velocidad de circulación siendo de 26,63 km/h para la hora valle y de 23,50 km/h para la hora pico.

A continuación, se muestran los mapas correspondientes a los días de la semana de forma independiente, para cada una de las vías analizadas, teniendo en cuenta la franja horaria más conflictiva del día se obtienen 3 patrones distintos.

El primer patrón se adjudica a los días lunes, que registra un promedio de velocidad de circulación de 18,71 km/h, que se diferencia del segundo patrón evidente en los días martes, miércoles y jueves, en los cuales las velocidades son similares y promedian 20,12 km/h como velocidad de circulación. Por último, el tercer patrón, corresponde a los días viernes; con un promedio de velocidad de circulación de 19,26 km/h.

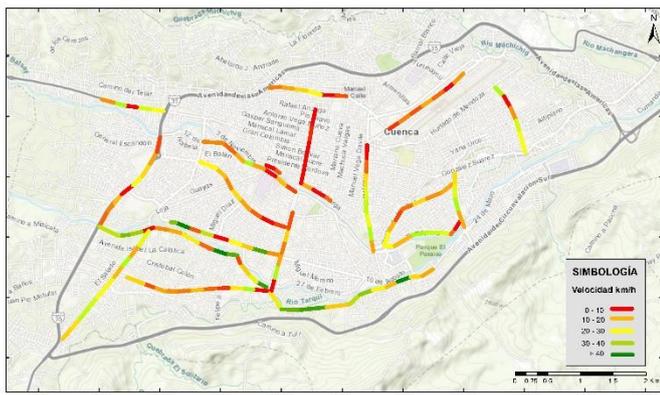


Fig. 9 Mapa de calor del día lunes en hora pico.

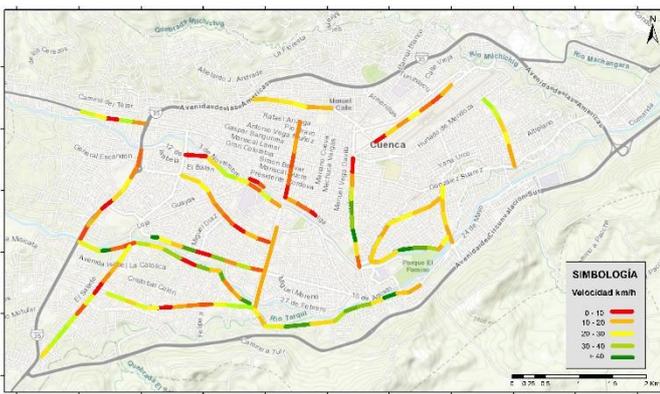


Fig. 10 Mapa de calor del día Martes en hora pico.

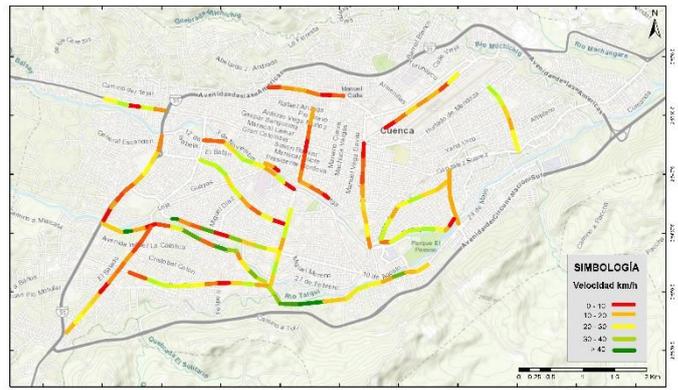


Fig. 11 Mapa de calor del día miércoles en hora pico.

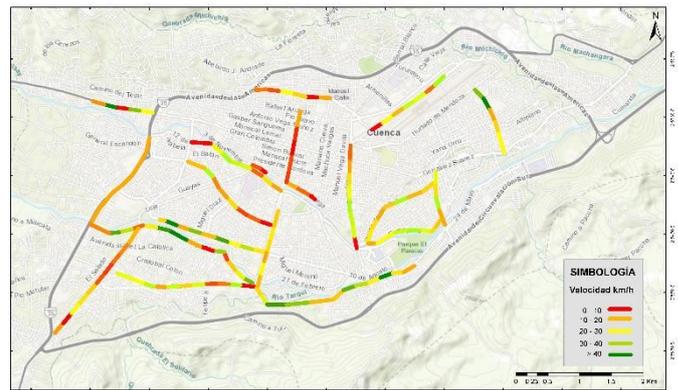


Fig. 12 Mapa de calor del día jueves en hora pico.

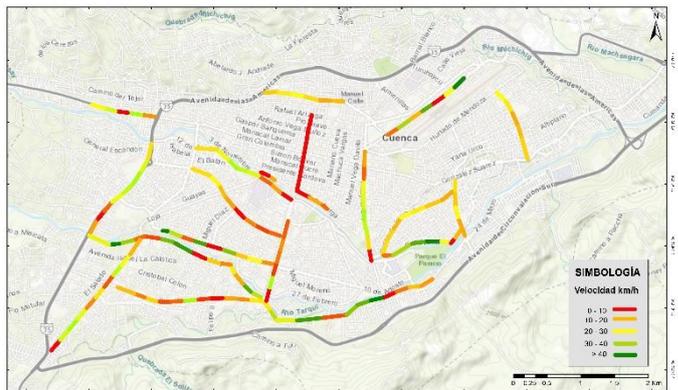


Fig. 13 Mapa de calor del día viernes en hora pico.

Como parte de este análisis, se contrasta la información generada con las políticas viales de la ciudad. En el sector urbano, establece la ley de tránsito como límite máximo de velocidad para vehículos livianos 50 km/h [17]. En relación a este límite de velocidad los promedios de velocidad no se exceden, Sin embargo, al analizar cada calle por tramos se puede constatar promedios de velocidad que superan el límite establecido como se muestra en la Tabla IV. Al respecto, esta tabla presenta los promedios de velocidad de cada una de las vías analizadas tanto en hora valle como en hora pico indicando en las mismas se supera o no el límite de velocidad en alguno de sus tramos. Esta información resulta relevante para organismos competentes encargados de la movilidad y el transporte en la ciudad.

TABLA IV.
RESULTADOS DE VÍAS EN TAXIS

TABLA RESUMEN DE TAXIS				
N	Vía	VALLE [km/h]	PICO [km/h]	Supera los límites
1	Avenida 10 de Agosto	35.45	30.02	SI
2	Avenida 12 de Abril	22.89	18.96	NO
3	Avenida 24 de Mayo	32.04	26.58	SI
4	Avenida Las Américas	18.90	15.71	NO
5	Los Andes	28.04	21.97	NO
6	Benigno Malo	8.98	6.31	NO
7	Calle Larga	17.35	11.94	NO
8	Condamine	7.61	9.96	NO
9	Avenida Don Bosco	26.08	22.26	NO
10	Avenida España	24.22	18.39	NO
11	Héroes de Verdeloma	21.33	16.14	NO
12	Huayna Capac	23.62	18.79	NO
13	Avenida Loja	24.41	18.84	NO
14	Max Hule	25.80	20.28	NO
15	Avenida Ordoñez Lasso	34.12	27.96	SI
16	Paseo Cañaris	27.62	21.57	NO
17	Avenida 1° de Mayo	33.81	24.40	SI
18	Pumapungo	31.73	25.13	SI
19	Remigio Crespo	18.48	15.48	NO
20	Avenida Fray V. Solano	21.73	18.71	NO

Los resultados presentados pueden ser corroborados mediante los autores Peña y Aymar quienes en su investigación presentan zonas de conflicto vehicular, en otras palabras, zonas de congestión son elevadas debido a la baja velocidad de circulación, como lo presenta su trabajo en el centro histórico de la ciudad, donde se circula a velocidades inferiores a los 10 km/h. Este estudio realizado durante varias franjas horarias presenta valores similares a los presentados [8].

Además de las zonas de conflicto, existen las zonas de accidentalidad, las mismas que son presentadas por la Empresa Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de la Ciudad de Cuenca (EMOV EP) a través de la prensa [18]. Se muestran como principales zonas de accidentalidad la intersección entre la Av. Las Américas y la calle Remigio Crespo, la Panamericana Norte y la Av. Ordoñez Lasso.

Con los resultados obtenidos podemos adjudicar que uno de los factores responsables de los accidentes en estas zonas es la velocidad de circulación, la misma que sobrepasa los límites establecidos por la ley en las vías presentadas en la Tabla IV.

Por otra parte, cabe resaltar que durante el análisis se presentaron ciertas particularidades, verbigracia, el colapso de una de las vías de acceso al centro histórico de la Ciudad, como es el caso de la calle Condamine, la cual, en ningún tramo supera los 10km/h. Esto se debe al sentido de la vía, ya que esta proporciona una sola dirección de entrada hacia el centro de la ciudad, zona donde se encuentra la mayor actividad tanto comercial, laboral y cultural [12]. Como se muestra en la Figura 14.

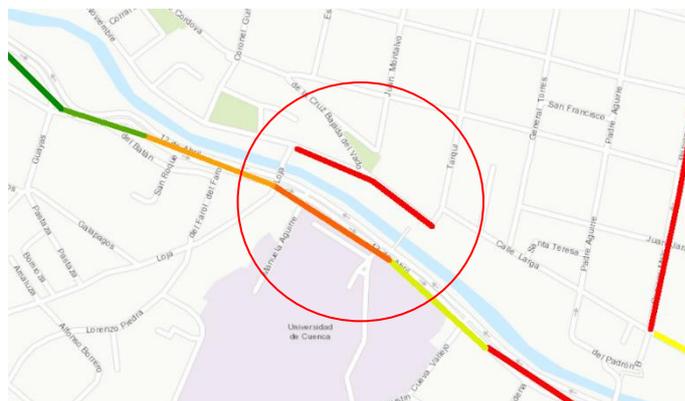


Fig. 14 Particularidad Condamine.

Otra particularidad la podemos presenciar en la avenida Las Américas, esto mediante el análisis realizado por cada día particularmente. Los resultados nos entregan una velocidad de circulación para los días miércoles de 13,46km/h y de 11,58km/h para hora valle y hora pico respectivamente. Estas velocidades muy distintas a la de los días Martes y Jueves, que deberían presentar un patrón similar; esto es debido a la actividad comercial que existe en la zona llamada Feria Libre; la cual influye en el comportamiento de la movilidad y del tráfico vehicular en la zona a lo largo de todo el día.

IV. CONCLUSIONES

Por medio de este trabajo se determinó el promedio de velocidad de circulación en buses y taxis, correspondientes a 19,97 km/h y 21,84 km/h respectivamente. Resultados que fueron presentados por medio de mapas de calor que incluyen, además de un mapa de calor con la totalidad de las vías en la zona urbana, mapas específicos para cada una de ellas.

Los resultados presentados, tras un proceso de recopilación de datos, procesamiento y segmentación de información, en promedios de velocidades de circulación dentro de las calles con más afluencia vehicular son corroborados con los datos presentados por Peña y Aymar en su investigación mediante zonas de tráfico vehicular. Análogamente, al comparar las velocidades de circulación respectivas, por tramos, con los límites establecidos por la Agencia Nacional de Tránsito, en efecto, se hallaron excesos de velocidad hasta en un 33% en varios tramos de las vías analizadas.

Considerando que los resultados analizados no representan el 100% del viario del cantón Cuenca y que se cuenta con la base de datos para ampliar el estudio, la información levantada en esta investigación, es una herramienta de gestión de la que pueden servirse organismos encargados de la movilidad y transporte, para mejorar políticas viales y soluciones al tráfico vehicular, así mismo como base para futuras investigaciones.

V. REFERENCIAS

- [1] Banco Interamericano de Desarrollo., “SOSTENIBILIDAD URBANA en América Latina y el Caribe.,” p. 70, 2012.
- [2] J. Zhang, F. Wang, K. Wang, W. Lin, X. Xu, and C. Chen, “Data-Driven Intelligent Transportation Systems : A Survey,” vol. 12, no. 4, pp. 1624–1639, 2011.
- [3] INEC, “Anuario de Estadísticas de Transporte.,” 2018.
- [4] G. Vélez and D. Zambrano, “Aplicación de la metodología 85 percentil y la norma SAE J299 para determinar los límites de velocidad y la capacidad de frenado en la ciudad de Cuenca,” 2017.
- [5] S. Liu, J. Pu, Q. Luo, H. Qu, L. M. Ni, and R. Krishnan, “VAIT: A visual analytics system for metropolitan transportation,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 1586–1596, 2013.
- [6] C. Yu and Z. He, “Analysing the spatial-temporal characteristics of bus travel demand using the heat map.,” *J. Transp. Geogr.*, vol. 58, pp. 247–255, 2017.
- [7] A. I. J. Tostes, F. de L. P. Duarte-Figueiredo, R. Assunção, J. Salles, and A. A. F. Loureiro, “From data to knowledge: City-wide Traffic Flows Analysis and Prediction Using Bing Maps,” *Proc. 2nd ACM SIGKDD Int. Work. Urban Comput. - UrbComp '13*, p. 8, 2013.
- [8] M. Peña and P. Aymar, “Utilización de mapas de calor para determinar zonas de tráfico vehicular.,” Universidad del Azuay, 2018.
- [9] Fundación Turismo Cuenca, “Geografía y Población,” 2019. [Online]. Available: <http://cuenca.com.ec/es/conoce-cuenca>.
- [10] GAD Municipal del Cantón Cuenca, “El plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Cuenca , Azuay.,” pp. 721–729, 2015.
- [11] ELM327, “ELM327 Devices,” 2019. [Online]. Available: <https://obd2-elm327.com/elm327-devices-information>.
- [12] GAD Municipal del Cantón Cuenca, “¿ CÓMO SE MUEVEN LOS CUENCANOS ?,” 2015.
- [13] Diario El Comercio, “Actualidad,” 2014. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/trafico-transito-quito-guayaquil-cuenca.html>.
- [14] M. Fernanda and M. Diego, “Obtención de la disposición a pagar para disminuir la congestión vehicular en las avenidas: Huayna Cápac, 12 de Abril, Remigio Crespo Toral, Fray Vicente Solano y Américas, de la ciudad de Cuenca periodo 2015,” Universidad de Cuenca, 2016.
- [15] ESRI, “Introducción a ArcGIS,” *ArcGIS*, 2019. [Online]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>.
- [16] J. Woolley, “RECENT ADVANTAGES OF LOWER SPEED LIMITS IN AUSTRALIA,” vol. 6, no. Elliott 2001, pp. 3562–3573, 2005.
- [17] TrafficSafety, “Velocidades permitidas en el Ecuador,” 2018. [Online]. Available: <http://www.tsa.ec/2018/08/15/velocidad-permitida/>.
- [18] EMOV EP, “Zonas con mayor conflictividad de tránsito en Cuenca,” 2018. [Online]. Available: <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/zonas-transito-cuenca>.