



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

**Estimación de los sobrecostos por congestión
vehicular en rutas de la ciudad de Cuenca**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Autores:

JONNATHAN ANDRÉS PARRA TAPIA

RAMIRO LEONIDAS TORRES CÓRDOVA

Director:

MATEO FERNANDO COELLO SALCEDO

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Eliana, quienes han dado todo por ver plasmado los sueños de sus hijos, a mis hermanos Luis y Paul por apoyarme desde un inicio sin importar las condiciones del camino. Como siempre, el logro de uno es el logro de todos.

Jonnathan Andrés

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios y a la virgen María, quiénes guían mis pasos, a mis padres Ramiro y Liliana, quienes me han dado su apoyo en todo momento, por sus consejos y enseñanzas que me ha permitido ser una persona de bien. A mis dos hermanas, Andrea y Salomé, quienes han sido ejemplo de cariño y dedicación, finalmente a toda mi familia y amigos, quienes de una u otra forma han sabido demostrarme su apoyo para la culminación de este objetivo.

Ramiro Leonidas

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por haberme apoyado en todo momento, por la constante motivación que he recibido en los buenos y malos momentos. A los docentes involucrados en este proyecto, que desde el inicio supieron darnos las herramientas y una guía para culminar nuestra etapa universitaria.

Jonnathan Andrés

Agradezco a Dios, a mis padres y hermanas, por todo su apoyo brindado ya que fueron el pilar fundamental para culminar mi carrera universitaria. Un especial agradecimiento al Ing. Mateo Coello, amigo y profesor, quién como director de tesis, fue guía para finalizar este trabajo. Así mismo agradezco todos mis profesores, que a través de los años me fueron brindando sus enseñanzas, para a través de las mismas culminar mi carrera universitaria

Ramiro Leonidas

Al Ing. Mateo Coello, nuestro director y amigo por su tiempo, dedicación y experiencia para la realización del presente trabajo, al Ing. Daniel Cordero por brindarnos la información y aportando con sus conocimientos y experiencia para la elaboración y culminación del presente proyecto de titulación.

Jonnathan Andrés
Ramiro Leonidas

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCION	1
 CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	
1.1 Introducción.....	2
1.2 Generalidades	2
1.3 Estado del Arte	6
1.4 Objetivos	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivo Específico	11
1.5 Alcances y Resultados esperados	11
 CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1 Introducción	12
2.2 Materiales.....	12
2.2.1 HemData	12
2.2.2 Validación del dispositivo HemData	13
2.2.2.1 Materiales y herramientas.....	13
2.2.2.2 Procedimiento	14
2.2.3 Vehículo.....	17
2.3 Metodología	17
2.3.1 Metodología para estimar el costo por tiempo de retardo	17
2.3.2 Metodología para estimar el costo de consumo de combustible ...	18
2.4 Selección de Rutas de Prueba	19
2.4.1 Ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja-UDA	20
2.4.2 Ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	20
2.4.3 Ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi – UDA.....	21
2.4.4 Ruta UDA-U. Católica, U. Católica-UDA	22

2.4.5	Ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA	24
2.4.6	Ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.....	25
2.4.7	Ruta Av. 10 de Agosto	26
2.5	Selección de horarios de pruebas	27
2.6	Tamaño de muestra	27

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1	Resultados	28
3.1.1	Resultado de validación HemData Ruta Av. 10 de Agosto.....	28
3.2	Resultados de levantamiento de datos.....	29
3.2.1	Ruta Av. 10 de Agosto.....	29
3.2.1.1	Tiempo de demora Av. 10 de Agosto	29
3.2.1.2	Consumo de Combustible Av. 10 de Agosto	29
3.2.1.3	Velocidad Media Av. 10 de Agosto	30
3.2.1.4	Diferencia porcentual entre hora Pico – Valle Av. 10 de Agosto.....	31
3.2.1.5	Costo adicional por congestión vehicular Av. 10 de Agosto	31
3.2.2	Ruta UDA – U. Católica.....	32
3.2.2.1	Tiempo de demora ruta UDA – U. Católica.....	32
3.2.2.2	Consumo de combustible ruta UDA – U. Católica	32
3.2.2.3	Velocidad promedio ruta UDA – U. Católica	33
3.2.2.4	Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-U. Católica.....	33
3.2.2.5	Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-U. Católica	34
3.2.2.6	Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.....	34
3.2.2.7	Tiempo de demora por tipo de vía en ruta UDA- U. Católica ..	35
3.2.3	Ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	36
3.2.3.1	Tiempo de demora ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA	36
3.2.3.2	Consumo de combustible ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	36
3.2.3.3	Velocidad media ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA	37

3.2.3.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA	37
3.2.3.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	38
3.2.3.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA	38
3.2.3.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA – Pasos	39
3.2.4 Ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	41
3.2.4.1 Tiempo de demora ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	41
3.2.4.2 Consumo de combustible ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA	41
3.2.4.3 Velocidad media ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	42
3.2.4.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	42
3.2.4.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	43
3.2.4.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	43
3.2.4.7 Tiempo de demora por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	44
3.2.5 Ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	45
3.2.5.1 Tiempo de demora ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	45
3.2.5.2 Consumo de combustible ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	46
3.2.5.3 Velocidad media ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	46
3.2.5.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.....	47
3.2.5.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	47
3.2.5.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	48
3.2.5.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	48
3.2.6 Ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	50

3.2.6.1 Tiempo de demora ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.....	50
3.2.6.2 Consumo de combustible ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	50
3.2.6.3 Velocidad media ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.....	51
3.2.6.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA- Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.....	52
3.2.6.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	52
3.2.6.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	53
3.2.6.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	54
3.2.7 Ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.....	55
3.2.7.1 Tiempo de demora ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	55
3.2.7.2 Consumo de combustible ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	55
3.2.7.3 Velocidad media ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja - UDA	56
3.2.7.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA- Colegio Borja, Colegio Borja UDA	56
3.2.7.5 Costo adicional por congestión vehicular en la ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	57
3.2.7.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	57
3.2.7.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	58
3.3 Costos por congestionamiento vehicular de cada tipo de vía en las siete rutas planteadas.....	59
3.3.1 Ruta Av. 10 de Agosto.....	59
3.3.2 Ruta UDA-U. Católica, U. Católica-UDA.....	60
3.3.3 Ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA	61
3.3.4 Ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA	61
3.3.5 Ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi- UDA	62
3.3.6 Ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.....	62
3.3.7 Ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	63
3.4 Costo promedio por congestionamiento vehicular de tipo de vías	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Tendencias y distribuciones geográficas de las demandas de movilidad en Cuenca.....	4
Figura 2.1 Conexión HEMdata en el conector OBD del vehículo.....	12
Figura 2.2. HemData.....	13
Figura 2.3 Medición de masa de combustible.....	14
Figura 2.4 Factor de determinación R^2 entre masa y volumen	14
Figura 2.5. Recipiente externo canister.....	15
Figura 2.6 Toyota Yaris sedan	17
Figura 2.6. Ruta de prueba UDA-Colegio Borja, Colegio Borja-UDA.....	20
Figura 2.7. Ruta de prueba UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	21
Figura 2.8. Ruta de prueba UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA	22
Figura 2.9. Rutas de prueba UDA-U. Católica, U. Católica-UDA	23
Figura 2.10. Rutas de prueba UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	24
Figura 2.11. Rutas de prueba UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	25
Figura 2.12. Ruta de prueba Av. 10 de Agosto.....	26
Figura 2.13. Variación horaria en zonas urbanas	27
Figura 3.1. Recta de regresión y factor de correlación	28
Figura 3.2. Tiempo de demora Av. 10 de Agosto.....	29
Figura 3.3. Consumo de combustible Av. 10 de Agosto	30
Figura 3.4. Velocidad Media Av. 10 de Agosto	30
Figura 3.5. Diferencias porcentuales hora pico y hora valle Av. 10 de Agosto.....	31
Figura 3.6. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – U. Católica	32
Figura 3.7. Consumo de combustible ruta UDA – U. Católica.....	32
Figura 3.8. Velocidad media ruta UDA – U. Católica.....	33
Figura 3.9. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – U. Católica	33
Figura 3.10. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – U. Católica.....	34
Figura 3.11. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – U. Católica.....	35

Figura 3.12. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.....	35
Figura 3.13. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Pasos, Pasos-UDA	36
Figura 3.14. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Pasos, Pasos-UDA.....	36
Figura 3.15. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Pasos, Pasos-UDA	37
Figura 3.16. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	37
Figura 3.17. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Pasos	39
Figura 3.18. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Pasos.....	39
Figura 3.19. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – Pasos.....	40
Figura 3.20. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Graiman, Graiman-UDA	41
Figura 3.21. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Graiman, Graiman-UDA.....	41
Figura 3.22. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Graiman, Graiman-UDA	42
Figura 3.23. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA	42
Figura 3.24. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA	44
Figura 3.25. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA	44
Figura 3.26. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA	45
Figura 3.27. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.....	45
Figura 3.28. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	46
Figura 3.29. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.....	46
Figura 3.30. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	47

Figura 3.31. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.....	48
Figura 3.32. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	49
Figura 3.33. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	49
Figura 3.34. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA	50
Figura 3.35. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA	51
Figura 3.36. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA	51
Figura 3.37. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	52
Figura 3.38. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	53
Figura 3.39. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	54
Figura 3.40. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	54
Figura 3.41. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA	55
Figura 3.42. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.....	55
Figura 3.43. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA	56
Figura 3.44. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.....	56
Figura 3.45. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA	58
Figura 3.46. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.....	58
Figura 3.47. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ciudades más congestionadas del estudio.....	9
Tabla 1.2. Ciudades más congestionadas de EEUU.....	10
Tabla 1.3. Ciudades más congestionadas de Ecuador.....	10
Tabla 2.1. Características técnicas Vehículo seleccionado.....	17
Tabla 3.1. Tiempo de demora promedio Av. 10 de Agosto.....	29
Tabla 3.2. Consumo de combustible promedio Av. 10 de Agosto.....	29
Tabla 3.3. Velocidad promedio Av. 10 de Agosto.....	30
Tabla 3.4. Costo adicional por congestiónamiento vehicular Av. 10 de Agosto.....	31
Tabla 3.5. Tiempo de demora ruta UDA – U. Católica.....	32
Tabla 3.6. Consumo de combustible ruta UDA – U. Católica.....	32
Tabla 3.7. Velocidad media ruta UDA – U. Católica.....	33
Tabla 3.8. Costo adicional por congestiónamiento vehicular en ruta UDA – U. Católica.....	34
Tabla 3.9 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.....	34
Tabla 3.10 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.....	35
Tabla 3.11 Tiempo de demora ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	36
Tabla 3.12 Consumo de combustible ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	36
Tabla 3.13 Velocidad media ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	37
Tabla 3.14. Costo adicional por congestiónamiento vehicular en ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	38
Tabla 3.15 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Pasos.....	38
Tabla 3.16 Tempo por tipo de vía en ruta UDA – Pasos.....	39
Tabla 3.17 Tiempo de demora ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA.....	41
Tabla 3.18 Consumo de combustible ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA.....	41
Tabla 3.19 Velocidad media ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA.....	42
Tabla 3.20. Costo adicional por congestiónamiento vehicular en ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.....	43
Tabla 3.21 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA.....	43

Tabla 3.22 Tempo por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman –UDA.....	44
Tabla 3.23 Tiempo de demora ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	45
Tabla 3.24 Consumo de combustible ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA..	46
Tabla 3.25 Velocidad media ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	46
Tabla 3.26. Costo adicional por congestiónamiento vehicular en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA	47
Tabla 3.27 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.....	48
Tabla 3.28 Tempo por tipo de vía en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA ..	48
Tabla 3.29 Tiempo de demora ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	50
Tabla 3.30 Consumo de combustible ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	50
Tabla 3.31 Velocidad media ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	51
Tabla 3.32. Costo adicional por congestiónamiento vehicular en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA	52
Tabla 3.33 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA	53
Tabla 3.34 Tempo por tipo de vía en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.....	54
Tabla 3.35 Tiempo de demora ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA..	55
Tabla 3.36 Consumo de combustible ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA	55
Tabla 3.37 Velocidad media ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.....	56
Tabla 3.38. Costo adicional por congestiónamiento vehicular en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.....	57
Tabla 3.39. Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA	57
Tabla 3.40. Tempo por tipo de vía en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA	58
Tabla 3.41 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta Av. 10 de Agosto	59
Tabla 3.42 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía ruta UDA-U Católica, U. Católica-UDA	60
Tabla 3.43 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.....	61

Tabla 3.44 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.....	61
Tabla 3.45 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi- UDA.....	62
Tabla 3.46 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta en UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA	62
Tabla 3.47 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA	63
Tabla 3.48 Costo promedio por congestiónamiento vehicular de tipo de vías	63
Tabla 4.1. Promedio de las demoras en los horarios pico	64
Tabla 4.2. Porcentaje del tiempo adicional por tipo de vía.....	65
Tabla 4.3. Porcentaje del consumo de combustible adicional por tipo de vía	65
Tabla 4.4. Porcentaje del costo del congestiónamiento por tipo de vía	65
Tabla 4.5. Cinco zonas con mayor congestiónamiento vehicular respecto al tiempo adicional	65
Tabla 4.6. Cinco zonas con mayor congestiónamiento vehicular respecto al consumo de combustible	66

Estimación de los sobrecostos por congestión vehicular en rutas de la ciudad de Cuenca

RESUMEN

Este estudio pretende definir el sobrecosto generado por congestión vehicular, en algunas rutas de la ciudad de Cuenca. Se utilizará una metodología con dos análisis: tiempo perdido y consumo de combustible adicional. Se realizará un levantamiento de información en varias vías de la ciudad, comparando tiempos y consumo de combustible en condiciones de hora pico y valle. Para el cálculo del consumo de combustible, se utilizará un dispositivo compatible con el OBD del vehículo, que entrega el consumo en mililitros por segundo (ml/s). Con los datos procesados se aplicará la metodología, estimando los sobrecostos por congestión vehicular en vías de la ciudad de Cuenca.

Palabras clave: congestión vehicular, costo social, tráfico vehicular, consumo de combustible, costo congestión vehicular.



Mateo Fernando Coello Salcedo

Director del trabajo de titulación



Mateo Fernando Coello Salcedo

Coordinador de escuela



Jonnathan Andrés Parra Tapia

Autor



Ramiro Leonidas Torres Córdova

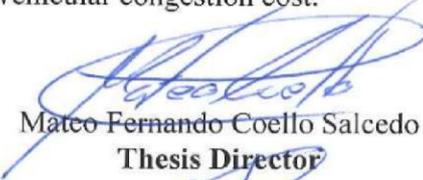
Autor

ESTIMATE OF COST OVERRUNS DUE TO TRAFFIC CONGESTION ON ROUTES IN CUENCA

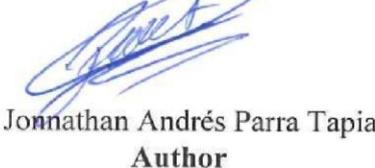
ABSTRACT

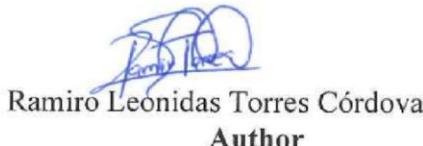
This study aimed to define the cost overrun generated by traffic congestion in some routes in Cuenca. The study used a methodology with two analyses: time loss and additional fuel consumption. An information survey was carried out in several roads of the city, comparing times and fuel consumption in peak hour and off-peak conditions. A device compatible with the OBD (On Board Diagnostics) of the vehicle was used for fuel consumption calculation. This device delivered the consumption in milliliters per second (ml / s). The methodology was applied based on the processed data and estimated the cost overruns due to traffic congestion in the roads of Cuenca.

Keywords: vehicular congestion, social cost, vehicular traffic, fuel consumption, vehicular congestion cost.


Mateo Fernando Coello Salcedo
Thesis Director


Mateo Fernando Coello Salcedo
School Coordinator


Jonnathan Andrés Parra Tapia
Author


Ramiro Leonidas Torres Córdova
Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Parra Tapia Jonnathan Andrés; Torres Córdova Ramiro Leonidas

Trabajo de Titulación

Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo.

Septiembre, 2017

Estimación de los sobrecostos por congestiónamiento vehicular en rutas de la ciudad de Cuenca

INTRODUCCIÓN

El automóvil revolucionó al mundo, fue y será un invento impactante y útil; pero su uso dejó de ser opcional, a ser indispensable y casi obligatorio. Este uso se convirtió en un grave problema para la sociedad que ha provocado la saturación de las vías en varias ciudades.

Ciudades como Tokio, Sao Paulo y los Ángeles son algunos ejemplos donde se ha podido observar la problemática que ocasiona el congestiónamiento vehicular. (Mu, 2014).

Varios profesionales relacionados con la protección del medio ambiente, la seguridad vial y el espacio público, son protagonistas en estudios sobre el impacto del vehículo en las ciudades. Este tema debería preocupar a toda la sociedad, ya que el costo de tener un vehículo no solo recae sobre el usuario, sino que es mayor para la sociedad que para el conductor. (Speck, 2012).

Por ello surge la necesidad de responder a dichas problemáticas, con la elaboración y ejecución de métodos eficaces para el análisis de los efectos del congestiónamiento vehicular.

En Cuenca – Ecuador se estima que un 88.7% de los viajes que se realizan dentro de la ciudad tienen como destino la zona céntrica de la ciudad. (Plan de Movilidad y Espacios Públicos. Cuenca, 2015). Lo que provoca mayor concentración vehicular en las rutas de ingreso al centro de Cuenca.

Este estudio busca analizar las consecuencias provocadas por el congestiónamiento vehicular presente en la ciudad. Se estudiaron las zonas con mayor congestiónamiento, se trazaron rutas y se realizó un estudio comparativo entre los tiempos y consumo de combustible que se ocasionen en las diferentes condiciones de tráfico que se presenten para obtener una estimación del costo del congestiónamiento vehicular en la ciudad de Cuenca.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Introducción

Este capítulo abarca la temática de la problemática ocasionada por el congestionamiento vehicular. Estado del arte sobre estudios realizados para la cuantificación del costo asociado al congestionamiento vehicular. Resultados emitidos de un estudio semejante realizado por la Consultora Inrix. Además la definición del objetivo general y los objetivos específicos.

1.2 Generalidades

A lo largo del tiempo, el hombre ha necesitado contar con medios para movilizarse y transportar sus bienes, con el objetivo de relacionarse con el medio físico en el que conviven y desarrollan sus actividades.

El transporte constituye un factor necesario para la expansión de la economía de una comunidad. Consiste en lograr el incremento de producción y paralelamente, la disminución de los costos de producción. (Arias, 2007).

Pero este desarrollo provocó un aumento del parque automotor. Diversos factores influyeron en el aumento de la cantidad de automóviles, como son el mejoramiento de condiciones del mercado adquisitivo para las clases de ingresos medios como el acceso al crédito, reducción de los precios de venta, mayor oferta de autos usados, crecimiento de la población, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano. (Thomson & Bull, 2002b). Además de la limitada infraestructura vial, intervención de la malla vial por obras civiles, son factores que sumados provocan el congestionamiento vehicular. (Mu, 2014).

La congestión del tráfico se define como una condición del retardo de tráfico. Esto se da cuando el número de vehículos, que intentan usar una carretera, excede la capacidad de diseño de la red de tráfico para manejarla. (Weisbrod, Vary, & Treyz, 2003).

Se considera congestionada una vía, cuando en más de la mitad de su extensión total, considerando tramos no necesariamente consecutivos, la velocidad media del flujo sea inferior al 40% de la velocidad en régimen libre. (Thomson & Bull, 2002). Lo que influye en el aumento de los tiempos de viaje de conductores y pasajeros de vehículos motorizados, así como de peatones, producto del número de usuarios que quieren, simultáneamente, utilizar el mismo dispositivo vial. (Fernández, 2004).

El propósito de usar un vehículo es trasladarse de un lugar a otro en menor tiempo y con mayor comodidad, pero cuando existe congestión, los vehículos se mantienen más tiempo encendidos y sin movimiento, consumiendo combustible innecesariamente, no recorren la distancia que con esa cantidad de combustible se podría lograr. (Thomson & Bull, 2002).

Cuando empieza el movimiento del vehículo se necesita mayor número de revoluciones por minuto del motor para obtener el torque necesario y vencer la oposición al movimiento, y al circular a una mayor velocidad el vehículo presenta menor oposición gracias a la inercia y no requiere que el motor funcione a altas revoluciones, lo que disminuye el consumo de combustible.

Se ha pensado que una solución sería la creación de nuevas vías destinadas a descongestionar, pero se ha observado que todo culmina en la saturación de estas nuevas vías. Ante ello, el francés Gabriel Dupuy, menciona que la solución sería esperar que las vías exploten y que los modos alternativos de movilidad tengan mayor uso. (Dupuy 2011).

Para no llegar a estos extremos, se busca cuantificar las pérdidas provocadas por el congestionamiento vehicular y de esta manera concientizar a los usuarios del problema. Existen diversas maneras de realizar la cuantificación, pero, el método para el cálculo se basa en comparar la velocidad en condiciones de flujo libre y la velocidad en condiciones de congestión vehicular. (Goodwin, 2004).

Las ciudades con mayor congestión suelen promover más su transporte público como solución. La congestión va de la mano con la oportunidad de evitarla. Por ello se piensa que la congestión también es algo positivo, debido a que se presenta como una restricción para el uso del vehículo privado. (Speck, 2012).

Al observar que en varias zonas de la ciudad se presentan dichas condiciones, se buscan correctivos, para lo cual la respuesta es movilizar personas y no vehículos, pero con eficiencia en cuanto a uso de los recursos, principalmente combustible y tiempo de las personas, con equidad social, con igual calidad para todos (al igual que los otros servicios públicos de distribución como agua, luz, gas, teléfono). (Fernández, 2004).

La teoría dice que es importante cambiar la forma de movilizarnos por la ciudad, pasar a utilizar el transporte público o a la movilidad no motorizada; sin embargo, si en Cuenca los ciudadanos podrían elegir su modo de transporte, el vehículo privado pasaría de un uso real del 35% a un uso potencial del 65%. Este dato indica que la sociedad no tiende a cambiar su modo de transportarse si no es hacia el vehículo privado. (Cuenca, 2015).

Se deduce que en Cuenca un 88,7% de todos los viajes generados desde todos los sectores de la ciudad tienen como destino el centro de la ciudad, un 7,4% van de suroeste a noreste y viceversa y solo un 3,9% desde el suroeste al sureste y viceversa. La demanda de viajes radiales es casi 10 veces a la demanda de viajes longitudinales. (Cuenca, 2015).

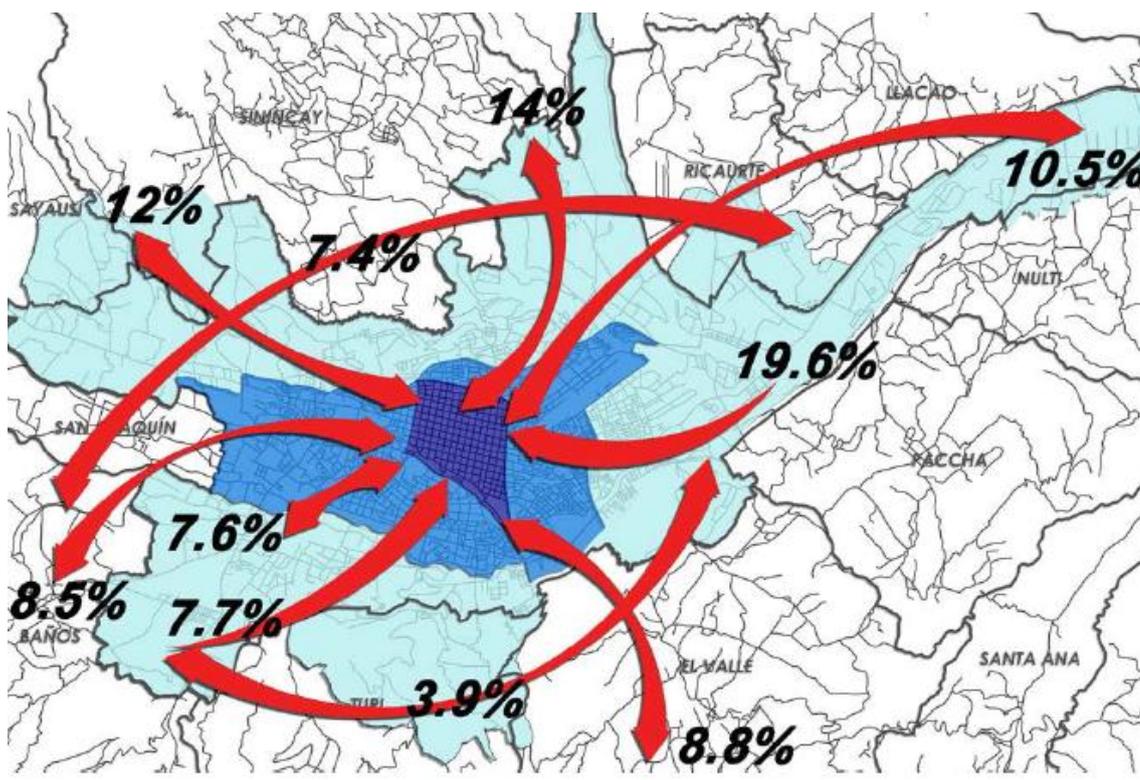


Figura 1.1. Tendencias y distribuciones geográficas de las demandas de movilidad en Cuenca.

Plan de Movilidad de Cuenca

En la ciudad de Cuenca la composición vehicular en el viario del centro histórico es mayoritariamente vehículos privados con un 62 %, seguido de vehículos de carga con un 15%, los taxis un 10 %, motos 9% y buses 4%. (Cuenca, 2015).

El espacio ocupado para movilizarse en vehículo privado es 20 veces mayor al necesario versus el transporte público, por lo que, la capacidad de las vías se ve afectada.

De acuerdo a la gestión actual del viario el 73% del viario jerarquizado corresponde a vías de carácter local, el 18% a colectoras, 6% arteriales y 3% a expresas. (Cuenca, 2015).

Vías expresas

Son usadas principalmente para el tráfico de paso, establecen la relación entre el sistema vial urbano e interurbano. Son para circulación a velocidades altas y bajas condiciones de accesibilidad, no está permitido estacionarse a lo largo de su recorrido. (Cuenca, 2015).

Vías arteriales

Conectan diversas partes de la ciudad con los accesos exteriores, formando la red principal estructural del sistema viario. Sirven para canalizar tráfico motorizado, contando con dos o más carriles en cada sentido, con un límite de velocidad de 50Km/h. (Cuenca, 2015).

Vías colectoras

Distribuyen el tráfico del viario arterial a la red local, garantizando el acceso a los barrios y la salida al viario principal. Comúnmente con 2 o 1 carril en cada sentido y una velocidad de 50Km/h. (Cuenca, 2015).

Vías locales

Principalmente se constituyen por vías en donde los movimientos predominantes son o deben ser, los de acceso a los destinos finales, principalmente residencia. Comúnmente son de 2 o 1 carril con estacionamiento en los laterales. (Cuenca, 2015).

De manera global, la ciudad en sí soporta 636.072 viajes entre la zona externa e interna de la ciudad. (Cuenca, 2015).

Sin embargo, los modos sustentables (transporte público y caminata) de transportación en conjunto con un 64 % ocupan el primer lugar, por sobre el transporte realizado en vehículo privado. La movilidad en vehículo privado en Cuenca representa el 32% del total de viajes diarios, porcentaje que representa el 90% de la demanda motorizada privada sobre la red viaria existente.

La movilidad obligada, el trabajo y los estudios, representan más de la mitad de los viajes realizados en el interior de la ciudad. En un día laboral normal tenemos el 51%, seguido por los viajes generados por compras y gestiones personales con un 18% y 17% respectivamente. (Cuenca, 2015).

En la ciudad se tienen diversas zonas en las que se presenta mayor congestionamiento vehicular. El centro histórico representa la mayor demanda debido a que en esta zona concentra la mayor cantidad de negocios y plazas de trabajo.

1.3 Estado del arte

Con el transcurso de los años se han realizado diversos estudios y se han aplicado distintas metodologías para estimar el costo de congestión vehicular, entre éstas se destaca el estudio realizado en Beijín, llamado “Analysis and Research of the Social Cost of Traffic Congestion in Beijing”. La metodología que utiliza este estudio se basa en determinar varios costos que representan un costo total o sobre costo por congestión vehicular. Este sobre costo fue determinado por la suma de los siguientes costos: costos por tiempo de retardo, costos por consumo de combustible, costos por accidentes de tránsito, costos por mantenimiento del vehículo, costos por contaminación ambiental.

Se determinó que la congestión del tráfico provoca una reducción de la velocidad del vehículo, lo que resulta un aumento del tiempo de viaje. De acuerdo con la velocidad media, el tiempo de retardo promedio de cada viaje puede deducirse mediante la ecuación 1:

$$Td = L x \left(\frac{1}{vc} - \frac{1}{vo} \right) \quad (1)$$

Donde,

Td: es el tiempo medio de retraso para cada viaje;

L: es la distancia promedio recorrida;

Vc: es la velocidad media cuando el tráfico vehicular está congestionado;

Vo: es la velocidad promedio cuando no hay tráfico vehicular.

El valor del tiempo unitario se calcula según el salario medio y el tiempo de trabajo como indica la ecuación 2:

$$Rh = \frac{Ia}{Dy x 8} \quad (2)$$

Donde,

Rh: es el valor del tiempo;

Ia: es el salario anual promedio;

Dy: el número de días laborables al año;

8: el número de horas de trabajo.

Considerando las diferencias del valor del tiempo en diferentes formas de viaje, el valor de tiempo se calcula tomando en cuenta el modo de viaje y el recorrido total como se indica en la ecuación 3:

$$C_{pt} = \sum_{i=1}^n R_i \cdot h \times T_d \times P_{i.c} \quad (3)$$

En el cual,

C_{pt}: es el costo de pérdida de tiempo del usuario;

i: es el tipo de transportación (vehículo privado, taxi o bus);

R_{i.h}: representado por el valor del tiempo;

T_d: es el tiempo de retraso;

P_{i.c}: es el número de viajes totales para el tipo i de transportación.

(MAO, ZHANG, & DUAN, 2014).

En cuanto al consumo de combustible este artículo indica que cuando se conduce a una velocidad aproximada de 20 Km/h el consumo de combustible es casi 1.5 veces más que una conducción en condiciones normales en las que se puede alcanzar velocidades hasta de 60 Km/h.

El consumo de combustible durante congestión vehicular se basa el consumo de combustible adicional, este adicional multiplicado por el costo de combustible en dicho país, da como resultado el costo por consumo de combustible y se representa en la siguiente ecuación:

$$C_{ex.g} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{i.to}}{100} \times (V_{i.cong.g} - V_{i.0.g}) \times Y_i \quad (4)$$

Donde,

C_{ex.g}: es el costo por consumo de combustible;

i: el tipo de vehículo;

V_{i.cong.g}: el consumo de combustible durante congestión vehicular;

V_{i.0.g}: es el consumo de combustible sin congestión en 100 millas de distancia;

L_{i.to}: es la distancia total de congestión vehicular;

Y_i: es el precio de combustible.

De acuerdo con el modelo de cálculo presentado en este trabajo, y utilizando una base de datos de Beijín - China del año 2010, se estimó un costo por congestión vehicular de aproximadamente de 58 billones de Yuanes anuales que equivale a \$8.55 billones de dólares al año.

En comparación con ciudades similares, la proporción de PIB que el congestionamiento vehicular representa en la ciudad de Beijín es alrededor de 4.22%, y es superior a otras ciudades, como Nueva York que es 0,49%, y San Pablo es 0,62%. (MAO et al., 2014).

Otro estudio destacado, es el realizado por el departamento de Investigación y proyección de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, en el cual se determina el costo de congestión vehicular en dos avenidas principales en la ciudad de Quetzaltenango, tomando en cuenta dos factores: costo por tiempo invertido más costo por consumo de combustible.

El costo por tiempo se basa en el tiempo promedio invertido para cruzar una ruta deseada, multiplicado por el salario mínimo de una persona en ese país.

Para calcular el costo de consumo de combustible en recorrer una ruta dada, se basa en el precio de galón de combustible por el número de kilómetros recorridos en la ruta, y el rendimiento por galón del vehículo. (Vela, 2013).

Los factores antes mencionados se determinaron en rutas planteadas en la ciudad de Quetzaltenango y también se realizó un levantamiento de datos en horas de mayor congestionamiento vehicular y en horas donde el flujo vehicular es rápido. Mediante esta metodología se estimó que una persona que cruza una ruta con congestionamiento vehicular gasta aproximadamente 142.56 Quetzales al mes que equivalen a \$18.64 dólares al mes. (Vela, 2013).

En Colombia se desarrolló un estudio en la ciudad de Bogotá que evalúa los costos por congestionamiento vehicular que se basa en las teorías de ROBUSTÉ, F., MONZÓN A. & SARMIENTO, I. Estos determinan que los costos asociados al tiempo abarcan cerca del 90% del total de dichos costos generados por la congestión, mientras que los costos de operación, que incluyen combustibles, lubricantes, manutención y desgaste de neumáticos se acercan al 10%. Por otra parte, Los costos de operación se evalúan con base en todos los costos por consumo de combustible, en relación con la velocidad. Así, al existir congestión, la velocidad disminuye y los costos de operación se incrementan debido al mayor consumo de combustible.

Este costo por consumo de combustible se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$C_g = P_g \times C_g \times Q_{ijk} \times C_{60} \times \left(0,8 + \frac{12,66}{V_{ijk}}\right) \times L_{ij} \quad (5)$$

Donde;

C_g = costo de combustible para una velocidad de congestión en un tramo ij

P_g = precio del combustible

T_c = Tiempo duración de la congestión.

Q_{ijk} = número promedio de vehículos por hora

C₆₀ = consumo de combustible del vehículo a una velocidad de 60 Km /hora.

V_{ijk} = velocidad de congestión en el tramo ij

L_{ij} = longitud del tramo en estudio

Según SARMIENTO & ROBUSTÉ (1999) se usaban 8,2 litros por cada 100 Km de recorrido para vehículos livianos. (Muñoz Puentes, 2014) .

En un informe emitido por la consultora internacional Inrix (Cookson & Pishue, 2017), donde se analizan 1064 ciudades en 38 países del mundo, de acuerdo a tres factores: la pérdida de productividad provocada por el congestionamiento vehicular, el incremento del valor de bienes debido al aumento del costo de transportarse y el costo adicional de combustibles. Esta consultora estimó que la ciudad de los Ángeles (EEUU) es la ciudad más congestionada del mundo, pasando 104,1 horas en congestión vial al año, costándole a la ciudad US\$9.700 millones anuales. En el análisis se considera la pérdida de tiempo, la productividad, el mayor costo del transporte, y la contaminación. Los usuarios al transportarse en esta ciudad pasan cerca del 12,7% del tiempo en atascos de tráfico vehicular. A nivel mundial le sigue Moscú con 91,4 horas de congestionamiento anual, Nueva York con 89,4 horas.

Tabla 1.1. Ciudades más congestionadas del estudio.

	Ciudad	País	Horas de congestión anuales
1	Los Ángeles, California	Estados Unidos	104.1
2	Moscú	Rusia	91.4
3	Nueva York	Estados Unidos	89.4
4	San Francisco	Estados Unidos	82.6
5	Bogotá	Colombia	79.8
6	Sao Paulo	Brasil	77.2
7	Londres	Inglaterra	73.4
8	Magnitogorsk	Rusia	71.1
9	Atlanta, Georgia	Estados Unidos	70.8
10	Paris	Francia	65.3

Estados Unidos se ubicó como el primer país desarrollado con mayor congestión en el mundo, indicando que un conductor promedio pasa aproximadamente 42 horas al año en tráfico en horas pico. En 2016 el costo por congestión se acercó a casi \$300 mil millones.

Tabla 1.2. Ciudades más congestionadas de EEUU.

	Ciudad	Horas de congestión anuales	Costo total para la ciudad
1	Los Ángeles, California	104.1	\$ 9,680 millones
2	Nueva York	89.4	\$ 16,949 millones
3	San Francisco	82.6	\$ 2,535 millones
4	Atlanta, Georgia	70.8	\$ 3,140 millones
5	Miami, Florida	68	\$ 3,576 millones
6	Washington DC	61	\$ 2,963 millones
7	Dallas, TX	59	\$ 2,904 millones
8	Boston	58	\$ 2,864 millones
9	Chicago	57	\$ 5,158 millones
10	Seattle	55	\$ 1,995 millones

Bogotá es la quinta ciudad con mayor congestión vehicular en el mundo, y la primera a nivel de Latinoamérica, pese a ser considerada una ciudad innovadora en urbanismo. Aproximadamente los Bogotanos pierden 79.8 horas al año en atascos por tráfico. En ciudades como Sao Paulo es tal el problema que la clase empresarial opta por cambiar su modo de transporte, dejando a un lado el vehículo y optando por el uso de helicópteros, teniendo la flotilla más grande de este tipo de transporte. (Cookson & Pishue, 2017).

En Ecuador el panorama es semejante:

Tabla 1.3. Ciudades más congestionadas de Ecuador.

Fuente: (Cookson & Pishue, 2017).

Ciudad	Horas anuales de congestión
Guayaquil	33.2
Quito	28.3
Cuenca	22.4
Riobamba	21.6
Ibarra	20.4
Ambato	17.9
Manta	15.9
Latacunga	10.4

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, en su Anuario de Transporte, entre el 2010 al 2015 el número de vehículos en el país aumentó en un 63%, con una tasa de incremento anual del 9,8%. (INEC, 2015)

En Cuenca, según el Plan de Movilidad y Espacios Públicos 2015, mientras que la tasa de crecimiento poblacional es del 2%, el parque automotor aumenta en aproximadamente el 12% anual. (PMEP, 2015)

Cuenca ocupa el puesto 315 del estudio y el tercero a nivel de Ecuador, dedicando 22.4 horas anuales en congestión vehicular, ocupando aproximadamente el 10% del día. (Cookson & Pishue, 2017)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Determinar los sobrecostos por congestión vehicular en rutas de la ciudad de Cuenca.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Determinar la metodología para estimación del sobrecosto por congestión vehicular que implique el tiempo y el consumo de combustible.
- Realizar el levantamiento de datos necesarios para la aplicación de la metodología que estima los sobrecostos de congestión vehicular.
- Procesar datos recolectados en el levantamiento de información.
- Analizar los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio.

1.5 Alcances y resultados esperados:

Definir días y horarios que sean representativos para el análisis de los sobrecostos producidos por el congestión vehicular en rutas de la ciudad de Cuenca.

Implementar en un vehículo liviano a gasolina el dispositivo HEMDATA, que adquiere datos del OBD del vehículo, para obtener la energía consumida en los recorridos que se realicen.

Realizar el análisis y clasificación de cada una de las rutas según el tipo de vía.

El propósito es determinar un factor de consumo promedio de combustible y el tiempo de retraso. Para poder cuantificar cual es el valor adicional por el congestión vehicular en rutas de la ciudad de Cuenca.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Introducción

En este capítulo se definen los materiales y métodos que se utilizaron para el estudio, además se indica el procedimiento a realizar para la validación del instrumento de medición del consumo de combustible (HEMDATA). Rutas y horarios seleccionados para el levantamiento de información. Los resultados y valores obtenidos se mostraran en el capítulo 3.

2.2 Materiales

2.2.1 HemData

HEM Data OBD mini Logger™ es un dispositivo electrónico. Adquiere datos del bus CAN de:

- Automóviles,
- Camiones ligeros.

Soporta protocolos:

- ISO 15765-4 (CAN, 11-/29-bit, 250/500 kbps),
- SAE J1850 PWM & VPW,
- ISO 9141-2,
- ISO 14230-4 (KWP).

Base de datos genérica con 100 parámetros (SAE J1979).
40 parámetros están disponibles para automóviles típicos.

La instalación del dispositivo es muy simple debido a su tamaño reducido que encaja directamente en el conector OBD del vehículo. (Hem Data, 2017) Hem Data utiliza el software DawnEdit™ donde el usuario puede determinar los parámetros que están disponibles en el vehículo para crear una base de datos única para cada modelo de vehículo.



Figura 2.1. Conexión HEMdata en el conector OBD del vehículo
Tomado de: www.easitrack.com/GTD-GPS-installation.html

Mediante el software DawnEdit2 del dispositivo HemData, se realiza la configuración para obtener datos de consumo de combustible. Para obtener consumo de combustible del vehículo son necesarios parámetros de presión en el múltiple de admisión, temperatura del aire de entrada, rpm del motor, velocidad del vehículo y caudal de aire desde el sensor de flujo de aire masivo. Afortunadamente, la mayoría de los vehículos proporcionan una tasa de flujo de aire masivo (MAF) para calcular el consumo de combustible. Además, se necesita conocer la relación estequiometría aire / combustible, la velocidad del vehículo, la lambda y la densidad del combustible. Por lo tanto, el enfoque más común es usar MAF.

Si no hay datos de flujo del inyector o MAF disponibles, entonces se usa el MAP y la ley de los gases ideales.

Una vez realizada la configuración se conecta el dispositivo HemData al OBD II del vehículo seleccionado y se realiza los recorridos. Los archivos generados por el dispositivo HemData tienen extensión “.IOS” que serán transformados con el software “DawnEdit2” en archivos Excel para la correcta visualización.



Figura 2.2. HemData

Fuente: (Hem Data, 2017)

2.2.2 Validación del dispositivo HemData

La validación del dispositivo de medición de consumo de combustible HemData, se realizó mediante pruebas físicas de consumo de combustible, que involucran la masa, volumen y densidad de combustible, comparando con los datos de consumo de combustible que entrega el dispositivo HemData.

2.2.2.1 Materiales y herramientas:

1. HemData
2. Vehículo
3. Dinamómetro de chasis con ciclos de conducción
4. Canister
5. Compresor de aire
6. Probetas
7. Termómetro digital

8. Balanza digital
9. Gasolina

2.2.2.2 Procedimiento:

- a) Realizar la medición de la masa de combustible en gramos de diferentes volúmenes de combustibles mediante una balanza y probetas. Restar el peso de la probeta.

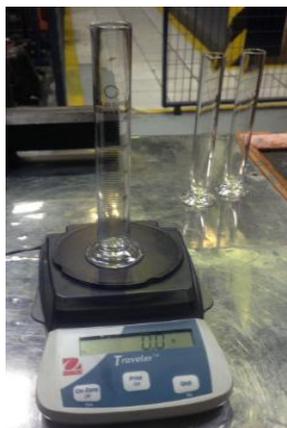


Figura 2.3. Medición de masa de combustible

Fuente: Autores.

- b) Realizar una regresión lineal obteniendo un factor de determinación de 1 entre la masa y el volumen.

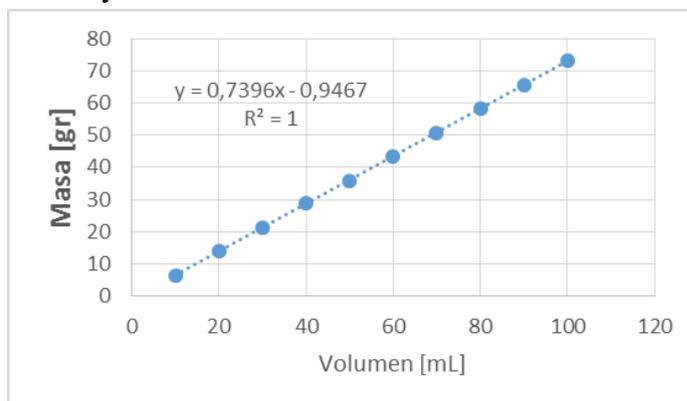


Figura 2.4. Factor de determinación R^2 entre masa y volumen de combustible

Fuente: Autores.

- c) Realizar pruebas de consumo siguiendo ciclos de conducción en un banco dinamométrico, siendo un recipiente externo el que alimente de combustible al vehículo. El vehículo debe estar a temperatura normal de funcionamiento.
- d) Colocar el vehículo sobre los rodillos del dinamómetro y anclar con las cintas de seguridad.

- e) Desactivar la bomba de combustible del vehículo, bloquear la línea de retorno de combustible del riel de inyectores vehículo y verificar que no hayan fugas de combustible.
- f) Conectar el recipiente externo (canister) al riel de inyectores y a este recipiente conectar la manguera de aire a presión. Consultar el manual de servicio del vehículo para determinar las especificaciones de operación de presión de combustible.



Figura 2.5. Recipiente externo (canister)

Fuente: <http://www.ignistraining.net>.

- g) Medir el volumen y masa del combustible que va a ser agregado en el recipiente externo.
- h) Conectar el Dispositivo HemData al vehículo con la previa configuración del dispositivo.
- i) Encender el vehículo y realizar el ciclo de conducción seleccionado.
- j) Medir la masa y volumen de combustible que sobro en el recipiente externo luego de terminar el ciclo de conducción y anotar sus valores.
- k) Realizar la resta de masa medida antes de realizar el ciclo de conducción con el valor de masa restante al finalizar el ciclo de conducción.
- l) Dividir el valor de la diferencia para la densidad obtenida en el paso b). Obteniendo el valor de consumo de combustible en mililitros.
- m) Obtener el valor de consumo de combustible del dispositivo HemData.
- n) Realizar el mismo procedimiento tres veces para cada ciclo de conducción.
- o) Mediante una regresión lineal obtener el factor de correlación R^2 y la ecuación para ajustar los datos obtenidos en las pruebas de medición. Tomado en cuenta que este factor debe ser cercano a 1.

La validación del dispositivo se realizó siguiendo cuatro ciclos de conducción mediante el dinamómetro. Dos ciclos de conducción de carreras de taxis de la ciudad de Cuenca que fueron utilizados en el estudio “Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop”, (Cedillo, 2017), el ciclo de conducción IM240 y el ciclo de conducción HWFT. Los ciclos de conducción de carreras de taxis fueron elegidos por tratarse del mismo escenario del levantamiento. Así como los ciclos IM240 y HWFT por ser

relativamente cortos, debido a la capacidad volumétrica del recipiente externo utilizado.

1. Ciclo de conducción IM240.

Tiempo: 240s

Velocidad máxima: 91.2Km/h

Velocidad promedio: 47.3Km/h

Distancia: 3.1Km

2. Ciclo de Conducción HWFET

Tiempo: 765s

Velocidad máxima: 98.84Km/h

Velocidad promedio: 77.12Km/h

Distancia: 16.51Km

3. Ciclo de Conducción Taxi carreras Cortas (Cedillo, 2017)

Tiempo: 326 s

Velocidad máxima: 53 Km/h

Velocidad promedio: 19.7 Km/h

4. Ciclo de Conducción Taxi carreras medias (Cedillo, 2017)

Tiempo: 489 s

Velocidad máxima: 76 Km/h

Velocidad promedio: 26 Km/h

2.2.2 Vehículo

Para el levantamiento de datos se utilizó un vehículo que tenga un protocolo de comunicación con el dispositivo HemData, cuyas características se encuentran en la Tabla 2.1

Tabla 2.1. Características técnicas Vehículo seleccionado

Marca	Toyota
Modelo	Yaris Sedan
Año de fabricación	2009
Cilindraje	1300 cc



Figura 2.6. Toyota Yaris sedan

Tomado de:

http://www.motorauthoritv.com/photos/toyota_yaris_2009

2.3 Metodología

La estimación de costo por congestionamiento vehicular se realiza mediante el levantamiento de información en las diferentes rutas seleccionadas, en las que se obtendrán tiempos de viaje y consumo de combustible en horarios pico y valle, posteriormente se realizara la suma del costo por tiempo adicional y el costo por consumo de combustible adicional, provocado por el congestionamiento vehicular.

2.3.1 Metodología para estimar el costo por tiempo de retardo

Para determinar el costo por tiempo de retardo se consideró que la congestión del tráfico provoca una reducción de la velocidad del vehículo, lo que resulta un aumento del tiempo de viaje. Mediante la ecuaciones 6,7 y 8 se obtiene el costo por tiempo de retardo: (MAO, ZHANG, & DUAN, 2014)

$$Td = L x \left(\frac{1}{vc} - \frac{1}{vo} \right) \quad (6)$$

Donde,

Td: es el tiempo medio de retraso para cada viaje;

L: es la distancia promedio recorrida;

Vc: es la velocidad media cuando el tráfico vehicular está congestionado; y

Vo: es la velocidad promedio cuando no hay tráfico vehicular.

$$Rh = \frac{Ia}{Dy \times 8} \quad (7)$$

Donde,

Rh: es el valor del tiempo;

Ia: es el salario anual promedio;

Dy: el número de días laborables al año

8: el número de horas de trabajo.

$$Cpt = Rh \times Td \times Pi.c \quad (8)$$

Cpt: es el costo total por tiempo de retardo;

Rh: representado por el valor del tiempo;

Td: es el tiempo de retraso;

Pi.c: es el número de viajes totales.

2.3.2 Metodología para estimar el costo de consumo de combustible

Para la determinación del costo de consumo de combustible se consideró el consumo de combustible adicional, este adicional multiplicado por el costo de combustible en el Ecuador, da como resultado el costo por consumo de combustible, como se muestra en la ecuación 9:

$$Cex.g = \frac{Li.to}{100} \times (Vi.cong.g - Vi.0.g) \times Yi \quad (9)$$

Donde,

C_{ex.g}: es el costo por consumo de combustible,

V_{i.cong.g}: el consumo de combustible durante congestionamiento vehicular;

V_{i.0.g}: es el consumo de combustible sin congestionamiento vehicular;

L_{i.to}: es la distancia total de congestión vehicular;

Y_i: es el precio de combustible en el Ecuador. (MAO et al., 2014)

Para obtener el consumo de combustible se utiliza el dispositivo HemData que se instala directamente en el puerto OBDII del vehículo Toyota Yaris seleccionado, siendo éste compatible con el dispositivo.

2.4 Selección de rutas de prueba

La congestión vehicular y la contaminación ambiental producida por el parque automotor son problemas que en la ciudad de Cuenca están llegando a niveles alarmantes, donde las principales calles y avenidas presentan un grado de saturación mayor al 100% (Municipalidad de Cuenca, 2015).

La Av. 10 de agosto es una de las vías de mayor influencia dentro de la ciudad de Cuenca, pues en las inmediaciones del sector se encuentran ubicados centros educativos, hospitales, centros comerciales, entre otros, que son focos de atracción que hacen que en el sector exista gran afluencia de vehículos y peatones es por eso que C. Moyano en su estudio “Estimación de la contaminación del aire generada por efecto de la circulación vehicular motorizada en la Av. 10 de Agosto de la ciudad de Cuenca - Ecuador, usando la herramienta de micro simulación de tránsito Aimsun 8.1.” demuestra que la intersección con la Av. Paraíso tiene un tráfico promedio diario anual “TPDA” de 23719 vehículos al día, estableciendo tres accesos directos : la Av. 10 de agosto (Oeste-Este) (48 %), luego el acceso desde la Av. Del Paraíso (Sur-Norte) (31%) y por último el acceso Av. Del Paraíso Norte-Sur (9 %), siendo el vehículo liviano el principal actor dentro de la composición vehicular de la intersección con el 93%. (Moyano, 2017)

En el estudio “Evaluación de una bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca” se plantearon rutas con punto de referencia la Universidad del Azuay por tratarse de la Institución en la que se realizó el trabajo y ser un punto central para abrir un abanico de recorridos que cubran todas las macro zonas de Cuenca: Yanuncay, El Ejido, Centro Histórico, Aeropuerto, Miraflores y Parque Industrial. Las rutas oscilan entre los 5 y 7 km aproximadamente debido a que la composición vehicular refleja que los automóviles livianos son los principales elementos que circulan por las vías cuencanas representando un 90.08% del total, 2.70% buses, 3.57% carga, 2,94% motos y tan solo un 0,71% se desplaza en bicicletas. (Ordoñez, 2016)

Por ello el presente estudio usará como base metodológica las mismas rutas de los estudios antes mencionados, determinando un sobre costo por congestión vehicular en la ciudad de Cuenca.

2.4.1 Ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja-UDA

Empezar en la Universidad del Azuay, tomar la calle Hernán Malo para luego seguir por la Autopista hasta la Av. De las Américas, sector Control Sur, seguir por la Av. Ricardo Durán hasta girar en u el Colegio Borja, regresar por la misma ruta hasta la Universidad del Azuay.

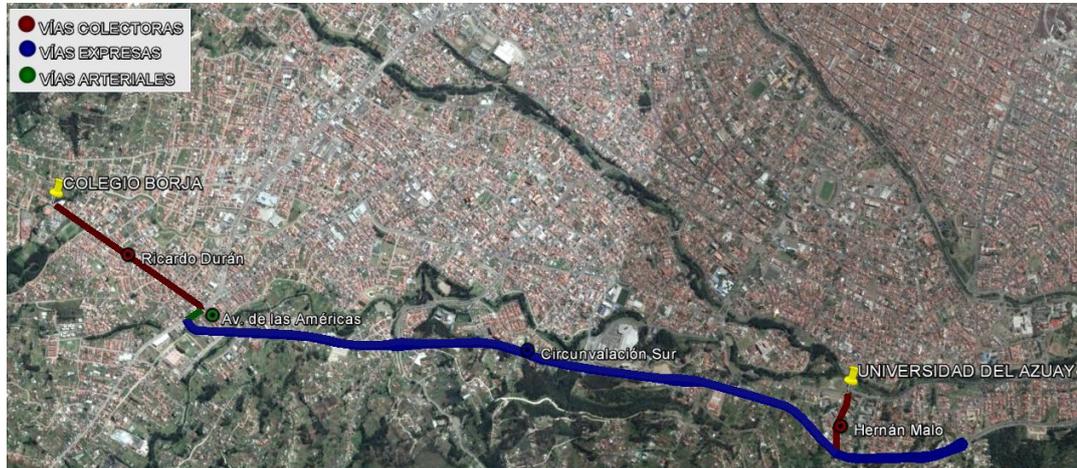


Figura 2.7. Ruta de prueba UDA-Colegio Borja, Colegio Borja-UDA

Fuente: (Google Earth, 2017).

Ruta con un total de 14.2 km

- **Colectoras:** 3.2 km
 - Calle Hernán Malo: 0.8 km
 - Calle Ricardo Durán: 2.4 km
- **Expresa:** 10.79 km
 - Autopista: 10.79 km
- **Arterial:** 0.21 km
 - Av. de las Américas: 0.21 km

2.4.2 Ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA

Empezar en la Universidad del Azuay, circular por la Av. 24 De Mayo en sentido hacia los tres puentes, tomar la cuarta salida del redondel para seguir por la Av. Don Bosco, girar a la derecha por la calle Carlos Quinto, luego por la Av. Isabel la Católica hasta girar a la izquierda en la Av. De las Américas, después a la derecha en la calle Luis Moscoso hasta el redondel en la que se une con la Av. Primero de Mayo. Regresar por la misma ruta hasta la Universidad del Azuay.



Figura 2.8. Ruta de prueba UDA-Pasos, Pasos-UDA

Fuente: (Google Earth, 2017).

Ruta con un total de 13.66 km

- **Colectoras:** 10.76 km
 - Av. Don Bosco: 1.04 km
 - Av. Isabel la Católica: 4.9 km
 - Luis Moscoso: 4.82 km
- **Local:** 0.34 km
 - Carlos Quinto: 0.34 km
- **Arterial:** 2.56 km
 - Av. 24 de Mayo: 2.36 km
 - Av. De las Américas: 0.2 km

2.4.3 Ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi – UDA

Empezar en la Universidad del Azuay, tomar la Av. Francisco Moscoso para luego girar a la izquierda en la Av. 10 de Agosto, girar a la derecha en la Av. Pichincha, hasta llegar a la Av. Unidad Nacional, girar a la izquierda en la Av. Gran Colombia hasta el redondel de la Av. De las Américas. Regresar por la misma ruta hasta la Universidad del Azuay.



Figura 2.9. Ruta de prueba UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA
Fuente: (Google Earth, 2017).

Ruta con un total de 10.52 km

- **Colectoras:** 8.52 km
 - Av. Francisco Moscoso: 1.14 km
 - Av. Pichincha: 1.54 km
 - Av. Gran Colombia: 1.4 km
 - Av. 10 de Agosto: 4.44 km

- **Arterial:** 2 km
 - Av. Unidad Nacional: 2 km

2.4.4 Ruta UDA-U. Católica, U. Católica-UDA

Empezar en la Universidad del Azuay, circular por la Av. 24 De Mayo en sentido hacia los tres puentes, tomar la segunda salida para seguir por la Av. Solano, seguir por la Av. Remigio Crespo, luego por la Av. Loja, girar a la izquierda en la Av. 12 de Abril, para subir por la calle Simón Bolívar, seguir por la calle Mariscal Sucre hasta tomar la calle Miguel Vélez, al llegar a la Av. De las Américas girar a la derecha hasta la Universidad Católica. El retorno empieza en la Universidad Católica, luego circular por la calle Nicanor Merchán, hasta la calle Juan Montalvo, girar a la derecha por la calle Antonio Vega Muñoz, dirigirse a la calle Miguel Heredia hasta la calle Simón Bolívar, en el primer redondel tomar la segunda salida para cruzar por el puente, en el

segundo redondel de igual manera tomar la segunda salida para circular por la Av. 12 de Abril, luego girar a la derecha por la calle El Oro hasta la Av. Remigio Crespo, después se regresa por la misma ruta hasta la Universidad del Azuay.

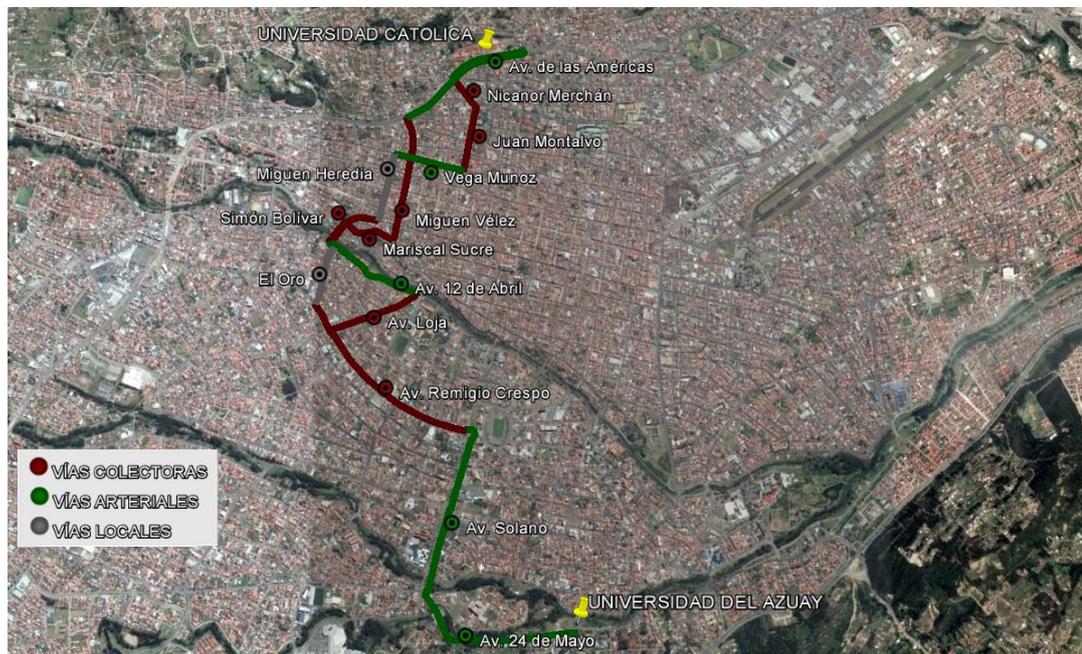


Figura 2.10. Rutas de prueba UDA-U. Católica, U. Católica-UDA

Fuente: (Google Earth, 2017).

Ruta con un total de 13.38 km

- **Colectoras:** 5.43 km
 - Av. Remigio Crespo: 2.44 km
 - Av. Loja: 0.6 km
 - Simón Bolívar: 0.55 km
 - Sucre: 0.34 km
 - Miguel Vélaz: 0.82 km
 - Nicanor Merchán: 0.26 km
 - Juan Montalvo: 0.42 km
- **Local:** 0.84 km
 - Miguel Heredia: 0.45 km
 - El Oro: 0.39 km
- **Arterial:** 7.11 km
 - Av. 24 de Mayo: 2.24 km

- Av. Solano: 2.22 km
- Av. 12 de Abril: 0.75 km
- Av. De las Américas: 1.44 km
- Antonio Vega Muñoz: 0.46 km

2.4.5 Ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA

Empezar en la Universidad del Azuay, circular por la Av. 24 De Mayo en sentido hacia Grial, en el redondel tomar la tercera salida y cruzar el puente, circular por la Av. 10 de Agosto para tomar la segunda salida del redondel del parque El Paraíso, circular por la Av. Paraíso para luego girar a la derecha por la Av. Huayna Capac, en el redondel de la Chola Cuencana tomar la segunda salida por la Av. España, girar a la derecha por la Núñez de Bonilla, para continuar por la Av. Hurtado de Mendoza hasta llegar al redondel de Milchichig. Regresar por la misma ruta hasta la Universidad del Azuay.



Figura 2.11. Rutas de prueba UDA-Graiman, Graiman-UDA
Fuente: (Google Earth, 2017).

Ruta con un total de 14.29 km

- **Colectoras:** 8.34 km
 - Av. Paraíso: 1.92 km
 - Núñez de Bonilla: 1.24 km
 - Av. Hurtado de Mendoza: 4.66 km

- Av. 10 de Agosto: 0.52 km
- **Arterial:** 5.95 km
 - Av. 24 de Mayo: 2.31 km
 - Huayna Capac: 3.34 km
 - Av. España: 0.3 km

2.4.6 Ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA

Empezar en la Universidad del Azuay, circular por la Av. 24 De Mayo en sentido hacia Monay, tomar la tercera salida en el redondel de la calle Rayoloma, luego girar a la derecha en la Av. Gonzales Suarez hasta llegar al redondel de las Cholas de Piedra. Regresar por la misma ruta hasta la Universidad del Azuay.

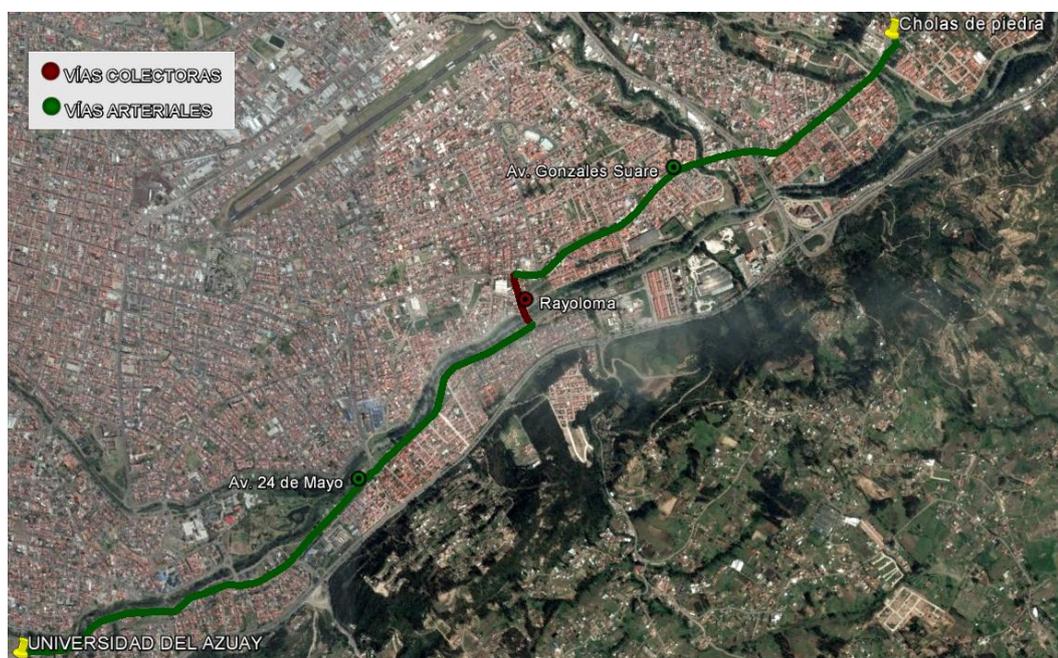


Figura 2.12. Rutas de prueba UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA

Fuente: (Google Earth, 2017).

Ruta con un total de 10.98 km

- **Colectoras:** 0.6 km
 - Rayoloma: 0.6 km
- **Arterial:** 10.38 km
 - Av. 24 de Mayo: 7.6 km
 - Av. Gonzales Suarez: 2.78 km

2.5 Selección de horarios de pruebas

Para la selección de los horarios del levantamiento de información se utilizaron los datos de la variación horaria planteados en el Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca 2015.



Figura 2.14. Variación horaria en zonas urbanas
Fuente: (Plan de Movilidad y Espacios Públicos. Cuenca, 2015).

Según el Plan de Movilidad y Espacios Públicos de Cuenca 2015, en el sistema vial urbano se observan variaciones durante el día, planteando tres períodos pico de tránsito: De 07:00 a 08:00, 13:00 a 14:00 y de 18:00 a 19:00, coincidiendo con el inicio y final de la jornada laboral, además de la pausa del medio día. (Plan de Movilidad y Espacios Públicos. Cuenca, 2015).

2.6 Tamaño de muestra para recorridos

El número de recorridos depende del coeficiente de determinación R cuadrado, el cual es un descriptivo usado en el contexto de un modelo estadístico cuyo principal propósito es predecir futuros resultados o testear una hipótesis. (AGUILAR, 2014). El coeficiente de determinación se trata de una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1 (0 cuando las variables son independientes y 1 cuando entre ellas existe relación perfecta) y además posee una interpretación muy intuitiva: representa el grado de ganancia que podemos obtener al predecir una variable basándonos en el conocimiento que tenemos de otra u otras variables. (Alard, 2011).

Por lo tanto el número de recorridos o tamaño de muestra necesario es de acuerdo a que tan próximo este el coeficiente de determinación al valor de 1.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

En este capítulo se presentan los resultados del análisis de los datos obtenidos aplicando las metodologías planteadas para este trabajo, la misma que basada en la validación del dispositivo HemData se obtuvo los siguientes resultados: tiempo de demora, consumo de combustible y velocidad media para cada una de las siete rutas seleccionadas, además se presentará el costo adicional por congestiónamiento vehicular de cada ruta, consumo de combustible y tiempo de demora por tipo de vía y el costo promedio por congestiónamiento vehicular por tipo de vía.

3.1.1 Resultado de validación HemData.

Una vez realizado el procedimiento mencionado en el capítulo dos para la validación del dispositivo medidor de consumo de combustible HemData, se obtuvo la siguiente ecuación de corrección:

$$y = 0,004x + 40,903 \quad (10)$$

Donde “y” es el consumo de combustible corregido y “x” es el valor del consumo de combustible en mL obtenido del MAP del dispositivo HemData.

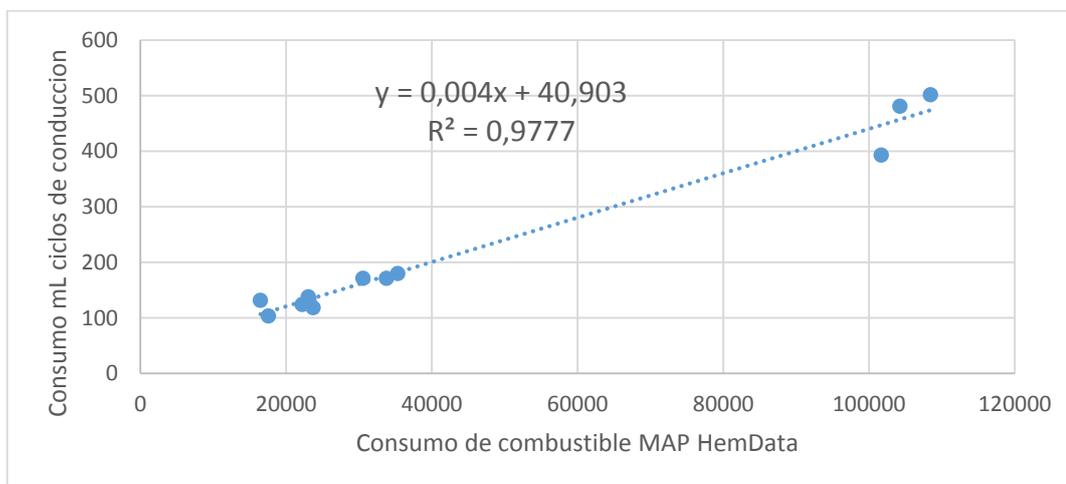


Figura 3.1. Recta de regresión y factor de correlación

3.2 Resultados de levantamiento de datos.

Luego del análisis de información, estado del arte, y levantamiento de datos es posible comparar los factores que se ven involucrados en el costo del tráfico vehicular, para ello los resultados se presentarán en cinco categorías: consumo de combustible, tiempo de demora, velocidad media, costo adicional, y costo por tipo de vía para las siete diferentes rutas.

3.2.1 Ruta Av. 10 de Agosto

3.2.1.1 Tiempo de Demora Av. 10 de Agosto

Tabla 3.1. Tiempo de demora promedio Av. 10 de Agosto

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	1547,5 ± 125,63
Valle	1003,58 ± 71,75

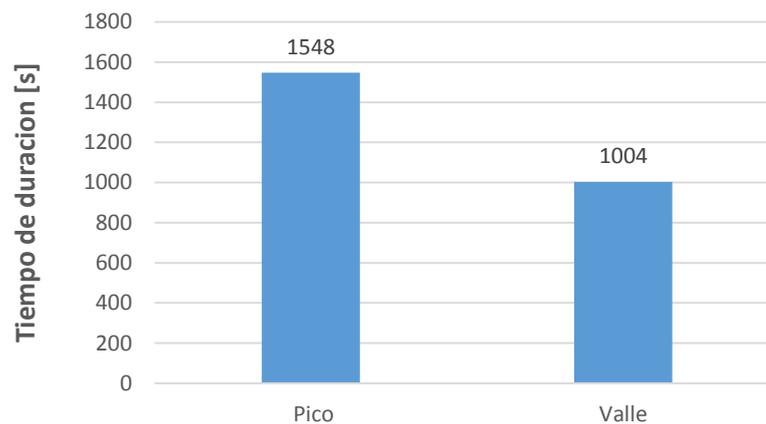


Figura 3.2. Tiempo de demora Av. 10 de Agosto

3.2.1.2 Consumo de Combustible Av. 10 de Agosto

Tabla 3.2. Consumo de combustible promedio Av. 10 de Agosto

CONSUMO DE COMBUSTIBLE [ml]	
Pico	442,52 ± 31,62
Valle	340 ± 14,78

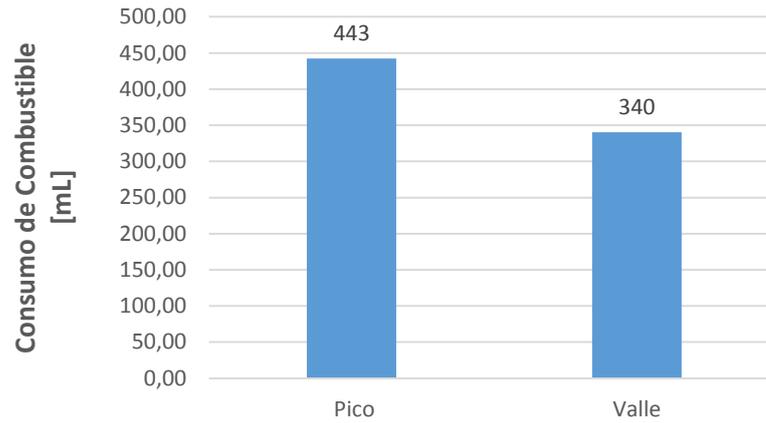


Figura 3.3. Consumo de combustible Av. 10 de Agosto

3.2.1.3 Velocidad Media Av. 10 de Agosto

Tabla 3.3. Velocidad promedio Av. 10 de Agosto

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	19,82 ± 1,9
Valle	30,94 ± 1,9

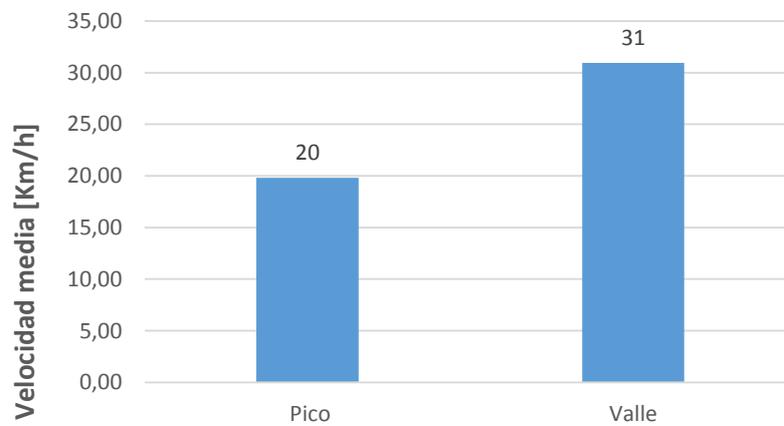


Figura 3.4. Velocidad Media Av. 10 de Agosto

3.2.1.4 Diferencia porcentual entre hora Pico – Valle Av. 10 de Agosto

En la figura 3.5 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 30% más que en hora valle, el tiempo de demora es 54% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 36% que en hora pico.

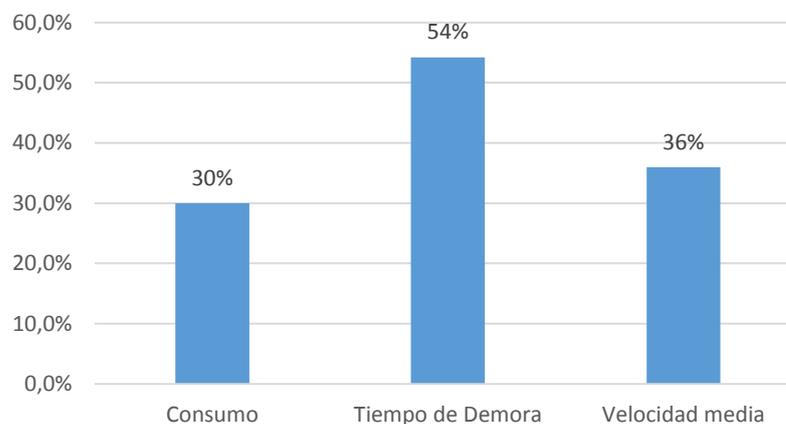


Figura 3.5. Diferencias porcentuales hora pico y hora valle Av. 10 de Agosto

3.2.1.5 Costo adicional por congestión vehicular Av. 10 de Agosto.

El costo adicional es la suma del costo por tiempo de demora más el costo de consumo de combustible según la metodología planteada en el capítulo 2, el costo adicional total se muestra en la tabla 3.4 el cual tiene un valor de \$0,351 para la ruta Av. 10 de Agosto.

Tabla 3.4. Costo adicional por congestión vehicular Av. 10 de Agosto

Costo adicional por congestión vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	0,35
Costo consumo Combustible[\$]	0,017
Costo total [\$]	0,367

3.2.2 Ruta UDA – U. Católica.

3.2.2.1 Tiempo de demora ruta UDA – U. Católica.

Tabla 3.5. Tiempo de demora ruta UDA – U. Católica

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	2542,38 ± 95,71
Valle	1314 ± 45,08

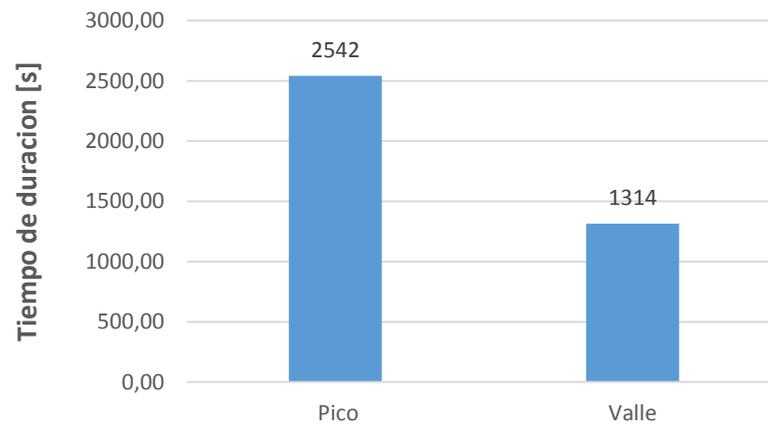


Figura 3.6. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – U. Católica

3.2.2.2 Consumo de combustible ruta UDA – U. Católica.

Tabla 3.6. Consumo de combustible ruta UDA – U. Católica

CONSUMO DE COMBUSTIBLE ml	
Pico	723,23 ± 52,257
Valle	521,96 ± 33,69

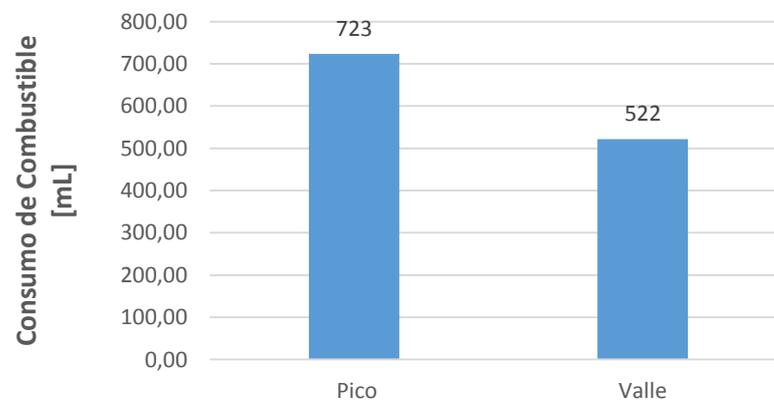


Figura 3.7. Consumo de combustible ruta UDA – U. Católica

3.2.2.3 Velocidad promedio ruta UDA – U. Católica.

Tabla 3.7. Velocidad media ruta UDA – U. Católica

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	19,745 ± 2,065
Valle	34,12 ± 2,076

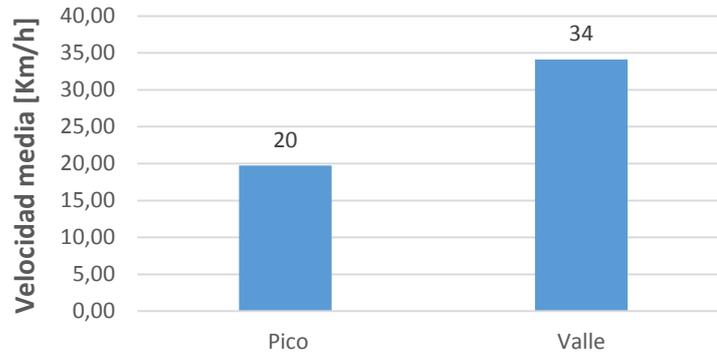


Figura 3.8. Velocidad media ruta UDA – U. Católica

3.2.2.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA – U. Católica.

En la figura 3.9 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 39% más que en hora valle, el tiempo de demora es 93% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 42% que en hora pico.

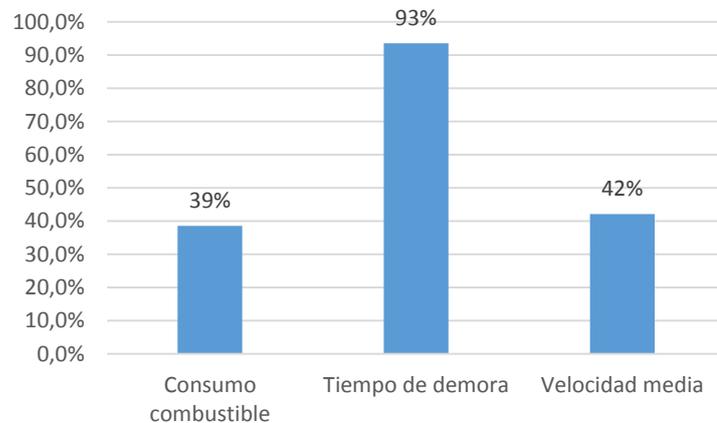


Figura 3.9. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – U. Católica

3.2.2.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-U. Católica.

El costo adicional por congestión vehicular para la ruta UDA – U. Católica se muestra en la tabla 3.8 el cual tiene un valor de \$0,649.

Tabla 3.8. Costo adicional por congestionamiento vehicular en ruta UDA – U. Católica

Costo adicional por congestionamiento vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	0,645
Costo consumo Combustible[\$]	0,051
Costo total [\$]	0,70

3.2.2.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.

La ruta UDA-U. Católica tiene tres tipos de vía: arterial, colectoras y local. En la tabla 3.9 y en la Figura 3.10 se muestra la diferencia de consumo para cada tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.9 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica

TIPO DE VIA	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA PICO [ml/km]	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA VALLE [ml/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	46	33	39
COLECTORA	60	42	43
LOCAL	60	53	13

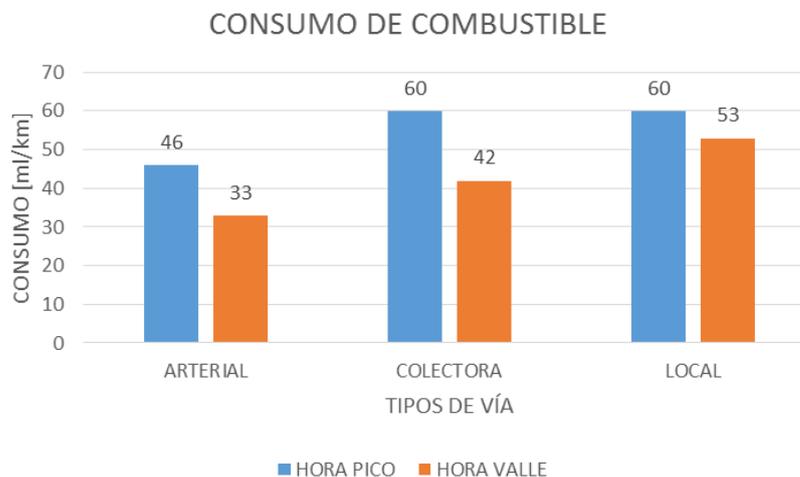


Figura 3.10. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – U. Católica

3.2.2.7 Tiempo de demora por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.

La ruta UDA-U. Católica tiene tres tipos de vía: arterial, colectora y local. En la tabla 3.10 y en la figura 3.11 se muestra la diferencia de tiempos para cada tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.10 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica

TIPO DE VIA	TIEMPO HORA PICO [s/km]	TIEMPO HORA VALLE [s/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	156	86	81
COLECTORA	232	103	125
LOCAL	218	141	55

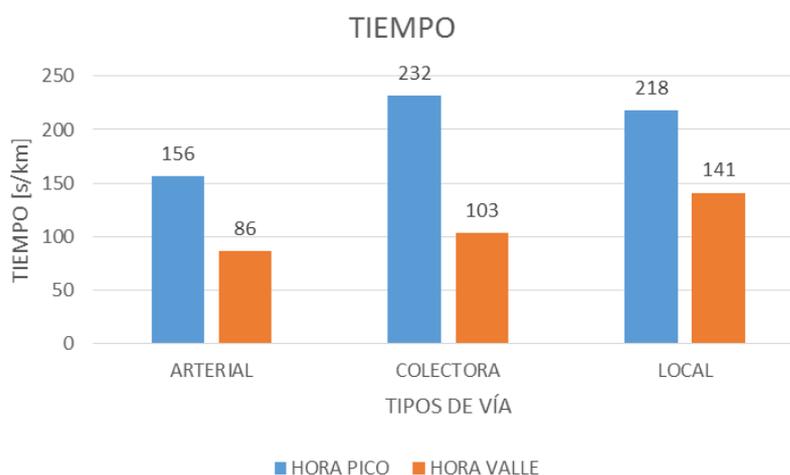


Figura 3.11. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – U. Católica

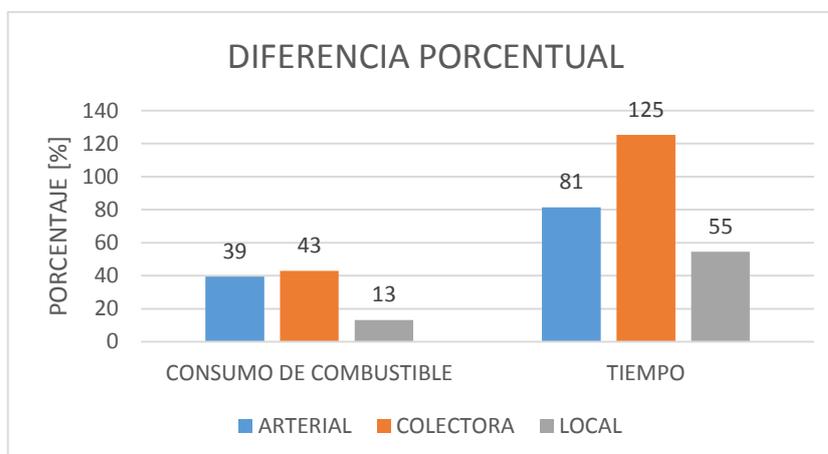


Figura 3.12. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.

3.2.3 Ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

3.2.3.1 Tiempo de demora ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

Tabla 3.11 Tiempo de demora ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	2040,63 ± 139,98
Valle	1200,13 ± 9,47

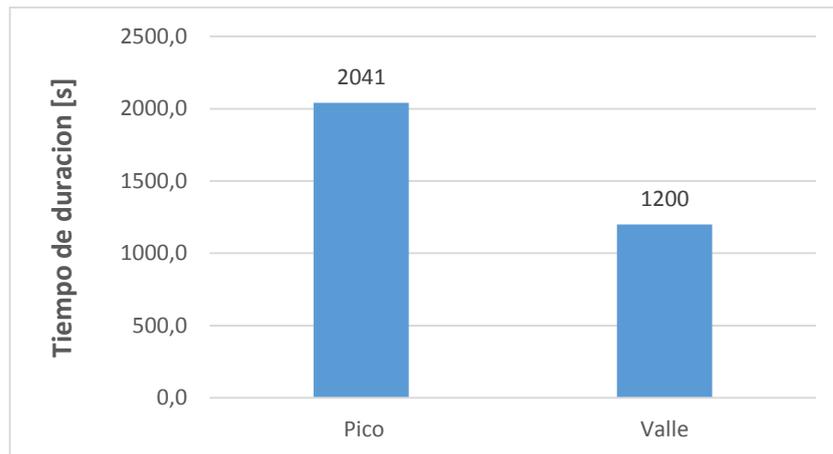


Figura 3.13. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Pasos, Pasos-UDA

3.2.3.2 Consumo de combustible ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

Tabla 3.12 Consumo de combustible ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE [ml]	
Pico	679,11 ± 16,99
Valle	535,38 ± 5,39

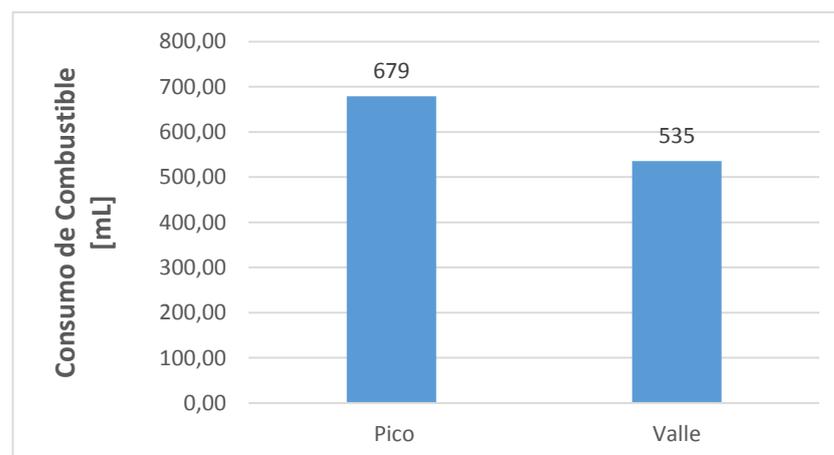


Figura 3.14. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Pasos, Pasos-UDA

3.2.3.3 Velocidad media ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

Tabla 3.13 Velocidad media ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	24,24 ± 1,65
Valle	40,98 ± 0,324

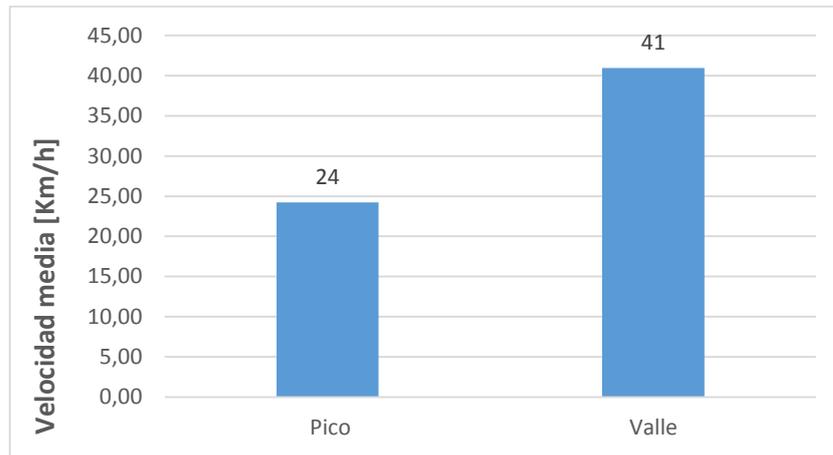


Figura 3.15. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Pasos, Pasos-UDA

3.2.3.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

En la figura 3.16 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 27% más que en hora valle, el tiempo de demora es 70% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 41% que en hora pico.

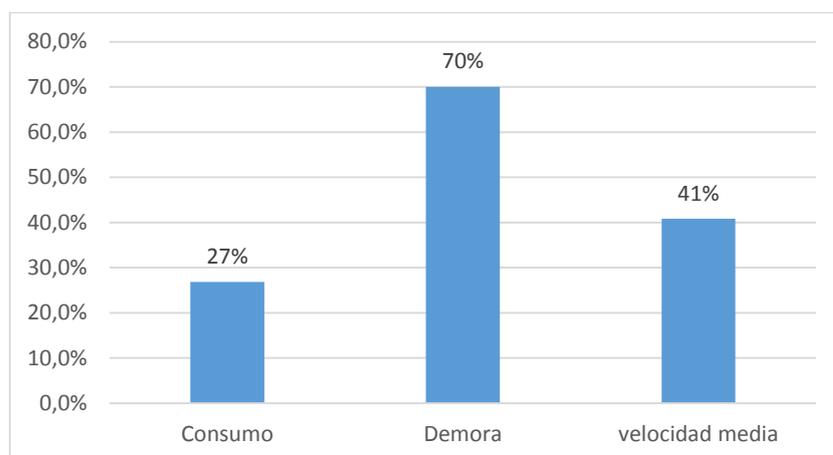


Figura 3.16. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

3.2.3.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

El costo adicional por congestión vehicular para la ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA, se muestra en la tabla 3.14 el cual tiene un valor de \$ 0,649.

Tabla 3.14. Costo adicional por congestionamiento vehicular en ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

Costo adicional por congestionamiento vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	0,52
Costo consumo Combustible[\$]	0,038
Costo total [\$]	0,56

3.2.3.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

La ruta UDA-Pasos tiene tres tipos de vía: arterial, colectora y local. En la tabla 3.15 y en la figura 3.17 se muestra la diferencia de consumo para cada tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.15 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Pasos

TIPO DE VIA	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA PICO [ml/km]	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA VALLE [ml/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	80	68	18
COLECTORA	55	42	31
LOCAL	58	54	7

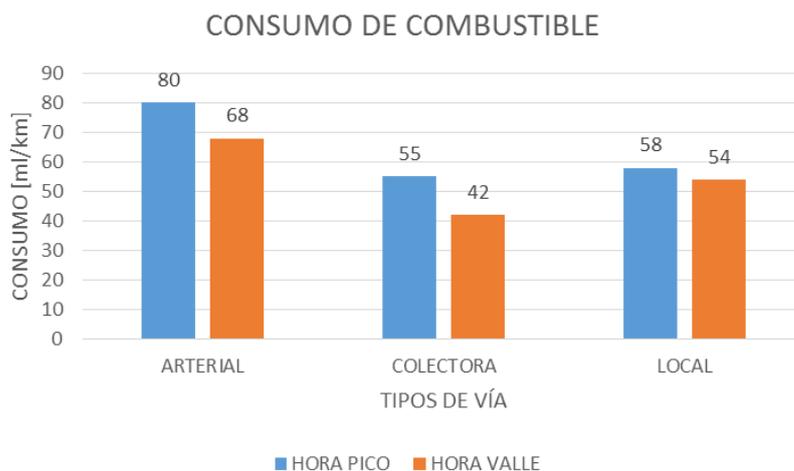


Figura 3.17. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Pasos

3.2.3.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA – Pasos.

La ruta UDA-Pasos tiene tres tipos de vía: arterial, colectora y local. En la tabla 3.16 y en la figura 3.18 se muestra la diferencia de tiempos para cada tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.16 Tempo por tipo de vía en ruta UDA – Pasos

TIPO DE VIA	TIEMPO HORA PICO [s/km]	TIEMPO HORA VALLE [s/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	254	127	100
COLECTORA	171	92	86
LOCAL	171	114	50

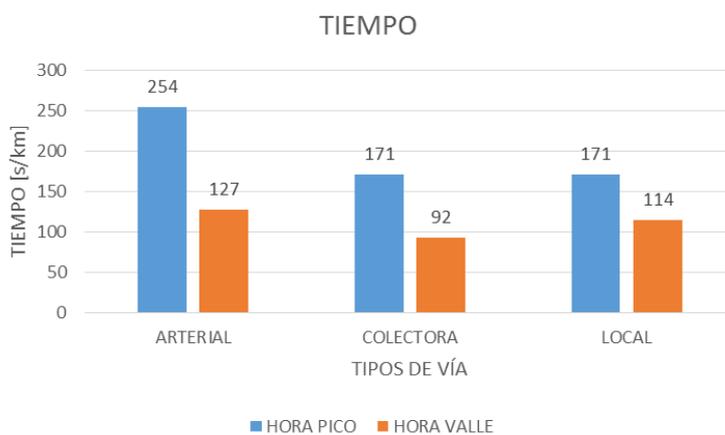


Figura 3.18. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Pasos

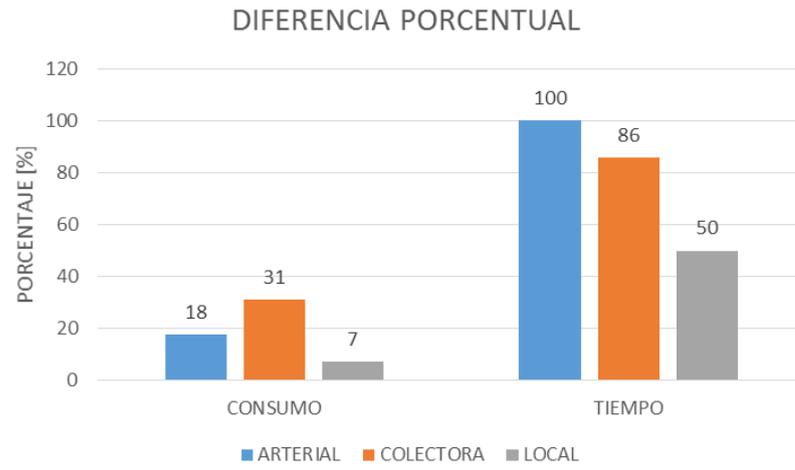


Figura 3.19. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – Pasos

3.2.4 Ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

3.2.4.1 Tiempo de demora ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

Tabla 3.17 Tiempo de demora ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	2805,14 ± 5,14
Valle	1157 ± 38,65

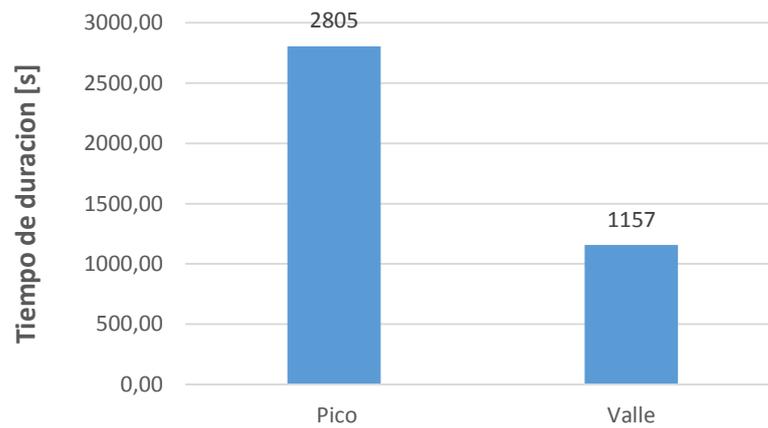


Figura 3.20. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Graiman, Graiman-UDA

3.2.4.2 Consumo de combustible ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

Tabla 3.18 Consumo de combustible ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE [ml]	
Pico	771,34 ± 27,92
Valle	483,85 ± 3,29

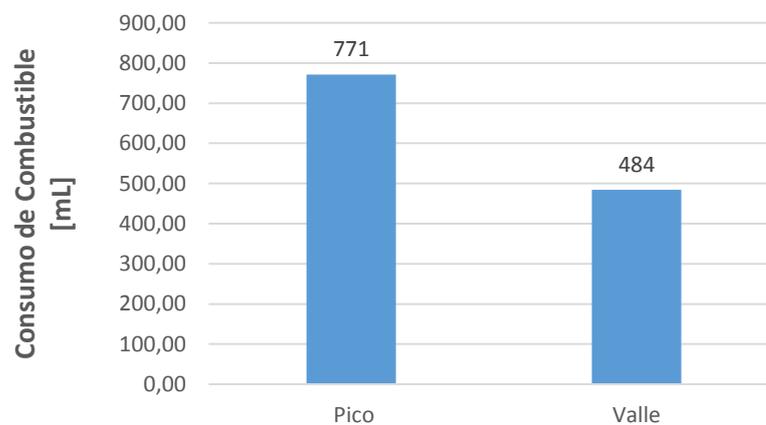


Figura 3.21. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Graiman, Graiman-UDA

3.2.4.3 Velocidad media ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

Tabla 3.19 Velocidad media ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	18,34 ± 0,03
Valle	44,53 ± 1,49

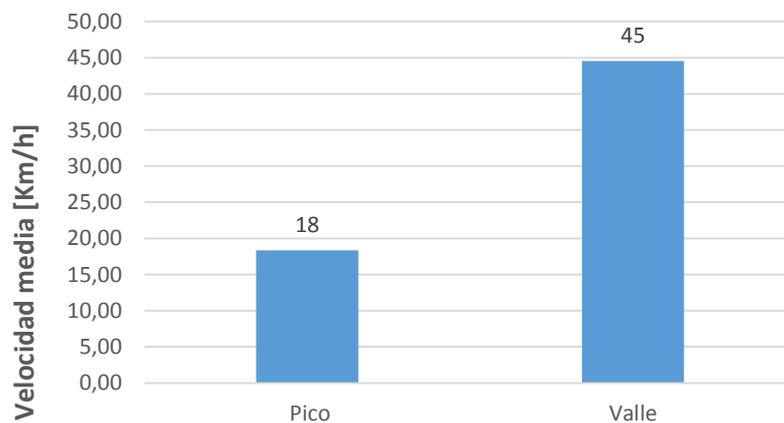


Figura 3.22. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Graiman, Graiman-UDA

3.2.4.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

En la figura 3.23 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 59% más que en hora valle, el tiempo de demora es 142% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 59% que en hora pico.

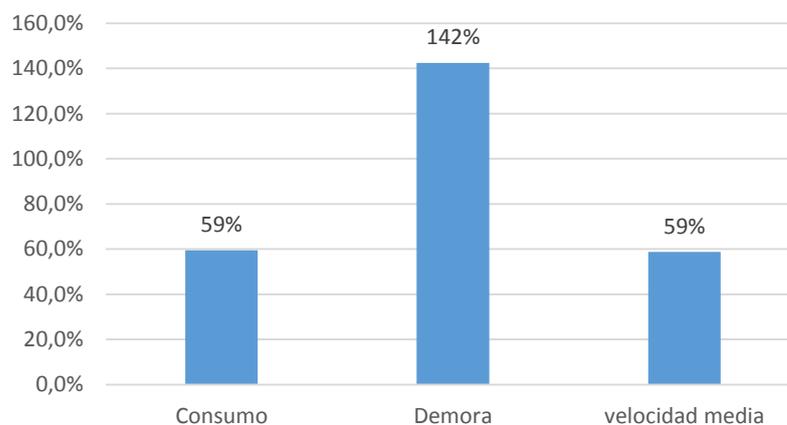


Figura 3.23. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

3.2.4.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

El costo adicional por congestión vehicular para la ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA., se muestra en la tabla 3.20 el cual tiene un valor de \$ 1,040.

Tabla 3.20. Costo adicional por congestión vehicular en ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

Costo adicional por congestión vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	1,035
Costo consumo Combustible[\$]	0,078
Costo total [\$]	1,113

3.2.4.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

La ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA tiene dos tipos de vía: arterial y colectora. En la tabla 3.21 y en la figura 3.24 se muestra la diferencia de consumo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.21 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

TIPO DE VIA	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA PICO [ml/km]	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA VALLE [ml/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	227	91	149
COLECTORA	180	75	140

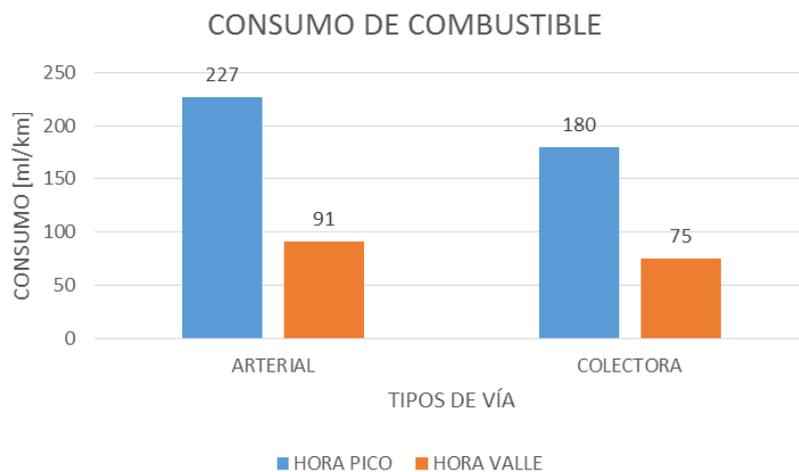


Figura 3.24. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

3.2.4.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA.

La ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA tiene dos tipos de vía: arterial y colector. En la tabla 3.22 y en la figura 3.25 se muestra la diferencia de tiempo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.22 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

TIPO DE VIA	TIEMPO HORA PICO [s/km]	TIEMPO HORA VALLE [s/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	54	35	54
COLECTORA	51	34	50

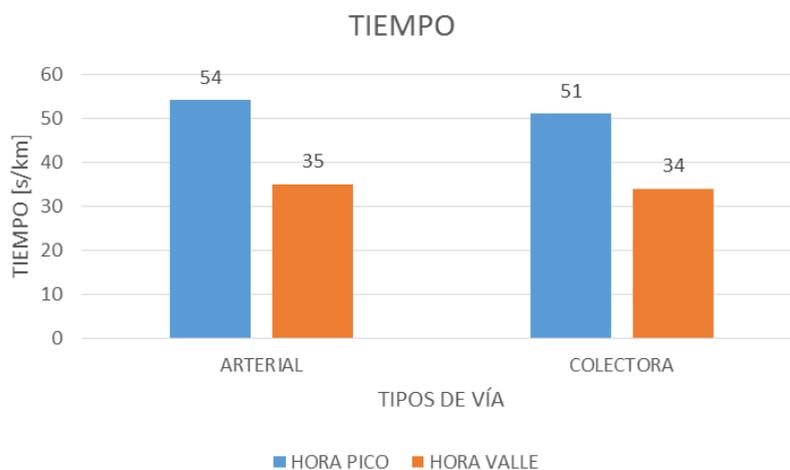


Figura 3.25. Tiempo en hora pico y hora valle para los 2 tipos de vía de la ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

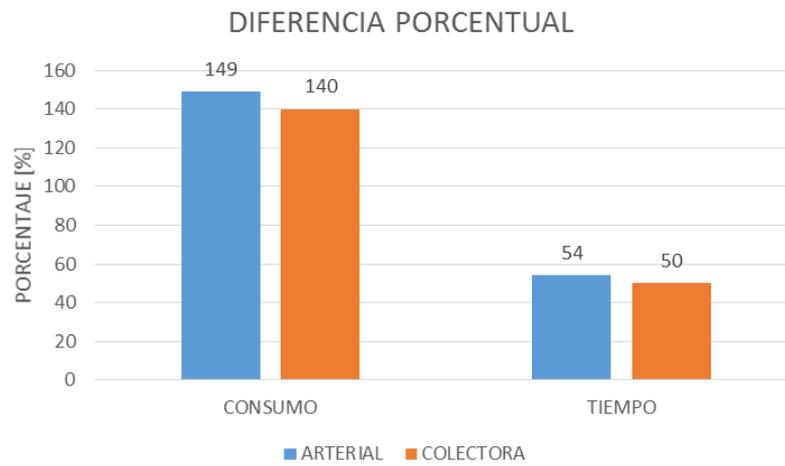


Figura 3.26. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman -UDA.

3.2.5 Ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

3.2.5.1 Tiempo de demora ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

Tabla 3.23 Tiempo de demora ruta UDA – Supermaxi. Supermaxi – UDA.

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	1978,43 ± 137,18
Valle	973,38 ± 30,21

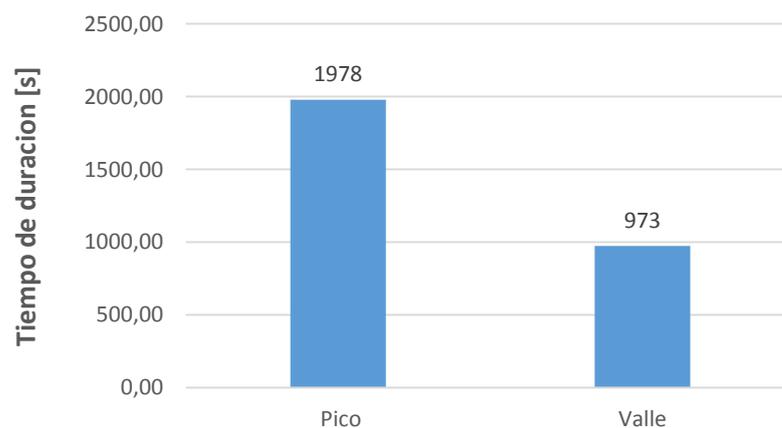


Figura 3.27. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

3.2.5.2 Consumo de combustible ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA...

Tabla 3.24 Consumo de combustible ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE ml	
Pico	544,07 ± 27,46
Valle	369,14 ± 12,55

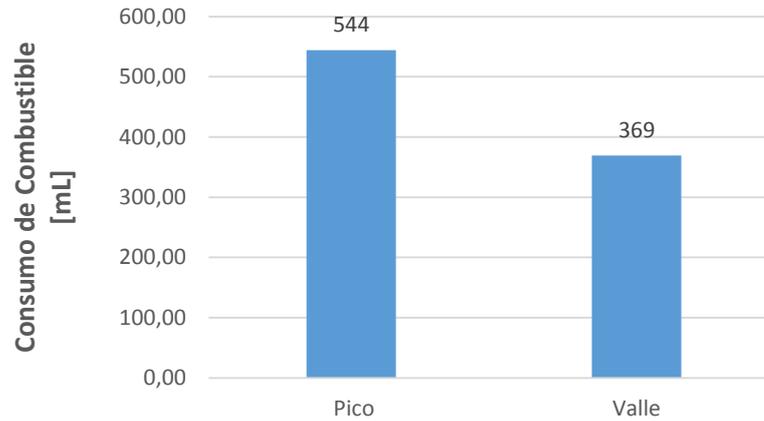


Figura 3.28. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Supermaxi,

3.2.5.3 Velocidad media ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

Tabla 3.25 Velocidad media ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	19,2 ± 1,03
Valle	38,96 ± 1,22

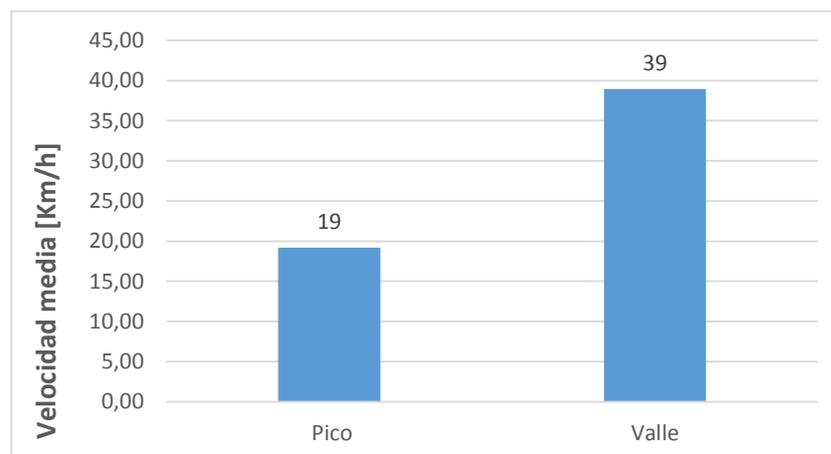


Figura 3.29. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Supermaxi,

3.2.5.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

En la figura 3.30 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 47% más que en hora valle, el tiempo de demora es 103% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 51% que en hora pico.

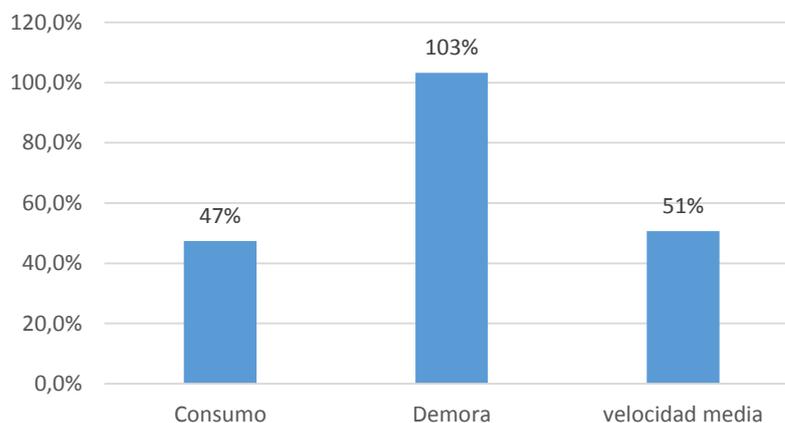


Figura 3.30. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

3.2.5.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

El costo adicional por congestión vehicular para la ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA, se muestra en la tabla 3.26 el cual tiene un valor de \$ 0,631122.

Tabla 3.26. Costo adicional por congestionamiento vehicular en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

Costo adicional por congestionamiento vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	0,628
Costo consumo Combustible[\$]	0,035
Costo total [\$]	\$ 0,663

3.2.5.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

La ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA tiene dos tipos de vía: arterial y colectora. En la tabla 3.27 y en la figura 3.31 se muestra la diferencia de consumo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.27 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

TIPO DE VIA	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA PICO [ml/km]	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA VALLE [ml/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	238	92	159
COLECTORA	167	99	69

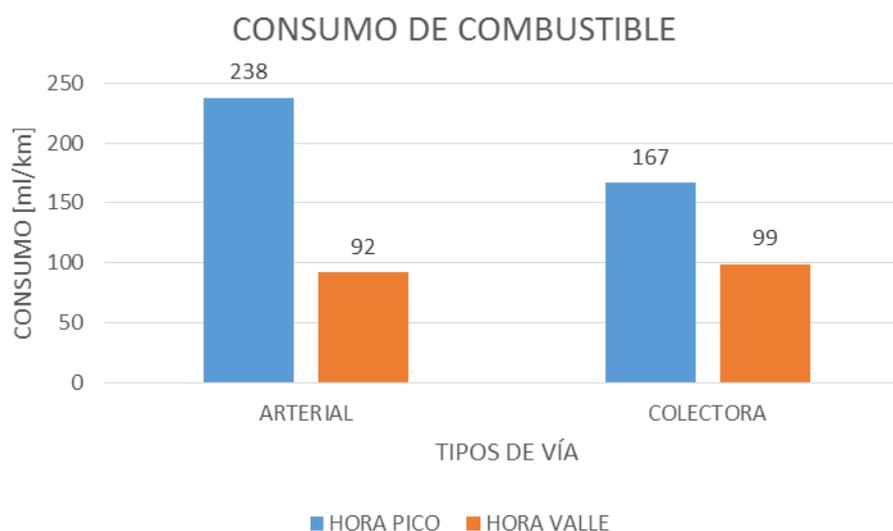


Figura 3.31. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

3.2.5.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA.

La ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi-UDA tiene dos tipos de vía: arterial y colectora. En la tabla 3.28 y en la figura 3.32 se muestra la diferencia de consumo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.28 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

TIPO DE VIA	TIEMPO HORA PICO [s/km]	TIEMPO HORA VALLE [s/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	64	32	100
COLECTORA	49	41	20

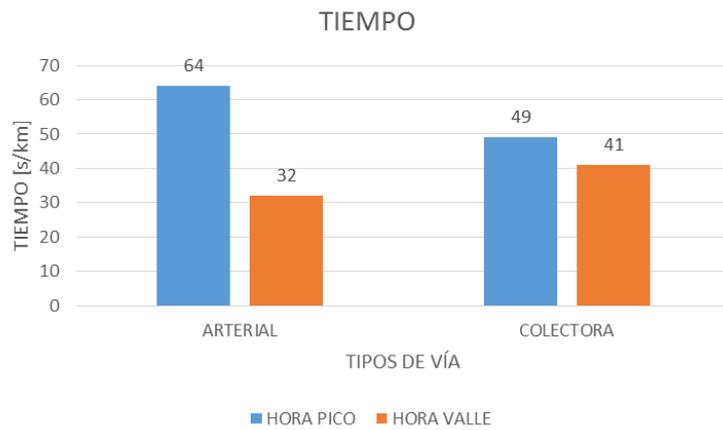


Figura 3.32. Tiempo en hora pico y hora valle para los 2 tipos de vía de la ruta UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

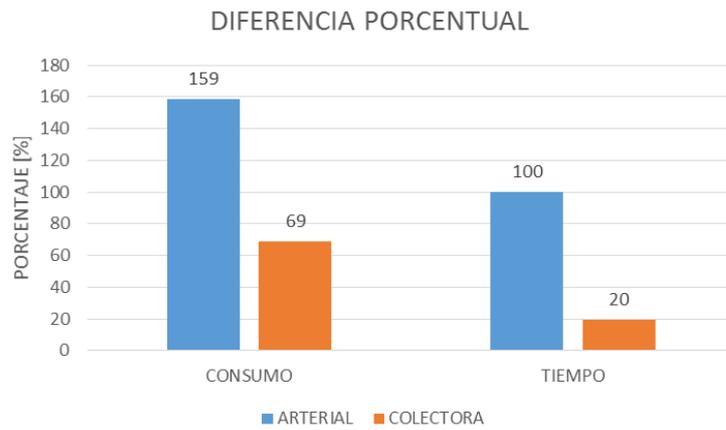


Figura 3.33. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en UDA – Supermaxi, Supermaxi – UDA.

3.2.6 Ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

3.2.6.1 Tiempo de demora ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

Tabla 3.29 Tiempo de demora ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	1611,13 ± 73,16
Valle	980 ± 21,01

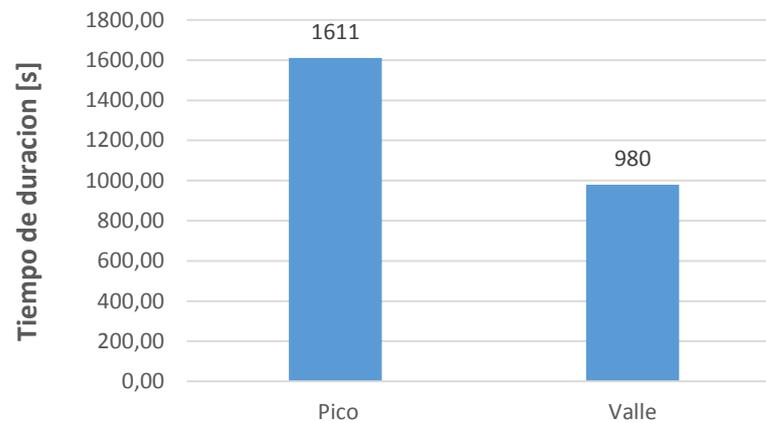


Figura 3.34. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

3.2.6.2 Consumo de combustible ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA

Tabla 3.30 Consumo de combustible ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE ml	
Pico	612,07 ± 15,88
Valle	496,68 ± 19,96

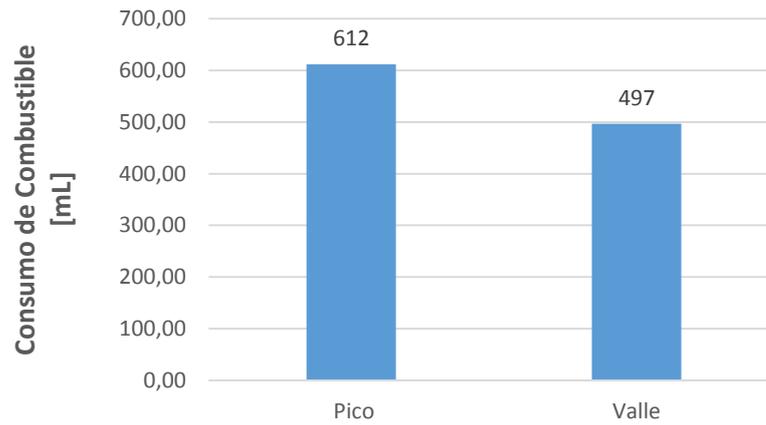


Figura 3.35. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

3.2.6.3 Velocidad media ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA

Tabla 3.31 Velocidad media ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	$24,6 \pm 1,09$
Valle	$40,34 \pm 0,87$

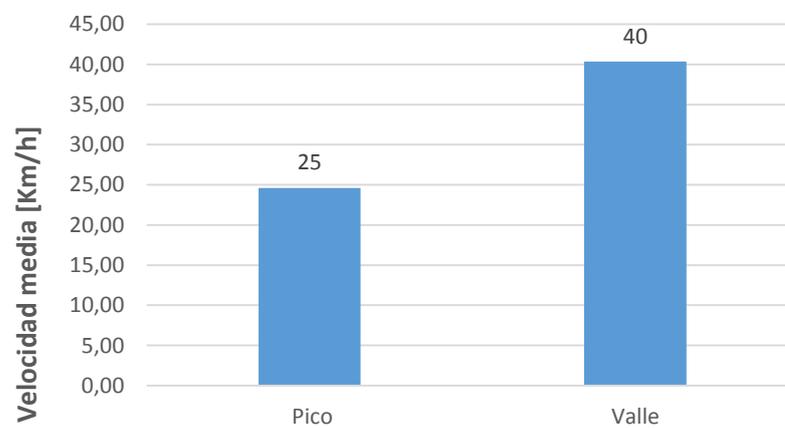


Figura 3.36. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

3.2.6.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

En la figura 3.37 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 23% más que en hora valle, el tiempo de demora es 64% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 39% que en hora pico.

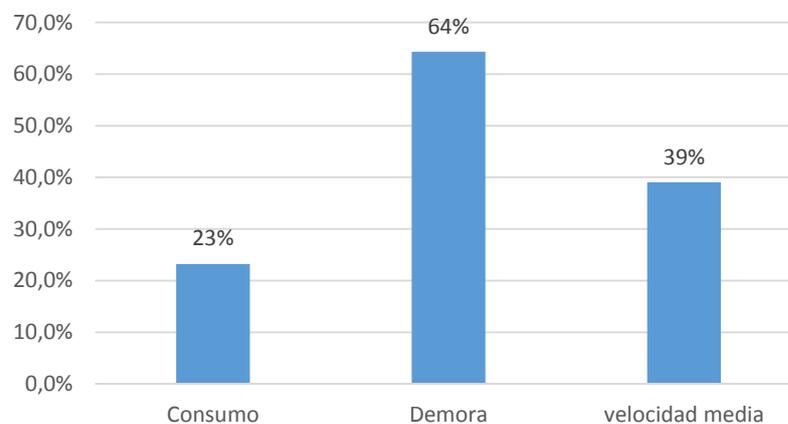


Figura 3.37. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

3.2.6.5 Costo adicional por congestión vehicular ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

El costo adicional por congestión vehicular para la ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA, se muestra en la tabla 3.32 el cual tiene un valor de \$ 0,40.

Tabla 3.32. Costo adicional por congestionamiento vehicular en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

Costo adicional por congestionamiento vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	0,394
Costo consumo Combustible[\$]	0,024
Costo total [\$]	0,42

3.2.6.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

La ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA tiene dos tipos de vía: arterial y colectora. En la tabla 3.33 y en la figura 3.38 se muestra la diferencia de consumo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.33 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

TIPO DE VIA	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA PICO [ml/km]	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA VALLE [ml/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	73	60	22
COLECTORA	81	45	80

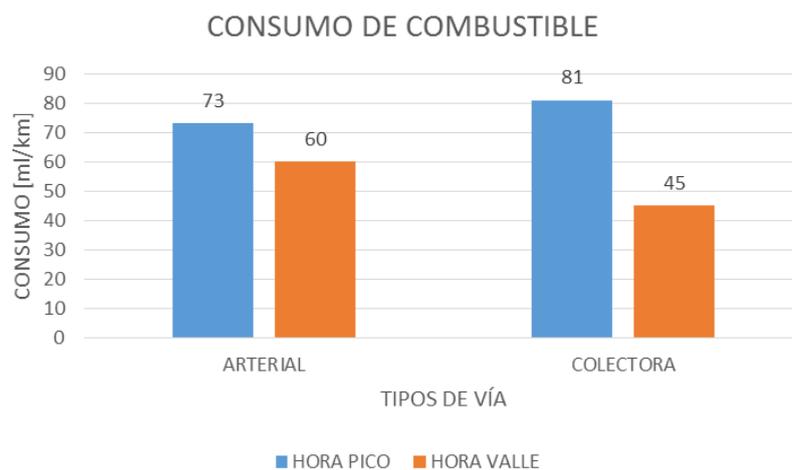


Figura 3.38. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 2 tipos de vía de la ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

3.2.6.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

La ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA tiene dos tipos de vía: arterial y colectora. En la tabla 3.34 y en la figura 3.39 se muestra la diferencia de tiempo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.34 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

TIPO DE VIA	TIEMPO HORA PICO [s/km]	TIEMPO HORA VALLE [s/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	181	112	62
COLECTORA	229	146	57

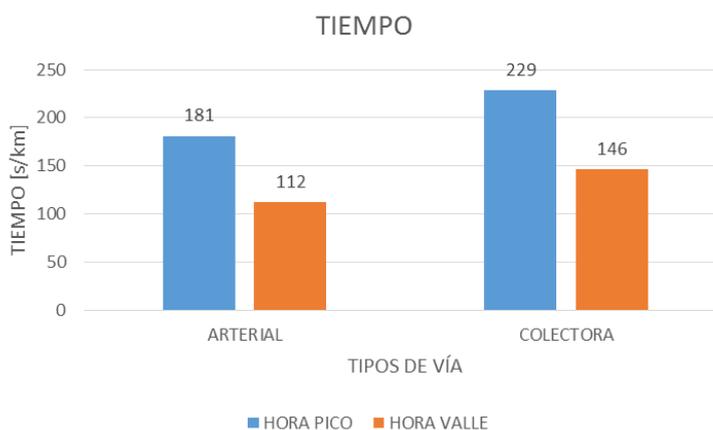


Figura 3.39. Tiempo en hora pico y hora valle para los 2 tipos de vía de la ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

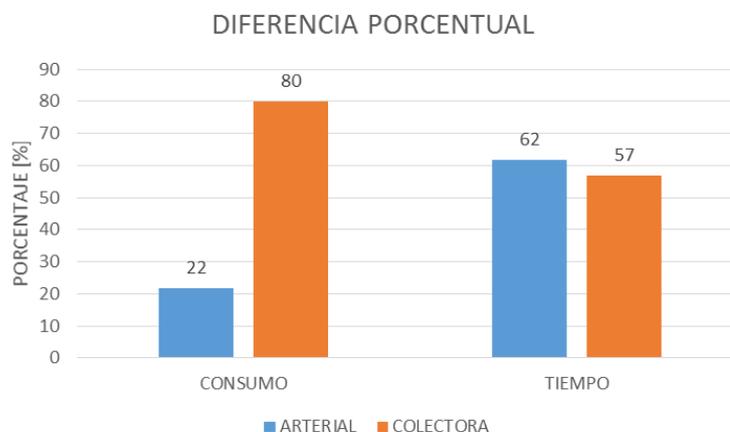


Figura 3.40. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas – UDA.

3.2.7 Ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

3.2.7.1 Tiempo de demora ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

Tabla 3.35 Tiempo de demora ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

TIEMPO DE DEMORA [s]	
Pico	1141,25 ± 18,08
Valle	779,25 ± 11,65

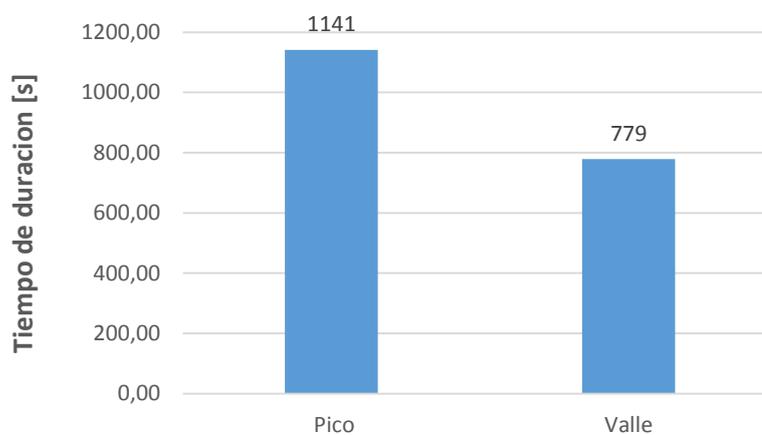


Figura 3.41. Tiempo de demora hora pico y hora valle ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

3.2.7.2 Consumo de combustible ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

Tabla 3.36 Consumo de combustible ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE ml	
Pico	422,29 ± 14,62
Valle	322,76 ± 10,17

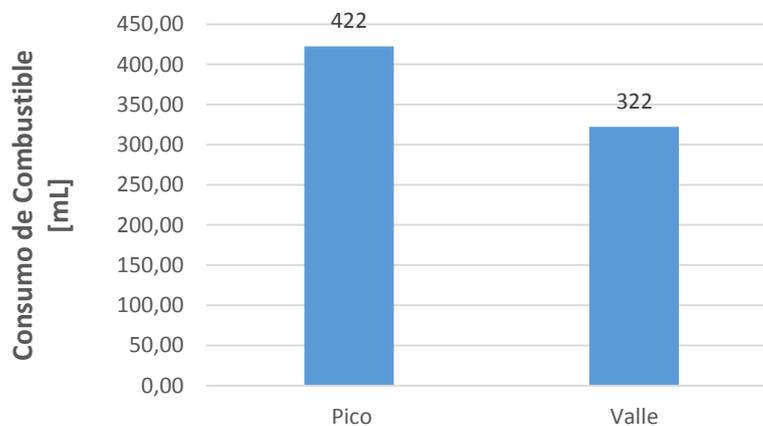


Figura 3.42. Consumo de combustible en hora pico y hora valle ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

3.2.7.3 Velocidad media ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

Tabla 3.37 Velocidad media ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

VELOCIDAD MEDIA [Km/h]	
Pico	44,84 ± 0,7
Valle	65,67 ± 0,98

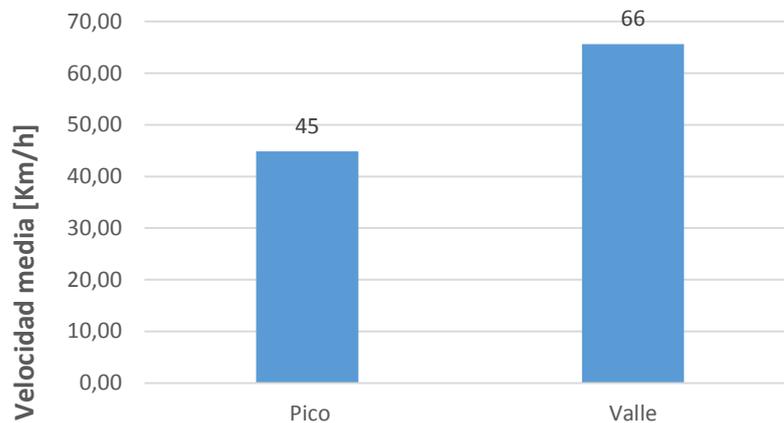


Figura 3.43. Velocidad media en hora pico y hora valle ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

3.2.7.4 Diferencia porcentual entre hora pico – hora valle ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

En la figura 3.44 se muestra que en hora pico el consumo de combustible es 31% más que en hora valle, el tiempo de demora es 46% más que en hora valle y que la velocidad media en hora valle es mayor en un 42% que en hora pico.

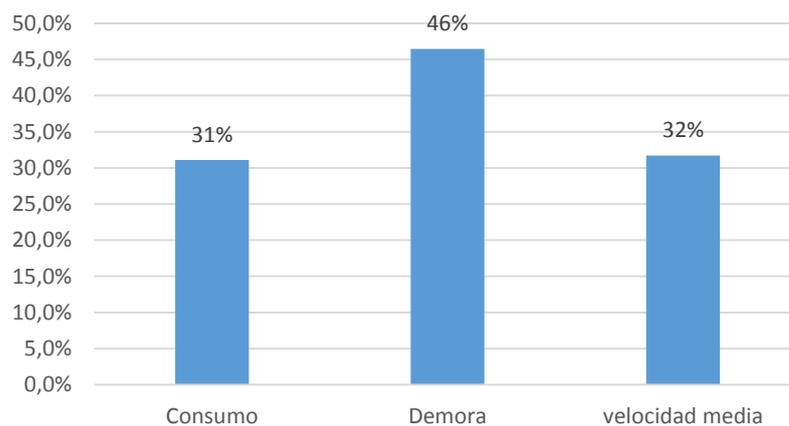


Figura 3.44. Diferencia porcentual entre hora pico y hora valle en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

3.2.7.5 Costo adicional por congestión vehicular en la ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

El costo adicional por congestión vehicular para la ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA, se muestra en la tabla 3.38 el cual tiene un valor de \$ 0,23.

Tabla 3.38. Costo adicional por congestionamiento vehicular en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

Costo adicional por congestionamiento vehicular	
Costo total por tiempo de retardo [\$]	0,227
Costo consumo Combustible[\$]	0,027
Costo total [\$]	\$ 0,254

3.2.7.6 Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – U. Católica.

La ruta UDA-U. Católica tiene tres tipos de vía: arterial, colectora y expresa. En la tabla 3.39 y en la figura 3.45 se muestra la diferencia de consumo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.39. Consumo de combustible por tipo de vía en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA

TIPO DE VIA	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA PICO [ml/km]	CONSUMO COMBUSTIBLE HORA VALLE [ml/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	562	154	265
COLECTORA	126	88	43
EXPRESA	61	45	36

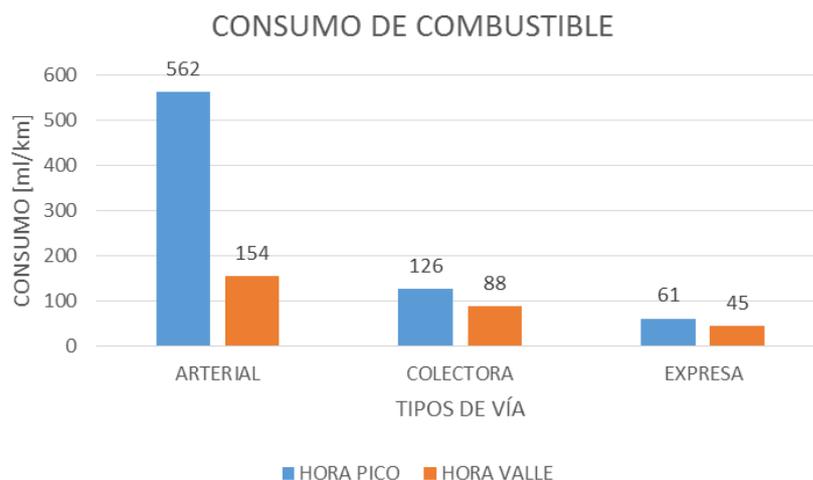


Figura 3.45. Consumo de combustible hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

3.2.7.7 Tiempo por tipo de vía en ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

La ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA tiene tres tipos de vía: arterial, colectora y expresa. En la tabla 3.40 y en la figura 3.46 se muestra la diferencia de consumo para tipo de vía comprendida en esta ruta.

Tabla 3.40. Tempo por tipo de vía en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

TIPO DE VIA	TIEMPO HORA PICO [s/km]	TIEMPO HORA VALLE [s/km]	DIFERENCIA PORCENTUAL [%]
ARTERIAL	279	118	136
COLECTORA	45	36	25
EXPRESA	21	18	17

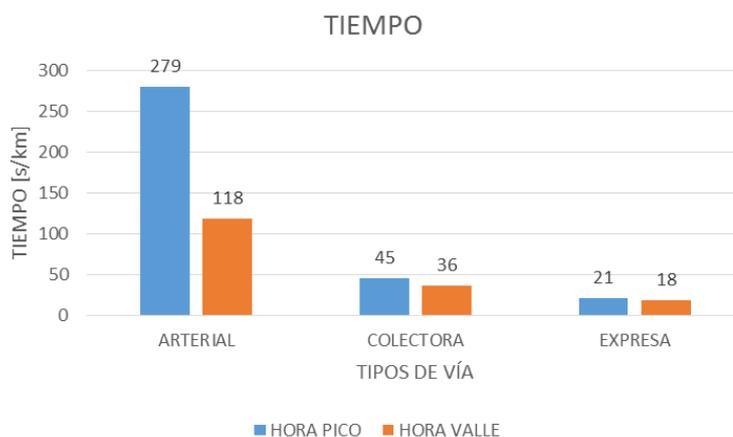


Figura 3.46. Tiempo en hora pico y hora valle para los 3 tipos de vía de la ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

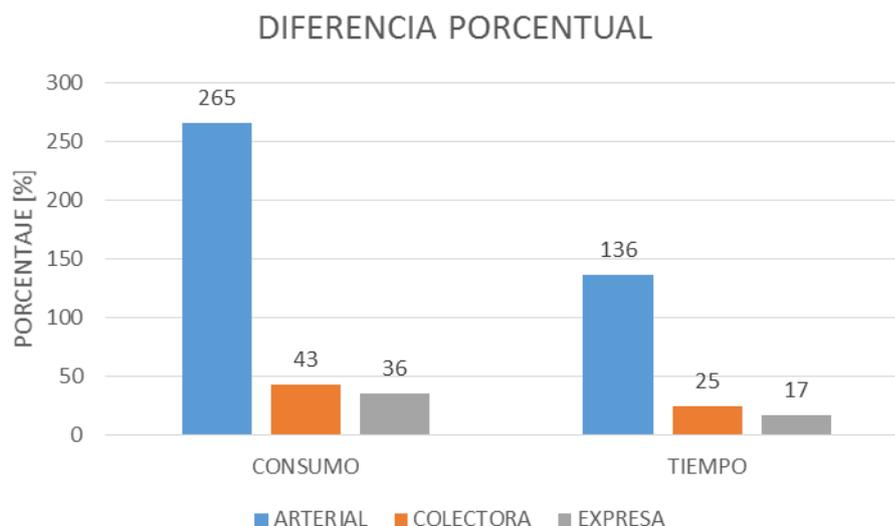


Figura 3.47. Diferencia porcentual de tiempo y consumo por tipo de vía en ruta UDA – Colegio Borja, Colegio Borja – UDA.

3.3 Costos por congestiónamiento vehicular de cada tipo de vía en las siete rutas planteadas.

El costo por congestiónamiento vehicular de cada tipo de vía, se calculó mediante el cociente entre el costo por congestiónamiento vehicular y la distancia de cada tipo de tramo; sea este arterial, colector, local, expresa, o locales.

3.3.1 Ruta Av. 10 de Agosto.

Tabla 3.41 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta Av. 10 de Agosto

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	Colectora	8,53	0,043
Distancia total [Km]		8,53	

3.3.2 Ruta UDA-U. Católica, U. Católica-UDA

Tabla 3.42 Costo por congestionamiento vehicular por tipo de vía ruta UDA-U. Católica, U. Católica-UDA

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	ARTERIAL	1,12	0,621
2	ARTERIAL	1,11	0,627
3	COLECTORA	1,12	0,621
4	COLECTORA	0,6	1,160
5	ARTERIAL	0,65	1,071
6	COLECTORA	0,16	4,350
7	COLECTORA	0,34	2,047
8	COLECTORA	0,82	0,849
9	ARTERIAL	0,92	0,757
10	ARTERIAL	0,52	1,338
11	COLECTORA	0,26	2,677
12	COLECTORA	0,42	1,657
13	ARTERIAL	0,46	1,513
14	LOCAL	0,45	1,547
15	COLECTORA	0,39	1,785
16	ARTERIAL	0,1	6,960
17	LOCAL	0,39	1,785
18	COLECTORA	1,32	0,527
19	ARTERIAL	1,11	0,627
20	ARTERIAL	1,12	0,621
Distancia total [Km]		13,38	

3.3.3 Ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

Tabla 3.43 Costo por congestamiento vehicular por tipo de vía ruta UDA-Pasos, Pasos-UDA.

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	ARTERIAL	1,18	0,472
2	ARTERIAL	0,52	1,072
3	COLECTORA	0,17	3,278
4	COLECTORA	2,45	0,227
5	ARTERIAL	0,10	5,572
6	COLECTORA	1,80	0,310
7	COLECTORA	0,61	0,914
8	COLECTORA	0,61	0,914
9	ARTERIAL	1,80	0,310
10	ARTERIAL	0,10	5,572
11	COLECTORA	2,45	0,227
12	COLECTORA	0,17	3,278
13	ARTERIAL	0,52	1,072
14	LOCAL	1,18	0,472
Distancia total [Km]		13,66	

3.3.4 Ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA

Tabla 3.44 Costo por congestamiento vehicular por tipo de vía en ruta UDA-Graiman, Graiman-UDA

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	ARTERIAL	0,97	1,148
2	COLECTORA	0,52	2,141
3	COLECTORA	0,86	1,294
4	ARTERIAL	1,67	0,667
5	ARTERIAL	0,15	7,421
6	COLECTORA	0,62	1,795
7	COLECTORA	2,33	0,478
8	COLECTORA	2,33	0,478
9	COLECTORA	0,62	1,795
10	ARTERIAL	0,15	7,421
11	ARTERIAL	1,67	0,667
12	COLECTORA	1,06	1,050
13	ARTERIAL	1,34	0,831
Distancia total [Km]		14,29	

3.3.5 Ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi- UDA

Tabla 3.45 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta UDA-Supermaxi, Supermaxi- UDA

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	COLECTORA	0,57	1,163
2	COLECTORA	2,22	0,299
3	COLECTORA	0,77	0,861
4	ARTERIAL	1,00	0,663
5	COLECTORA	0,70	0,947
6	COLECTORA	0,70	0,947
7	ARTERIAL	1,00	0,663
8	COLECTORA	0,77	0,861
9	COLECTORA	2,22	0,299
10	COLECTORA	0,57	1,163
Distancia total [Km]		10,52	

3.3.6 Ruta UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA.

Tabla 3.46 Costo por congestiónamiento vehicular por tipo de vía en ruta en UDA-Redondel de las Cholas, Redondel de las Cholas-UDA

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	ARTERIAL	3,8	0,110
2	COLECTORA	0,3	1,392
3	ARTERIAL	1,39	0,300
4	ARTERIAL	1,39	0,300
5	COLECTORA	0,3	1,392
6	ARTERIAL	3,8	0,110
Distancia total [Km]		10,98	

3.3.7 Ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

Tabla 3.47 Costo por congestionamiento vehicular por tipo de vía en ruta UDA-Colegio Borja, Colegio Borja UDA.

TRAMOS	TIPO DE VIA	DISTANCIA [Km]	COSTO POR TIPO DE VIA [\$/km]
1	COLECTORA	0,4	0,635
2	EXPRESA	4,5	0,056
3	ARTERIAL	0,11	2,310
4	COLECTORA	1,2	0,212
5	COLECTORA	1,2	0,212
6	ARTERIAL	0,11	2,310
7	EXPRESA	6,29	0,040
8	COLECTORA	0,40	0,635
Distancia total		14,21	

3.4 Costo promedio por congestionamiento vehicular de tipo de vías.

El costo promedio total por kilómetro de cada tipo de vía se obtuvo mediante la media aritmética de los costos por tipo de vía de cada una de las 7 rutas tomando en cuenta el costo debido al tiempo perdido y al costo debido al consumo de combustible durante el congestionamiento vehicular. La tabla 3.42 muestra el costo promedio para cada tipo de vía.

Tabla 3.48 Costo promedio por congestionamiento vehicular de tipo de vías.

Tipo de vía	Costo debido al tiempo de demora [\$/Km]	Costo debido al consumo de combustible [\$/Km]	Costo total [\$/Km]
ARTERIAL	1,62 ± 0,6	0,12 ± 0,004	1,74 ± 0,70
COLECTORA	1,15 ± 0,31	0,085 ± 0,002	1,23 ± 0,31
EXPRESA	0,043 ± 0,014	0,0051 ± 0,00012	0,048 ± 0,015
LOCAL	1,18 ± 0,73	0,092 ± 0,005	1,26 ± 0,73

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2.3 Conclusiones.

- La metodología aplicada para la estimación del sobrecosto por congestiónamiento vehicular está asociada a la suma del costo por tiempo perdido y el costo por consumo de combustible. El costo por tiempo perdido o tiempo de retardo involucra el producto del tiempo de retardo, el valor del tiempo tomando como referencia el salario básico unificado en Ecuador y el número de recorridos.

El costo por consumo de combustible es el consumo de combustible adicional multiplicado por el costo del combustible.

- Según el Plan de Movilidad de Cuenca, los horarios de mayor congestiónamiento vehicular en la ciudad son: 7h00, 13h00 y 18h00. El levantamiento de información de todas las rutas se realizaron en los 3 horarios, para poder elegir el peor escenario y comparar con el horario valle (23h00 – 1h00).

Obteniendo en promedio las siguientes demoras:

Tabla 4.1. Promedio de las demoras en los horarios pico.

HORARIOS	AUMENTO DE LA DEMORA
7h00 – 8h00	41%
13h00 – 14h00	65%
18h00 – 19h00	93%

Al obtener estos datos se observó que en todas las rutas existió mayor congestiónamiento en el tercer horario (18h00), por ello para el cálculo del sobrecosto por congestiónamiento vehicular se ocupó el levantamiento de información de la tarde, considerando el peor escenario.

Con un promedio de 8 recorridos por ruta para horario pico y valle.

El tipo de vía que se observó que fue la más afectada por el congestiónamiento vehicular fue la arterial y la menos afectada fue la expresa.

Obteniendo los siguientes resultados:

4.1.1 Tiempo:

Tabla 4.2. Porcentaje del tiempo adicional por tipo de vía.

TIPO DE VIA	%
ARTERIAL	84
LOCAL	61
COLECTORA	53
EXPRESA	17

4.1.2 Consumo:

Tabla 4.3. Porcentaje del consumo de combustible adicional por tipo de vía.

TIPO DE VIA	%
ARTERIAL	97
COLECTORA	68
EXPRESA	36
LOCAL	10

4.1.3 Costo:

Tabla 4.4. Porcentaje del costo del congestionamiento por tipo de vía.

TIPO DE VIA	%
ARTERIAL	39.8
COLECTORA	29.3
LOCAL	23.8
EXPRESA	1.1

De todas las rutas del estudio, las 5 zonas con mayor tiempo de retraso son:

Tabla 4.5. Cinco zonas con mayor congestionamiento vehicular respecto al tiempo adicional.

TIPO	CALLE	SECTOR	%
Colectora	Av. Don Bosco	Tres puentes	345
Colectora	Nicanor Merchán	Av. Héroe de Verdeloma	235
Colectora	Simón Bolívar	Colegio Sagrados Corazones	222
Arterial	Av. De las Américas	Universidad Católica	209
Arterial	Av. De las Américas	Av. Isabel la Católica	201

De todas las rutas del estudio, las 5 zonas que presentaron el mayor combustible adicional son:

Tabla 4.6. Cinco zonas con mayor congestamiento vehicular respecto al consumo de combustible.

TIPO	CALLE	SECTOR	%
Arterial	Av. De las Américas	Bomba Simón Bolívar	319
Arterial	Unidad Nacional	Coliseo Jefferson Pérez	303
Arterial	Av. España	Chola Cuencana	241
Arterial	Huayna Capac	El Vergel	237
Colectora	Av. Paraíso	Parque el paraíso	230

2.4 Recomendaciones.

El levantamiento de información se realizó en los meses comprendidos entre mayo y agosto del 2017, tiempo en el cual hubo periodo de clases y periodo vacacional, en caso de realizar un levantamiento de información de este tipo, se recomienda realizarlo en fechas del periodo de clases, para obtener datos más semejantes.

Utilizar equipos de medición de flujo para obtener un valor real de consumo de combustible.

BIBLIOGRAFIA

- Dupuy, G. (2011). *Towards sustainable Transport: The challenge of car dependence*
- Arias, C. (2007). *PLANIFICACION DEL TRANSPORTE*.
- Cuenca, P. D. E. M. D. E. (2015). Plan de movilidad de cuenca 2015-2025.
- Fernández, R. (2004). *Gestión ambiental de tránsito: cómo la ingeniería de transporte puede contribuir a la mejoría del ambiente urbano, XXIX, 97–107*.
- Goodwin, P. (2004). *ESRC Transport Studies Unit University College London THE ECONOMIC COSTS OF ROAD TRAFFIC CONGESTION, (May)*.
- Hem Data. (2017). *Hem Data*. Retrieved from <http://www.hemdata.com/products/dawn/obd-mini-logger>
- MAO, L., ZHANG, X., & DUAN, L. (2014). *Analysis and Research of the Social Cost of Traffic Congestion in Beijing*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1061/9780784413623.261>
- Muñoz Puentes, P. E. (2014). *Metodología para evaluar los sobrecostos por congestión vehicular en la malla vial arterial principal de la ciudad de Bogotá D.C., 183*. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/45992/>
- Ordoñez, S. (2016). *Evaluación de una bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca*.
- Speck, J. (2012). *Walkable city: How downtown can save America, one step at a time*. *Urban Planning, 321*.
- Thomson, I., & Bull, A. (2002a). La congestión del y consecuencias económicas y sociales.
- Thomson, I., & Bull, A. (2002b). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. *Revista de la CEPAL*.
- Vela, S. del R. (2013). *Análisis del flujo vehicular y costo del tráfico en avenida Las Américas y cuarta calle de la zona 3 de la ciudad de Quetzaltenango*. *Departamento de Investigación Y Proyección*.
- Weisbrod, G., Vary, D., & Treyz, G. (2003). *Measuring Economic Costs of Urban Traffic Congestion to Business, (3), 98–106*.
- Moyano, C. (2017). *Estimación de la contaminación del aire generada por efecto de la circulación vehicular motorizada en la Av. 10 de Agosto de la ciudad de Cuenca - Ecuador, usando la herramienta de micro simulación de tránsito Aimsun 8.1*.
- Cedillo, A. G. (n.d.). *Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop*.