



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: ANÁLISIS DE CONGESTIÓN VEHICULAR GENERADA POR
ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS EN EL HIPERCENTRO DE LA CIUDAD
DE IBARRA**

AUTOR: RODRÍGUEZ BONILLA DANIEL ALEJANDRO

DIRECTOR: ING. ROSERO AÑAZCO RAMIRO ANDRÉS, MSc.

Ibarra, Abril 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “ANÁLISIS DE CONGESTIÓN VEHICULAR GENERADA POR ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS EN EL HIPERCENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA” presentado por el señor: Daniel Rodríguez con número de cédula 1003832597, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 22 días del mes de abril del 2021.

Atentamente

RAMIRO ANDRES
ROSERO
ANAZCO



Firmado digitalmente
por RAMIRO ANDRES
ROSERO ANAZCO
Fecha: 2021.04.22
18:26:56 -05'00'

Ing. Ramiro Rosero MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003832597		
APellidos y Nombres:	RODRÍGUEZ BONILLA DANIEL ALEJANDRO		
DIRECCIÓN:	IBARRA – AV. ATAHUALPA Y CALLE LOS QUIJOS CASA B2		
EMAIL:	darodriguezb@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-	TELÉFONO MÓVIL:	0993047712

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE CONGESTIÓN VEHICULAR GENERADA POR ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS EN EL HIPERCENTRO DE LA CIUDAD DE IBARRA
AUTOR (ES):	RODRÍGUEZ BONILLA DANIEL ALEJANDRO
FECHA: DD/MM/AAAA	23/04/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	ING. RAMIRO ROSERO MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de abril de 2021

EL AUTOR:

(Firma).....


Nombre: Daniel Alejandro Rodríguez Bonilla

DEDICATORIA

A mis padres por haber depositado todo su esfuerzo en forjar mi camino y darme la oportunidad de establecerme como profesional, dedico este logro a ustedes quienes caminaron en todo momento a mi lado y siempre fueron mi inspiración.

Daniel Rodríguez B.

AGRADECIMIENTO

Especialmente quiero extender un profundo agradecimiento a mi familia, quienes, por medio de su incondicional apoyo moral y económico, han hecho de esta meta una realidad.

A todos quienes formaron parte de mi trayectoria académica, a la Universidad Técnica del Norte, así como a todo el personal docente de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz quienes me han brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional.

A mis compañeros y amigos, gratos momentos compartidos dentro y fuera de las aulas.

Daniel Rodríguez B

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I	1
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Delimitación temporal y espacial	3
1.6 Alcance	3
1.7 Justificación	4
1.8 Generalidades del Cantón Ibarra	5
1.8.1 Datos demográficos de Ibarra	5
1.8.2 División política de la ciudad de Ibarra	5
1.8.3 Sectorización	5
1.8.4 Infraestructura vial del cantón Ibarra	8
1.8.5 Concentración de actividades	8
1.8.6 Generadores y atractores de viajes	8
1.9 Sistema de transporte terrestre	9
1.9.1 Transporte terrestre según su clase	10
1.9.2 Transporte público	10
1.9.3 Transporte privado	10
1.9.4 Clasificación del transporte por motorización	11
1.9.5 Transporte público vs privado	12
1.10 Tránsito vehicular	13
1.10.1 Elementos básicos del tránsito	13
1.10.2 Congestión vehicular	14
1.10.3 Causas de la congestión vehicular	15
1.10.4 Efectos de la congestión vehicular	17

1.11	Análisis del tráfico urbano	19
1.11.1	Aforo vehicular	19
1.11.2	Métodos de conteo de vehículos	19
1.11.3	Variables de flujo vehicular	20
1.12	Contaminación por efecto de la congestión	22
1.12.1	Contaminación acústica	22
1.12.2	Emisiones contaminantes	22
CAPÍTULO II		25
2	MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1	Tipo de investigación	25
2.2	Métodos e instrumentos utilizados	25
2.3	Flujograma de desarrollo	26
2.4	Caracterización del hipercentro	27
2.4.1	Accesos al hipercentro	28
2.4.2	Centros Educativos	28
2.4.3	Puntos de conflicto	30
2.4.4	Congestión vehicular en centros Educativos	30
2.4.5	Selección de Unidades Educativas	30
2.4.6	Franja horaria	31
2.5	Metodología de obtención de datos	32
2.5.1	Aforo de volumen vehicular	33
2.5.2	Cálculo de Variables de tráfico	33
2.5.3	Estaciones de Aforo	35
2.5.4	Formato para registro de datos	37
2.5.5	Método de conteo directo	37
2.5.6	Procedimiento de campo	37
2.5.7	Registro de datos y procesamiento de la información	38
2.6	Encuesta a la Población	38
2.6.1	Parámetros de Diseño - Variables	38
2.6.2	Modo de Transporte	38
2.6.3	Frecuencia	39
2.6.4	Capacidad	39
2.6.5	Origen de los desplazamientos	39
2.6.6	Selección de la muestra	42
2.7	Cálculo del consumo de energético	48
2.7.1	Factor de consumo energético promedio	48
2.7.2	Consumo energético unitario	49
2.7.3	Tasa de ocupación de los medios de transporte	50
2.7.4	Consumo energético por medio de transporte	50
2.7.5	Consumo por sector vehicular	52
2.7.6	Densidad energética del Combustible	52

2.7.7	Consumo energético expresado en volumen	52
2.8	Contaminación por concurrencia	53
2.8.1	Factor de emisión de CO ₂ eq	53
2.8.2	Cálculo Emisiones de CO ₂ eq	54
CAPÍTULO III		56
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
3.1	Flujo de tránsito vehicular	56
3.1.2	Tasas de flujo	57
3.1.3	Tasa de flujo máximo vs volumen horario	59
3.1.4	Flujo vehicular por sentido	61
3.1.5	Distribución direccional del tránsito	67
3.1.6	Composición vehicular	69
3.1.7	Composición vehicular por sentido	70
3.1.8	Factor hora pico (FHP)	74
3.2	Movilidad Educativa	75
3.2.1	Modo de Transporte	75
3.2.2	Ocupación de los medios de Transporte	76
3.2.3	Ocupación del Automóvil	79
3.2.4	Ocupación del automóvil trayecto de ida	80
3.2.5	Ocupación del automóvil trayecto de retorno	81
3.2.6	Generación de viajes por zona	82
3.2.7	Puntos de Origen – destino	83
3.2.8	Cantidad de viajes por Institución	92
3.2.9	Viajes generados en función del tipo de vehículo	93
3.2.10	Distancia recorrida	94
3.3	Consumo de energía en los medios de transporte	95
3.3.1	Consumo energético unitario	95
3.3.2	Consumo energético en el transporte	97
3.3.3	Consumo por sector vehicular	97
3.3.4	Consumo por Institución	98
3.3.5	Comparación del consumo energético por trayecto	99
3.3.6	Consumo de energía por medio de transporte	99
3.4	Emisiones de efecto Invernadero CO₂ eq	106
3.4.1	Volumen total de combustible	106
3.4.2	Emisiones por sector vehicular	106
3.4.3	Emisiones generadas por institución	108
3.5	Costo del consumo de combustible	113
3.5.1	Costo semanal	114
3.5.2	Costo anual	115
CAPÍTULO IV		116

4 Conclusiones y Recomendaciones	116
4.1 Conclusiones	116
4.2 Recomendaciones	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	124

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM	PÁGINA
1.1 Zonas del Hipercentro	7
1.2 Generadores y atractores de viaje	9
1.3 Clasificación vehicular por categoría	12
2.1 Accesos al hipercentro	28
2.2 Unidades Educativas en el hipercentro de Ibarra	29
2.3 Franja horaria	31
2.4 Horarios de ingreso y salida, ambiente principal	32
2.5 Estaciones de aforo	36
2.6 Distancias Origen – Destino, zona urbana	41
2.7 Distancias origen – destino, zona rural y otros cantones	42
2.8 Centros educativos según el tipo de sostenimiento	43
2.9 Población educativa 2019	43
2.10 Niveles de seguridad y sus coeficientes	44
2.11 Coeficientes de elevación	47
2.12 Factor de consumo promedio para cada medio de transporte	49
2.13 Tasa de ocupación de los medios de transporte	50
2.14 Distancia recorrida por trayecto	51
2.15 Densidad energética del combustible	52
2.16 Factor de emisión de CO2 eq	54
3.1 Variables de flujo vehicular por estación y horario	56
3.2 Registro de volúmenes y tasas de flujo por estación	59
3.3 Registro del tránsito vehicular por sentido y período en la estación 1	62

3.4	Registro del tránsito vehicular por sentido y período en la estación 2	64
3.5	Registro del tránsito vehicular por sentido y período en la estación 3	66
3.6	Registro de aforo vehicular por sentido en la Estación 1	71
3.7	Registro de aforo vehicular por sentido en la Estación 2	72
3.8	Registro de aforo vehicular por sentido en la Estación 3	73
3.9	Valores del factor hora pico por estación	75
3.10	Viajes semanales generados por zona	82
3.11	Viajes generados por la zona urbana	84
3.12	Viajes diarios y semanales	93
3.13	Viajes semanales en función del tipo de vehículo	94
3.14	Distancia en función del medio de transporte	94
3.15	Consumo Unitario	95
3.16	Situación actual del consumo energético en el transporte	97
3.17	Variación del consumo energético por trayecto (UE1)	101
3.18	Variación del consumo energético por trayecto (UE2)	102
3.19	Variación del consumo energético por trayecto (UE3)	103
3.20	Variación del consumo energético por trayecto (UE4)	105
3.21	Volumen de combustible consumido expresado en galones	106
3.22	CO2 equivalente generado en función del consumo	107
3.23	Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE1)	108
3.24	Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE2)	110
3.25	Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE3)	111
3.26	Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE4)	112
3.27	Costo de los combustibles en Ecuador	114
3.28	Costo económico del consumo de combustible	114

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM	PÁGINA
1.1 Sectorización de la ciudad de Ibarra	6
1.2 Ocupación de espacio por modo de transporte	13
1.3 Elementos básicos del tránsito	14
1.4 Causas y efectos de la congestión vehicular	15
1.5 Nivel de <i>CO2</i> producido por tipo de vehículo	23
2.1 Flujograma de desarrollo	26
2.2 Hipercentro de Ibarra y sus accesos	27
2.3 Estaciones de aforo, vista satelital	36
2.4 Sectores urbanos de la ciudad de Ibarra	40
2.5. Flujograma para estimación de consumo y emisiones	48
3.1 Volumen por estación en horas de máxima demanda	57
3.2 Volúmenes sub -horarios, Periodo (6h30 – 7h30)	58
3.3 Volúmenes sub -horarios, Periodo (12h30 – 13h30)	58
3.4 Comparación entre el volumen horario y tasa de flujo (6h30-7h30)	60
3.5 Comparación entre el volumen horario y tasa de flujo (12h30-13h30)	61
3.6 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (6h30 – 7h30)	62
3.7 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (12h30 – 13h30)	63
3.8 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (6h30 – 7h30)	64
3.9 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (12h30 – 13h30)	65
3.10 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (6h30 – 7h30)	66
3.11 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (12h30 – 13h30)	67

3.12	Distribución direccional por estación, periodo (6h30 – 7h30)	68
3.13	Distribución direccional por estación, periodo (12h30 – 13h30)	68
3.14	Composición vehicular hora de máxima demanda (6h30 – 7h30)	69
3.15	Composición vehicular hora de máxima demanda (12h30 – 13h30)	70
3.16	Composición vehicular por sentido y horario en la Estación 1	71
3.17	Composición vehicular por sentido y horario en la Estación 2	72
3.18	Composición vehicular por sentido y horario en la Estación 3	74
3.19	Modos de transporte de la comunidad educativa	76
3.20	Ocupación de los medios de transporte en el trayecto de ida	77
3.21	Ocupación de los medios de transporte en el trayecto de retorno	78
3.22	Ocupación del automóvil por trayecto	79
3.23	Ocupación del automóvil trayecto de ida	80
3.24	Ocupación del automóvil trayecto de retorno	81
3.25	Porcentaje de viajes según la zona	83
3.26	Cantidad total de viajes semanales por sector	85
3.27	Cantidad de viajes semanales por sector (UE1)	86
3.28	Cantidad de viajes semanales por sector (UE2)	87
3.29	Cantidad de viajes semanales por sector (UE3)	88
3.30	Cantidad de viajes semanales por sector (UE4)	89
3.31	Viajes generados en la zona rural	90
3.32	Viajes generados en la zona rural por Institución	90
3.33	Viajes semanales generados desde otro cantón	91
3.34	Viajes semanales generados desde otro cantón por cada institución	92
3.35	Factor de consumo energético por usuario	96
3.36	Consumo energético por institución	98

3.37	Consumo energético en función del trayecto	99
3.38	Consumo energético en función del trayecto y modo de transporte	100
3.39	Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte	101
3.40	Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte	102
3.41	Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte	104
3.42	Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte	105
3.43	Porcentaje CO2 eq generado por cada medio de transporte	107
3.44	CO2 eq generado por cada medio de transporte (UE1)	109
3.45	CO2 eq generado por cada medio de transporte (UE2)	110
3.46	CO2 eq generado por cada medio de transporte (UE3)	111
3.47	CO2 eq generado por cada medio de transporte (UE4)	113

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM	PÁGINA
2.1 Volumen de tránsito	33
2.2 Factor hora pico	35
2.3 Cálculo de la muestra	44
2.4 Cálculo de la muestra UE1	45
2.5 Cálculo de la muestra UE2	45
2.6 Cálculo de la muestra UE3	46
2.7 Cálculo de la muestra UE4	46
2.8 Muestra total	47
2.9 Coeficiente de elevación	47
2.10 Consumo energético unitario	49
2.11 Distancia Recorrida	51
2.12 Consumo por sector vehicular	52
2.13 Volumen de combustible	53
2.14 Factor de emisión del Diesel	54
2.15 Factor de emisión de la gasolina	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM		PÁGINA
1.	Formato Aforo	125
2.	Formato Encuesta	126
3.	Registro de datos del aforo	127
4.	Oficios	130
5.	Interfaz ordenamiento y procesamiento de datos	134
6.	Aplicación de encuestas	135

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un estudio relacionado con la “Congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hipercentro de la ciudad de Ibarra”. El desarrollo de este tema de investigación se encuentra dividido en 4 capítulos, el primer capítulo se enfoca en la problemática relacionada con el uso inadecuado de los medios de transporte cuyo impacto se ve reflejado en problemas de congestión vehicular, mayor consumo energético e incremento de emisiones contaminantes que repercuten directamente en la calidad de vida de las personas y el ambiente, se muestra una recopilación bibliográfica sobre conceptos y generalidades del cantón Ibarra en relación con la movilidad educativa, a su vez se menciona temas sobre infraestructura vial, sistema de transporte, congestión vehicular y sus efectos negativos. En cuanto al capítulo II se presenta la metodología e instrumentos utilizados para el desarrollo de cada objetivo, en primera instancia se identificó puntos de conflicto vehicular mediante observaciones “In Situ” e informes, base necesaria para la toma de una medida de tráfico mediante el método de conteo directo en tres estaciones, así mismo se aplicó una encuesta sobre patrones de movilidad en 4 unidades educativas vinculadas a las estaciones de aforo, con lo que se obtuvo datos necesarios para la estimación de consumo energético y emisiones de efecto invernadero (GEI), esto apoyado con aplicación factores promedio. En el capítulo III que muestra el análisis y discusión de los resultados, cabe resaltar que en el hipercentro de Ibarra el conflicto vehicular se ve asociado al incremento del flujo vehicular en ciertos lapsos de tiempo dentro de una hora, dichos lapsos corresponden a los horarios de ingreso y salida de los estudiantes, quienes a su vez optan por modalidades de transporte como el automóvil, en tres de las instituciones educativas el porcentaje de uso de este medio de transporte ronda por el 50 % vs un 30 % para el autobús, a su vez el uso del automóvil genera aproximadamente el 50% del total de emisiones de efecto invernadero con respecto a los demás medios de transporte encontrándose incluso por encima de las emisiones generadas por el autobús.

ABSTRACT

The purpose of this work is to carry out a study related to the "Traffic congestion generated by educational establishments in the hyper center of the Ibarra city". The development of this research topic is divided into 4 chapters, the first chapter focuses on the problem related to the inappropriate use of means of transport whose impact is reflected in traffic congestion problems, higher energy consumption and increased emissions pollutants that have a direct impact on the quality of life of people and the environment, a bibliographic compilation is shown on concepts and generalities of the Ibarra city in relation to educational mobility, in turn it mentions issues on road infrastructure, transport system, traffic congestion and its negative effects. Regarding chapter II, the methodology and instruments used for the development of each objective are presented. In the first instance, vehicular conflict points were identified through "In Situ" observations and reports, a necessary basis for taking a traffic measurement using the method of direct counting in three stations, likewise a survey on mobility patterns was applied in 4 educational units linked to the gauging stations, with which the necessary data was obtained for the estimation of energy consumption and greenhouse effect emissions (GEI), this supported with application average factors. In chapter III, which shows the analysis and discussion of the results, it should be noted that in the hyper center of Ibarra the vehicular conflict is associated with the increase in traffic flow in certain periods of time within an hour, said periods correspond to the hours of Entry and exit of students, who in turn choose modes of transport such as the car, in three of the educational institutions the percentage of use of this means of transport is around 50% vs 30% for the bus, at their own expense. Once the use of the car generates approximately 50% of the total greenhouse effect emissions with respect to other means of transport, being even above the emissions generated by the bus.

INTRODUCCIÓN

La accesibilidad a vehículos automotores se ha potenciado en los últimos años y ha permitido que los usuarios puedan tener una mayor movilidad individual, la cual sumada al notable crecimiento de la población, la inadecuada infraestructura vial y la deficiente aplicación de políticas de control de transporte urbano, ha fomentado la congestión vehicular, ocasionando desorden en las vías y causando una serie de problemas que en algunas ciudades alcanzan niveles notablemente superiores a los aceptables. Una de las consecuencias más palpables de la congestión vehicular corresponde al aumento de tiempos de viaje a conductores y pasajeros de vehículos motorizados, así como a peatones y rodados, producto del número de usuarios que quiere simultáneamente utilizar el mismo medio para movilizarse (Fernández & Valenzuela, 2004, pág. 102). Además, genera lentitud de desplazamiento, embotellamiento, ruido excesivo, consumo energético, contaminación ambiental y situaciones de estrés que provoca comportamientos agresivos de los conductores, pudiendo ocasionar percances de carácter conflictivo.

El comportamiento de los conductores, las condiciones de infraestructura vial y los vehículos, hacen notar que brindan una capacidad inferior a comparación con la situación europea o de Norte América. Según un estudio realizado en Caracas en el año de 1970 se llegó a la conclusión de que una autopista de las mismas características que una europea tenía apenas el 67% de la capacidad automotriz. Esta diferencia significativa varía dependiendo de la ciudad y sus condiciones, evidenciando que las calles de América latina son más propensas a desarrollar congestión del tránsito vehicular. Ibarra dispone de calles medianas y angostas como cualquier ciudad colonial, compuesta por innumerables intersecciones, redondeles y parques que se convierten en un foco generador de congestión vehicular en las principales calles de la Urbe. En Ibarra Alrededor del 40 % de las Instituciones Educativas están ubicadas en el Hipercentro de la Ciudad. Razón por la cual se crea la necesidad de movilizarse y optar por diferentes modos de transporte como el transporte público y privado en horarios conflictivos como lo son las 'Horas Pico' (06h30 a 08h00, 12h30 a 13h30 y 17h00. Ocasionando de esta manera mayor congestión vehicular en el centro de la Ciudad de Ibarra.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ANTECEDENTES

La congestión vehicular va en aumento en gran parte del mundo debido al notable crecimiento del parque automotor, en Ecuador según datos del anuario de transporte publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, indica que en 2018 se registraron matriculados 2 403 651 vehículos, 59% más que lo registrado en 2010 (INEC, 2018, pág. 7).

Según datos obtenidos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, en el país existe cerca de un vehículo por cada trece habitantes lo que representa un número considerable de vehículos que circulan por el territorio (AEADE, 2017, pág. 12). Dicha cantidad de vehículos automotores ejerce una creciente presión sobre la capacidad máxima de las vías públicas existentes, la principal manifestación de la congestión vehicular es la reducción progresiva de las velocidades de circulación en las vías, más conocido como fluidez vehicular, que se traduce en consumo de combustible, contaminación ambiental, aumento de tiempo de viaje y de otros costos de operación, con respecto a un flujo vehicular. En ciertas horas del día, el incremento de la cantidad de vehículos en la red de transporte produce demoras en la circulación y un aumento de la contaminación que afectan física y anímicamente a los conductores y a los habitantes en general, estas horas son conocidas generalmente como horas pico (Cortínez & Domínguez, 2013, pág. 1). La congestión vehicular conlleva altos costos, por ejemplo, puede considerarse que incrementar en promedio la velocidad de los viajes en automóvil en 1 km/h y los de transporte público en 0.5 km/h generaría una disminución de tiempo de viaje y coste de operación por un valor monetario equivalente a 0.1% del producto interno bruto (PIB) (Thomson, 2000b, pág. 13). La congestión vehicular es provocada principalmente por el intensivo uso del automóvil, destinado a cumplir distintas necesidades de movilidad por parte de los usuarios ya que permite ciertas ventajas como facilitar el desplazamiento, y sentir la sensación de seguridad personal. Sin embargo, se considera poco eficiente para el traslado de personas, al punto que cada ocupante provoca en las horas pico unas once veces la congestión vehicular atribuible a cada usuario de un bus (Bull, 2003, pág. 13).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El parque automotor a nivel mundial crece de manera considerable, Ibarra no es una excepción, lo que ha provocado que en ciertas ocasiones las avenidas y calles principales de la urbe no logren abastecer el exceso de vehículos que existen ya sea en circulación como detenidos. Actualmente la congestión vehicular en Ibarra se ha vuelto un problema para los ciudadanos que viven y transitan, ya que la calidad de vida se ve afectada por el tiempo de viaje que se incrementa a medida que existe mayor congestionamiento. Se estima que en horas pico, un vehículo particular tarda en cruzar la ciudad por las arterias principales entre 15 y 20 minutos. Esta situación es generada debido a problemas de diseño, señalización y conservación de las vías, así como las malas prácticas de conducción de usuarios que irrespetan a los demás. Por consiguiente, se generan efectos negativos como desorden en las vías, incremento en tiempo de desplazamiento, riesgo de atropellamiento, incremento de consumo energético, contaminación acústica y emanación de gases contaminantes hacia la atmósfera, principalmente gases de efecto invernadero (GEI) producidos por la quema de combustibles fósiles. Desde este punto de vista cabe destacar que una parte muy influyente a esta generación de congestión se asume es ocasionada por los vehículos destinados a movilizar estudiantes a los diferentes establecimientos educativos ubicados en su mayoría en el centro de la ciudad. Por lo tanto, es importante conocer en qué medida esta situación afecta a la movilidad, calidad de vida de los habitantes y del medio ambiente. De este modo, se ha planteado la necesidad de realizar un análisis de las condiciones del tráfico y su impacto, así como la incidencia que tienen los establecimientos educativos en generar congestión vehicular. Cabe recalcar que en Ibarra la congestión vehicular es aún controlable a comparación de ciudades más grandes que han optado ya por tomar medidas de restricción a la circulación vehicular.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia que tienen los establecimientos educativos más representativos del hipercentro de la ciudad de Ibarra en el problema de congestión vehicular, consumo energético y contaminación?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el híper-centro de la ciudad de Ibarra.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar puntos de conflicto vehicular en el hipercentro vinculados a centros educativos para realizar una medida de tráfico en el sitio.
- Establecer los patrones de movilidad de la comunidad educativa mediante la aplicación de una encuesta como técnica para el levantamiento de datos.
- Determinar el consumo energético que genera el uso del transporte ocupado por los estudiantes en los establecimientos educativos
- Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero producto del consumo de combustible en los diferentes medios de transporte.

1.5 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL

El presente estudio se lleva a cabo en la ciudad de Ibarra en el área correspondiente al hipercentro de la ciudad, en un tiempo equivalente a dos periodos de actividades académicas.

1.6 ALCANCE

El presente estudio se enfoca en un análisis de congestión vehicular en el híper centro de la ciudad de Ibarra, vinculado principalmente a los viajes realizados por estudiantes hacia los

centros educativos y la incidencia que tienen estos desplazamientos en la generación de congestión vehicular. En este sentido se toma como referencia a los establecimientos educativos de educación general básica y bachillerato que presenten características de conflicto vehicular en su entorno, en relación con las horas de máxima demanda (horas pico), para posteriormente tomar una medida de tráfico en las calles aledañas a dichos establecimientos, en segundo aspecto se obtienen datos acerca de los parámetros de movilidad de los estudiantes por medio de una encuesta, de esta manera se obtienen datos que permitan realizar la estimación tanto de consumo energético como de emisiones contaminantes de efecto invernadero (CO₂ Equivalente). Cabe destacar que en este estudio no se toman en cuenta variables como velocidad, aceleración, desaceleración, estado de ralentí, modo de conducción, condiciones del vehículo y entorno que estén relacionadas y afecten directamente al consumo y emisiones. Por lo tanto, la estimación se realiza únicamente mediante la obtención de datos genéricos de consumo promedio y emisiones para cada tipo de vehículo, obtenidos mediante fuentes primarias y secundarias, tomando en cuenta la distancia de recorrido y tipo de vehículo, datos necesarios para la estimación.

1.7 JUSTIFICACIÓN

En términos generales mediante este estudio se plantea realizar un aporte acerca de las condiciones del tráfico en el hipercentro de la ciudad de Ibarra, para conocer las zonas en donde se denote aglomeración de vehículos, en relación con las horas más críticas de flujo vehicular en donde la intensidad vehicular incrementa, presentando el problema de congestión que conlleva una serie de efectos negativos. De esta manera se hace referencia al Plan nacional para el Buen Vivir 2017-2019, el cual en el tercer objetivo se propone: mejorar la calidad de vida de la población y garantizar el acceso a servicios de transporte y movilidad incluyentes, sustentables y seguros así como optar por alternativas sustentables de transporte para obtener una movilidad eficiente, fortaleciendo la planificación urbana con el fin de mejorar la seguridad vial y promover el uso de un transporte público digno para toda la población (Senplades, 2017). Asimismo, la estimación del consumo de energía y emisiones es también un aporte para que en futuros estudios los resultados obtenidos se comparen con escenarios alternativos de movilidad con relación al entorno educativo.

1.8 GENERALIDADES DEL CANTÓN IBARRA

Ibarra se encuentra asentada en las faldas del volcán Imbabura, luego del terremoto de Ibarra, fue elaborado un mapa de la ciudad, en donde se especificaba que el cantón contaba con sesenta y siete manzanas alineadas perfectamente en cuadrícula con 24 manzanas ocupadas y 41 manzanas ocupadas de forma parcial, en el centro de la urbe, existen 2 plazas separadas por una manzana en donde se encuentra la Gobernación de Imbabura y el municipio en la calle Simón Bolívar, con el cuartel hacia el otro costado (Martínez I. D., 2013).

1.8.1 DATOS DEMOGRÁFICOS DE IBARRA

Ibarra, capital de Imbabura, es el cantón más grande y populoso de la provincia, según datos obtenidos del Instituto nacional de estadísticas y censo, para el 2020 se estima una población de 221 149 habitantes en donde el 77 % se encuentran asentados en la zona urbana de la ciudad, convirtiéndose así en la décimo cuarta ciudad más poblada del Ecuador (INEC I. N., 2010, pág. 14).

1.8.2 DIVISIÓN POLÍTICA DE LA CIUDAD DE IBARRA

El cantón Ibarra cuenta con cinco Parroquias urbanas y seis rurales las urbanas son: Alpachaca, El sagrario, San Francisco, Priorato y Yahuarcocha, Los Ceibos y Caranqui. En cuanto a las rurales se tiene a: La esperanza, Angochagua, Lita, La Carolina, San Antonio, Ambuquí y Salinas.

1.8.3 SECTORIZACIÓN

Los sectores se definen como áreas con similitud espacial en términos de características físicas, socioculturales o funcionales, y se encuentran delimitados por factores de índole natural o artificial. De esta manera un territorio puede sectorizarse bajo tres criterios: perimetral, urbano e hipercentro.

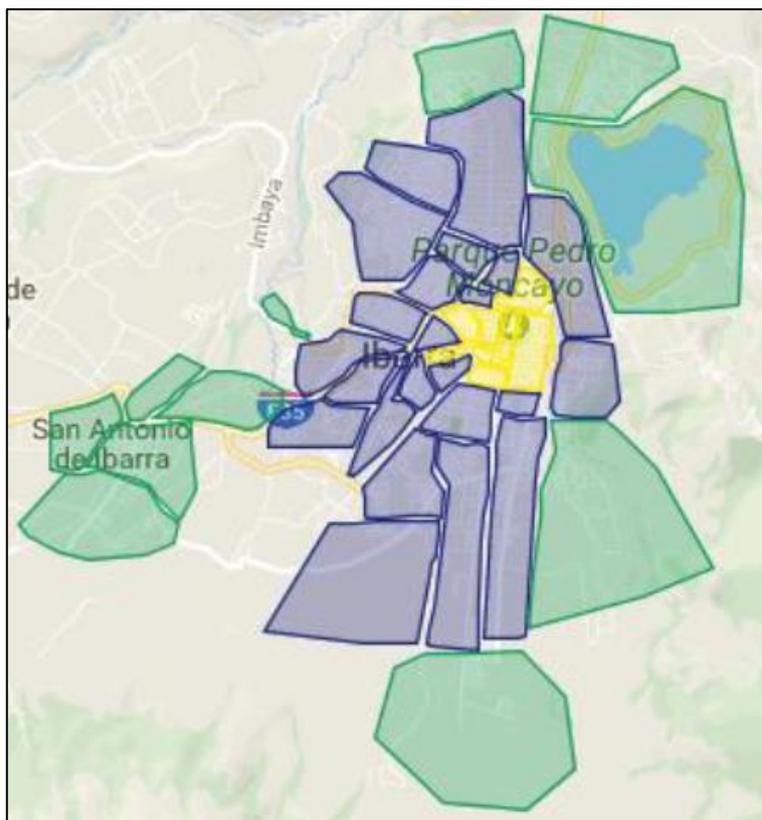


Figura 1.1 Sectorización de la ciudad de Ibarra

En la Figura 1.1, se presenta la sectorización de la ciudad de Ibarra en donde: La sección amarilla, área de interés para el estudio, representa el hipercentro de Ibarra, la zona azul contiene a la zona urbana y finalmente el sector verde presenta la parte periférica de la ciudad.

1.8.3.1 Perimetral

Se define como el territorio externo de la ciudad formado por una franja en mayor o menor grado urbanizada, cuyas partes están localizadas a cierta distancia del centro y a las cuales éste extiende su acción (Arteaga Arredondo, 2005, pág. 98). La zona perimetral tiene lugar en las afueras de la ciudad, aquí no existe acumulación de personas ni de servicios e infraestructura como sucede en la zona Urbana.

1.8.3.2 Urbana

La zona urbana de una ciudad pertenece al sector más sobresaliente en el tema de desarrollo de actividades en los sectores secundarios y terciarios que corresponden a la industria y servicios de todo tipo, se caracteriza por ser un núcleo que aglutina los ámbitos económico, político e incluso religioso. Además, se establece como una zona mercantil, de servicios, y de viviendas habitadas por quienes laboran en tal sitio, generalmente estas zonas de la ciudad tienden a expandirse paulatinamente incluso sobrepasando los límites territoriales, normalmente se desarrollan extensas áreas urbanizadas (Soto Cortés, 2015, pág. 131).

1.8.3.3 Hipercentro

Se refiere a la parte más concurrida de la ciudad, donde se reúnen los lugares de atracción que generan gran movilidad de masas. Este lugar es muy específico y localizado por tener ámbitos diferentes que aglomera a la ciudadanía. Las actividades económicas principales son las de comercio al por mayor y menor, seguido de actividades de alojamiento y servicios de comida, estas acciones representan más del 50 % de las actividades desarrolladas en la zona. (López Lomas, 2018, pág. 23). En la Tabla 1.1 se presentan las zonas que delimitan el hipercentro de Ibarra las cuales pertenecen a las parroquias que aglomeran mayor número de habitantes, parroquia “El Sagrario” y parroquia “San Francisco”.

Tabla 1.1 Zonas del Hipercentro

Zonas Ibarra	Ubicación
Basílica – Colegio Oviedo – Colegio San Francisco hasta Av. Teodoro	Hipercentro
Ilensa – Santo Domingo	Hipercentro
Sánchez y obispo Mosquera	Hipercentro
Mercado Amazonas – CC. Bahía – tía – estación del ferrocarril	Hipercentro
Bolívar – Pedro. Moncayo	Hipercentro
CC. Laguna. Mall y colegio Nacional Ibarra	Hipercentro
Av. Jaime y Rivadeneira y coliseo Luis Leoro F.	Hipercentro
Obelisco – Olmedo – chica Narváez – Parque La Merced	Hipercentro

Fuente: (Cazares & Cuasapaz, 2018, pág. 33)

1.8.4 INFRAESTRUCTURA VIAL DEL CANTÓN IBARRA

El centro de la urbe dispone de calles medianas con dimensiones de entre 8 y 12 metros y calles angostas de hasta 6 metros, debido a su arquitectura colonial cuenta con numerosas intersecciones, redondeles y parques. Gran parte de las calles cuentan con intersecciones semaforizadas, zonas de parqueo público, así como paradas del servicio de transporte urbano, cuyas rutas en su totalidad circulan por las calles del hipercentro. Además, en Ibarra prestan servicio de transporte público 2 Compañías de Buses Urbanos; las cooperativas San Miguel de Ibarra, y 28 de septiembre las cuales ponen a disposición sus servicios al público.

1.8.5 CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDADES

En el Cantón Ibarra el sector más sobresaliente es el que proporciona servicios a la ciudadanía, refiriendo el 58 % de las actividades más importantes como lo son la administración pública, educación, transporte, y todo tipo de comercio (Cornejo & Zorrilla, 2013, pág. 14).

Esta concentración de actividades obliga a los ciudadanos a realizar más viajes hacia el centro de la ciudad, dificultando la movilidad. Como ejemplo en la ciudad de Quito, el 50% de los desplazamientos realizados en vehículo particular y en autobuses tiene como destino el hipercentro (Jácome, 2018).

1.8.6 GENERADORES Y ATRACTORES DE VIAJES

La movilidad interna de una ciudad se ve afectada por la demanda de viajes y las zonas de atracción o relevantes de la ciudad. Los principales motivos de generación de viajes son: comercialización de productos, abastecimiento de insumos, situación laboral, entidades públicas y también por instituciones educativas (Sigetrans, 2015, pág. 680). Para aclarar la formación de estos vectores, se presentan los centros generadores y atractores de viajes de la ciudad de Ibarra en varios tipos.

En la Tabla 1.2, se presenta un resumen de todos los centros atractores y generadores de viaje, así como su peso según el número de establecimientos. Como se puede apreciar entre las más numerosas, se encuentran los establecimientos educativos con una cantidad de 84 centros distribuidos en toda la ciudad.

Tabla 1.2 Generadores y atractores de viaje

Generadores – Atractores de Viaje	Número
Cadenas Comerciales	5
Instituciones Estatales	38
Estudios	7
Centros de Salud	6
Ferías	3
Mercados	5
Hospitales	2
Bomberos	4
Gasolineras	12
Unidades Educativas	84
Parques – Iglesias	27
Municipio	17
Gobernación	1
Prefecturas	1
Clínicas	7
Entidades Financieras	36
Total, de Centros	256

Fuente: (Sigetrans, 2015, pág. 680)

1.9 SISTEMA DE TRANSPORTE TERRESTRE

El sistema de transporte terrestre requiere de infraestructura vial como caminos, calles y carreteras para ejercer sus funcionamientos y cumplir con el fin de conectar pueblos, ciudades o países. De esta manera se convierte en uno de los más importantes tanto para el transporte de mercancías como de pasajeros. La principal ventaja que brinda el transporte terrestre es que puede acceder a cualquier lugar donde existan vías interconectadas, por el

contrario, las desventajas que presenta es el bajo volumen de mercancía que pueden mover en cada trayecto que se refleja en un nivel más alto de contaminación con respecto a otros tipos de transporte además de saturar el sistema vial.

1.9.1 TRANSPORTE TERRESTRE SEGÚN SU CLASE

En Ecuador de acuerdo con la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial determina las siguientes clases de transporte terrestre: Transporte público, comercial, por cuenta propia y particular, que de acuerdo con los requerimientos del estudio se agrupan en dos categorías, en primer lugar, el transporte público que abarca las clases pública y comercial y en segundo aspecto el transporte privado que abarca las clases de transporte por cuenta propia y particular.

1.9.2 TRANSPORTE PÚBLICO

El servicio de transporte público es de carácter colectivo o masivo y es prestado por el Estado, u otorgado mediante un contrato de operación a compañías o cooperativas legalmente constituidas, es utilizado para trasladar personas con su respectiva tarifa. En esta categoría se tienen los autobuses, metros tranvías, teleféricos. En cuanto al transporte comercial se puede mencionar a: taxis y recorridos escolares, estos pueden dar un servicio solo si están vinculados a una operadora o cooperativa de transporte legalmente autorizada, la cual cumpla con los mínimos requisitos de calidad y seguridad estipulado por la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador.

1.9.3 TRANSPORTE PRIVADO

Hace referencia a los medios de transporte que no se encuentran vinculados a instituciones de dependencia pública u operadoras de transporte para ejercer su servicio. La utilización de este tipo de transporte es ocupada con el fin de cumplir intereses únicamente personales.

1.9.4 CLASIFICACIÓN DEL TRANSPORTE POR MOTORIZACIÓN

Se consideran dos grupos, los medios de transporte motorizados que pueden disponer de motores impulsados por combustible en donde se transforma la energía química en energía mecánica o a su vez poseer motores eléctricos. En cuanto a los medios de transporte no motorizados son aquellos que por medio del esfuerzo físico e inercia de una masa logran realizar un desplazamiento.

1.9.4.1 Transporte no motorizado

Entre los modos de transporte no motorizado se puede mencionar los desplazamientos ejecutados a pie o en bicicleta. Estos medios sólo requieren energía de carácter biológico, por tal motivo este tipo de desplazamientos se muestra amigable con la ciudad y sus habitantes ya que no presenta impactos sociales ni ambientales, además resulta saludable para las personas que emplean este modo de transporte (González, 2007, pág. 37).

1.9.4.2 Transporte motorizado

El tipo de vehículo motorizado más utilizado está compuesto por un motor de combustión interna que puede ser a gasolina o diésel, consiste en una mezcla de aire y combustible dentro de una cámara en donde se transforma la energía calorífica en mecánica dando la facilidad de movimiento al vehículo. Entre los más comunes se puede mencionar los siguientes tipos de vehículos según su clasificación por categoría de acuerdo con la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2656-2016.

A continuación, en la Tabla 1.3, se muestra los diferentes tipos de vehículos y su clase según las características físicas que presentan: dimensiones, capacidad, peso, entre otros. Para fines de este estudio se toma en cuenta los vehículos pertenecientes a las clases L, M1, N1, M2, M3.

Tabla 1.3 Clasificación vehicular por categoría

Categoría	Código	Tipo	Esquema
L	L3	Motocicleta	
M1	SED	Sedán	
	SUV	Vehículo deportivo utilitario	
N1	CMT	Camioneta	
M2	FGP	Van/ Furgoneta de pasajeros	
M3	MNB	Minibús	
	Bus	Bus	

Fuente: (NTE-INEN2656, 2016)

1.9.5 TRANSPORTE PÚBLICO VS PRIVADO

Desde el punto de vista de sostenibilidad urbana, el transporte privado es el causante de la congestión vehicular, lo que resulta en considerables pérdidas de tiempo útil que hoy se acumulan en casi todas las áreas urbanas del mundo, según datos de la Unión Europea, los autos requieren hasta cuatro veces más energía por usuario, que lo que se necesita en el transporte público (ADEME, 2009). Y, asimismo, es el responsable de producir el 71% de emisiones atmosféricas del sector automotor (Carme & Melo, 2012, pág. 7).



Figura 1.2 Ocupación de espacio por modo de transporte
(IDAE, 2019, pág. 15)

De acuerdo con la Figura 1.2, que hace referencia a la ocupación del espacio que abarca cada medio de transporte para movilizar 50 000 pasajeros por hora. Se puede interpretar que un autobús permite movilizar las mismas personas que sesenta automóviles con tasas medias de ocupación en ciudad (1,2 personas por Auto).

1.10 TRÁNSITO VEHICULAR

Los estudios de transporte relacionados con el tránsito permiten conocer la interacción de los medios de transporte con la capacidad que ofrece una red vial en un periodo de tiempo determinado, a su vez posibilita la observación de su comportamiento en el entorno vial permitiendo asignarle un nivel de servicio que refleja en qué magnitud el tránsito se ve involucrado en problemas de congestión vehicular.

1.10.1 ELEMENTOS BÁSICOS DEL TRÁNSITO

El tránsito se deriva de una rama de la ingeniería del transporte que establece un nexo entre el vehículo, los usuarios y la infraestructura vial. Naturalmente estos tres elementos no pueden tomarse en cuenta de forma aislada, sino que a su vez se interrelacionan entre sí, de forma que el vehículo se convierte en el nexo entre el factor humano y la vía.



Figura 1.3 Elementos básicos del tránsito
(Araujo, 2016, pág. 7)

De acuerdo con la Figura 1.3, se entiende como usuario a la entidad que hace uso del servicio de transporte, sea este de cualquier tipo, mientras que una vía se refiere al terreno de circulación de los diferentes medios de transporte en donde se establecen normas y leyes según las características de esta. En cuanto al vehículo es el medio utilizado para brindar un servicio de transporte, ya sea a personas, objetos o mercancías.

1.10.2 CONGESTIÓN VEHICULAR

La palabra “congestión” se usa regularmente en el tema del tránsito vehicular, tanto por especialistas de la ingeniería del transporte como por los ciudadanos en general. Según el Diccionario de la (RAE, 2019) define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, lo que significa entorpecer o alterar el paso, el movimiento o circulación de algo” que, en este caso, corresponde al tránsito de vehículos. En este sentido se entiende como la condición en la que numerosos vehículos circulan en un mismo sitio superando la capacidad que ofrece una vía, ocasionando un avance lento e irregular.

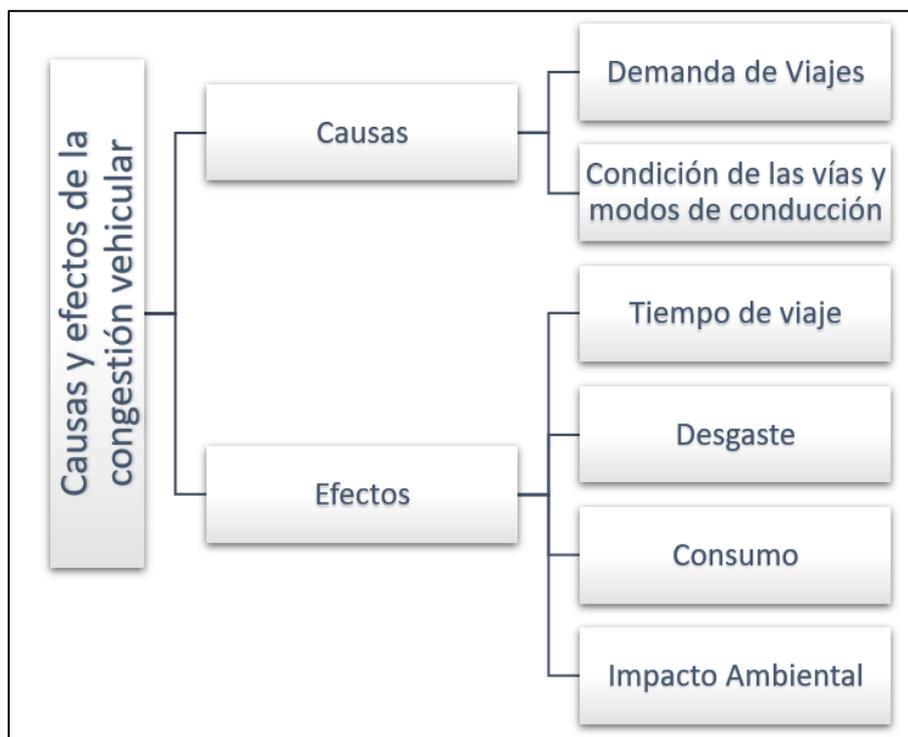


Figura 1.4 Causas y efectos de la congestión vehicular
(Falcocchio & Levinson, 2015, pág. 213)

La Figura 1.4, muestra un esquema de la relación causa y efecto del congestionamiento vehicular en donde las principales causas se atribuyen a la demanda de viajes y condiciones de las vías. La congestión del tránsito vehicular a su vez tiene una serie de efectos negativos como: incremento en el tiempo de viaje, desgaste de los vehículos, mayor consumo de combustible e impacto ambiental.

1.10.3 CAUSAS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR

Existe una serie de circunstancias que provocan la congestión del tránsito vehicular, principalmente en zonas urbanas la congestión vehicular se vuelve más evidente y se le atribuye a la excesiva demanda del transporte en sistema un vial con una oferta limitada, el resto es atribuido a incidentes de tránsito, condiciones de la infraestructura vial y modos de conducción.

1.10.3.1 Concentración de la demanda de viajes en tiempo y espacio

Son pocas las veces en que los desplazamientos se efectúan por el simple deseo de trasladarse de un sitio a otro, sino que surgen de una necesidad de acceder a un lugar en específico para llevar a cabo actividades de diferente índole como; Trabajo, recreación, compras, acceso a servicios, estudio. Todas estas actividades tienen lugar en sitios diferentes por lo que la demanda de un modo de transporte para dicho fin se convierte en una necesidad para la población.

- **Demanda variable del transporte:** La demanda del transporte varía dependiendo del horario, existen horas en las que la concentración de actividades en las áreas metropolitanas provoca una demanda de viajes más intensiva, ocasionando una evidente congestión vehicular con relación a dichos horarios.
- **Limitación de espacios viales:** Los espacios viales que dependen de su diseño poseen una capacidad específica, cuando esta se satura por el exceso de vehículos tanto en circulación como detenidos, se genera la congestión vehicular en distintas zonas, provocando secuelas de contaminación Ambiental, gastos importantes de recursos, y degradación de la calidad de vida de los habitantes.
- **Modos de transporte con características más deseadas:** Ya sea por motivos de comodidad, seguridad, autonomía, gran parte de los usuarios que transitan en las vías optan por usar el automóvil sin embargo estos vehículos son los que mayor espacio vial ocupan por pasajero a comparación de los medios de transporte masivo que desplazan a mayor cantidad de usuarios ocupando menor espacio.

1.10.3.2 Condiciones de las vías y modos de conducción

El diseño inadecuado de las vías en zonas urbanas y la ausencia de mantenimiento provocan una congestión vehicular innecesaria, esto sumado al mal comportamiento de conductores que no demuestran respeto por los demás usuarios con los que comparten las vías.

- Problemas de diseño y mantenimiento de la infraestructura vial: En varias ciudades es muy regular encontrarse con casos de pésima demarcación y señalización de las vías, mal estado de la calzada, paradas de autobuses mal ubicadas y un sin número de deficiencias que dificultan que el tránsito pueda fluir con normalidad. De igual manera las malas condiciones del material de las vías y la presencia de baches, disminuye la capacidad e incrementa la congestión vehicular.
- Conducta de los usuarios de la vía: Muchos de los automovilistas muestran conductas inadecuadas y entorpecen la circulación, interponiéndose en intersecciones bloqueando la vía con el fin de disminuir el tiempo de viaje, generan malestar y perjuicio tanto propio como para los demás usuarios.
- Escasa Información de las condiciones del Tráfico: Un factor importante que afecta a la congestión vehicular es la falta de conocimiento y disponibilidad de información acerca de las condiciones del tráfico. Si un conductor que dispone de dos rutas para llegar a un mismo destino tuviese la información necesaria para saber cuál vía presenta mayor congestión podría optar por la ruta alternativa más despejada de esta manera saldría beneficiado reduciendo su tiempo de viaje y contribuyendo a disminuir la congestión en las vías más saturadas.

1.10.4 EFECTOS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR

La congestión del tránsito vehicular tiene una serie de efectos negativos relacionados con la calidad de vida de los habitantes y su entorno, cuando la demanda del transporte supera la capacidad ofertada por una vía se genera un embotellamiento y desencadena una serie de efectos negativos relacionados con problemas en cuanto a productividad, accesibilidad, movilidad y problemas medioambientales. Entre los más importantes se puede mencionar el incremento en el tiempo de viaje, desgaste de los vehículos, consumo de combustible y por supuesto Impacto ambiental.

1.10.4.1 Tiempo de Viaje

Incremento en el tiempo de viaje de conductores y pasajeros se relaciona con el “Coste de Oportunidad”, se genera una actividad económica no productiva, que afecta a la población. Los retrasos impiden la llegada a una hora estimada hacia el destino deseado. En este sentido se presenta la incapacidad para estimar con precisión la demora en el tiempo de viaje, lo que se traduce en la adición inevitable de tiempo, como medida preventiva antes de partir hacia el destino deseado reduciendo el tiempo disponible para desarrollar otras actividades.

1.10.4.2 Desgaste

La congestión vehicular se encuentra relacionada también con la reducción del tiempo de vida de los vehículos, ya que sufren desgaste a consecuencia de cambios frecuentes de aceleración y frenado debido a la ralentización del tránsito, por lo que hace necesario realizar reparaciones más pronto de lo estimado.

1.10.4.3 Consumo de Combustible

El tipo de transporte más utilizado dentro del sector público es el autobús, por otro lado, la emisión y consumo de combustible de estos se han convertido en un problema tanto ambiental como de salud. Sin embargo, el automóvil al tener una tasa de ocupación baja con respecto al autobús refleja mayor consumo de acuerdo con el servicio que brinda.

1.10.4.4 Impacto Ambiental

La contaminación es un factor crítico asociado directamente con los vehículos o fuentes móviles que generan elementos nocivos para la salud. Aún con las mejoras progresivas que se realizan a los sistemas automotores se sigue teniendo el problema en los gases de escape, los cuales contienen más de 40 sustancias tóxicas y 15 carcinógenas. En la ciudad de Ibarra la contaminación es causada por los autobuses y camiones ya que estos son los que crean

mayor demanda de combustible por lo que generarán elevados niveles de contaminación (López Lomas, 2018, pág. 53).

1.11 ANÁLISIS DEL TRÁFICO URBANO

El análisis de tráfico urbano permite entender el comportamiento y las características del tránsito, por medio de la aplicación de principios matemáticos y leyes de la física se describe la manera en la que circulan los vehículos en cualquier tipo de infraestructura vial, lo cual permite establecer el nivel de eficiencia operacional. Las medidas de tráfico son los factores usados para obtener estimaciones de los problemas de tráfico vehicular para con esto poder evaluar y regular el funcionamiento correcto del mismo (Ibadango, 2014, pág. 32). Para tener una mejor estimación del tráfico urbano se consideran variables relacionadas con el flujo vehicular

1.11.1 AFORO VEHICULAR

En los estudios de tráfico, la medición básica más importante es el conteo o aforo vehicular, que es el registro del volumen de vehículos que pasan por una intersección o sección de una vía durante un periodo de tiempo. Para este fin existen diversos métodos que permiten llevar a cabo el conteo de vehículos.

1.11.2 MÉTODOS DE CONTEO DE VEHÍCULOS

Estos conteos se efectúan para obtener estimaciones del volumen de tráfico, tasa de flujo, densidad y capacidad de tráfico que nos van a servir para el análisis de la congestión producida en estas intersecciones como es uno de los objetivos planteados. Los conteos de tráfico vehicular pueden ser realizados por métodos de conteo manuales y automáticos (Ibadango, 2014, pág. 34).

1.11.2.1 Conteos manuales

Los conteos manuales son irremplazables, ya que con un personal técnico bien capacitado este método es el más efectivo que otros métodos de conteo, estos conteos nos proporcionan información sobre la composición del tráfico en todos los sentidos y giros de circulación en las dos intersecciones de estudio, de forma clasificada según el tipo de vehículo (López Lomas, 2018, pág. 23).

1.11.2.2 Conteos automáticos

Los conteos de vehículos automáticos permiten conocer el volumen del tráfico, pero siempre tiene que ir acompañados de conteos manuales para establecer la composición del tráfico. En equipos de conteo automático debe tomarse en cuenta su óptima calibración, ya que cuentan ejes por pares, de modo que cada que percibe dos impulsos registra el paso de un vehículo (Ibadango, 2014, pág. 41).

1.11.3 VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR

El flujo del tránsito se enfoca en el desarrollo de relaciones matemáticas entre los elementos primarios que conforman un flujo vehicular entre ellos se puede mencionar: volumen, densidad, velocidad. El flujo de vehículos también hace referencia a la magnitud de los movimientos existentes y los tipos de vehículos motorizados que circulan.

1.11.3.1 Volumen de tráfico

Se refiere al número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada durante un periodo de tiempo, generalmente los lapsos de tiempo que se usan frecuentemente son la hora y el día, pero también pueden ser expresados en lapsos de tiempo más extensos que resultan en volúmenes de tránsito mensuales o anuales (Naranjo & Garcés, 2013, pág. 39).

1.11.3.2 Tasas de Flujo

Es la frecuencia a la que pasan los vehículos por un punto o una sección transversal en un carril o calzada. La tasa de flujo corresponde al número de vehículos, que pasan durante un intervalo de tiempo inferior a una hora, se expresa en vehículos por minuto o vehículos por segundo. Sin embargo, la tasa de flujo también puede expresarse en vehículos por hora, se debe tener cuidado en su interpretación, ya que no se trata del número de vehículos que efectivamente transitan durante una hora completa o volumen horario.

1.11.3.3 Capacidad

La capacidad de tráfico se refiere a la suficiencia y calidad cuantitativa del servicio ofrecido según la infraestructura vial que se tiene y no es más que la relación de la velocidad de circulación sobre la separación media mínima entre partes frontales de dos vehículos que se encuentran consecuentes. Los valores indicados en el manual de capacidad de carreteras versión 2010, indica que para condiciones ideales de la vía y que a efectos de la capacidad posible se alcanzan regularmente velocidades en un rango de entre 40 y 50 Km/h, indica que para calzadas de sentido único, la capacidad básica ideal para una vía es de 2000 vehículos/hora por carril, y la capacidad práctica es de 1000 vehículos/hora por carril en tramos rurales y de 1500 vehículos/hora en tramos urbanos (HCM, 2010). En carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación, la capacidad básica y posible para la circulación en dos sentidos es de 2000 vehículos/hora y la práctica de 900 vehículos/hora y 1500 vehículos/hora en tramos rurales y urbanos respectivamente. (HCM, 2010)

1.11.3.4 Factor Hora Pico

El factor hora pico es empleado en vías urbanas y semiurbanas ya que existen períodos dentro de una hora, durante los cuales la congestión vehicular incrementa, Este factor representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 10 o 15 minutos del pico dentro de una hora no se encuentran sostenidos a través de la hora completa.

1.12 CONTAMINACIÓN POR EFECTO DE LA CONGESTIÓN

La contaminación de los automotores por efecto de la congestión vehicular se puede dividir en dos tipos: Contaminación de tipo ambiental, originada por los gases que emanan los vehículos en circulación y la contaminación acústica que se percibe por el ruido que estos producen. Estos aspectos afectan de manera directa a la salud de los individuos y al entorno.

1.12.1 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Uno de los impactos negativos que tiene el uso intensivo del transporte motorizado es la contaminación acústica en zonas urbanas, la fuente principal de emisión de ruido ambiental es el transporte vehicular, como consecuencia del servicio que presta para poder realizar actividades cotidianas. El ruido ambiental se asocia al uso de vehículos, el cual es generado a través de sus propios mecanismos, el motor y el rozamiento de los neumáticos con la calzada, de igual manera, existen ruidos independientes al vehículo, que resultan principalmente del uso inadecuado de altavoces, bocinas o cláxones. Se sabe que el ruido es un factor dañino para la salud del ser humano. Sus efectos se clasifican en dos grupos: daños físicos y psicosociales. Se estima que en cualquiera de las calles con tráfico intenso fácilmente se puede alcanzar los 100 decibelios, nivel de ruido poco recomendable para la salud, es así como los especialistas estiman que, la exposición a este ruido puede derivar en padecimiento de nerviosismo y stress.

1.12.2 EMISIONES CONTAMINANTES

La consecuencia más notable de la congestión vehicular es la contaminación atmosférica generada por los gases que emanan los automotores. La presencia en el aire de pequeñas partículas o productos gaseosos que pueden involucrar riesgo para los humanos, plantas y animales que se encuentran expuestos a dicho ambiente. Más de mil millones de personas están expuestas a niveles de contaminación atmosférica (Tapia Granados , 1198, pág. 137).

1.12.2.1 Gases de efecto Invernadero (GEI)

Se produce cuando determinados gases retienen una parte de la energía por radiación solar en la superficie terrestre, la tierra emite radiación al igual que la recibe para producir un equilibrio térmico gracias al efecto invernadero se tiene una temperatura adecuada para el desarrollo de la vida ya que de lo contrario la temperatura de la tierra sería de -18°C . Por otro lado, cabe destacar que cuando se habla de gases de efecto invernadero (GEI) se hace referencia a CO_2 equivalente ($\text{CO}_2 \text{ eq}$), que abarca los 6 gases de efecto invernadero estipulados en el Protocolo de Kioto, estos gases son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrógeno (N_2O), perfluorocarburos (PFC), hidrofluorocarburos (HFC), y hexafluoruro de azufre (SF_6). En cuanto al dióxido de carbono, es el gas de efecto invernadero de mayor relevancia debido a sus grandes volúmenes y concentraciones, es emanado en la atmósfera por dos razones, una es el consumo indiscriminado de combustible y otra por la deforestación. Una persona en automóvil genera por cada kilómetro recorrido de 90% a 95% más gases de efecto invernadero en comparación con las emisiones de autobuses de transporte público (Quadri De La Torre, 2012).

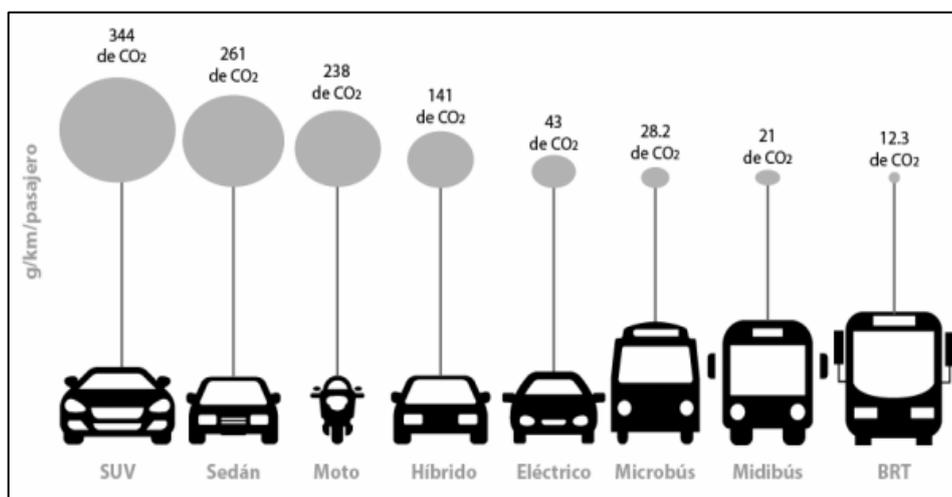


Figura 1.5 Nivel de CO_2 producido por tipo de vehículo

En la Figura 1.5, de acuerdo con el artículo Transporte y cambio climático de la Revista Ecologistas, se presentan datos aproximados de las emisiones de efecto invernadero en función del tipo de vehículo.

1.12.2.2 Ozono (O₃):

Se conoce como ozono a la sustancia que está formada por tres átomos de Oxígeno. Es un oxidante, y uno de los principales contaminantes de la capa atmosférica es causante del smog fotoquímico, que se origina en la atmósfera mediante reacciones químicas por medio de radiación ultravioleta.

1.12.2.3 Dióxido de azufre (SO₂):

También conocido como anhídrido sulfuroso, es un gas producido por la existencia de azufre en los combustibles, comúnmente en el diésel este tiende a oxidarse posteriormente en la capa atmosférica, generando sulfatos los cuales forman parte del MP (Material Particulado). El Dióxido de azufre junto con el material particulado dan lugar una mezcla peligrosa.

1.12.2.4 Monóxido de carbono (CO):

Es un gas con características bastante peligrosas para la salud humana se presenta de modo incoloro e inodoro, es producto de una combustión incompleta del combustible. El monóxido de carbono dificulta el transporte de O₂ en la sangre, por lo que en concentraciones muy altas puede ser letal produciendo la muerte.

1.12.2.5 Material particulado:

Mezcla compuesta de sustancias orgánicas e inorgánicas principalmente de partículas de hollín dicho material particulado es generado en la combustión de hidrocarburos de origen fósil. Es emanado de manera directa como carbono elemental y orgánico, o a su vez puede formarse en la capa atmosférica a partir de diversos contaminantes.

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio se basa en una investigación aplicada, es decir, se utilizan los conocimientos previos para aplicarlos en la práctica. También se realiza una investigación de campo que por medio de documentos se recolecta datos e información acordes al tema que fundamentan al análisis realizado y los resultados logrados, además de las conclusiones obtenidas

2.2 MÉTODOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

El método aplicable a este caso de estudio es el analítico en donde se distingue cada parte de un todo global y se revisa ordenadamente cada una de las partes por separado, generalmente se lo utiliza cuando se revisa en forma separada todo el material necesario del tema a ser investigado.

En este caso la revisión de información proviene de diferentes fuentes y la utilización de documentación existente hace que el método analítico sea aplicable. Se hace uso de técnicas e instrumentos de recolección de información adecuadas para el desarrollo de este estudio. La naturaleza de los datos e información recolectada son:

Niveles de abstracción: teorías, conceptos, indicadores, variables y valores, obtenidas mediante información de primera mano como: datos observados, medidos o la participación en un suceso pertinente a este estudio. Además de información de segunda mano como: Revistas, documentales e internet. De igual manera se recurre a datos cuantitativos y cualitativos como las encuestas que permiten obtener datos medibles o clasificarlos mediante sus cualidades por lo que en este estudio se utilizan encuestas personales aplicadas al grupo de interés.

2.3 FLUJOGRAMA DE DESARROLLO

Este estudio contiene un análisis de congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hipercentro de la ciudad de Ibarra. En términos generales se presenta el proceso de desarrollo para el estudio el cual consta de 9 etapas.

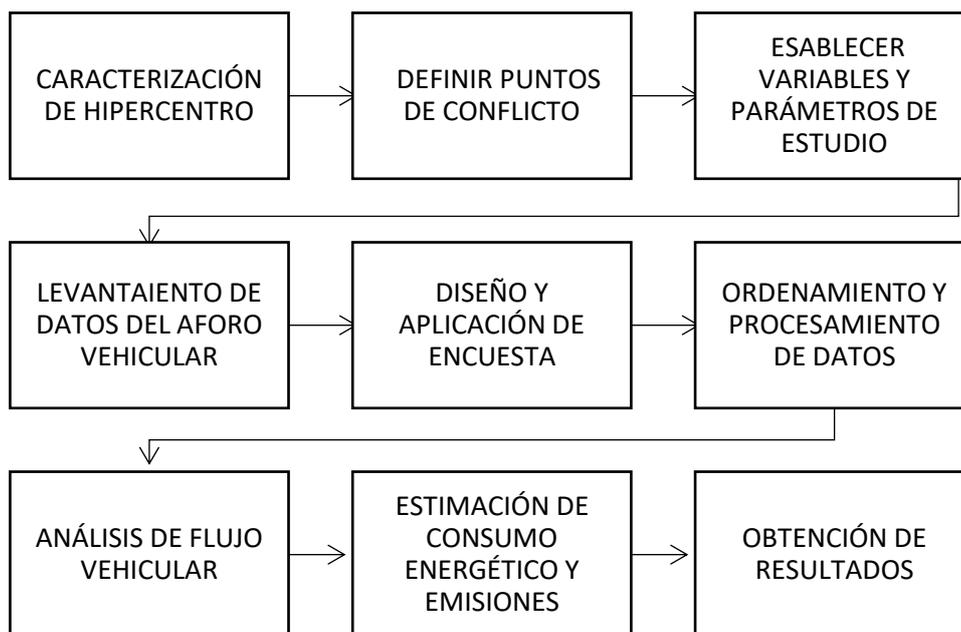


Figura 2.1 Flujograma de desarrollo

La Figura 2.1, muestra las etapas a seguir para el cumplimiento de los objetivos planteados de una manera eficiente y ordenada. Durante las primeras tres etapas se identifican las zonas del hipercentro de Ibarra en donde se denota con mayor peso el problema de congestión vehicular y esto a su vez asociado a las horas de mayor volumen vehicular por consiguiente se procede a realizar una caracterización de los elementos y se define las variables. En el transcurso de la cuarta y quinta etapa se obtienen los datos relevantes y necesarios que permitan realizar un análisis y evaluación adecuada de la problemática de congestión vehicular estudiada. En la etapa seis se realiza el ordenamiento y procesamiento de datos que juntamente con las 3 últimas etapas se estima el consumo energético y emisiones de efecto invernadero del parque automotor asociado a la zona de estudio.

A continuación, se expone la metodología utilizada para el desarrollo del primer objetivo que comprende la limitación zonal del área de estudio para poder identificar y caracterizar los elementos involucrados como los son: puntos de conflicto vehicular, centros educativos, sistema vial y sistema de transporte.

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL HIPERCENTRO

Como primer punto se toma en cuenta el hipercentro de la ciudad de Ibarra, donde se delimita el área de interés comprendida entre las dos parroquias que contienen el mayor número habitantes y establecimientos educativos, que son, parroquia El Sagrario y parroquia San Francisco, así como los sectores periféricos de la ciudad desde donde se originan los viajes.

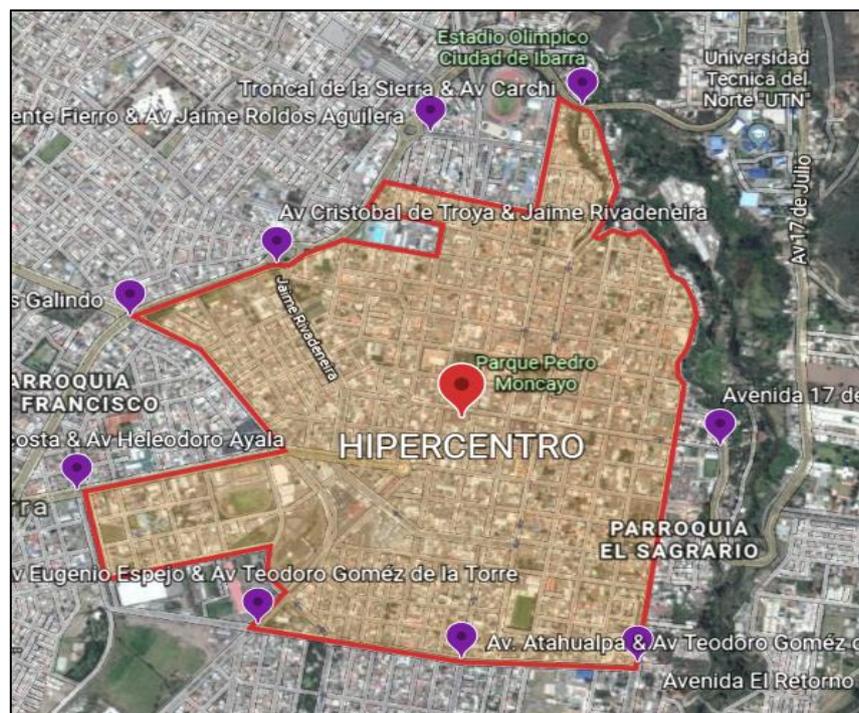


Figura 2.2 Hipercentro de Ibarra y sus accesos

En la Figura 2.2, se puede observar la demarcación del área de estudio, así como sus 9 accesos identificados con la etiqueta de color morado. De manera observable se puede apreciar la cantidad de accesos correspondientes a cada sentido, 2 al Norte, 3 al Sur, 1 al Este y 3 al Oeste.

2.4.1 ACCESOS AL HIPERCENTRO

Conectan la zona urbana y periférica con la zona céntrica de la ciudad y viceversa, por esta razón, es evidente que manejan una carga vehicular más alta, son considerados puntos de congestión del tránsito ya que son intersecciones que involucran a las principales avenidas de la ciudad.

De acuerdo con la Tabla 2.1, se asume que el sentido “Este - Oeste” es un punto crítico ya que cuenta con un solo acceso. La Avenida 17 de Julio conecta con las calles Juan José Flores (Sentido de ingreso al hipercentro) y la calle Miguel de Oviedo que direcciona el flujo vehicular hacia la Victoria y el Olivo donde se encuentran las dos Universidades más representativas de la Ciudad de Ibarra.

Tabla 2.1 Accesos al hipercentro

Sentido	Número	Intersección de acceso
Norte - Sur	1	Av. Cristóbal de Troya y Jaime Roldós Aguilera
	2	Troncal Sierra y Av. Carchi
Sur - Norte	1	Av. Retorno y Teodoro Gómez de la Torre
	2	Av. Atahualpa y Teodoro Gómez de la Torre
	3	Av. Eugenio Espejo y Teodoro Gómez de la Torre
Este - Oeste	1	Av. 17 de Julio y Miguel Oviedo
Oeste - Este	1	Av. Mariano Acosta y Av. Heleodoro Ayala
	2	Av. Cristóbal de Troya y Fray vacas Galindo
	3	Av. Cristóbal de Troya y Jaime Rivadeneira

Fuente: (propia)

2.4.2 CENTROS EDUCATIVOS

Para conocer la cantidad de unidades educativas vigentes en el cantón Ibarra, se toma como referencia el documento de registros administrativos del Ministerio de Educación, en donde constan todos establecimientos educativos del país (Educación Inicial, general básica y bachillerato) así mismo muestra datos generales y específicos de cada institución.

En la Tabla 2.2, se presenta un resumen de las 20 Unidades Educativas más relevantes del hipercentro de Ibarra en donde se muestra la cantidad de estudiantes en orden descendente y también se indica la cantidad total que corresponde a 26 817 estudiantes. Entre los más numerosos se puede mencionar a la Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre, Unidad educativa Ibarra y Unidad Educativa 28 de septiembre.

Tabla 2.2 Unidades Educativas en el hipercentro de Ibarra

N°	Institución	Sostenimiento	Estudiantes
1	Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre	Fiscal	4 252
2	Unidad educativa Ibarra	Fiscal	3 844
3	Unidad educativa 28 de septiembre	Fiscal	2 244
4	Unidad educativa Víctor Manuel guzmán	Fiscal	1 921
5	Unidad educativa Sánchez y Cifuentes	Fiscomisional	1 759
6	Unidad educativa presidente Velasco Ibarra	Fiscal	1 584
7	Unidad educativa la inmaculada concepción	Fiscomisional	1 235
8	Unidad educativa san Francisco	Fiscomisional	1 193
9	Unidad educativa Ana luisa Leoro	Fiscal	1 186
10	Unidad educativa sagrado corazón de Jesús	Particular Religioso	1 044
11	Unidad educativa maría Angelica Idrobo	Fiscal	1 038
12	Unidad educativa fiscomisional san pedro pascual	Fiscomisional	982
13	Unidad educativa 28 de abril	Fiscal	891
14	Unidad educativa la Salle	Particular Religioso	851
15	Unidad educativa Nuestra Señora de Fátima	Fiscomisional	795
16	Unidad educativa particular Oviedo	Particular Religioso	674
17	Unidad educativa Diocesano bilingüe	Particular Laico	434
18	Unidad educativa san Vicente Ferrer	Particular Laico	403
19	Colegio de bachillerato María Angelica Idrobo	Fiscal	251
20	Colegio Americano	Particular laico	236
Total			26 817

Fuente (DNAIE, 2019)

2.4.3 PUNTOS DE CONFLICTO

Según el Plan de Movilidad Sustentable 2 015, las intersecciones más congestionadas tienen lugar en los ingresos de establecimientos educativos correspondientes a 45 intersecciones que por motivo del ingreso y salida de estudiantes presenta alta carga vehicular. Gran parte de los automotores que transitan por la calle Sánchez y Cifuentes, Pérez Guerrero, Colón y Eugenio Espejo son de transporte público. En esa zona cruzan cerca de 11 líneas correspondientes a las dos operadoras lo que hace que se produzca un embotellamiento sumado a esto al irrespeto de las zonas utilizadas como parada de los buses y el doble estacionamiento

2.4.4 CONGESTIÓN VEHICULAR EN CENTROS EDUCATIVOS

Según información proporcionada por la empresa pública de movilidad “Movidelnor EP”. En el área urbana una de las unidades educativas que presenta mayor congestión vehicular es la “Unidad Educativa Teodoro Gómez de la Torre” con sus intersecciones aledañas, por lo que alrededor de 11 Agentes de Tránsito cubren el ingreso y salida de esta unidad educativa, sabiendo también que la Teodoro Gómez se encuentra entre las más relevantes de la ciudad ya que por la misma transita transporte público ya que conecta la parte este con la oeste de la ciudad. Las unidades educativas San Francisco y Oviedo que se encuentran dentro del mismo perímetro presentan el mismo problema debido a la carga vehicular que genera en el ingreso y salida de los estudiantes. cubriendo el perímetro con alrededor de 10 Agentes Civiles de Tránsito. Las unidades educativas Sagrado Corazón de Jesús y San Pedro Pascual ubicadas en la calle Sánchez y Cifuentes también presentan congestión vehicular debido a que por esta calle circulan alrededor de 8 líneas de buses urbanos con sus respectivas paradas, además de la existencia de una gran cantidad de semáforos en esta vía.

2.4.5 SELECCIÓN DE UNIDADES EDUCATIVAS

Los establecimientos educativos seleccionados para el estudio se sustentan en base a los operativos de congestión vehicular realizados por MOVIDELNOR, así como las características de la infraestructura vial cercana a los establecimientos, en donde se evidencia

la existencia de gran cantidad de semáforos, circulación de numerosas líneas de autobuses con sus respectivas paradas y zonas de parqueo, características que dificultan la libre operación del tránsito.

Por consiguiente, las unidades educativas seleccionadas como muestra para el estudio son:

- Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre (UE1)
- Unidad educativa particular Oviedo (UE2)
- Unidad educativa Sagrado Corazón de Jesús (UE3)
- Unidad educativa San Francisco (UE4)

2.4.6 FRANJA HORARIA

Se toma como referencia a las horas de máxima demanda, dichas horas indican los periodos en los que existe mayor densidad de gente y movilización de transporte tanto público como privado lo que genera un grado de congestión, por el contrario, las horas valle son las que presentan una movilización fluida de transporte y baja densidad de personas por área. La demanda de pasajeros es variable en las horas del día, teniendo así puntos altos y bajos de personas que se movilizan por el hipercentro de Ibarra. En la Tabla 2.3, se muestran datos ya recopilados de horas pico y horas valle en zonas urbanas. Para este estudio se toma como referencia el horario de ingreso y salida de los estudiantes, en una franja horaria de 6h:30 a 8h:00 y de 12h:00 a 13h:30 para la modalidad matutina ya que es la jornada con mayor demanda de estudiantes.

Tabla 2.3 Franja horaria

Franja Horaria	Horario
Hora Pico	6h:30 a 8h:00
Hora Pico	12h:00 a 13h:30
Hora Pico	17h:30 a 19h:00
Hora Valle	8h:00 a 12h:00
Hora Valle	13h:30 a 17h:30

Fuente: (Cazares & Cuasapaz, 2018, pág. 44)

En la Tabla 2.4, se muestra los horarios de ingreso y salida de las 4 Unidades Educativas, cabe mencionar que solo se toma en cuenta a los estudiantes de la sección básica superior y bachillerato ya que la sección primaria en dos de los casos, Unidad Educativa particular Oviedo y Sagrado Corazón de Jesús, las instalaciones en las que desarrollan sus actividades se encuentran ubicadas en otro ambiente, mientras que en las Unidades Educativas Teodoro Gómez de la Torre y San Francisco la sección primaria tiene lugar en el mismo ambiente, pero dispone de un horario diferente.

Tabla 2.4 Horarios de ingreso y salida, ambiente principal

Institución	Horario Matutino	
	Ingreso	Salida
Unidad educativa particular Oviedo	6h:55	12h:50
Unidad educativa sagrado corazón de Jesús	7h:00	13:h15
Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre	7h:00	12h:40
Unidad educativa san Francisco	7h:00	13:h15

Fuente: (propia)

En vista de estos antecedentes y en relación con los requerimientos del estudio la sección primaria se excluye ya que cuentan con horarios diferentes, de esta manera se toma como referencia a la sección secundaria que posee un horario más homogéneo y una cantidad de estudiantes representativa.

2.5 METODOLOGÍA DE OBTENCIÓN DE DATOS

Una vez caracterizado el hipercentro y definidos los puntos de conflicto vehicular vinculados a centros educativos, se procede a presentar la metodología que se consideró apta para el desarrollo del primer objetivo que consiste en aplicar una medida de tráfico mediante el levantamiento de datos con el método de conteo directo en cada una de 3 las intersecciones denominadas estaciones de aforo.

2.5.1 AFORO DE VOLUMEN VEHICULAR

Los estudios relacionados con volúmenes de tránsito vehicular son realizados con el fin de obtener información que se relaciona con el movimiento de vehículos, sobre secciones o puntos específicos, dentro de un sistema vial. Los volúmenes de tránsito se expresan respecto al tiempo, dichos datos posibilitan el desarrollo de estimaciones del servicio que presta la infraestructura vial. El objetivo del aforo es obtener datos reales relacionados con el tránsito mediante un conteo directo de vehículos según su clasificación para realizar los respectivos cálculos y posterior análisis. Se plantea determinar las siguientes variables:

- Determinar el volumen total de tránsito
- Determinar tasas de flujo y flujos máximos
- Distribución y composición vehicular
- Determinar el FHP (Factor de hora pico)

2.5.2 CÁLCULO DE VARIABLES DE TRÁFICO

En esta sección de la metodología se muestra las fórmulas y valores relacionados con el tráfico vehicular para posteriormente aplicar y realizar el cálculo de cada una de las variables, tomando en cuenta las magnitudes y unidades que se debe manejar, así como los criterios de evaluación y tolerancias permitidas.

2.5.2.1 Volumen total de tránsito.

Se determina para todo el período del estudio para este caso le corresponde el lapso de una hora, generalmente se expresan en el total vehículos sin distinguir su tipo, siendo así que resulta en el total de vehículos mixtos sobre el período del estudio.

$$Q = \frac{N}{T} \quad [2. 1]$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/h)

N = Número total de vehículos

T = Periodo (h)

2.5.2.2 Tránsito en un periodo inferior a una hora o Tasas de Flujo (Q_i)

Es el número total de vehículos que pasan durante un tiempo específico, lapsos menores a una hora. En este caso $T < 1$ hora donde, i , por lo general se expresa en periodos de 10 o 15 minutos

Q_{15} = Volumen de tránsito en un periodo de 15 minutos

Q_{10} = Volumen de tránsito en un periodo de 10 minutos

2.5.2.3 Flujo Máximo de tránsito (Q_{max})

Dentro de una hora existen periodos cortos que presentan un volumen más alto que los demás periodos de la misma hora. La tasa de flujo también se puede expresar en vehículos por hora, teniendo cuidado de su interpretación, ya que no se trata del número de vehículos que efectivamente transitan durante una hora completa o volumen horario.

Q_{15max} = Flujo máximo dentro de una hora en periodos de 15 minutos

Q_{10max} = Flujo máximo dentro de una hora en periodos de 10 minutos

2.5.2.4 Distribución direccional

En cuanto a la distribución direccional, representa el volumen durante una hora en particular en el sentido predominante expresado como porcentaje del volumen de ambos. La distribución ideal para vías de doble sentido es del 50%.

2.5.2.5 Composición vehicular.

Se calcula en forma porcentual y se distingue de acuerdo con el tipo de vehículo, por ejemplo, porcentaje de vehículos livianos, porcentaje de autobuses, porcentaje de motocicletas. Ya sea tanto para todo el período del estudio, como para los subperíodos dentro de una hora.

2.5.2.6 El factor de la hora pico (FHP)

Representa la variación en la circulación dentro de una hora. Las observaciones de la circulación indican constantemente que los volúmenes encontrados en el periodo de 10 minutos del pico dentro de una hora no se encuentran sostenidos a través de la hora completa. Un factor de hora pico igual a 1 indica que el flujo de vehículos es constante. En áreas urbanas el FHP fluctúa entre 0.80 y 0.98 (HCM, 2010).

$$FHP = \frac{VHMD}{Q_{max} * N} \quad [2. 2]$$

Donde:

<i>FHP</i> :	factor hora pico
<i>VHMD</i> :	volumen horario de máxima demanda
<i>N</i> :	número de periodos en una hora
<i>q_{max}</i> :	volumen de los 10 min máximos en la hora de máxima demanda

2.5.3 ESTACIONES DE AFORO

En este estudio se muestra la demanda de flujo vehicular en tres intersecciones del hipercentro la ciudad de Ibarra, las cuales fueron seleccionadas en base a los operativos de control de tránsito realizados por la empresa pública de movilidad y su relación con la congestión vehicular en centros educativos por consiguiente se eligió 3 puntos estratégicos

de observación denominados estaciones de aforo. En la Tabla 2.5, se muestra la denominación de cada una de las intersecciones de aforo, así como su ubicación y coordenadas geográficas.

Tabla 2.5 Estaciones de aforo

Denominación	Ubicación	Coordenadas
Estación 1	Avenida Teodoro Gómez de La Torre y Pedro Vicente Maldonado	0°20'31.9"N 78°07'01.2"W
Estación 2	Calle Juan de Salinas y Miguel de Oviedo	0°20'57.4"N 78°06'53.4"W
Estación 3	Calle Sánchez y Cifuentes y Miguel de Oviedo	0°21'00.7"N 78°07'13.1"W

Fuente: (propia)

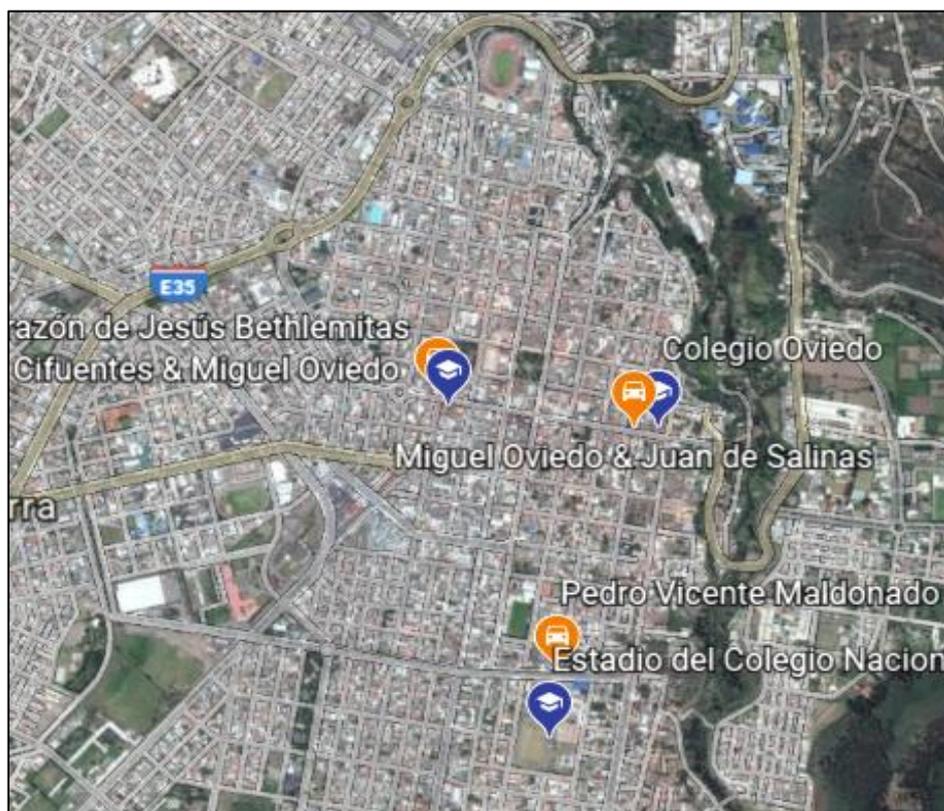


Figura 2.3 Estaciones de aforo, vista satelital

De acuerdo con la Figura 2.3, se puede apreciar desde una vista satelital las tres estaciones de aforo identificadas con la etiqueta naranja y a su vez los establecimientos educativos vinculados a cada estación los cuales se encuentran identificados con la etiqueta azul.

2.5.4 FORMATO PARA REGISTRO DE DATOS

El formato consta de una sección de datos informativos y la sección de registro de datos en donde se especifica la hora, sentido de circulación, tipo de vehículo y la suma total de tránsito vehicular. El modelo del formato de aforo se encuentra especificado en el ANEXO I

2.5.5 MÉTODO DE CONTEO DIRECTO

Se utilizó el método de conteo directo por medio observadores en campo ubicados en puntos estratégicos para que el registro de vehículos sea eficiente, la información se registró en formatos de aforo tomando en cuenta 6 períodos de 10 minutos y clasificándolos de acuerdo con el sentido de circulación, así mismo se tomó en cuenta cuatro tipos de vehículos motorizados según su clasificación.

- Livianos: Se toman a consideración como vehículos livianos a (Automóviles, SUV/Todo terreno, camionetas y furgonetas)
- Autobús: Buses de servicio de transporte urbano y de recorrido escolar
- Motocicleta: Incluye todo tipo de motocicleta.
- Otros: Se consideran a los vehículos de carga de dos ejes en adelante, vehículos agrícolas y de construcción.

2.5.6 PROCEDIMIENTO DE CAMPO

En vista de que el conteo debe ser simultáneo en las tres intersecciones, para el levantamiento de la información se ocupó a dos personas adicionales a quienes se capacitó y entregó el material necesario como tablero, esfero y hojas con el formato para la recolección de datos. El procedimiento de campo tuvo lugar el lunes 13 de enero de 2020 en una franja horaria de 2 períodos de una hora comprendidos el primero entre las (6h:30 a 7h:30) que corresponde al horario de ingreso y el segundo periodo de (12h:30 a 13h:30) horario de salida de los estudiantes.

2.5.7 REGISTRO DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Dependiendo de la magnitud del tránsito, el registro se realizó de forma individual anotando números, palitos o cuadros para cada tipo de vehículo y su clasificación, en el intervalo de tiempo y sentido de circulación correspondiente. Los datos recolectados en el procedimiento de campo fueron ordenados y distribuidos en un formato de Microsoft Excel de acuerdo con las variables de estudio. Para posteriormente realizar los cálculos que sean requeridos, por medio de fórmulas y criterios planteados.

2.6 ENCUESTA A LA POBLACIÓN

Para obtener la información necesaria que permita cumplir con los objetivos del estudio, se procede a elegir una herramienta de investigación que permita llevar a cabo este fin. La herramienta que se muestra más conveniente como medio para realizar el levantamiento de datos, es la aplicación de una encuesta, dado que permite obtener datos informativos y valores con alto nivel de precisión. Por lo tanto, se procede a realizar el diseño de la encuesta, misma que es aplicable a los estudiantes de los diferentes establecimientos educativos. El formato se encuentra especificado en el ANEXO II.

2.6.1 PARÁMETROS DE DISEÑO - VARIABLES

Las variables fueron definidas con base a los requerimientos del estudio cuya finalidad es estimar el consumo energético y emisiones de efecto invernadero, para ello se necesita conocer los patrones de movilidad en función del tipo de transporte utilizado por la comunidad educativa. En este sentido se necesita conocer el modo de transporte, la frecuencia, capacidad y origen de los desplazamientos.

2.6.2 MODO DE TRANSPORTE

Modalidad de transporte ocupada por los estudiantes de acuerdo con los criterios de

accesibilidad en la infraestructura vial urbana de la ciudad. Se considera el tipo de vehículo según su clase: transporte público, comercial, y particular, para el caso del transporte particular solo se consideran los vehículos de tipo liviano. Por otra parte, de manera adicional se incluye la modalidad de transporte no motorizada la cual será evaluada únicamente de manera cuantitativa.

- Transporte público: Autobús
- Transporte comercial: Taxi, Recorrido escolar.
- Transporte particular: automóvil/sedan, SUV/Todoterreno, camioneta, motocicleta.
- Transporte no motorizado: Bicicleta, Caminata.

2.6.3 FRECUENCIA

La frecuencia hace referencia al modo y tipo de transporte ocupado tanto en el trayecto de ida como en el trayecto de retorno, además se toma en cuenta los días de la semana en los que se ocupa dichos medios de transporte.

2.6.4 CAPACIDAD

Cantidad de usuarios desplazados en cada medio de transporte, a excepción del tipo autobús y medios no motorizados como motocicleta y bicicleta. En particular para determinar la capacidad del autobús con relación a la tasa de ocupación, se tomó como referencia estudios ya realizados que determinan la tasa de ocupación promedio para el autobús.

2.6.5 ORIGEN DE LOS DESPLAZAMIENTOS

La identificación de los puntos de origen desde donde se realizan los viajes tiene como fin estimar las distancias aproximadas recorridas desde cada zona hacia cada uno de los establecimientos educativos. Para este estudio se han tomado como referencia 32 sectores de la zona urbana y periférica de la ciudad de Ibarra, 3 sectores rurales y los 5 cantones más cercanos a Ibarra en un radio máximo de 45 kilómetros.

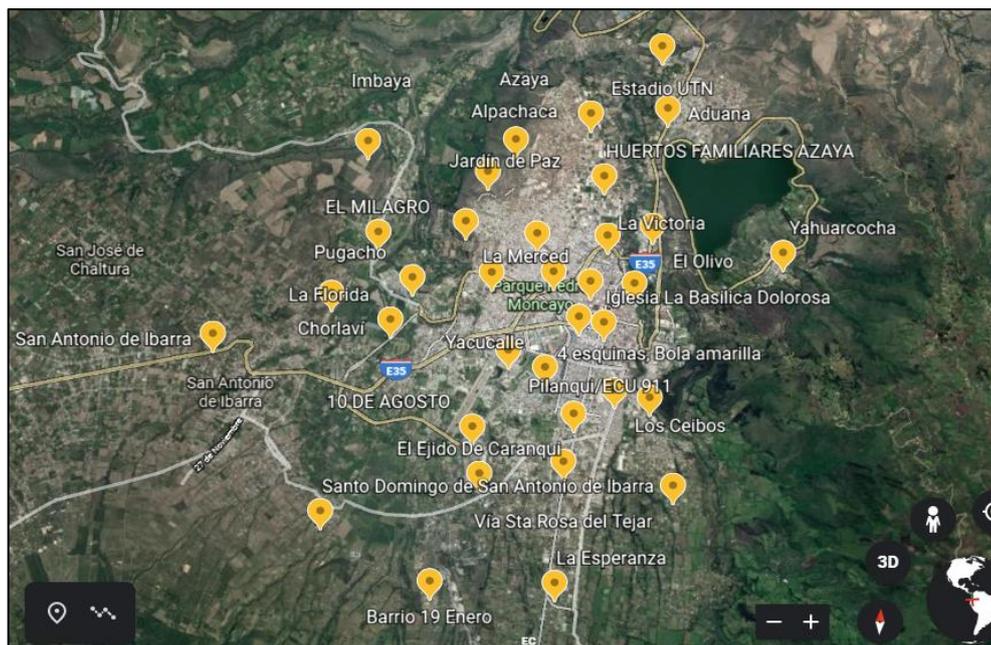


Figura 2.4 Sectores urbanos de la ciudad de Ibarra

En la Figura 2.4, se puede identificar los 32 sectores de la zona urbana ubicados mediante la aplicación de escritorio Google Earth. En particular para el sector de San Antonio y la Esperanza considerados como sectores rurales, estos se incluyen en el listado de sectores urbanos debido a la cercanía que tienen con el hipercentro. En cuanto a los sectores rurales se define a las Parroquias de Ambuquí, Angochagua, y Salinas como puntos de origen y a cantones como: Antonio Ante, Cotacachi, Otavalo, Urcuquí y Pimampiro, todos pertenecientes a la provincia de Imbabura

2.6.5.1 Distancias promedio origen -destino

Para estimar las distancias de los diferentes sectores hacia cada Unidad educativa se utilizó la aplicación de escritorio Google Earth la cual permite fijar ubicaciones en el mapa, así como medir áreas y distancias de un punto a otro. Se fijaron como puntos de origen a 37 sectores en el mapa, así como las 4 unidades educativas como destino y se procedió a medir las distancias promedio expresadas en kilómetros. La Tabla 2.6, muestra los 32 sectores de la zona urbana y la distancia promedio hacia cada establecimiento educativo.

Tabla 2.6 Distancias Origen – Destino, zona urbana

N°	Sector	Unidad educativa d_{sector} (km)		
		UE1	UE2, UE3	UE4
1	10 de agosto	2,9	3,8	3,3
2	4 esquinas, Bola Amarilla	1,1	2	2,3
3	Alpachaca	3,3	3,1	2,5
4	Azaya, Huertos Familiares	4,3	3,5	2,8
5	Bellavista Caranqui, Ac San Diego	3,2	4,2	4,6
6	Caranqui	2,3	2,8	3,2
7	Centro, Mercado, Basílica	0,8	0,7	0,6
8	Chorlaví	4,9	5,2	4,6
9	Ejido de Caranqui	3,5	4,5	4,1
10	El Milagro	4,3	4,5	3,8
11	El Olivo	2,6	1,6	1,9
12	Estadio, M Mayorista	2,7	1,9	1,3
13	Hptal. el IEES	2,9	2,2	1,6
14	Hptal. San Vicente, Ajaví	2,2	1,5	0,8
15	Jardín de Paz, Las palmas	3,2	2,8	2,1
16	La Campiña, Primavera	1,6	2,3	2,9
17	La Esperanza	5,1	6	6,4
18	La Florida	4,2	4	3,5
19	La Merced, P Moncayo	1,5	0,8	0,4
20	La Victoria	2,1	1,2	1,8
21	Los Ceibos	1,2	1,9	2,5
22	Miravalle	5,2	4,4	3,8
23	Pilanquí, Ecu 911	2,2	3,2	2,6
24	Priorato, Aduana	6,3	5,4	4,8
25	Pugacho, Colinas	3,4	3	3,6
26	R de la Madre, Supermaxi	2,9	2,6	2
27	San Antonio	7	7,1	6,5
28	Santa Rosa, San Francisco	3,3	4	4,6
29	Sto. Domingo San Antonio	10,1	10,2	9,6
30	Terminal	1,4	1,9	1,3
31	Yacucalle	1,6	2,3	1,7
32	Yahuarcocha	9	8,1	7,7

Fuente: (propia)

La Tabla 2.7, muestra los 3 sectores de la zona rural y 5 pertenecientes a otro cantón así mismo se indica la distancia promedio en kilómetros hacia cada uno de los 4 establecimientos educativos.

Tabla 2.7 Distancias origen – destino, zona rural y otros cantones

Zona	N°	Sector	Unidad educativa d_{sector} (km)		
			UE1	UE2, UE3	UE4
Rural	1	Ambuquí	38	38	38
	2	Salinas	24	24	24
	3	Angochagua	19	19	19
Otro Cantón	1	Antonio Ante	12	11	11
	2	Cotacachi	25	25	25
	3	Urcuquí	19	19	19
	4	Otavalo	22	22	22
	5	Pimampiro	48	48	48

Fuente: (propia)

2.6.6 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para este estudio se seleccionaron las Unidades Educativas más representativas en función de la congestión vehicular que presentan y el número de estudiantes que poseen, ya que se asume existe una relación proporcionalmente directa al número de estudiantes con la congestión vehicular.

2.6.6.1 Centros educativos

En la Tabla 2.8 se muestra las unidades educativas del hipercentro de Ibarra, y se especifica el tipo de sostenimiento al que pertenece cada una de las instituciones ya sea de carácter Fiscal, Fiscomisional o Particular.

Tabla 2.8 Centros educativos según el tipo de sostenimiento

Denominación	Establecimiento educativo	Sostenimiento
UE1	Unidad Educativa Teodoro Gómez de La Torre	Fiscal
UE2	Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco	Fiscomisional
UE3	Unidad Educativa Particular Oviedo	Particular
UE4	Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús	Particular

Fuente: (propia)

2.6.6.2 Determinación de la muestra

Para realizar el cálculo de la muestra de cada una de las unidades educativas se debe conocer el número total de estudiantes. Se toma de fuente el documento de registros administrativos del Ministerio de Educación. En la Tabla 2.9, se presenta el número de estudiantes de todos los ambientes de cada unidad educativa y se especifica la cantidad de estudiantes que corresponde al ambiente principal, población de interés para el estudio.

Tabla 2.9 Población educativa 2019

N	Unidad educativa	Total, estudiantes	Población (N) Ambiente Principal
UE1	Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre	4 252	2 372
UE2	Unidad educativa fiscomisional San Francisco	1 193	1 193
UE3	Unidad educativa particular Oviedo	674	510
UE4	Unidad educativa Sagrado Corazón de Jesús	1 044	532
	Total	7 163	4 607

Fuente: (DNAIE, 2019).

2.6.6.3 Cálculo de la muestra con nivel de confianza del 95 %

Se debe conocer la muestra mínima de personas que necesitan ser encuestadas para cada institución educativa, esto se obtiene mediante la aplicación de la ecuación 2.3.

$$n = \frac{Z^2 * (p * q)}{d^2 + \left[\frac{Z^2 * (p * q)}{N} \right]} \quad [2. 3]$$

Donde:

- n : Tamaño de la muestra
- N : Tamaño del Universo o Población
- Z : Nivel confianza
- p : Probabilidad deseada a favor
- q : Probabilidad deseada en contra
- d : Margen de error de la muestra

Tabla 2.10 Niveles de seguridad y sus coeficientes

Nivel de confianza deseado	Puntuación z
80 %	1.28
85 %	1.44
90 %	1.65
95 %	1.96
99 %	2.58

(a) Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre

- N : 2 372
- Z : 1,96 por nivel de seguridad = 95%)
- p/q : 0, 5 (50 % a favor) / 0.5 (50 % en contra)
- d : 0,1 (10% error de la muestra)

Es así, que al reemplazar los datos de la UE1 en la ecuación 2.3, se obtiene la siguiente operación:

$$n_1 = \frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{0,1^2 + \left[\frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{2372} \right]} = 93 \quad [2. 4]$$

Como resultado se obtiene que se deben aplicar 93 encuestas para obtener datos que representen a los 2 372 estudiantes que conforman la Unidad Educativa Teodoro Gómez De La Torre.

(b) Unidad educativa fiscomisional San Francisco

N: 1 193

Z: 1,96 por nivel de seguridad = 95%)

p/q: 0, 5 (50 % a favor) / 0.5 (50 % en contra)

d: 0,1 (10% error de la muestra)

Es así, que al reemplazar los datos de la UE2 en la ecuación 2.3, se obtiene la siguiente operación:

$$n_2 = \frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{0,1^2 + \left[\frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{1193} \right]} = 89 \quad [2. 5]$$

Como resultado se obtiene que se deben aplicar 89 encuestas para obtener datos que representen a los 1193 estudiantes que conforman la Unidad Educativa San Francisco.

(c) Unidad educativa particular Oviedo

N: 510

Z: 1,96 por nivel de seguridad = 95%)

p/q: 0, 5 (50 % a favor) / 0.5 (50 % en contra)

d: 0,1 (10% error de la muestra)

Es así, que al reemplazar los datos de la UE3 en la ecuación 2.3, se obtiene la siguiente operación:

$$n_3 = \frac{1.96^2 * (0,5 * 0,5)}{0,1^2 + \left[\frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{510} \right]} = 81 \quad [2. 6]$$

Como resultado se obtiene que se deben aplicar 81 encuestas que permitan obtener datos que representen a las 510 estudiantes que conforman la Unidad Educativa Particular Oviedo.

(d) Unidad educativa Sagrado Corazón de Jesús

N: 532

Z: 1,96 por nivel de seguridad = 95%)

p/q: 0, 5 (50 % a favor) / 0.5 (50 % en contra)

d: 0,1 (10% error de la muestra)

Es así, que al reemplazar los datos en la ecuación 2.3, se obtiene la siguiente operación:

$$n_4 = \frac{1.96^2 * (0,5 * 0,5)}{0,1^2 + \left[\frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{532} \right]} = 82 \quad [2. 7]$$

Como resultado se obtiene que se deben aplicar 143 encuestas que permitan obtener datos que representen a las 532 estudiantes que conforman la Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús.

(e) Número total de encuestas a realizar

Por lo tanto, para conocer el número total de encuestas a realizar, se suma el resultado de cada una de las muestras obtenidas en el cálculo.

$$n_{total} = 93 + 89 + 81 + 82 = 345 \quad [2. 8]$$

Lo que indica que se necesitan realizar 345 encuestas dirigidas al sector de estudio, en este caso las Unidades Educativas.

(f) Coeficiente de elevación

Indica la relación existente entre el tamaño de la población y la muestra, para determinar el coeficiente de elevación se utiliza la siguiente ecuación:

$$Ce = \frac{N}{n} \quad [2. 9]$$

Donde:

Ce: Coeficiente de elevación

N: Tamaño de la Población

n: Tamaño de la muestra

De esta manera al efectuar la operación mediante la aplicación de la ecuación 2.9, se obtiene el coeficiente de elevación para cada establecimiento educativo, valores mostrados en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Coeficientes de elevación

Unidad educativa	Población	Muestra	Coeficiente de elevación
UE1	2 372	93	25,505
UE2	1 193	89	13,404
UE3	510	81	6,296
UE4	532	82	6,487

Fuente: (propia)

2.6.7 FORMATO DE ENCUESTA

La encuesta consta de 3 ítems y su formato se encuentra especificado en el ANEXO II. El primer ítem, corresponde al origen de los desplazamientos, en el segundo hace referencia al modo de transporte ocupado tanto al ingreso como al retorno y finalmente se pide especificar la capacidad del medio de transporte excepto para vehículos como autobuses y la modalidad de transporte no motorizado como caminata y bicicleta.

2.7 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÉTICO

En esta sección se presenta los factores de consumo de combustible para cada tipo de vehículo, así como las fórmulas que se utilizaron para la estimación de consumo energético cuyos valores son presentados en unidades de energía como el “Joule”, que se define como el trabajo producido por la fuerza de 1 newton al desplazar un cuerpo una distancia de 1 m en la misma dirección y sentido. Se expone la metodología utilizada para el desarrollo del tercer objetivo.

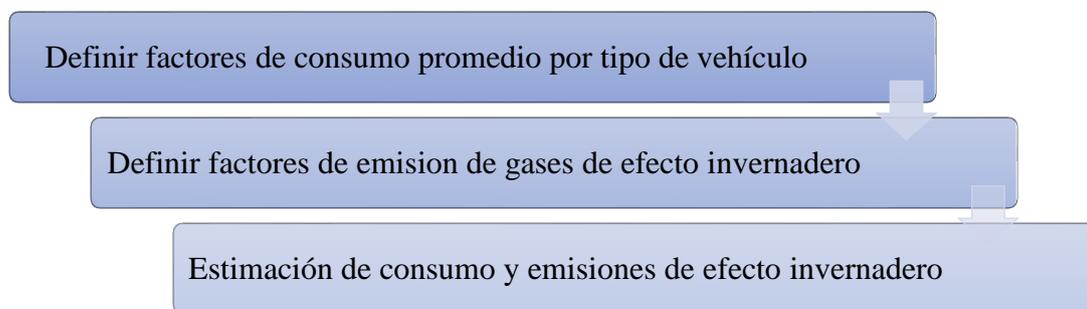


Figura 2.5. Flujograma para estimación de consumo y emisiones

2.7.1 FACTOR DE CONSUMO ENERGÉTICO PROMEDIO

Para determinar el consumo energético de los medios de transporte ocupados por la comunidad educativa se recopila información de estudios realizados en la Ciudad de Ibarra para que la estimación se muestre acorde a la realidad local del transporte, por lo cual se toma como referencia un estudio existente denominado “Estudio de los Patrones de

movilidad de Trabajadores y estudiantes de la Universidad Técnica del Norte” que indica los factores de consumo promedio para cada modo de transporte en Ibarra. En la Tabla 2.12, se presenta el consumo de combustible promedio para cada medio de transporte utilizado, los valores se encuentran expresados en MJ/km. así mismo se muestra rendimiento expresado en (L/km).

Tabla 2.12 Factor de consumo promedio para cada medio de transporte

Medio de Transporte		Consumo Vehicular	Rendimiento
Medio de transporte	Tipo	(MJ/km)	(L/km)
Autobús	Urbano	19,52	0,52
	Inter cantonal o interprovincial	14,70	0,39
Taxi	Taxis	3,09	0,09
Recorrido escolar	17-28 ocupantes	7,06	0,21
Automóvil	Sedan	2,74	0,081
	SUV/Todoterreno	3,51	0,10
	Camioneta	4,47	0,13
M	Motocicleta	1,87	0,05
C	Caminata	0,21	-

Fuente: (Álvarez, 2018, pág. 102)

2.7.2 CONSUMO ENERGÉTICO UNITARIO

Para determinar el consumo energético de cada usuario por kilómetro recorrido en función del tipo de transporte utilizado es necesario conocer la ocupación promedio de cada medio de transporte. Para este fin se recurre a los datos recolectados acerca de la capacidad de los medios de transporte obtenidos mediante la aplicación de la encuesta en las 4 unidades educativas.

El valor resultante del consumo energético unitario se obtiene mediante la aplicación de la ecuación 2.10.

$$Cu = \frac{X}{To} \quad [2. 10]$$

Donde:

Cu: consumo unitario en función del medio de transporte (MJ/km × persona)

X: factor de consumo promedio del medio de transporte (MJ/km)

To: tasa de ocupación promedio del medio de transporte (personas)

2.7.3 TASA DE OCUPACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

La tasa de ocupación fue determinada en base a datos genéricos obtenidos de fuentes primarias, así como datos de primera mano obtenidos mediante la encuesta aplicada a la población educativa. La Tabla 2.13, especifica la tasa de ocupación promedio determinada para cada medio de transporte.

Tabla 2.13 Tasa de ocupación de los medios de transporte

Medio de Transporte		Tasa ocupación
Vehículo	Tipo	(Usuarios /vehículo)
Autobús	Urbano	35
	Inter cantonal o interprovincial	35
Taxi	Taxis	2,18
Recorrido escolar	17-28 ocupantes	22,5
	28 ocupantes	28
Automóvil	Sedan	2,24
	SUV/Todoterreno	2,24
	Camioneta	2,24
M	Motocicleta	2
C	Caminata	1

Fuente: (propia)

2.7.4 CONSUMO ENERGÉTICO POR MEDIO DE TRANSPORTE

Para obtener el consumo energético de cada medio de transporte es necesario conocer la cantidad de vehículos y la distancia total recorrida para posteriormente multiplicar por el factor de consumo

2.7.4.1 Distancia recorrida

Para determinar la distancia recorrida se toma en cuenta cada desplazamiento en función del medio de transporte y se iguala a la distancia promedio del sector de origen, posteriormente se efectúa la suma de todos los desplazamientos realizados por cada medio de transporte. valores determinados en el apartado de distancias promedio origen – destino, en las Tablas 2.6 y 2.7.

$$d = \sum d_{sector} \quad [2. 11]$$

Donde;

d : distancia total recorrida por medio de transporte (km)

d_{sector} : distancia del sector (km)

En la Tabla 2.14, se muestra la distancia parcial recorrida en función del medio de transporte utilizado, así como la distancia total que corresponde a la suma del trayecto de ida más el retorno.

Tabla 2.14 Distancia recorrida por trayecto

Medio de transporte	Distancia (km) Ida	Distancia (km) Retorno
Automóvil	7 308,50	5 359,35
SUV/Todoterreno	8 30,75	636,20
Camioneta	1 202,90	621,00
Motocicleta	611,15	389,10
Bus	9 312,9	11 091,60
Recorrido Escolar	2 097,35	1 739,05
Taxi	677,95	2 110,10
Caminata	996,05	1 091,15
Subtotal	23 037,55	23 037,55
Total (km)	46 075,1	

Fuente: (propia)

2.7.5 CONSUMO POR SECTOR VEHICULAR

Se utiliza la fórmula de la ecuación. 2.12, utilizando los factores de consumo unitario y se multiplica por la distancia recorrida de cada medio de transporte de acuerdo con los datos de la Tabla 2.14

$$CE = Cu * d \quad [2. 12]$$

Donde:

CE: consumo Energético por sector vehicular (MJ)

Cu: factor de consumo unitario (MJ/km × persona)

d: distancia total recorrida por medio de transporte en (km)

2.7.6 DENSIDAD ENERGÉTICA DEL COMBUSTIBLE

El consumo energético puede ser expresado en volumen para fines de interpretación desde otro punto de vista. Se presenta las unidades de energía equivalente por tipo de combustible valores identificados en la Tabla 2.15. La densidad energética del combustible se expresa en unidad de energía (MJ) sobre volumen (L).

Tabla 2.15 Densidad energética del combustible

Combustible	Energía equivalente
	Sistema métrico (MJ/L)
Diesel	37,8
Gasolina	34,9

Fuente: (SENER, 2018)

2.7.7 CONSUMO ENERGÉTICO EXPRESADO EN VOLUMEN

Para tener una noción de la equivalencia del combustible expresado en MJ se realiza una conversión a magnitudes de volumen, este cálculo se lo realiza dividiendo el consumo

energético entre la densidad del combustible, es así como se obtiene un aproximado al volumen de combustible en Litros. Este resultado puede ser expresado en galones mediante la conversión 1 gal (US)= 1,78 L.

Para obtener el consumo de combustible en unidades de volumen se utiliza la ecuación 2.13.

$$Cg = \frac{CE}{E_{eq}} \quad [2. 13]$$

Donde:

Cg : volumen de combustible (L)

CE : consumo Energético por sector vehicular (MJ)

E_{eq} : densidad energética del combustible (MJ/L)

2.8 CONTAMINACIÓN POR CONCURRENCIA

El cálculo se realiza en función del consumo generado por cada sector vehicular ya que las emisiones contaminantes son directamente proporcionales al consumo de combustible. Para ello es necesario establecer factores de emisión según el tipo de combustible ocupado por cada medio de transporte.

2.8.1 FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ EQ

Para el cálculo de emisiones de CO₂ equivalente, se emplean factores de emisión documentados procedentes de fuentes confiables y establecidos por entidades, como, por ejemplo: La EPA, (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) e IPCC, (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). La Tabla 2.16, muestra los factores de emisión de CO₂ eq, tanto para la gasolina como para el Diesel.

Tabla 2.16 Factor de emisión de CO_2 eq

Combustible	Factor de emisión (Fe)	
	gr de CO_2 /galón de combustible	t de CO_2 /galón de combustible
Gasolina	8,887	$8,887 \times 10^{-3}$
Diesel	10,180	$10,180 \times 10^{-3}$

Fuente: (IPCC, 2016)

2.8.2 CÁLCULO EMISIONES DE CO_2 EQ

Para estimar la cantidad de toneladas métricas de CO_2 generados por galón de combustible consumido, se multiplica el volumen de combustible expresado en galones por el factor de emisión correspondiente para el tipo de combustible ya sea gasolina o Diésel.

2.8.2.1 Emisiones generadas por el Diésel

El cálculo de emisiones generadas por el consumo de Diésel se realiza mediante la aplicación de la ecuación 2.14

$$CO_{2\ eq} = Cg * Fe_{Diesel} \quad [2. 14]$$

Donde;

$CO_{2\ eq}$: CO_2 equivalente (t de CO_2)

Cg : volumen de combustible (gal)

Fe_{Diesel} : factor de emisión del Diesel (t de CO_2 /galón de Diésel)

2.8.2.2 Emisiones generadas por la gasolina

El cálculo de emisiones generadas por el consumo de gasolina se realiza mediante la aplicación de la ecuación 2.15

$$CO_{2\ eq} = Cg * Fe_{Gasolina}$$

[2. 15]

Donde;

$CO_{2\ eq}$: CO_2 equivalente (t de CO_2)

Cg : volumen de combustible (gal)

$Fe_{Gasolina}$: factor de emisión de la Gasolina (t de CO_2 /galón de gasolina)

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestra el análisis de los resultados obtenidos a través del procedimiento de campo y la metodología aplicada en el capítulo II cuyos valores recolectados fueron ordenados procesados y representados por medio de un análisis comparativo y descriptivo de acuerdo con las variables e indicadores del estudio.

3.1 FLUJO DE TRÁNSITO VEHICULAR

En primera instancia se muestra los resultados preliminares obtenidos mediante el procedimiento de campo con relación a la medida de tráfico que se ejecutó en cada estación, los puntos de conflicto vehicular se sustentan con base en los operativos de control de tránsito y se encuentran vinculados a cuatro establecimientos educativos y 3 estaciones de aforo en el hipercentro. De acuerdo con la Tabla 3.1, se puede observar los volúmenes horarios, flujos máximos alcanzados en cada estación y factor hora pico. Todos estos valores son analizados a continuación.

Tabla 3.1 Variables de flujo vehicular por estación y horario

Unidad Educativa	Vínculo	Volumen (Q) (Veh mixtos/hora)	Q _{10 max} (Veh mixtos/10min)	FHP	Periodo
UE1	Estación 1	1 541	359	0,72	(6h30 – 7h30)
UE2	Estación 2	1 798	477	0,63	
UE3	Estación 3	1 008	247	0,68	
UE4	Estación 3	1 008	247	0,68	
UE1	Estación 1	1 423	280	0,85	(12h30 – 13h30)
UE2	Estación 2	1 813	318	0,95	
UE3	Estación 3	1 081	220	0,82	
UE4	Estación 3	1 081	220	0,82	

Fuente: (propia)

3.1.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO HORARIO

El volumen horario corresponde al total de vehículos que transitaron por la estación en un periodo de 60 minutos, sin diferenciar su clase y sentido de circulación, se expresa en vehículos mixtos/hora. Para este caso se muestra la diferencia entre volúmenes de tránsito de acuerdo con la estación y el horario.

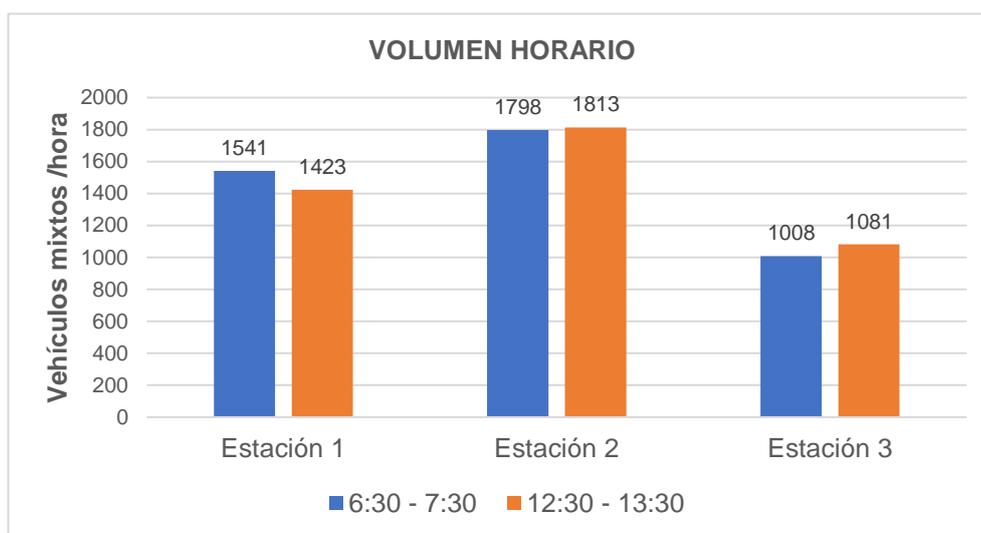


Figura 3.1 Volumen por estación en horas de máxima demanda

En la Figura 3.1, se puede observar que la estación 2 presenta el valor más alto con un volumen de 1 798 vehículos mixtos para el horario de 6h30 a 7h30 y 1813 vehículos mixtos para el horario de 12h30 a 13h30, en segundo lugar, se encuentra la estación 1 con un volumen de 1 541 y 1 423 vehículos mixtos respectivamente, el valor más bajo corresponde a la estación 3 que presenta un volumen de 1 008 y 1 081 vehículos mixtos.

3.1.2 TASAS DE FLUJO

Las tasas de flujo corresponden a volúmenes sub -horarios dentro de la hora de máxima demanda u hora pico. Para el caso de estudio se hace una representación gráfica en un diagrama de líneas para poder analizar la variación del flujo vehicular en la hora compuesta de 6 períodos. De esta manera se puede identificar en qué periodo se encuentran los flujos máximos de cada estación.

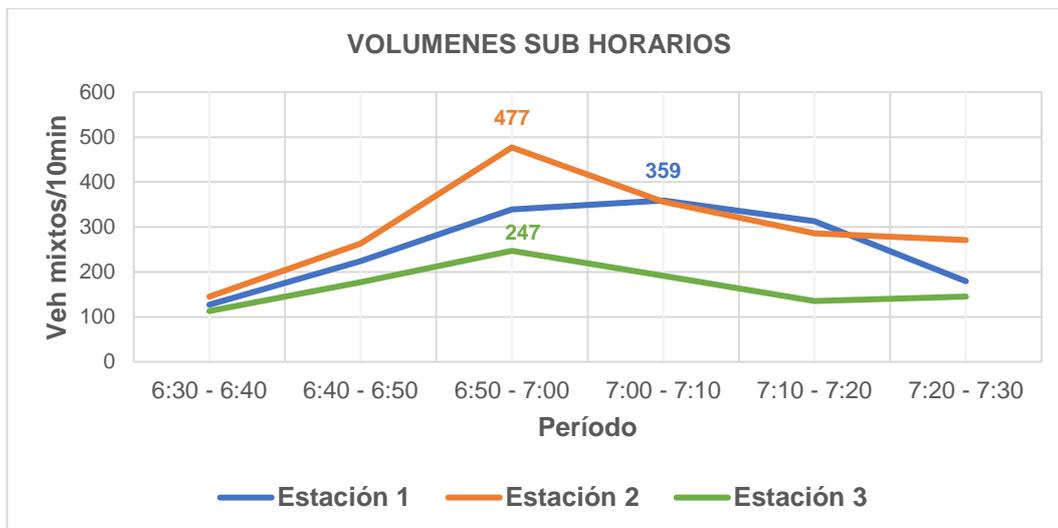


Figura 3.2 Volúmenes sub -horarios, Periodo (6h30 – 7h30)

En la Figura 3.2, se puede observar que, para la estación 2 el pico máximo alcanzado es de 477 Veh mixtos y se encuentra en el periodo de 6h50 a 7h00, seguido por la estación 1 con 359 Veh mixtos en el periodo de 7h00 a 7h10, en cuanto a la estación 3 alcanza su valor más alto en el periodo de 6h50 a 7h00 con 247 Veh mixtos. Los valores antes mencionados corresponden a los flujos máximos alcanzados en cada estación los cuales presentan una relación de incremento del flujo vehicular directamente proporcional al horario límite de ingreso a las unidades educativas. Por el contrario, los valores mínimos en las tres estaciones se encuentran en el primer periodo de 6h30 a 6h40.

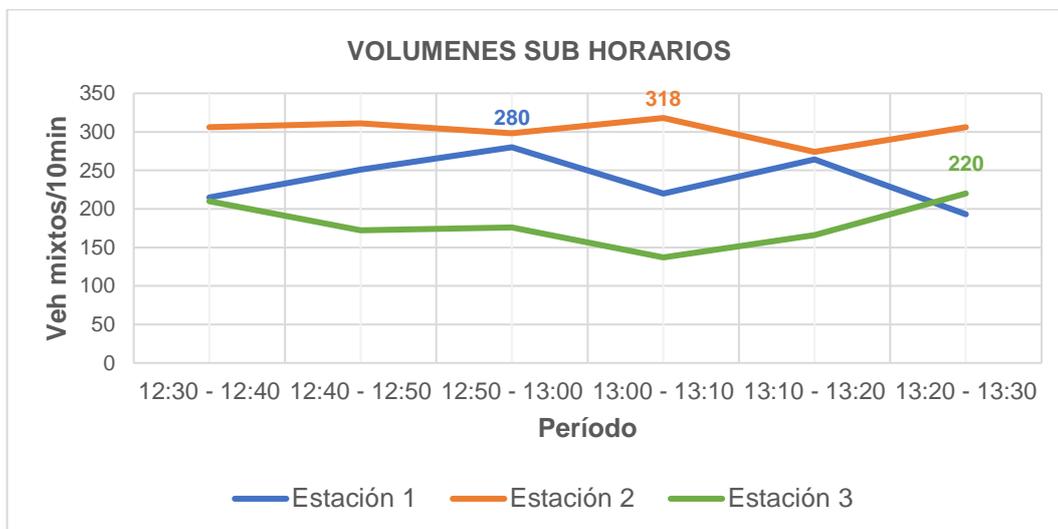


Figura 3.3 Volúmenes sub -horarios, Periodo (12h30 – 13h30)

Según la Figura 3.3, en la estación 2 el pico máximo alcanzado es de 318 Veh mixtos y se encuentra en el periodo de 13h00 a 13h10, seguido por la estación 1 con 280 Veh mixtos en el periodo de 12h50 a 13h00, en cuanto a la estación 3 alcanza su valor más alto en el periodo de 13h:20 a 13h30 con 220 Veh mixtos. Los valores mencionados indican los flujos máximos alcanzados en cada estación y aunque su valor más alto coincide con el horario de salida de las instituciones educativas presentan valores similares en los demás periodos lo cual no indica un incremento considerable del flujo vehicular generado por las unidades educativas.

3.1.3 TASA DE FLUJO MÁXIMO VS VOLUMEN HORARIO

La comparación entre la tasa de flujo máximo y volumen horario permite identificar concentraciones de vehículos en cortos intervalos de tiempo, que, en caso de tratarse de periodos de máxima demanda, puede ocasionar problemas de congestión. Por consiguiente, la tasa de flujo indica la cantidad de vehículos que pasan durante un periodo específico de tiempo en una hora y se expresa en vehículos/min o a su vez en vehículos/seg.

No obstante, al igual que el volumen horario, la tasa de flujo también puede ser expresada en vehículos/hora. En este sentido se debe tener cuidado en su interpretación, ya que no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan en una hora completa o volumen horario. Con estos antecedentes en Tabla 3.2, se presenta el registro de volúmenes y tasas de flujo en cada estación.

Tabla 3.2 Registro de volúmenes y tasas de flujo por estación

Estación	Volumen (Q) (Veh mixtos/h)	Flujo máximo (Q_{max}) (Veh mixtos/10 min)	Flujo máximo (Q_{max}) (Veh mixtos/h)	Período
Estación 1	1541	359	2154	6h30-7h30
Estación 2	1798	477	2862	
Estación 3	1008	247	1482	
Estación 1	1423	280	1680	12h30-13h30
Estación 2	1813	318	1908	
Estación 3	1081	220	1320	

Fuente: (propia)

El flujo máximo expresado en vehículos/hora se obtiene al multiplicar la tasa de flujo máximo por el número de periodos de la hora que para nuestro caso de estudio son seis periodos de 10 minutos. Para mejor entendimiento e interpretación a continuación se muestra de manera gráfica en un diagrama de barras la diferencia entre el volumen horario y tasa de flujo máxima.

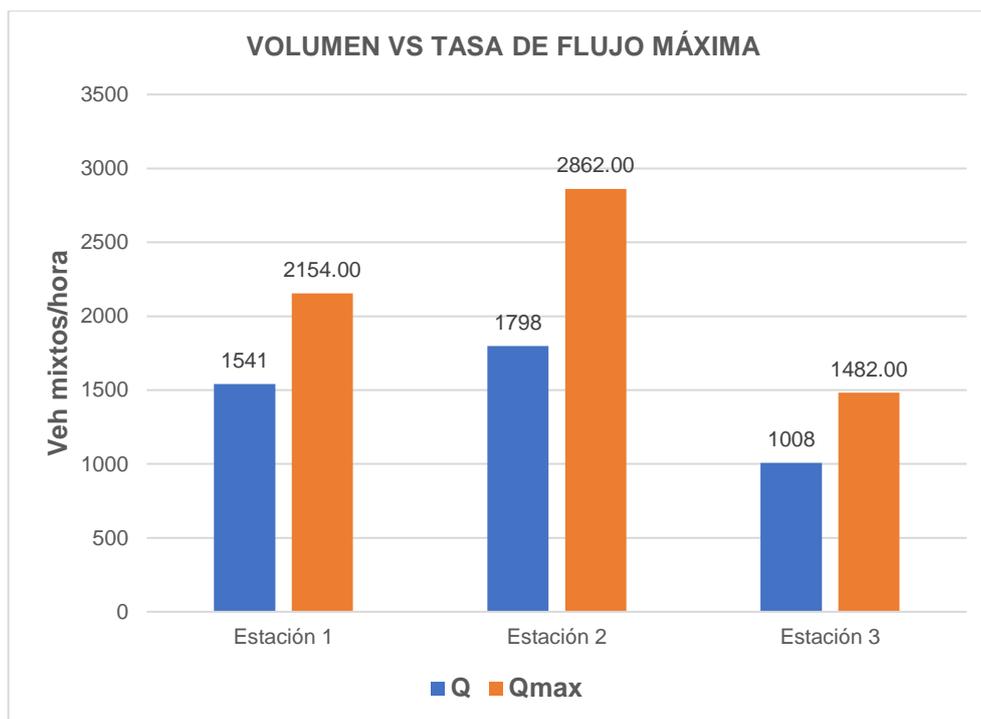


Figura 3.4 Comparación entre el volumen horario y tasa de flujo (6h30-7h30)

De acuerdo con la Figura 3.4, se puede observar que la tasa de flujo máxima en las tres estaciones es mayor al volumen horario, esto indica que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en el intervalo que se presenta la tasa flujo máxima es mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra una concentración de vehículos mixtos en cortos intervalos de tiempo, que, en caso de tratarse de periodos de máxima demanda, puede ocasionar problemas de congestión. El contraste más evidente se presenta en la estación 2, en donde se observa una diferencia de aproximadamente 1000 vehículos.

A continuación, se presenta la comparación entre volumen horario y tasa de flujo máximo de cada estación, para el horario de (12h30-13h30).

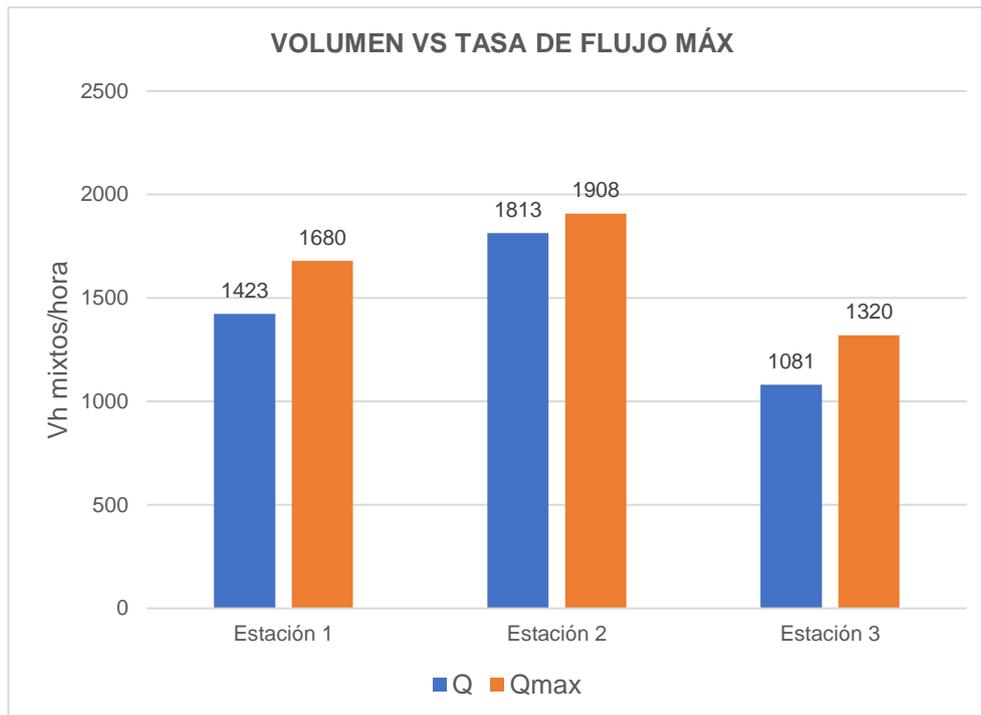


Figura 3.5 Comparación entre el volumen horario y tasa de flujo (12h30-13h30)

De acuerdo con la Figura 3.5, es posible apreciar que la tasa de flujo máxima en las tres estaciones es mayor al volumen horario, esto indica que la frecuencia con la que pasaron los vehículos en el intervalo que se presenta la tasa flujo máxima es mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva. Esto muestra una concentración de vehículos en cortos intervalos de tiempo, que, en caso de tratarse de periodos de máxima demanda, puede ocasionar problemas de congestión. No obstante, la brecha entre volúmenes no presenta una variación significativa a diferencia del periodo de (6h30-7h30), esto puede indicar que el flujo vehicular puede presentar congestión no solo en periodos de máxima demanda sino en toda la hora efectiva.

3.1.4 FLUJO VEHICULAR POR SENTIDO

Las tres estaciones aforadas pertenecen a intersecciones compuestas por dos sentidos de circulación, para poder interpretar de mejor manera el comportamiento del flujo del tránsito vehicular a continuación se presenta un análisis de manera independiente para cada sentido de circulación.

3.1.4.1 Tasas de flujo Estación 1

La Estación 1 se compone de dos sentidos de circulación, sentido Este-Oeste y Oeste – Este, en la Tabla 3.3, se muestra el registro de volúmenes sub – horarios para cada período y sentido de circulación tanto para la hora de máxima demanda de la mañana como de la tarde. Es importante mencionar que los volúmenes sub – horarios se encuentran expresados en vehículos mixtos/10 minutos.

Tabla 3.3 Registro del tránsito vehicular por sentido y período en la estación 1

Período	←E-O	→O-E	Período	←E-O	→O-E
6:30 - 6:40	59	68	12:30 - 12:40	96	119
6:40 - 6:50	72	152	12:40 - 12:50	99	152
6:50 - 7:00	114	225	12:50 - 13:00	113	167
7:00 - 7:10	140	219	13:00 - 13:10	79	141
7:10 - 7:20	143	170	13:10 - 13:20	127	137
7:20 - 7:30	84	95	13:20 - 13:30	77	116
Total	612	929	Total	591	832

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra en un diagrama de líneas la variación del flujo del tránsito vehicular en la Estación 1.

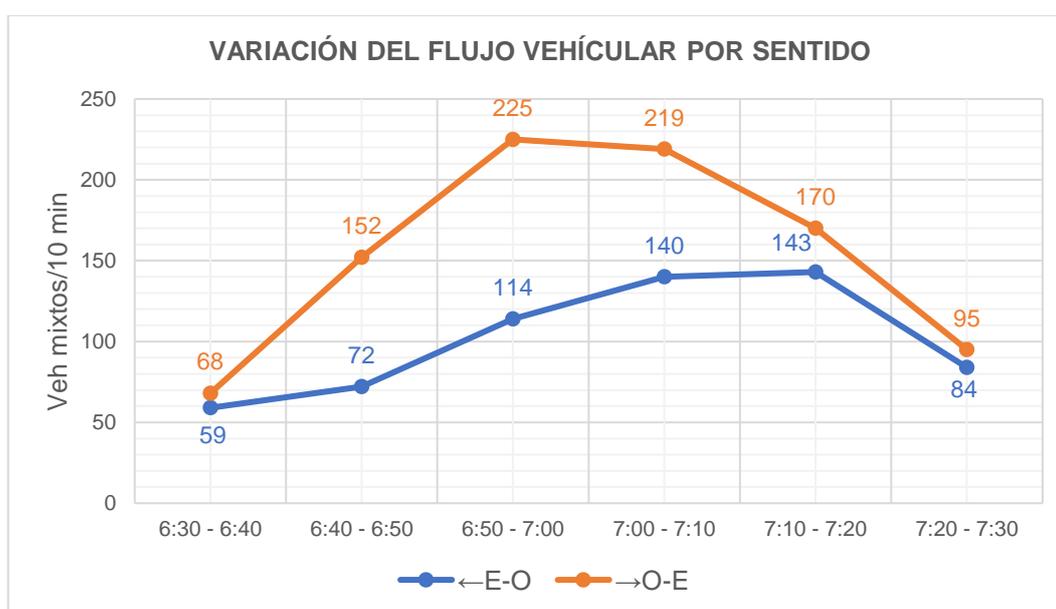


Figura 3.6 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (6h30 – 7h30)

En la Figura 3.6, se puede observar que el flujo máximo alcanzado en el sentido (Este – Oeste) asciende a 143 vehículos mixtos/10 min en el período de 7h10 – 7h20, mientras que para el sentido (Oeste – Este) se tiene total de 225 vehículos mixtos/10 min, en el período de 6h50 – 7h00.

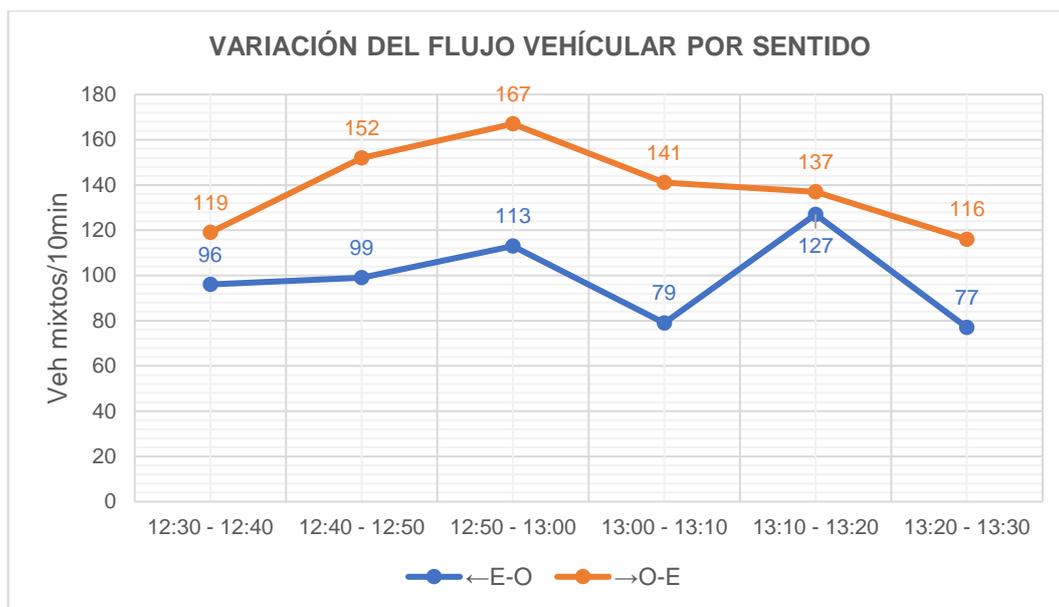


Figura 3.7 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (12h30 – 13h30)

De acuerdo con la Figura 3.7, se puede apreciar que el flujo máximo alcanzado en el sentido (Este – Oeste) asciende a 127 vehículos mixtos/10 min en el período de (13h10 – 13h20), mientras que para el sentido (Oeste – Este) se tiene un total de 167 vehículos mixtos/10 min, en el período de (12h50 – 13h00).

3.1.4.2 Tasas de flujo Estación 2

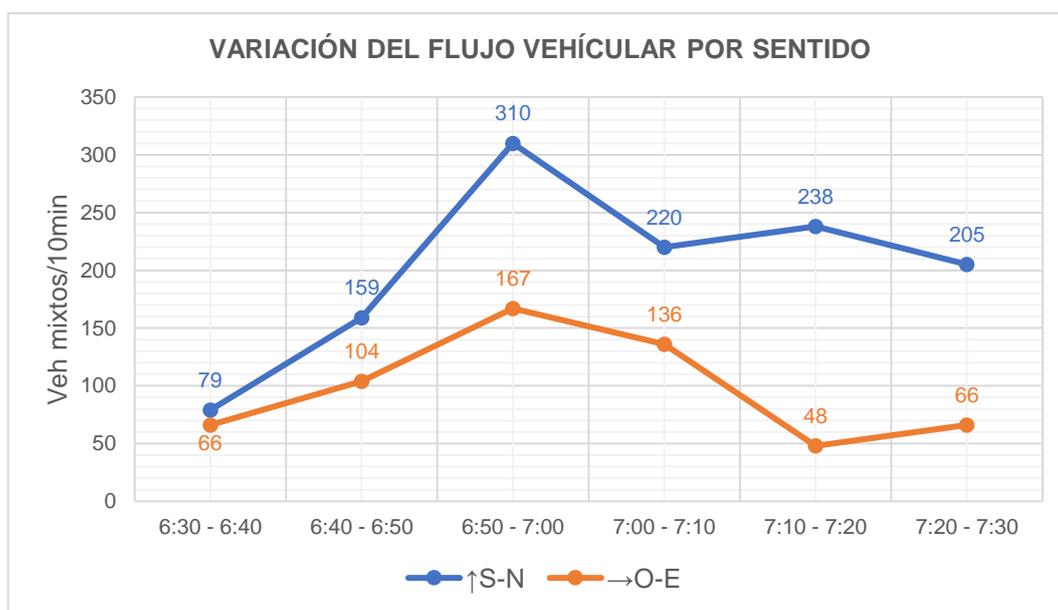
La Estación 2 está conformada por dos sentidos de circulación, sentido Sur – Norte y sentido Oeste – Este, en la Tabla 3.4, se muestra el registro de volúmenes sub – horarios para cada período y sentido de circulación tanto para la hora de máxima demanda de la mañana como de la tarde.

Tabla 3.4 Registro del tránsito vehicular por sentido y período en la estación 2

Período	Sentido		Período	Sentido	
	↑S-N	→O-E		↑S-N	→O-E
6:30 - 6:40	79	66	12:30 - 12:40	191	115
6:40 - 6:50	159	104	12:40 - 12:50	201	110
6:50 - 7:00	310	167	12:50 - 13:00	185	113
7:00 - 7:10	220	136	13:00 - 13:10	212	106
7:10 - 7:20	238	48	13:10 - 13:20	164	110
7:20 - 7:30	205	66	13:20 - 13:30	188	118
Total	1211	587	Total	1 141	672

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra en un diagrama de líneas la variación del flujo del tránsito vehicular en la Estación 2.

**Figura 3.8** Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (6h30 – 7h30)

En la Figura 3.8, se puede observar que el flujo máximo alcanzado en el sentido Sur – Norte asciende a 310 vehículos mixtos/10 min en el período de (6h50 – 7h00), mientras que para el sentido Oeste – Este, se tiene un total de 167 vehículos mixtos/10 min, en el período de (6h50 – 7h00).

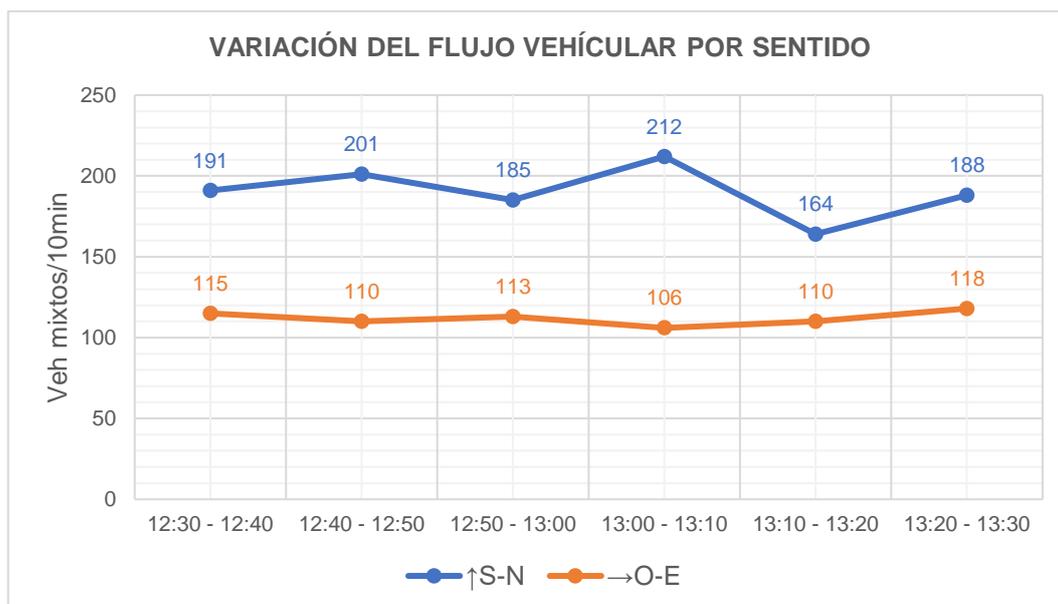


Figura 3.9 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (12h30 – 13h30)

De acuerdo con la Figura 3.9, se puede apreciar que el flujo máximo alcanzado en el sentido Sur – Norte, asciende a 212 vehículos mixtos/10 min en el período de (13h00 – 13h10), mientras que para el sentido Oeste – Este, se tiene total de 118 vehículos mixtos/10 min, en el período de (6h50 – 7h00).

Cabe destacar que el flujo vehicular en los dos sentidos de circulación muestra un comportamiento constante ya que no existen variaciones significativas en ningún período, sin embargo, esto no significa que el flujo vehicular no presente problemas de congestión en pequeños intervalos de tiempo al contrario puede ser que todas las tasas de flujo presenten valores por encima del volumen horario. Lo que se traduce en una congestión del tránsito vehicular en toda la hora.

3.1.4.3 Tasas de flujo Estación 3

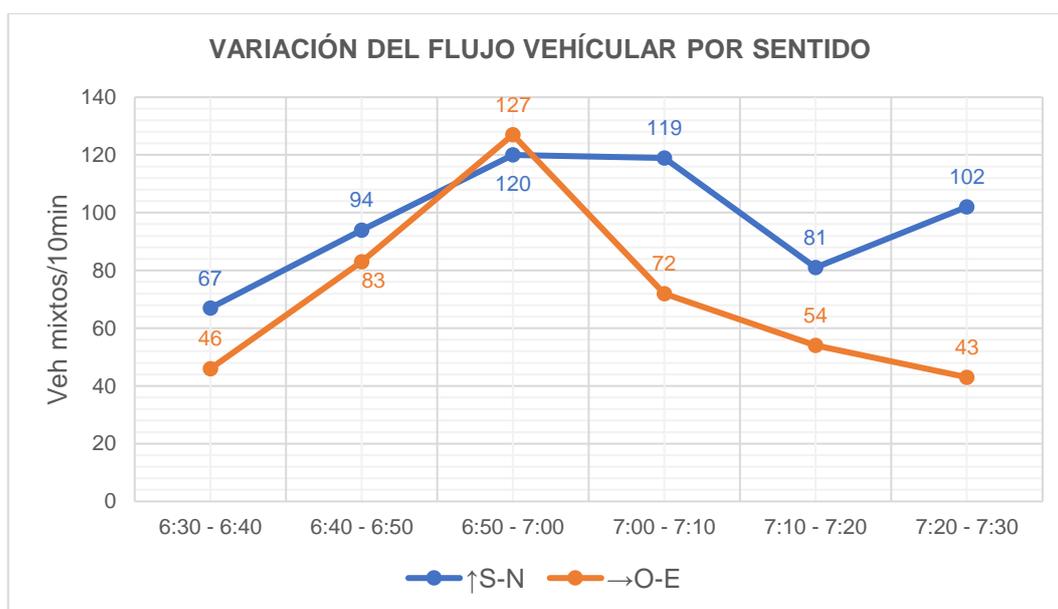
La Estación 3 se compone de dos sentidos de circulación, sentido (Sur – Norte) y sentido (Oeste – Este), En la Tabla 3.5, se muestra el registro de volúmenes sub – horarios para cada período y sentido de circulación tanto para la hora de máxima demanda de la mañana como de la tarde.

Tabla 3.5 Registro del tránsito vehicular por sentido y período en la estación 3

Período	Sentido		Período	Sentido	
	↑S-N	→O-E		↑S-N	→O-E
6:30 - 6:40	67	46	12:30 - 12:40	136	74
6:40 - 6:50	94	83	12:40 - 12:50	111	61
6:50 - 7:00	120	127	12:50 - 13:00	110	66
7:00 - 7:10	119	72	13:00 - 13:10	83	54
7:10 - 7:20	81	54	13:10 - 13:20	84	82
7:20 - 7:30	102	43	13:20 - 13:30	131	89
Total	583	425	Total	655	426

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra en un diagrama de líneas la variación del flujo del tránsito vehicular en la Estación 3.

**Figura 3.10** Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (6h30 – 7h30)

En la Figura 3.10, se puede observar que el flujo máximo alcanzado en el sentido Sur – Norte, asciende a 120 vehículos mixtos/10 min, en el período de (6h50 – 7h00), mientras que para el sentido Oeste – Este, se tiene total de 127 vehículos mixtos/10 min, en el período de (6h50 – 7h00).

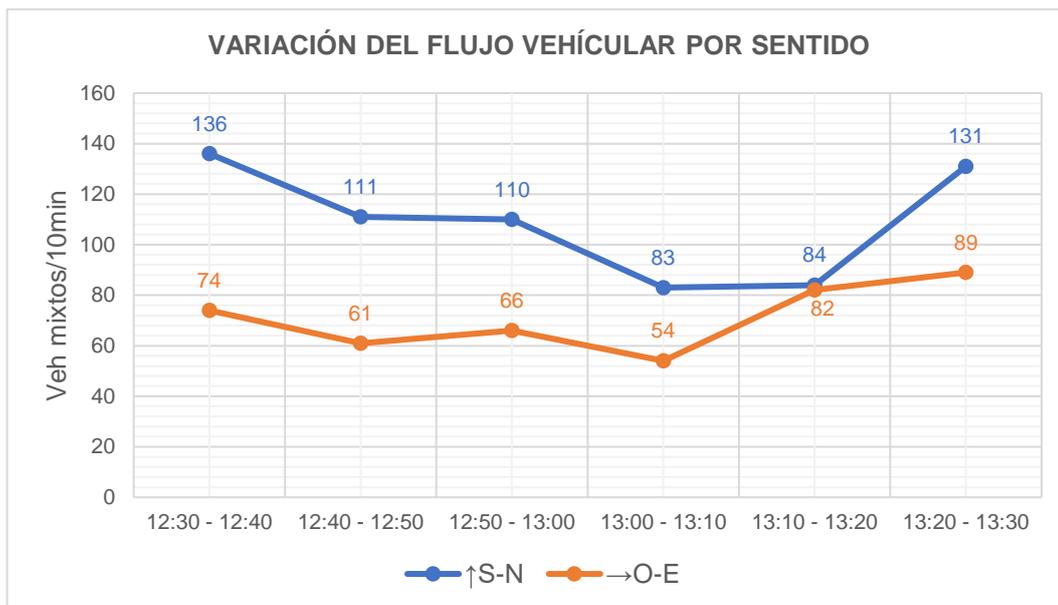


Figura 3.11 Variación del flujo vehicular por sentido, Periodo (12h30 – 13h30)

Conforme a la Figura 3.11, es posible identificar el flujo máximo alcanzado en el sentido Sur – Norte, el cual asciende a 136 vehículos mixtos/10 min en el período de (12h30 – 12h40), mientras que para el sentido Oeste – Este, se tiene total de 89 vehículos mixtos/10 min, en el período de (13h20 – 13h30).

3.1.5 DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO

La distribución direccional corresponde al volumen de tránsito vehicular predominante en los dos sentidos de circulación, este criterio a su vez puede ser aplicado en intersecciones, donde se expresa de manera porcentual el volumen de ambos. En condiciones ideales de operación para una vía de dos sentidos que presente las mismas características geométricas y de operación, la distribución debe ser del 50%.

En calles urbanas que comunican el centro de la ciudad con la periferia de esta, el fenómeno común que se presenta en el flujo de tránsito es de volúmenes máximos hacia el centro en la mañana y hacia la periferia en las tardes y noches. A continuación, se muestran los porcentajes correspondientes a la distribución direccional para cada estación.

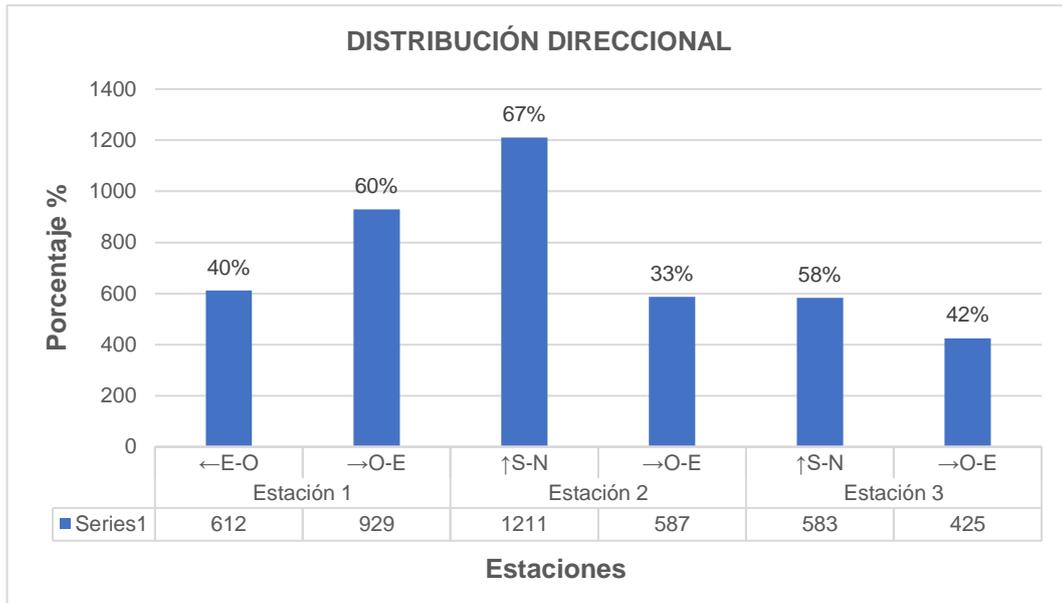


Figura 3.12 Distribución direccional por estación, periodo (6h30 – 7h30)

En la Figura 3.12, se observa que en la estación 2 y 3 el flujo predominante de circulación vehicular corresponde al sentido Sur-Norte con un porcentaje de (67% -33%) y (58% - 42%), respectivamente esto se debe a que dicho sentido de flujo vehicular pertenece a una calle principal, mientras que en la estación 1 el flujo predominante se encuentra en el sentido Oeste-Este con un porcentaje de (60% - 40%).

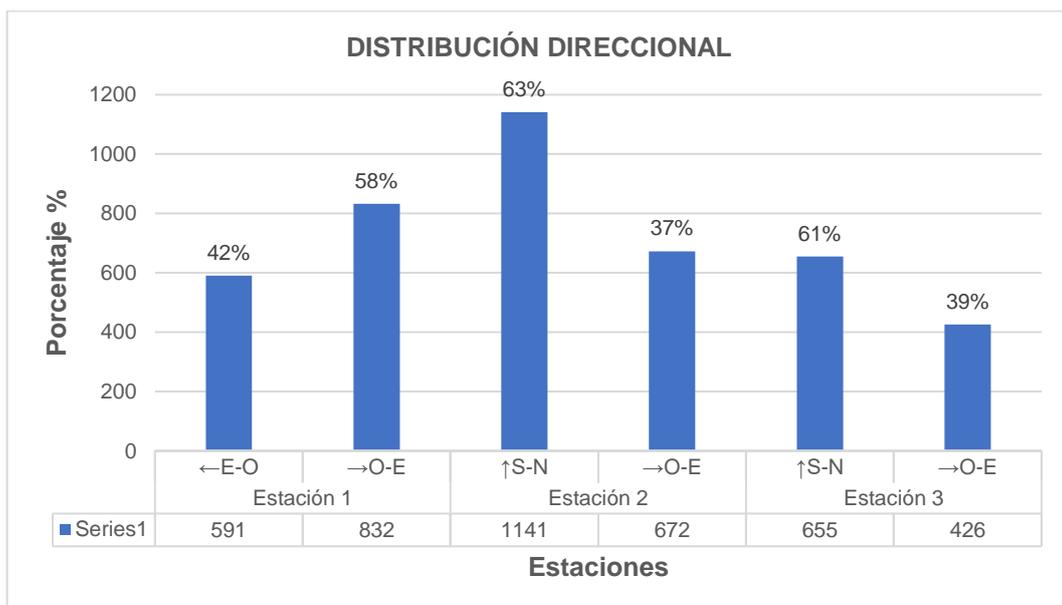


Figura 3.13 Distribución direccional por estación, periodo (12h30 – 13h30)

En la Figura 3.13, se observa que para el horario de la tarde la variación por sentido presenta valores similares a los de la mañana en donde la estación 2 y 3 el flujo predominante de circulación vehicular corresponde al sentido Sur-Norte con un porcentaje de (63% -37%) y (61% - 39%) respectivamente esto se debe a que dicho sentido de flujo vehicular pertenece a una calle principal, mientras que en la estación 1 el flujo predominante se encuentra en el sentido Oeste-Este con un porcentaje de (58% - 42%).

3.1.6 COMPOSICIÓN VEHICULAR

La composición del tránsito vehicular se mide en términos de porcentaje sobre el volumen total, se distinguen 4 tipos de vehículos como: livianos, buses, motos y otros. Cabe mencionar que la categoría de livianos incluye vehículos como (Automóvil, SUV, camioneta y furgoneta). A continuación, se muestra el porcentaje por categoría en cada una de las tres estaciones.

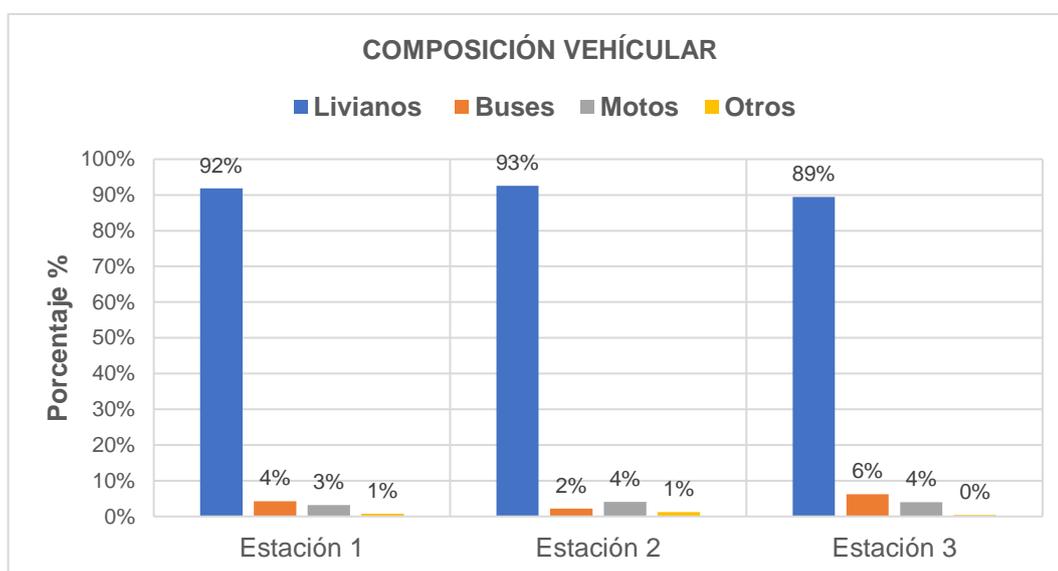


Figura 3.14 Composición vehicular hora de máxima demanda (6h30 – 7h30)

De acuerdo con la Figura 3.14, en las tres estaciones la categoría de livianos representa aproximadamente el 90 % del total de vehículos aforados y el resto corresponde a la categoría de buses y motos con un porcentaje que oscila entre el 2% y 6 % mientras que la categoría de otros representa la mínima parte con 1%.

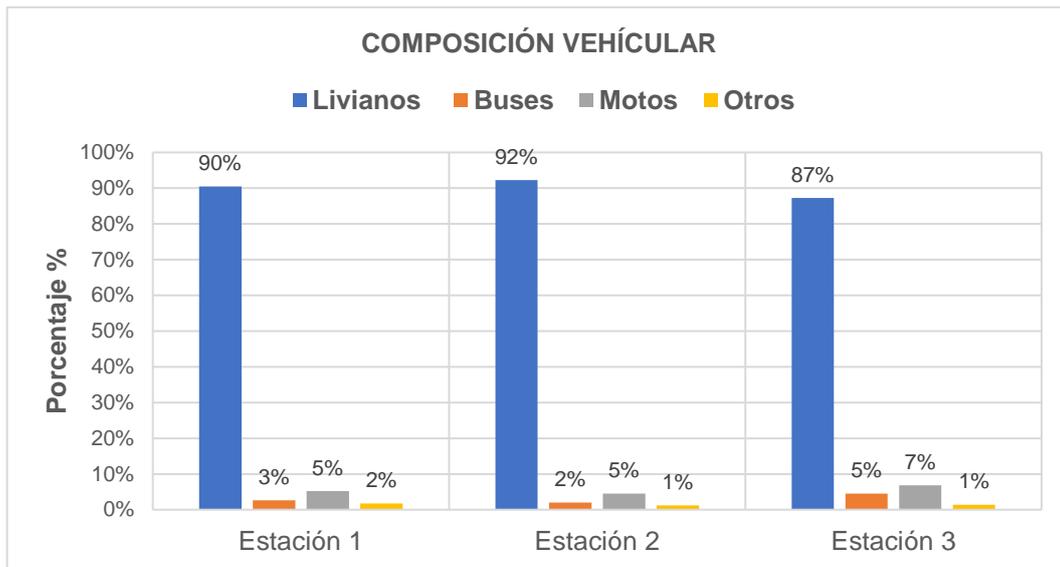


Figura 3.15 Composición vehicular hora de máxima demanda (12h30 – 13h30)

La Figura 3.15, muestra que en las tres estaciones la categoría de livianos representa aproximadamente el 90 % del total de vehículos aforados y resto corresponde a la categoría de buses y motos con un porcentaje que oscila entre el 2% y 6 % mientras que la categoría de otros representa la mínima parte con 1%. Dichos porcentajes se encuentran dentro del rango permitido de vehículos circulando en vías urbanas ya que son vías exclusivas para vehículos livianos y ocasionalmente semipesados, además se permite estacionamiento.

3.1.7 COMPOSICIÓN VEHICULAR POR SENTIDO

Al diferenciar la composición vehicular de forma direccional es posible determinar si existe una variación por sentido en los porcentajes que corresponden a cada tipo de vehículo. A continuación, se muestra de manera individual la composición vehicular de cada una de las estaciones de aforo.

3.1.7.1 Composición vehicular Estación 1

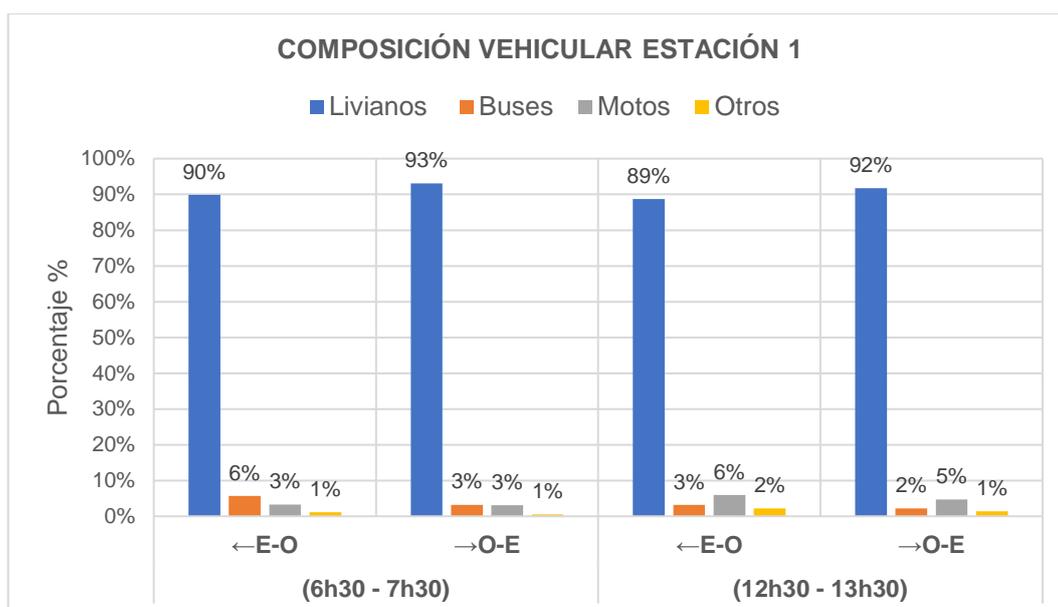
La Tabla 3.6, muestra el registro de aforo en la estación 1 cuyos sentidos de circulación son (Este - Oeste) y (Oeste - Este), de esta manera se distingue de manera numérica y porcentual la composición del tránsito vehicular con respecto a los dos horarios de máxima demanda.

Tabla 3.6 Registro de aforo vehicular por sentido en la Estación 1

Estación 1	(6h30 - 7h30)				(12h30 - 13h30)			
	←E-O	←E-O	→O-E	→O-E	←E-O	←E-O	→O-E	→O-E
Livianos	550	90%	865	93%	524	89%	763	92%
Buses	35	6%	30	3%	19	3%	18	2%
Motos	20	3%	29	3%	35	6%	39	5%
Otros	7	1%	5	1%	13	2%	12	1%
Total	612	100%	929	100%	591	100%	832	100%

Fuente: (propia)

A continuación, para la estación 1 se muestra en un diagrama de barras la composición del tránsito vehicular en términos de porcentaje para los dos horarios de aforo.

**Figura 3.16** Composición vehicular por sentido y horario en la Estación 1

En la Figura 3.16, se puede observar que la categoría de vehículos livianos presenta un porcentaje que ronda por el 90% y se muestra de manera homogénea en ambos sentidos de circulación lo que indica que la composición del tránsito vehicular se comporta de manera similar en cualquier dirección ya que las vías presentan las mismas características de operación en zonas urbanas.

3.1.7.2 Composición vehicular Estación 2

En la Tabla 3.7, se muestra el registro de aforo en la estación 1 cuyos sentidos de circulación son (Sur - Norte) y (Oeste - Este), de esta manera se distingue de manera numérica y porcentual la composición del tránsito vehicular con respecto a los dos horarios de máxima demanda

Tabla 3.7 Registro de aforo vehicular por sentido en la Estación 2

Tipo de vehículo	Horario							
	(6h30 - 7h30)				(12h30 - 13h30)			
	↑S-N	↑S-N	→O-E	→O-E	↑S-N	↑S-N	→O-E	→O-E
Livianos	1117	92%	547	93%	1057	93%	615	92%
Buses	21	2%	18	3%	17	1%	20	3%
Motos	55	5%	18	3%	54	5%	28	4%
Otros	18	1%	4	1%	13	1%	9	1%
Total	1 211	100%	587	100%	1141	100%	672	100%

Fuente: (propia)

A continuación, para la estación 2 se muestra en un diagrama de barras la composición del tránsito vehicular en términos de porcentaje tanto para el horario de la mañana como el de la tarde.

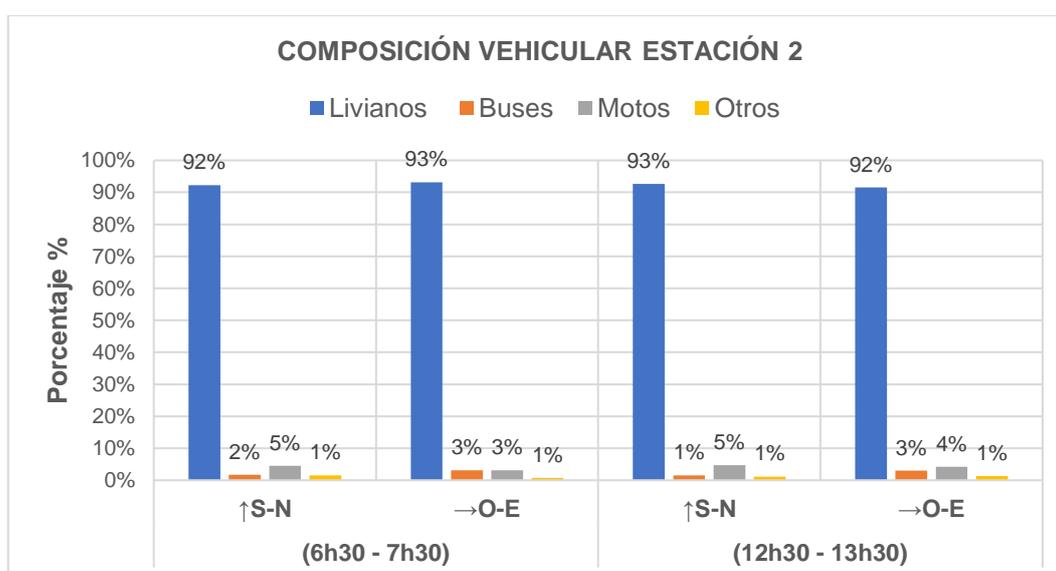


Figura 3.17 Composición vehicular por sentido y horario en la Estación 2

En la Figura 3.17, se puede apreciar que la estación 2 presenta prácticamente la misma composición vehicular de la estación 1, en donde la categoría de vehículos livianos ronda por el 90%, a su vez la categoría de buses muestra un porcentaje entre el 1% y 3%, las motos se encuentran en un rango comprendido entre un 3% y 5%, y finalmente la categoría de otros con el 1%. Estos porcentajes se encuentran dentro del rango permitido de vehículos circulando en vías urbanas ya que son vías exclusivas para vehículos livianos y ocasionalmente semipesados.

3.1.7.3 Composición vehicular Estación 3

En la Tabla 3.8, se muestra el registro de aforo en la estación 1 cuyos sentidos de circulación son: (Sur – Norte) y (Oeste – Este), de esta manera se distingue de manera numérica y porcentual la composición del tránsito vehicular con respecto a los dos horarios de máxima demanda.

Tabla 3.8 Registro de aforo vehicular por sentido en la Estación 3

Tipo de vehículo	Horario							
	(6h30 - 7h30)				(12h30 - 13h30)			
	↑S-N	↑S-N	→O-E	→O-E	↑S-N	↑S-N	→O-E	→O-E
Livianos	493	85%	408	96%	541	83%	402	94%
Buses	63	11%	0	0%	49	7%	0	0%
Motos	24	4%	16	4%	52	8%	22	5%
Otros	3	1%	1	0%	13	2%	2	0%
Total	583	100%	425	100%	655	100%	426	100%

Fuente: (propia)

A continuación, para la estación 3 se muestra en un diagrama de barras la composición del tránsito vehicular en términos de porcentaje tanto para el horario de la mañana como el de la tarde.

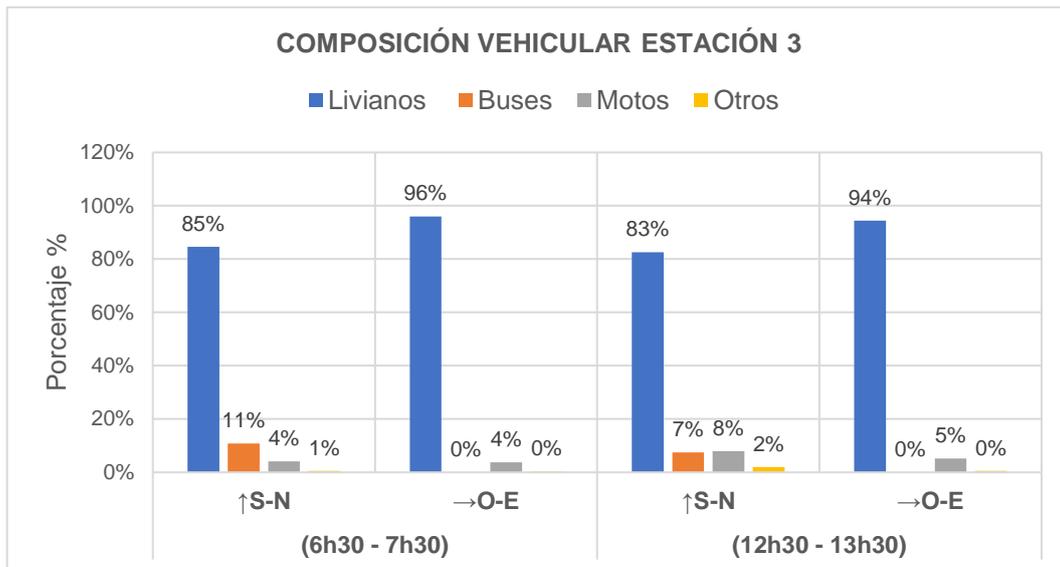


Figura 3.18 Composición vehicular por sentido y horario en la Estación 3

De acuerdo con la Figura 3.18, se puede distinguir que en la estación 3 la categoría de buses muestra un porcentaje predominante en el sentido Sur – Norte, con un valor que ronda entre el 7% y 11% vs 0% de buses en el sentido Oeste -Este. Esto se debe a que en la calle Sánchez y Cifuentes operan cerca de 11 líneas de autobuses urbanos.

3.1.8 FACTOR HORA PICO (FHP)

El factor hora pico es un indicador de las características que presenta el flujo vehicular en los periodos con valores más altos. Si el factor es igual a 1 o se aproxima, evidencia un flujo uniforme del tránsito mientras que si presenta valores bajos indica la concentración de flujos máximos. El FHP para áreas urbanas fluctúa entre 0.80 y 0.95.

De acuerdo con la Tabla 3.9, los valores del factor hora pico en la mañana para las tres estaciones presentan valores inferiores a los de la tarde, de esta manera se evidencia que en el periodo de máxima demanda de la mañana existe mayor concentración de vehículos incluso cuando presenta un volumen horario más bajo que el de la tarde. Dicho análisis refleja que en el periodo de (12h30 – 13h30) el flujo vehicular es más uniforme ya que sus valores se encuentran dentro del rango permitido para vías urbanas 0,80 a 0,95.

Tabla 3.9 Valores del factor hora pico por estación

Variable	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Periodo
Volumen horario	1 541	1 798	1 008	(6h30 - 7h30)
Q _{max}	359	477	247	
FHP	0,72	0,63	0,68	
Volumen horario	1 423	1 813	1 081	(12h30 – 13h30)
Q _{max}	280	318	220	
FHP	0,85	0,95	0,82	

Fuente: (propia)

3.2 MOVILIDAD EDUCATIVA

Para poder relacionar la influencia que ejercen los establecimientos educativos sobre el comportamiento del tráfico en horas de máxima demanda tanto al ingreso como a la salida de la institución, es necesario conocer los patrones de movilidad de la comunidad educativa tomando en cuenta el número de viajes realizados y analizando variables como el modo de transporte y tipo de vehículo utilizado para desplazarse hacia su destino, indagando también en cuáles son los puntos de origen más frecuentes en los viajes realizados por la comunidad educativa

3.2.1 MODO DE TRANSPORTE

La infraestructura vial urbana que brinda acceso a los centros educativos permite el uso de modalidades de transporte, como el público, comercial, privado y medios no motorizados como la caminata y bicicleta. Es importante mencionar que para fines del presente estudio la categoría de transporte público hace referencia únicamente al autobús mientras que la categoría de transporte comercial comprende vehículos como taxis y recorrido escolar. A continuación, se presenta gráficamente y de forma general el porcentaje de utilización de las 4 modalidades de transporte urbano, en cada una de las 4 instituciones educativas encuestadas.

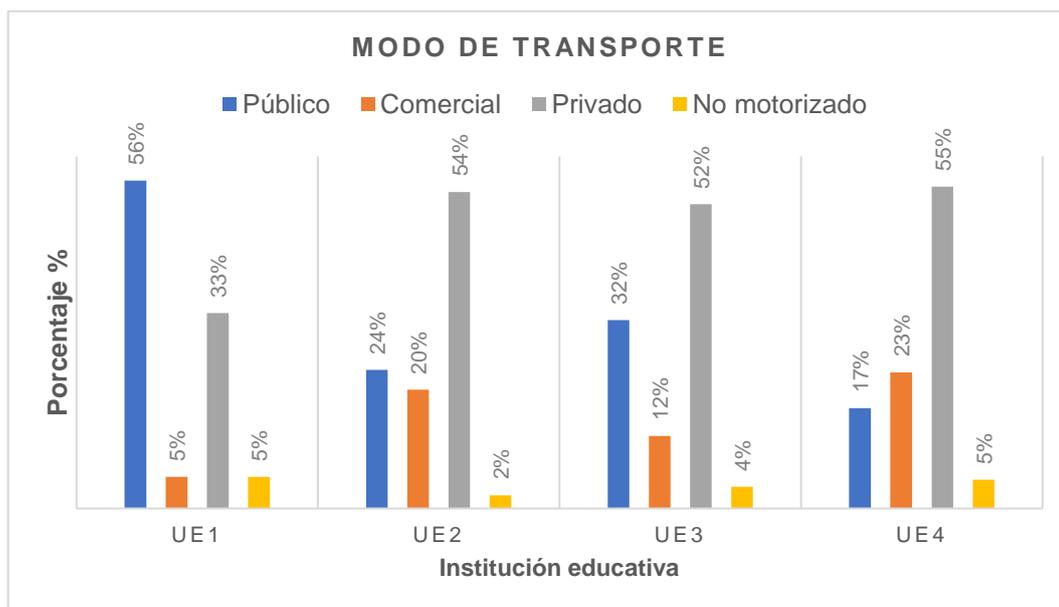


Figura 3.19 Modos de transporte de la comunidad educativa

La Figura 3.19, indica que en el colegio Teodoro Gómez de la Torre (UE1), la modalidad de transporte más usada corresponde al público con 56 %, mientras que un 33% optan por vehículo privado el resto usan transporte comercial y no motorizado, las tres unidades educativas restantes UE2, UE3, UE4 presentan mayor porcentaje de uso en la modalidad de transporte privado con un valor que ronda entre el 52% y 54%, seguido por el transporte público con un rango entre el 23% y 32%. De esta manera se evidencia que dependiendo del tipo de sostenimiento al que pertenece cada institución educativa el modo más usado de transporte varía. Siendo así que en las instituciones públicas el modo más usado es liderado por el transporte público, mientras que en las instituciones de carácter fiscomisional y particular la modalidad más usada corresponde al transporte privado. Por otra parte, se puede evidenciar que el uso del transporte no motorizado como la caminata y bicicleta presentan un porcentaje muy bajo de uso con un valor que oscila entre el 2% y 5%.

3.2.2 OCUPACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

En esta sección se muestran los resultados con datos referentes a la ocupación de los medios de transporte que se utilizan con el fin de desplazarse hacia los centros educativos y viceversa. En primer lugar, se detallan los resultados en el trayecto de ida para todos los medios de transporte y luego se detallan los resultados con respecto al trayecto de retorno.

Para poder interpretar la ocupación de los medios de transporte y su relación con los viajes realizados hacia cada una de las instituciones educativas. A continuación, se muestra una comparación en cuanto al porcentaje de uso de cada medio de transporte.

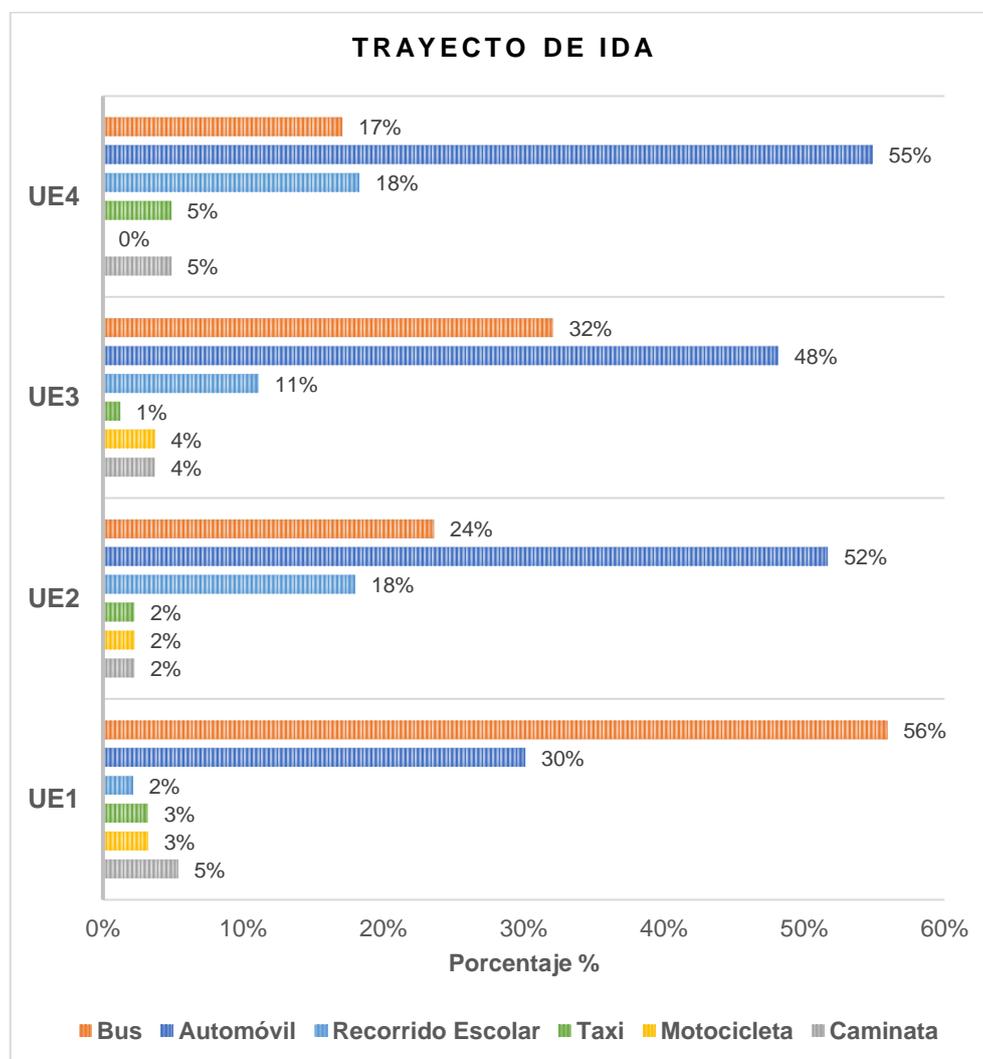


Figura 3.20 Ocupación de los medios de transporte en el trayecto de ida

En la Figura 3.20, se observa que, para la UE1 el medio de transporte que presenta mayor acogida es el autobús con un 56%, seguido por el automóvil con el 30%, caminata 5%, Motocicleta y Taxi 3%, recorrido escolar 2%, para la UE2 el medio de transporte más utilizado es el Automóvil con 52% seguido por el autobús con 24%, recorrido escolar 18%, y 2% para taxi, motocicleta y caminata respectivamente, para la UE3 el medio de transporte que presenta mayor porcentaje de ocupación es el automóvil con 48%, seguido por el autobús con 32%, recorrido escolar 11%, motocicleta y caminata con el 4%, Taxi 1%, para la UE4

en primer lugar se encuentra el automóvil con 55% seguido por el recorrido escolar con 18%, autobús 17%, Taxi y caminata 5% respectivamente.

En referencia a los viajes de ida hacia los establecimientos educativos, el automóvil presenta mayor acogida en 3 de las Instituciones UE2, UE3, UE4, las cuales presentan patrones similares en la ocupación del transporte, por lo tanto, el automóvil representa aproximadamente el 50 % de los viajes en los tres casos vs el 30% de uso del autobús. En la UE1 el medio de transporte más ocupado es el autobús con el 56%, seguido por el automóvil con el 30%, mientras que el de menor acogida tiene es el recorrido escolar con el 2%.

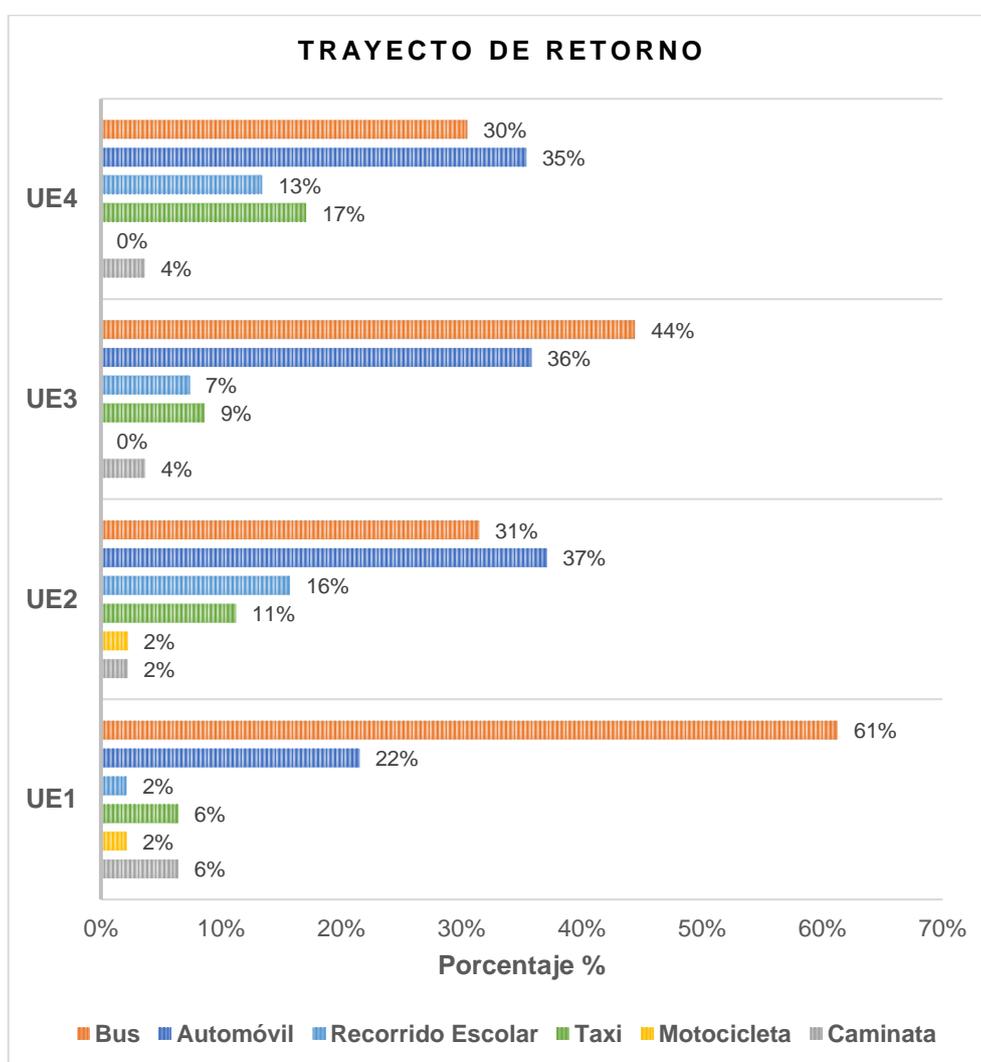


Figura 3.21 Ocupación de los medios de transporte en el trayecto de retorno

La Figura 3.21, muestra que para la UE1 El medio de transporte que presenta mayor acogida es el Autobús con un 61%, seguido por el automóvil con el 22%, Taxi y caminata con el 6%, recorrido escolar y motocicleta con el 2%, para la UE2 el medio de transporte más utilizado es el Automóvil con 37% seguido por el autobús con 31%, recorrido escolar 16%, Taxi 11%, motocicleta y caminata 2% respectivamente, para la UE3 el medio de transporte que presenta mayor porcentaje de ocupación es el autobús con 44%, seguido por el Automóvil con 36%, taxi 9% recorrido escolar 7%, y caminata con el 4%, para la UE4 en primer lugar se encuentra el automóvil con 35% seguido por el autobús con 30%, taxi 17%, recorrido escolar 13% y caminata 4%.

3.2.3 OCUPACIÓN DEL AUTOMÓVIL

En este estudio se toma como referencia al automóvil y se le asigna una categoría que abarca 3 tipos de vehículos los cuales son mencionados a continuación:

- Automóvil (sedan, hatchback)
- SUV/todoterreno
- Camioneta (Pick up)

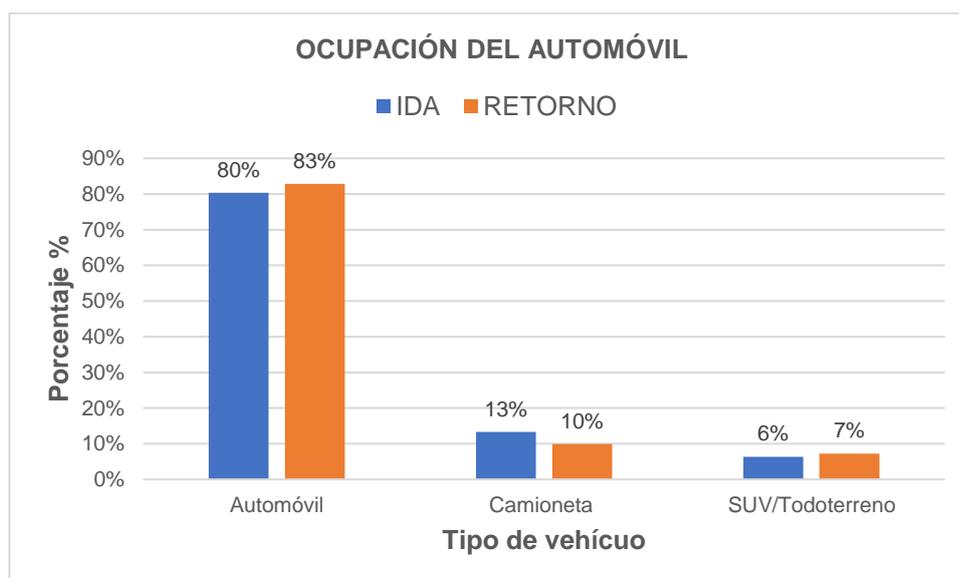


Figura 3.22 Ocupación del automóvil por proyecto

En la Figura 3.22, se puede apreciar que el automóvil presenta un porcentaje que ronda por el 80 % sin presentar variaciones significativas de acuerdo con el trayecto, en cuanto a la camioneta disminuye un 3% en el trayecto de retorno, finalmente el SUV/todoterreno de igual manera no presenta variaciones considerables ya que tiene un incremento del 1 % en el trayecto de retorno.

3.2.4 OCUPACIÓN DEL AUTOMÓVIL TRAYECTO DE IDA

En este apartado se analiza la ocupación del automóvil únicamente en el trayecto de ida para comparar su porcentaje de ocupación de acuerdo con cada establecimiento educativo.

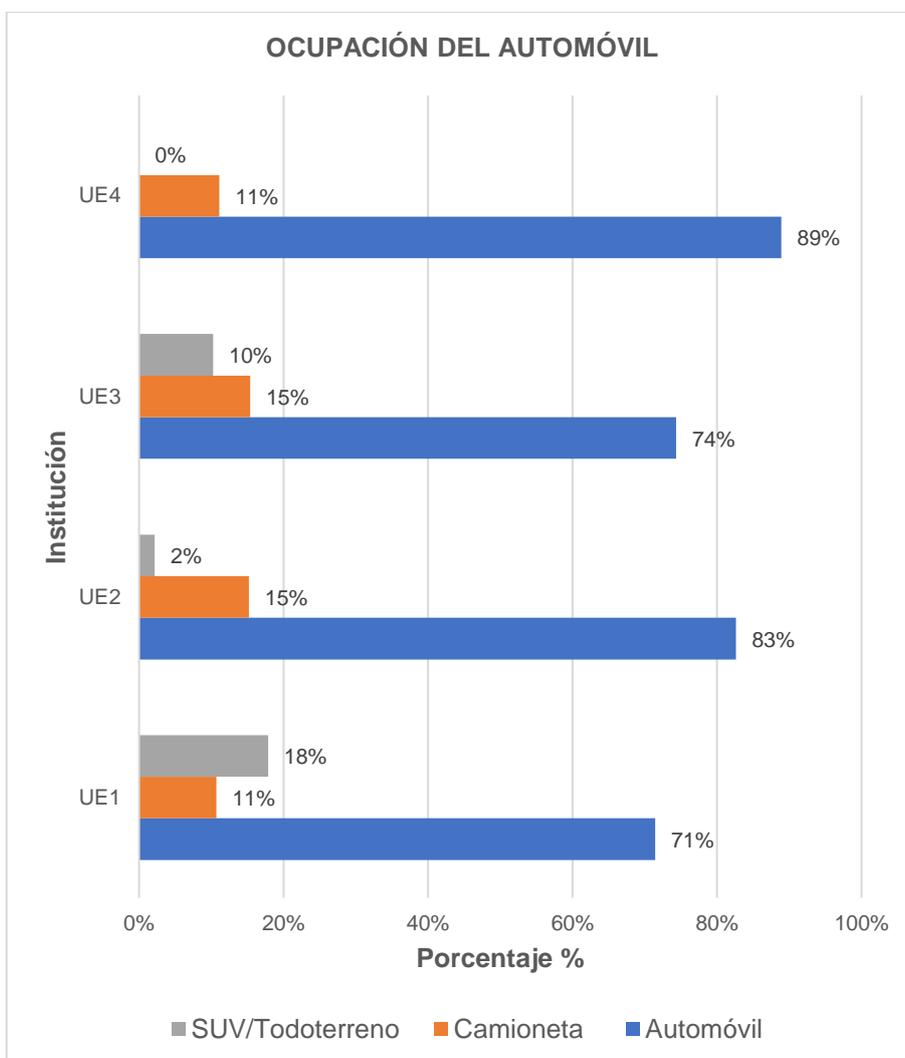


Figura 3.23 Ocupación del automóvil trayecto de ida

En la Figura 3.23, se puede observar que el porcentaje más alto alcanzado por el automóvil corresponde a la UE4 con un 89%, las demás instituciones educativas presentan un porcentaje de ocupación del automóvil de entre 70% y 80 %, en cuanto a la camioneta presenta un porcentaje de ocupación de entre 10% y 15% en las 4 instituciones, finalmente la ocupación del SUV/todoterreno, presenta su porcentaje más alto correspondiente a 18% en la UE1, 15% para la UE2, 10% para la UE3, en cuanto a la UE4 no registra ningún porcentaje.

3.2.5 OCUPACIÓN DEL AUTOMÓVIL TRAYECTO DE RETORNO

En este apartado se analiza la ocupación del automóvil únicamente en el trayecto de retorno para comparar su porcentaje de ocupación de acuerdo con cada establecimiento educativo.

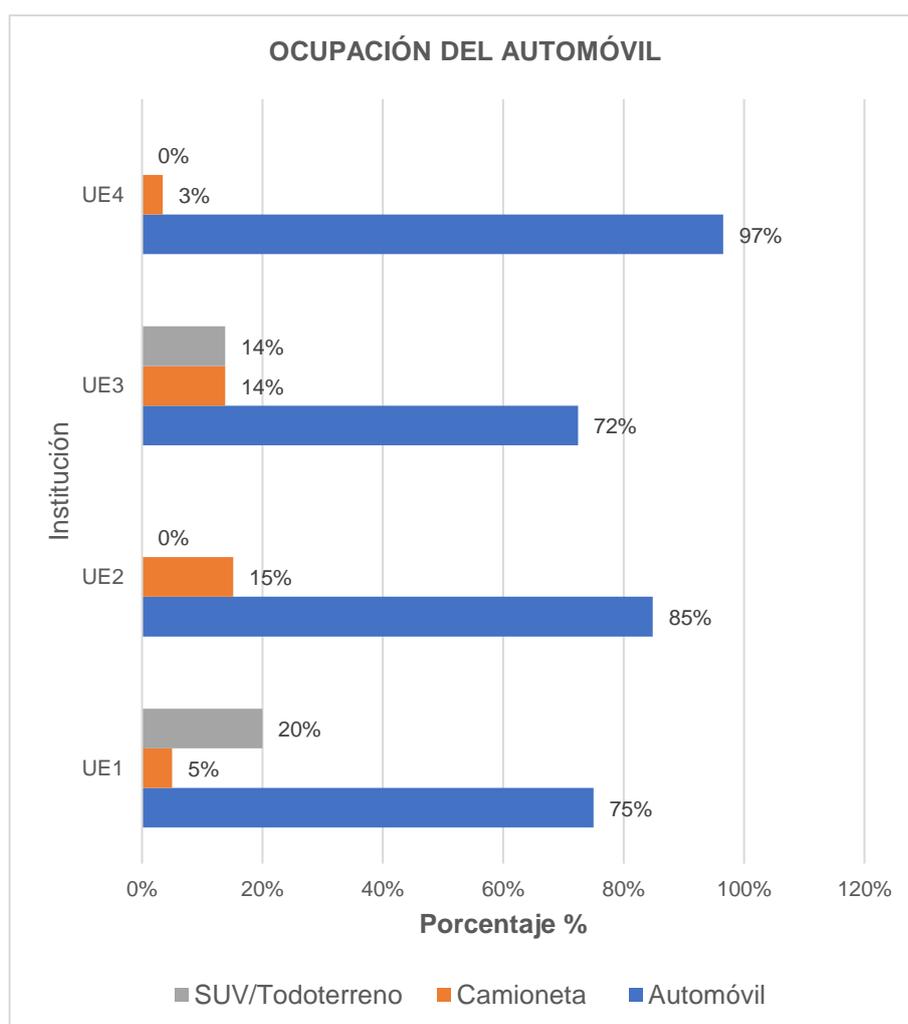


Figura 3.24 Ocupación del automóvil trayecto de retorno

En la Figura 3.24, que hace referencia al porcentaje de ocupación del automóvil en el trayecto de retorno, se puede observar que el porcentaje más alto alcanzado por el automóvil corresponde a la UE4 con un 97%, lo que indica un incremento del 8% con respecto al trayecto de ida las demás instituciones educativas presentan un porcentaje de ocupación del automóvil de entre 70% y 85 %, en cuanto a la camioneta presenta un porcentaje de ocupación de entre 3% y 15% en las 4 instituciones, finalmente la ocupación del SUV/todoterreno, presenta su porcentaje más alto correspondiente a 20% en la UE1, 14% para la UE3, 10%, en cuanto a la UE2 y UE4 no registra ningún porcentaje.

3.2.6 GENERACIÓN DE VIAJES POR ZONA

Se muestra la cantidad total de viajes realizados así como el porcentaje de participación de cada zona. Para poder obtener la cantidad de viajes generados semanalmente por cada zona, se multiplica la cantidad de viajes, por el factor de elevación correspondiente a cada institución y por el número de días de la semana. Los resultados se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Viajes semanales generados por zona

Zona	Cantidad de sectores	Viajes semanales	Porcentaje %
Urbana	32	19 477,9	85%
Rural	3	255,1	1%
Otro cantón	5	3 304,6	14%
Total	40	23 037,55	100%

Fuente: (propia)

Los sectores de la zona urbana muestran mayor cercanía hacia los centros educativos del hipercentro razón por la cual tienen mayor porcentaje de participación, mientras que la población de la zona rural se asume suele optar por asistir a instituciones más cercanas a su comunidad, es por ello que presentan un porcentaje de participación más bajo con respecto a las demás zonas.

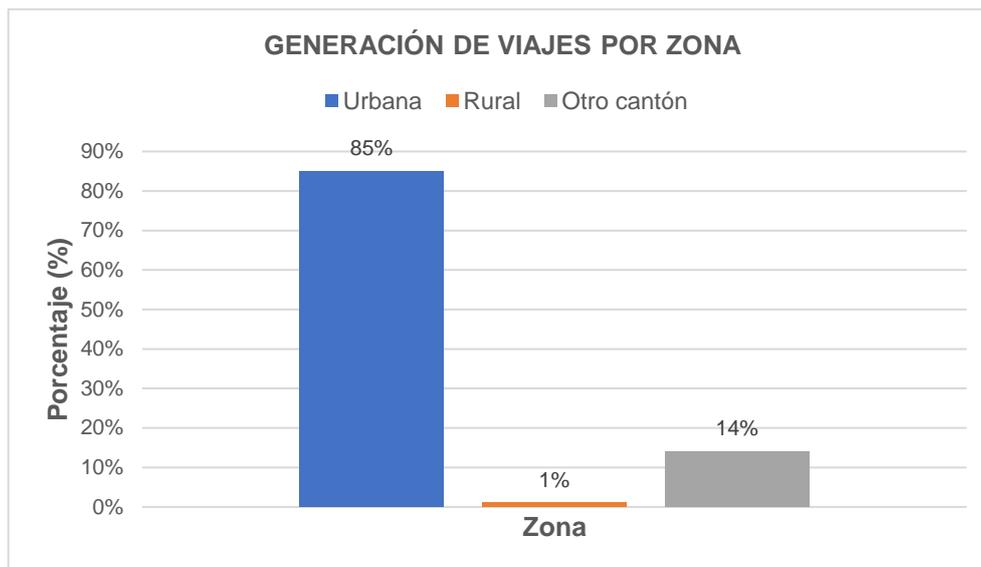


Figura 3.25 Porcentaje de viajes según la zona

De acuerdo a la Figura 3.25, la zona urbana genera aproximadamente el 85% del total de viajes semanales, porcentaje que corresponde a 19 477,9 desplazamientos, en segundo lugar se encuentra los viajes realizados desde otro cantón con un 14% equivalente a 3 304,6 viajes, la zona rural presenta el porcentaje más bajo con una participación del 1% equivalente a 255,1 viajes

3.2.7 PUNTOS DE ORIGEN – DESTINO

Se toma como referencia 32 sectores dentro de la zona urbana, 3 de la zona rural y 5 cantones cercanos a Ibarra dentro de un radio de 45 kilómetros. De esta manera se determina los sectores que presentan mayor generación de viajes semanales.

3.2.7.1 Zona Urbana

En primera instancia se identifica los 5 sectores de la zona urbana que presentan mayor cantidad de viajes realizados hacia los centros educativos. A continuación, en la Tabla 3.11, se muestra la cantidad total de viajes semanales generados por las instituciones educativas por cada uno de los 32 sectores urbanos.

Tabla 3.11 Viajes generados por la zona urbana

N°	Sectores Urbanos	UE1	UE2	UE3	UE4
1	10 de agosto	510,2	134,0	31,5	0,0
2	4 esquinas, Bola Amarilla	255,1	67,0	31,5	97,4
3	Alpachaca	382,7	67,0	31,5	32,5
4	Azaya, Huertos Familiares	382,7	335,0	126,0	389,4
5	Bellavista Caranqui, Ac San Diego	127,6	67,0	31,5	0,0
6	Caranqui	382,7	469,0	315,0	32,5
7	Centro, Mercado, Basílica	255,1	67,0	63,0	97,4
8	Chorlaví	255,1	134,0	0,0	32,5
9	Ejido de Caranqui	637,8	67,0	31,5	32,5
10	El Milagro	127,6	268,0	63,0	129,8
11	El Olivo	127,6	134,0	0,0	0,0
12	Estadio, M Mayorista	382,7	134,0	31,5	64,9
13	Hptal. el IEES	382,7	335,0	126,0	64,9
14	Hptal. San Vicente, Ajaví	382,7	67,0	31,5	0,0
15	Jardín de Paz, Las palmas	510,2	268,0	0,0	97,4
16	La Campiña, Primavera	765,3	0,0	31,5	0,0
17	La Esperanza	127,6	0,0	94,5	32,5
18	La Florida	637,8	134,0	94,5	162,3
19	La Merced, P Moncayo	127,6	134,0	31,5	32,5
20	La Victoria	255,1	335,0	126,0	64,9
21	Los Ceibos	255,1	402,0	252,0	64,9
22	Miravalle	127,6	0,0	0,0	32,5
23	Pilanquí, Ecu 911	127,6	67,0	0,0	64,9
24	Priorato, Aduana	255,1	0,0	0,0	0,0
25	Pugacho, Colinas	255,1	0,0	0,0	32,5
26	R de la Madre, Supermaxi	0,0	134,0	63,0	162,3
27	San Antonio	637,8	536,0	31,5	97,4
28	Santa Rosa, San Francisco	510,2	134,0	31,5	64,9
29	Sto. Domingo San Antonio	255,1	0,0	0,0	64,9
30	Terminal	127,6	134,0	31,5	0,0
31	Yacucalle	765,3	268,0	126,0	194,7
32	Yahuarcocha	255,1	0,0	31,5	0,0

A continuación de forma general en un diagrama de barras se muestra la distribución semanal de viajes generados por cada uno de los sectores 32 urbanos:

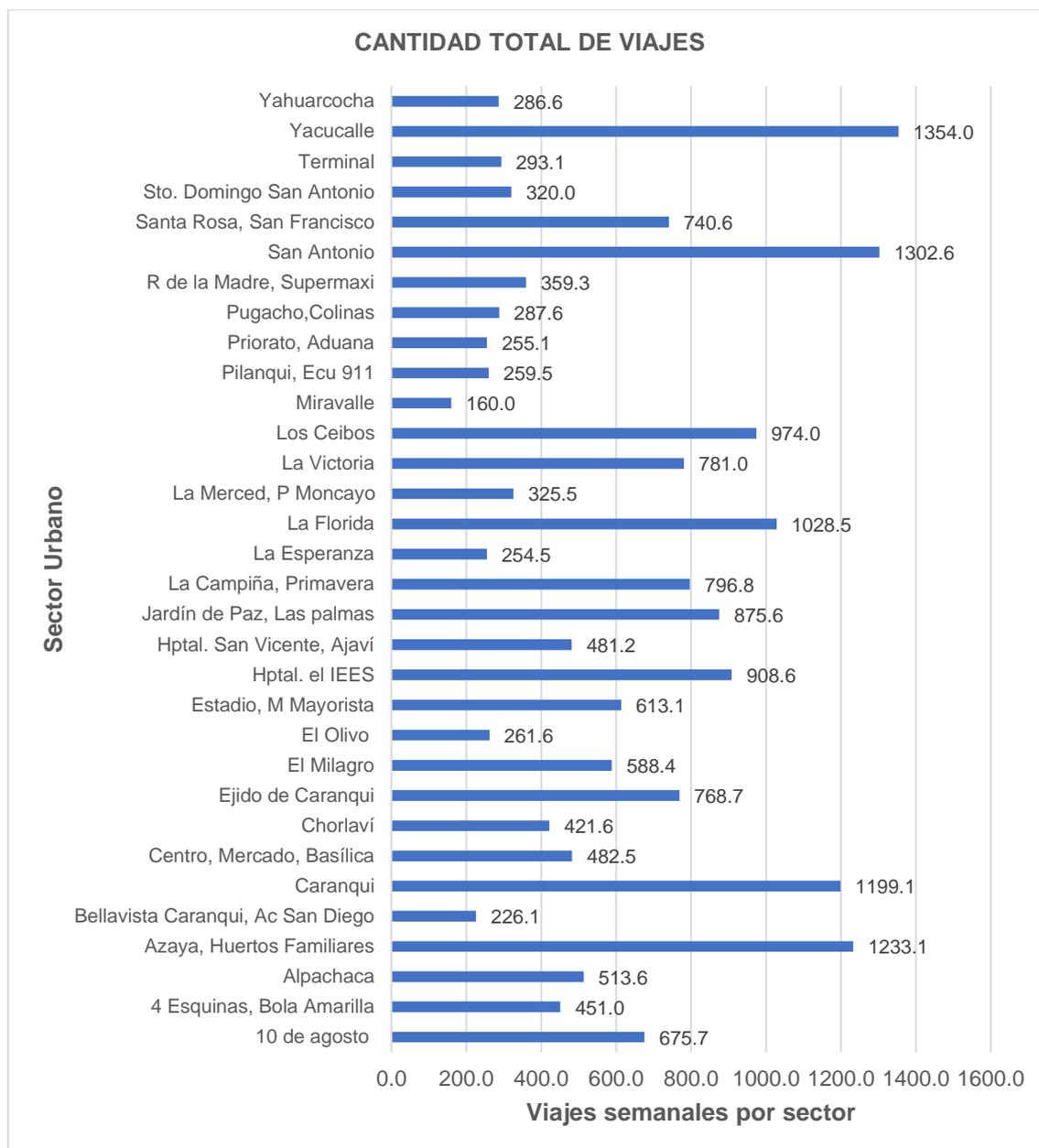


Figura 3.26 Cantidad total de viajes semanales por sector

La Figura 3.26, que hace referencia al total de viajes con origen en el sector urbano, indica que la mayor cantidad de viajes semanales de la zona urbana procede del sector de Yacucalle con un total 1 354 desplazamientos seguido de San Antonio con 1 302,6 viajes, Azaya Huertos familiares con 1 233,1 viajes, Caranqui con 1199,1 viajes y la Florida con 1 028,5 viajes.

A continuación, se muestra la cantidad total de viajes semanales generados por la UE1, en cada uno de los 32 sectores urbanos:

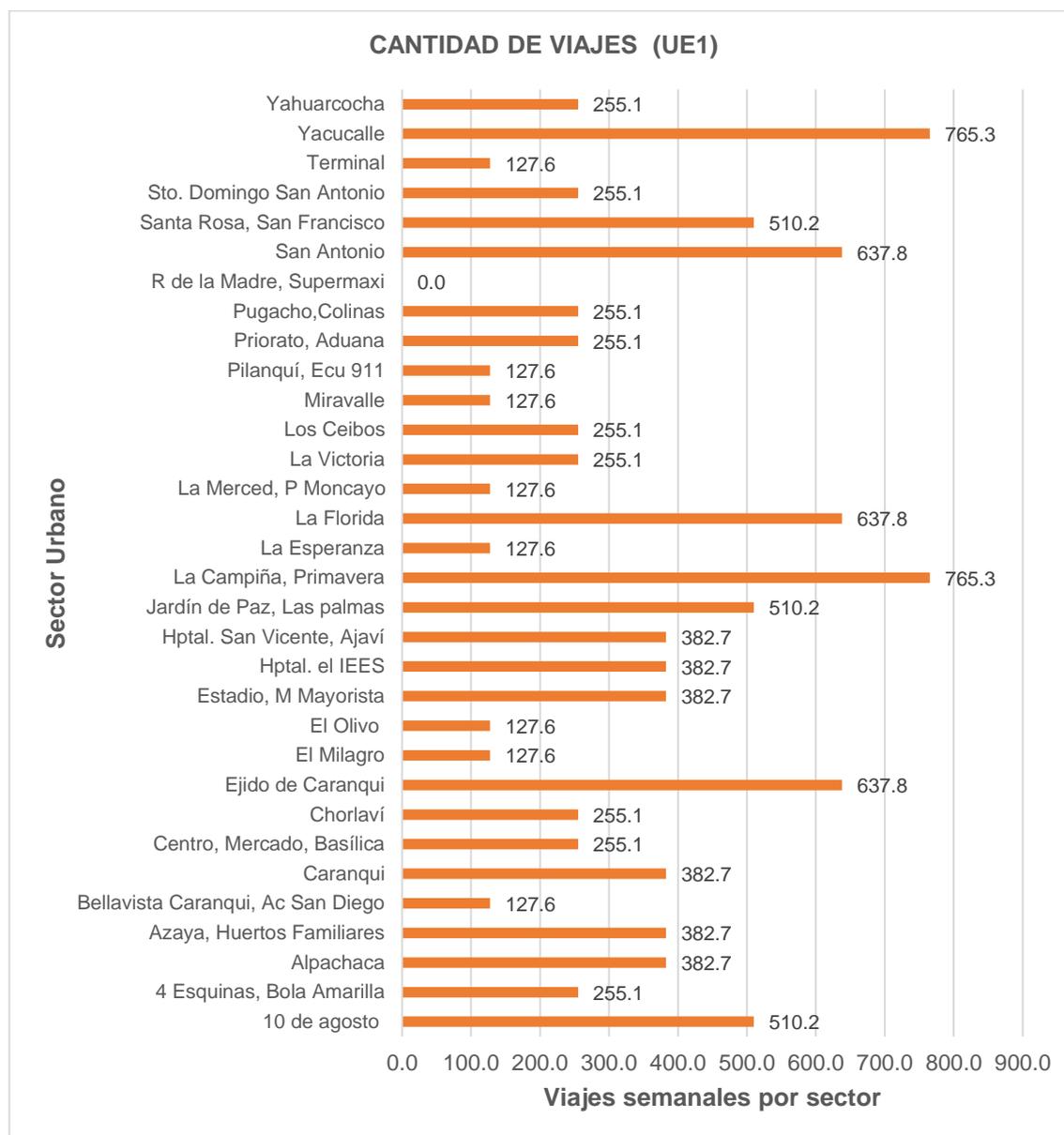


Figura 3.27 Cantidad de viajes semanales por sector (UE1)

La Figura 3.27, indica que para la Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre (UE1), la mayor cantidad de viajes semanales de la zona urbana proviene del sector de Yacucalle y Campiña-primavera con un total 765 desplazamientos para cada sector, seguido de San Antonio, La Florida y Ejido de Caranqui con 637 viajes cada uno.

A continuación, se muestra la cantidad total de viajes semanales generados por la UE2, en cada uno de los 32 sectores urbanos.

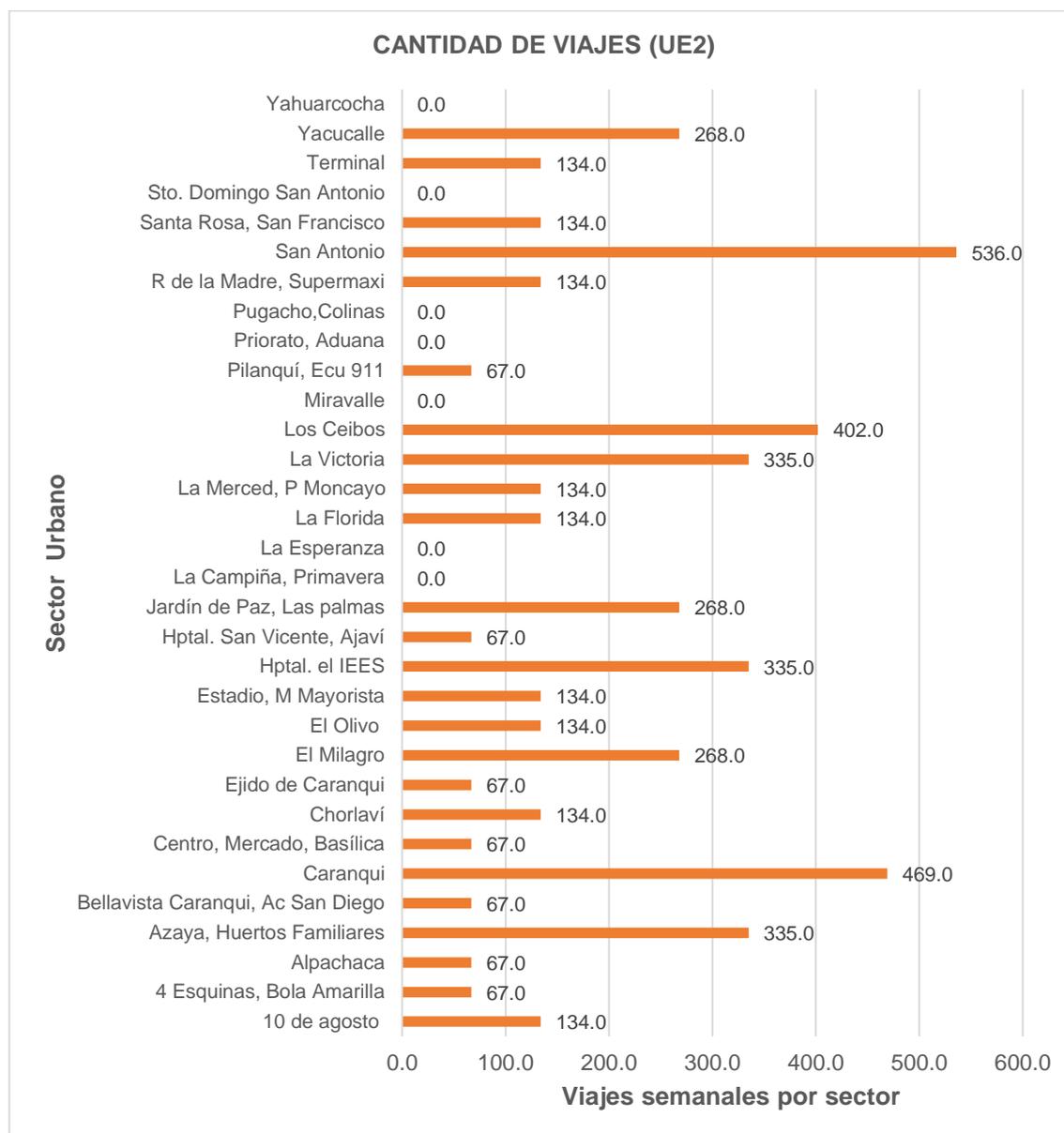


Figura 3.28 Cantidad de viajes semanales por sector (UE2)

La Figura 3.28, indica que para la Unidad educativa fiscomisional San Francisco (UE2), la mayor cantidad de viajes semanales de la zona urbana proviene del sector de San Antonio con un total 536 desplazamientos, seguido de Caranqui con 469 viajes, Los Ceibos con 402 viajes, y la Victoria con 355 viajes.

A continuación, se muestra la cantidad total de viajes semanales generados por la UE3, en cada uno de los 32 sectores urbanos.

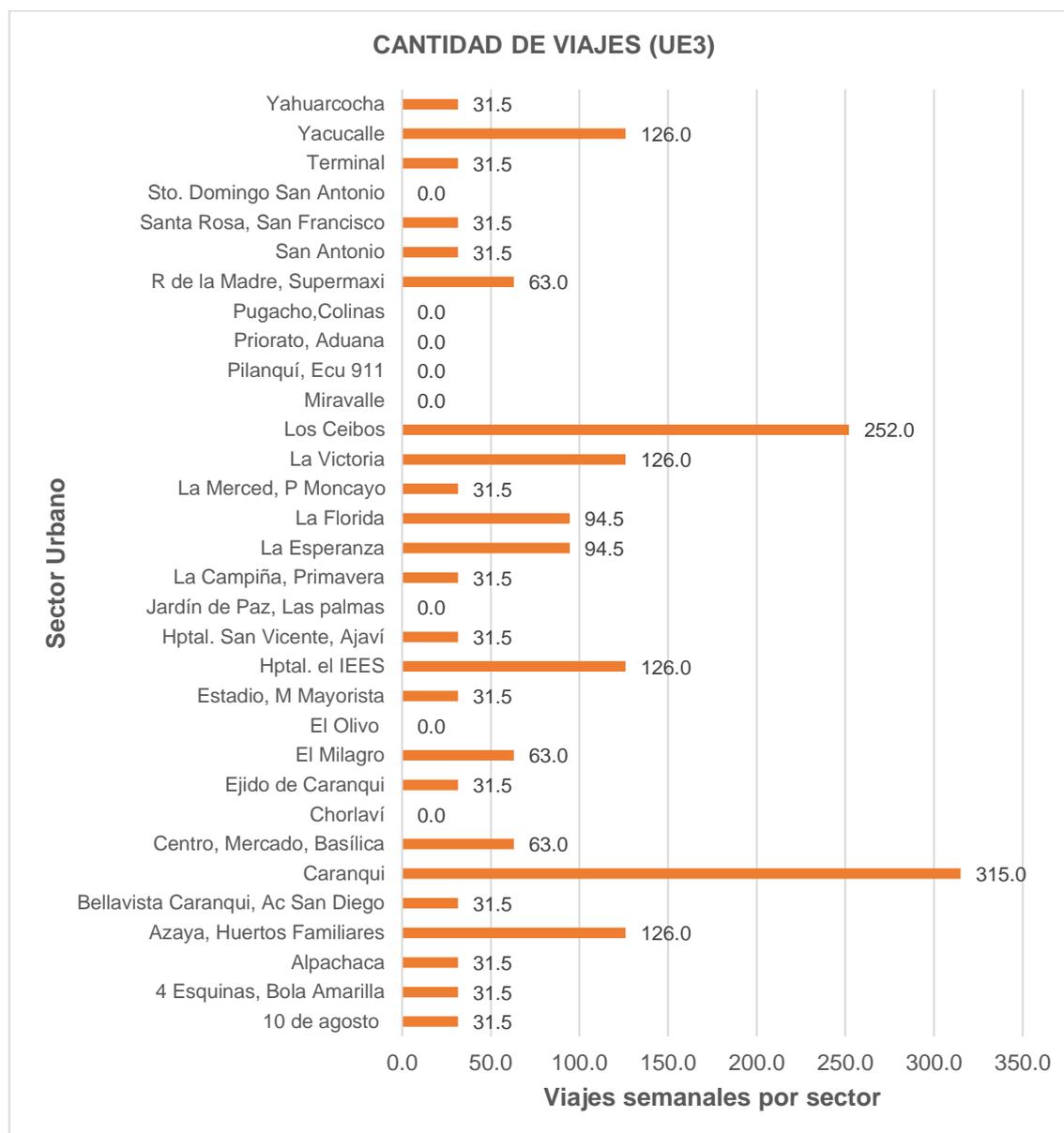


Figura 3.29 Cantidad de viajes semanales por sector (UE3)

La Figura 3.29, indica que para la Unidad educativa particular Oviedo (UE3), la mayor cantidad de viajes semanales de la zona urbana proviene del sector de Caranqui con un total 315 desplazamientos, seguido de los ceibos con 252 viajes, y finalmente Yacucalle, la Victoria y Hospital el IEES con 126 viajes cada uno.

A continuación, se muestra la cantidad total de viajes semanales generados por la UE4, en cada uno de los 32 sectores urbanos.

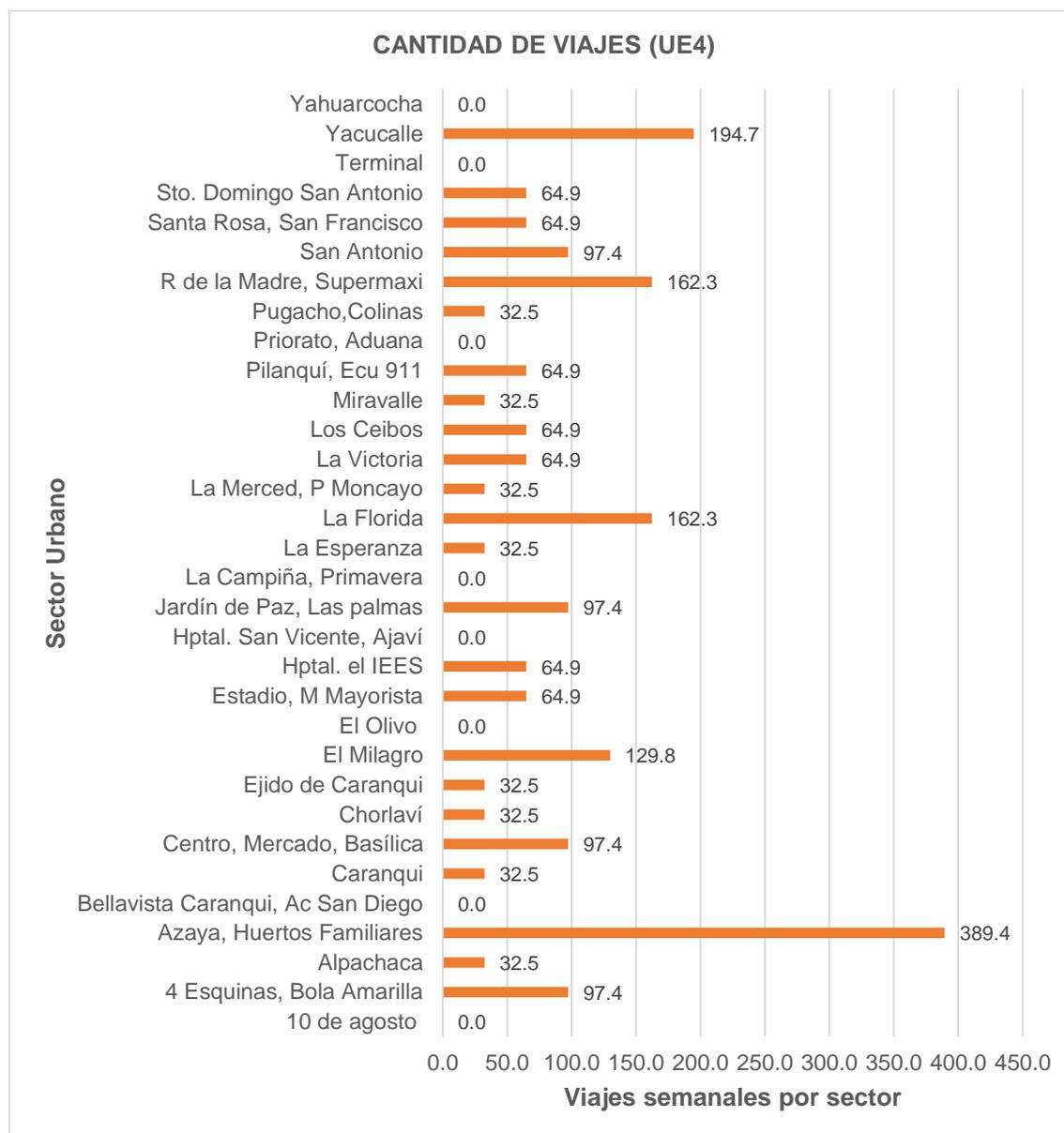


Figura 3.30 Cantidad de viajes semanales por sector (UE4)

La Figura 3.30, indica que para la Unidad educativa particular Sagrado Corazón de Jesús (UE4), la mayor cantidad de viajes semanales de la zona urbana proviene del sector de Azaya-Huertos Familiares con un total 389 desplazamientos, seguido de Yacucalle con 194 viajes, finalmente Redondel de la Madre-Supermaxi y la Florida con 126 viajes cada uno.

3.2.7.2 Zona Rural

La generación de viajes desde la zona rural es baja con respecto a la zona urbana, a continuación, se muestra la cantidad total de viajes semanales realizados desde los sectores pertenecientes a parroquias rurales de la ciudad de Ibarra.

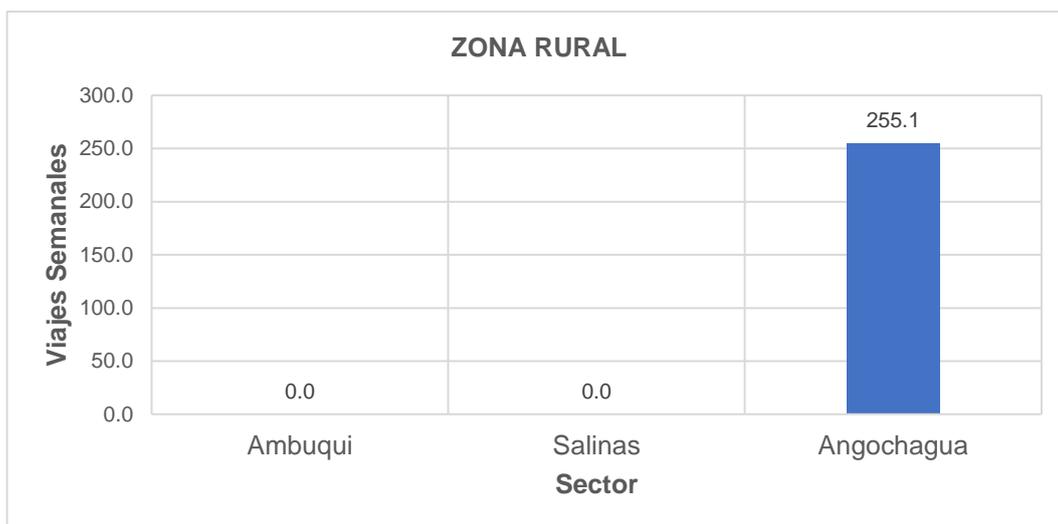


Figura 3.31 Viajes generados en la zona rural

De acuerdo con la Figura 3.31, la parroquia de Angochagua es la única que registra desplazamientos en la zona rural genera una cantidad de 255 viajes semanales que corresponde al 1 % del total, la parroquia de Ambuquí y Salinas no registran viajes.

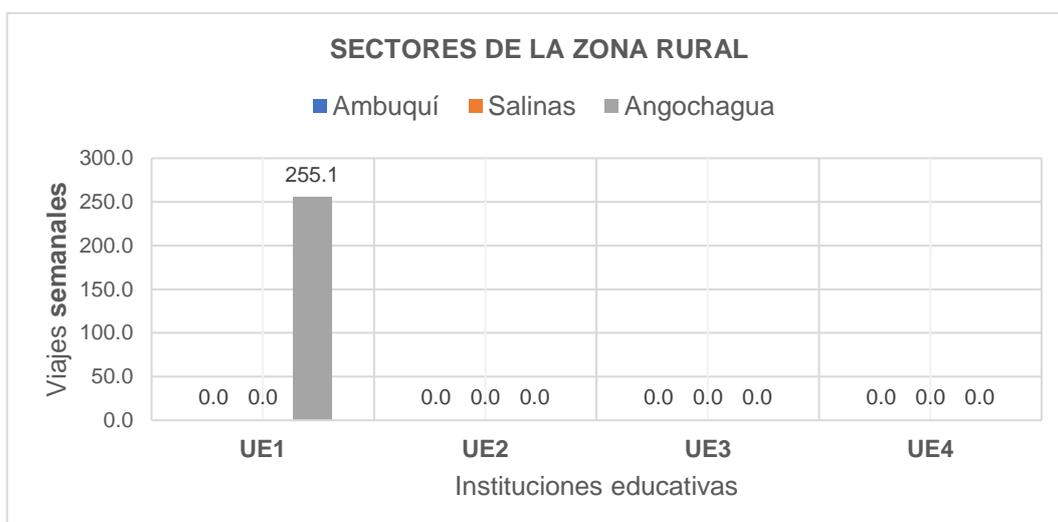


Figura 3.32 Viajes generados en la zona rural por Institución

De acuerdo con la Figura 3.32, se puede apreciar que la Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre es la única que presenta viajes desde la zona rural específicamente en el sector de Angochagua, las demás instituciones no presentan viajes en ninguno de los demás sectores.

3.2.7.3 Otro Cantón

De forma general se presenta la cantidad total de viajes semanales realizados desde cada uno de los 5 cantones cuyo criterio de selección se dio con base a la cercanía que tiene con la ciudad de Ibarra dentro de un radio de 45 Kilómetros, todos los cantones seleccionados pertenecen a Imbabura.

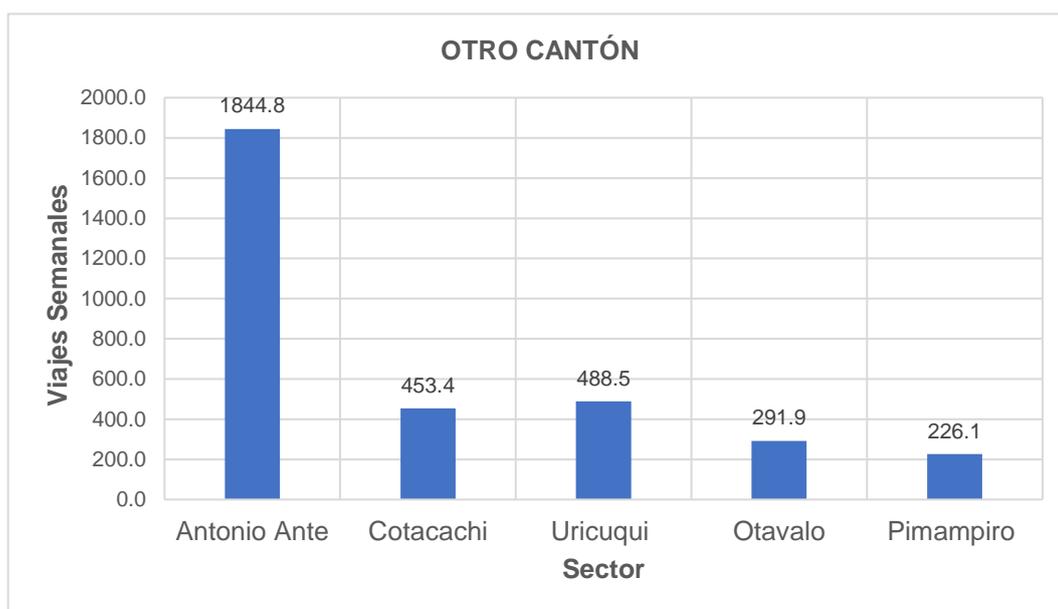


Figura 3.33 Viajes semanales generados desde otro cantón

La Figura 3.33, indica que el cantón con mayor cantidad de viajes realizados corresponde a Antonio Ante con 1 844,8 viajes, dicha cantidad se justifica debido a que Antonio Ante es el cantón más cercano a la Ciudad de Ibarra, en segundo lugar, se encuentra Uricuquí con 488 viajes, seguido de Cotacachi con 453 viajes, Otavalo registra 291 viajes y Pimampiro 226 viajes.

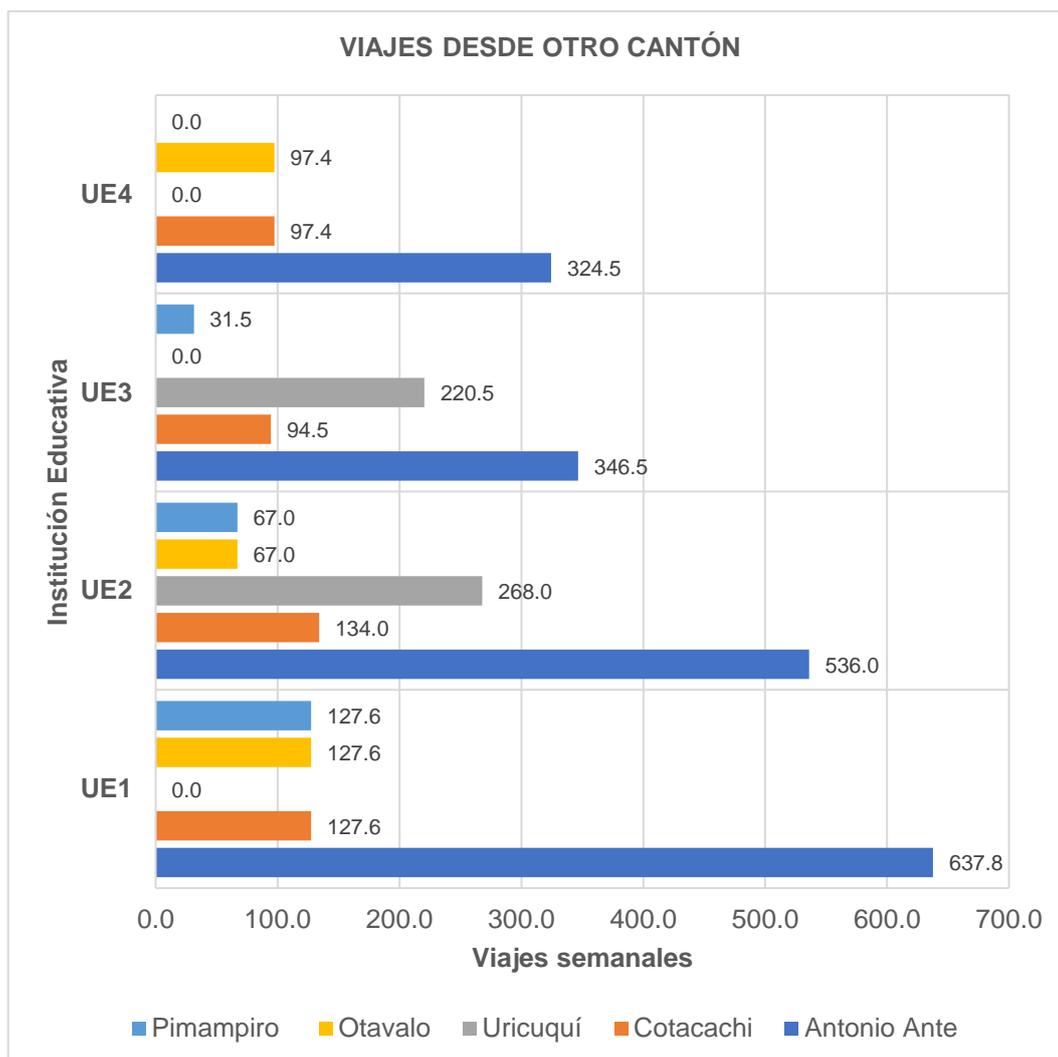


Figura 3.34 Viajes semanales generados desde otro cantón por cada institución

La Figura 3.34, muestra que el cantón con mayor cantidad de viajes en las 4 instituciones educativas corresponde al cantón de Antonio Ante, por otra parte, en la UE1 no se registran viajes desde el cantón Urcuquí, en la UE3 no se registran viajes desde el cantón Cotacachi, y en la UE4 no se registran viajes desde los cantones de Pimampiro y Urcuquí.

3.2.8 CANTIDAD DE VIAJES POR INSTITUCIÓN

Un viaje corresponde al desplazamiento realizado desde un punto de origen hacia un destino, en este caso se determina la cantidad de viajes realizados por los estudiantes desde su hogar hacia los diferentes establecimientos educativos considerando también el retorno hacia los puntos de origen.

3.2.8.1 Viajes diarios y semanales

El cálculo de la cantidad de viajes diarios se obtiene mediante la aplicación del coeficiente de elevación. Así mismo los viajes semanales, se determinan considerando los 5 días de la semana ya que todas las instituciones educativas desarrollan sus actividades de manera presencial, de esta manera se multiplica la cantidad de viajes diarios por el número de días laborables.

La Tabla 3.12, muestra la cantidad de viajes diarios y semanales realizados por cada institución, así como su respectivo porcentaje respecto al total. Es así como las 4 instituciones generan un total de 4 607 viajes diarios, considerando que un viaje corresponde a un ciclo de dos desplazamientos ida y retorno. A su vez, semanalmente generan un total de 23 037 viajes.

Tabla 3.12 Viajes diarios y semanales

Institución	Muestra	Ce	Viajes día	Núm. días	Viajes Semana	Porcentaje
UE1	93	25,51	2 372,43	5	11 862,15	51%
UE2	89	13,40	1 192,60	5	5963,00	26%
UE3	81	6,30	510,30	5	2 551,50	11%
UE4	82	6,49	532,18	5	2 660,90	12%
Total			4 607,51	5	23 037,55	100%

Fuente: (propia)

3.2.9 VIAJES GENERADOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE VEHÍCULO

La Tabla 3.13, muestra el número de viajes semanales en función del medio de transporte utilizado, tanto para el trayecto de ida como el de retorno, a su vez se menciona el subtotal y total de viajes realizados por todos los medios de transporte. El tipo de vehículo con el valor más alto de viajes generados es el autobús con un total de 9 312 desplazamientos para el ingreso y en el retorno incrementa a 11 091 viajes.

Tabla 3.13 Viajes semanales en función del tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Viajes ida	Viajes retorno
Automóvil	7 308,50	5 359,35
SUV/Todoterreno	8 30,75	636,20
Camioneta	1 202,90	621,00
Motocicleta	611,15	389,10
Bus	9 312,90	11 091,60
Recorrido Escolar	2 097,35	1 739,05
Taxi	677,95	2 110,10
Caminata	996,05	1 091,15
Subtotal	23 037,55	23 037,55
Total	46 075,10	

Fuente: (propia)

3.2.10 DISTANCIA RECORRIDA

La Tabla 3.14, muestra las distancias totales por cada tipo de vehículo, cuyo cálculo fue realizado mediante sumatoria de las distancias promedio de cada sector de origen hacia cada uno de los establecimientos educativos.

Tabla 3.14 Distancia en función del medio de transporte

Tipo de vehículo	Distancia (km) Ida	Distancia (km) Retorno
Bus	10 446,90	12 949,74
Automóvil	6 911,55	5 027,48
SUV/Todoterreno	556,51	457,95
Camioneta	871,01	341,29
Recorrido Escolar	5 788,98	4 863,36
Taxi	393,68	1 106,00
Motocicleta	308,90	152,31
Caminata	315,63	310,39
Subtotal	25 593,20	25 593,20
Total (km)	51 186,41	

Fuente: (propia)

Las distancias resultantes se usan como dato para el cálculo del consumo de combustible de los medios de transporte utilizados por la comunidad educativa. El total de kilómetros recorridos por día es de 51 186.

3.3 CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

En este apartado se muestra el consumo energético resultante del desplazamiento de los estudiantes hacia los centros educativos en los diferentes medios de transporte. En primera instancia se muestra el consumo de energía por persona en función de la distancia recorrida, que toma en cuenta la tasa promedio de ocupación de cada vehículo. En segundo aspecto se muestra el consumo por sector vehicular y consumo total de energía.

3.3.1 CONSUMO ENERGÉTICO UNITARIO

Para establecer el consumo por persona en función de la distancia y tipo de vehículo, se ocupa los factores de consumo energético establecidos en el apartado de metodología, Tabla 2.12, para cada medio de transporte y se divide para la tasa de ocupación correspondiente, obteniendo de esta manera la cantidad de energía consumida del usuario por kilómetro recorrido. Los valores resultantes se muestran en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Consumo Unitario

Medio de T	Consumo (MJ/Km)	Ocupación	Consumo (MJ/km × Persona)
Bus	19,52	35	0,56
Automóvil	2,74	2,24	1,22
SUV/Todoterreno	3,51	2,24	1,57
Camioneta	4,47	2,24	2,00
Recorrido E	7,06	22,5	0,31
Taxi	3,09	2,18	1,42
Motocicleta	3,09	2,00	1,55
Caminata	0,21	1,00	0,21

Fuente: (propia)

La tasa de ocupación en vehículos livianos como lo son automóvil, SUV, y camioneta, presentan una tasa de ocupación equivalente a 2,24 usuarios por vehículo, el recorrido escolar 22,5 usuarios, y el taxi 3,09 usuarios por vehículo, para el autobús se estableció una tasa de ocupación de 35 usuarios. A continuación, se muestra de manera gráfica el consumo unitario para cada modo de transporte.

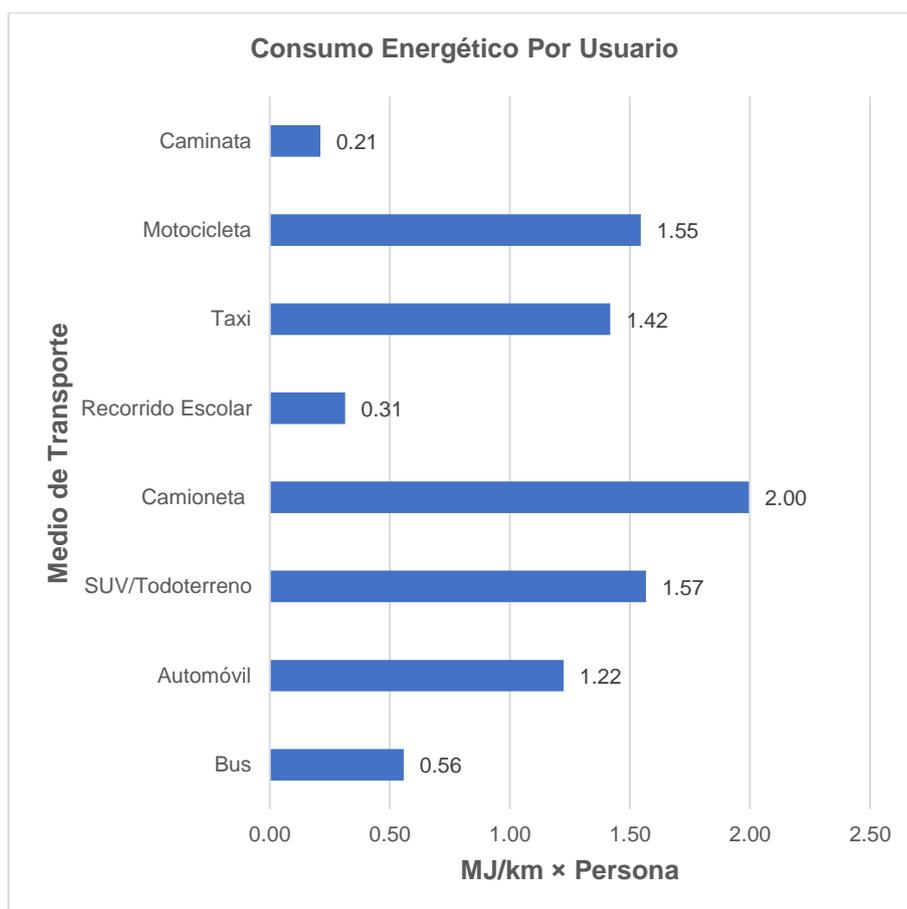


Figura 3.35 Factor de consumo energético por usuario

De acuerdo con la Figura 3.35, la modalidad de transporte con mayor consumo en función del usuario corresponde a la camioneta con un valor de 2 MJ/km × Persona seguido por los SUV/todoterreno con un consumo de 1,57 MJ/km × Persona, la motocicleta presenta un valor de 1,55 MJ/km × Persona, el taxi 1,42 MJ/km × Persona el automóvil 1,22 MJ/km × Persona, el bus 0,46 MJ/Km × Persona, finalmente el recorrido escolar con 0,31 MJ/km × Persona siendo este último, el valor más bajo de consumo en la modalidad de transporte motorizado.

3.3.2 CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TRANSPORTE

Para estimar el consumo energético del transporte empleado para movilizar estudiantes hacia los centros educativos, se toma en cuenta el cálculo de energía semanal consumida por persona en los distintos medios de transporte y se multiplica por el coeficiente de elevación correspondiente, obteniendo así el consumo energético de la comunidad educativa.

3.3.3 CONSUMO POR SECTOR VEHICULAR

En este apartado se muestra la estimación del consumo total de energía, los datos se obtuvieron mediante el cálculo realizado en capítulo anterior aplicando la metodología propuesta. La Tabla 3.16, indica un resumen de los valores de consumo energético y sus variables en relación con el medio de transporte utilizado en los viajes semanales realizados por los estudiantes de cada institución.

Tabla 3.16 Situación actual del consumo energético en el transporte

Modo de Transporte	UE1	UE2	UE3	UE4	Energía (MJ)	Trayecto
Bus	21 746,41	3 288,28	3 004,13	1 093,11	29 131,94	Ida
Automóvil	23 942,90	16 569,43	7 196,86	7 613,25	55 322,44	
Recorrido Escolar	380,21	4 742,81	1 976,80	1 982,45	9 082,28	
Taxi	1 663,30	588,80	156,27	381,76	2 790,14	
Motocicleta	1 734,17	652,14	0,00	0,00	2 386,31	
Caminata	243,75	28,14	14,55	44,98	331,42	
Subtotal	49 710,74	25 869,61	12 348,62	11 115,55	99 044,52	
Bus	25 488,19	4 719,43	4 135,51	1 768,16	36 111,29	Retorno
Automóvil	14 089,21	10 438,78	6 919,45	6 294,29	37 741,73	
Recorrido Escolar	380,21	4 601,96	1 027,94	1 619,97	7 630,08	
Taxi	184,68	4 292,55	1 866,33	1 494,86	7 838,42	
Motocicleta	886,79	289,84	0,00	0,00	1 176,63	
Caminata	254,46	28,14	9,92	33,39	325,92	
Subtotal	41 283,55	24 370,70	13 959,15	11 210,66	90 824,06	
Total	90 994,29	50 240,31	26 307,77	22 326,21	189 868,59	

Fuente: (propia)

El consumo total de energía al realizar 23 037,55 ciclos de viaje semanales que incluyen el trayecto de Ida y retorno ocupando 6 modalidades distintas de transporte, resultan en un consumo energético de 189 868,59 MJ que expresado en galones de combustible equivale a: 1 327,074 galones de Diesel o 1 437,347 galones de gasolina. El consumo energético en el Trayecto de Ida es más alto con respecto al retorno, presenta un valor 99 044,52 MJ vs 90 824,06 respectivamente lo que evidencia una reducción del 4% en el trayecto de retorno.

3.3.4 CONSUMO POR INSTITUCIÓN

Se distingue el consumo energético de cada institución expresado en (MJ), este consumo es el resultado de la suma de la energía consumida por todos los medios de transporte en el trayecto de ida más el retorno, mismo cálculo que permitió obtener el consumo total de energía para cada una de las instituciones educativas.

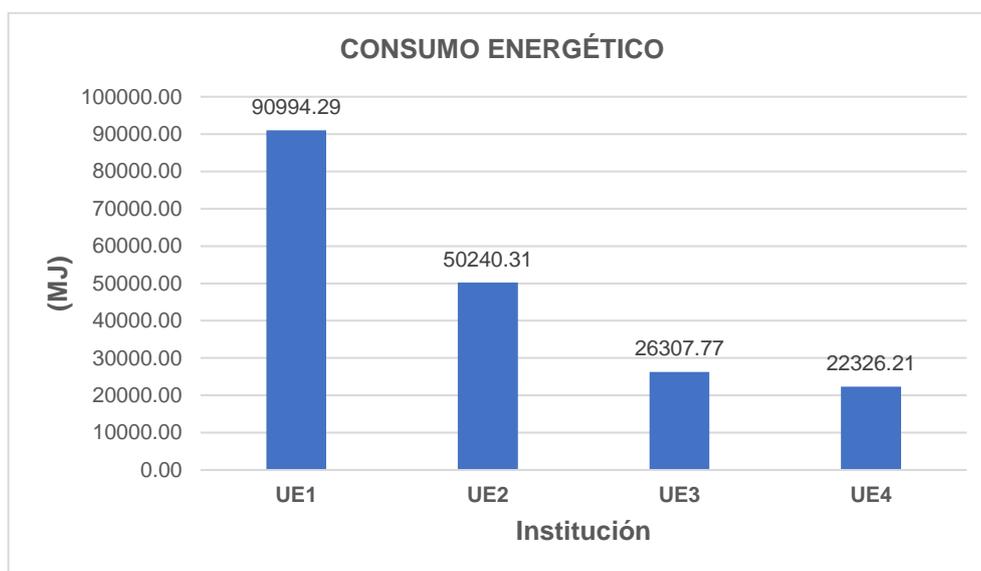


Figura 3.36 Consumo energético por institución

En la Figura 3.36, se puede apreciar que la UE1 presenta un consumo total de 90 994,29 MJ, seguido de la UE2 con 50 240,31 MJ, en tercer lugar, se encuentra la UE3 con un consumo de 26 307 MJ, y por último se encuentra la UE4 con un consumo energético de 22 326,21 MJ. Cabe recalcar que los consumos son proporcionales al número de estudiantes siendo así que las instituciones más numerosas presentan un consumo más alto.

3.3.5 COMPARACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR TRAYECTO

De acuerdo con el análisis realizado en el apartado 3.3.2 referente a la ocupación de los medios de transporte, indica que en el trayecto de retorno cierta parte de la comunidad educativa opta por medios de transporte diferentes a los ocupados en los viajes de ida. Esto a su vez ocasiona una variación del consumo energético en función del trayecto. para mejor entendimiento se muestra la diferencia porcentual de consumo en un diagrama de barras.

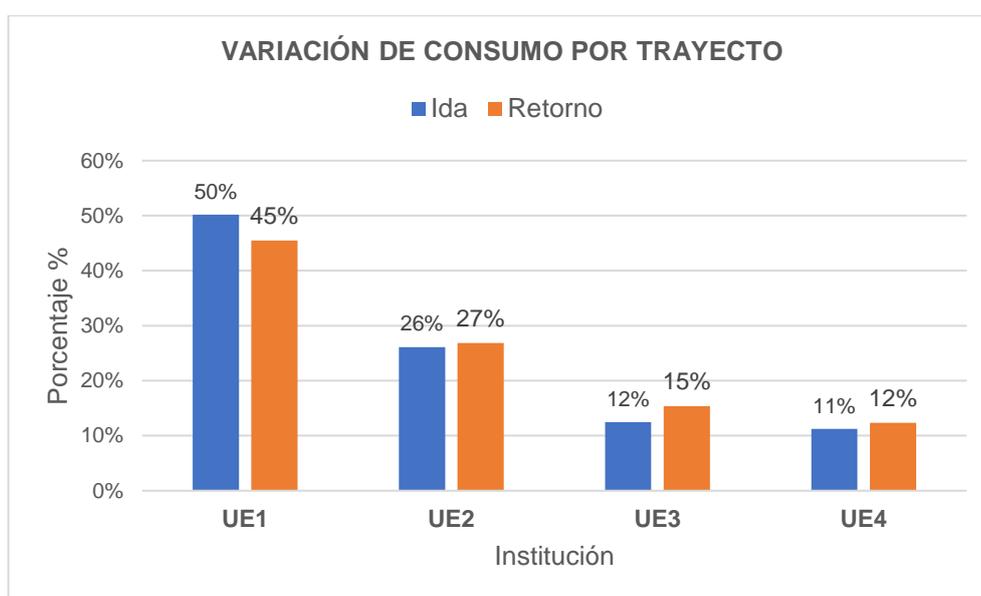


Figura 3.37 Consumo energético en función del trayecto

El consumo energético de cada Institución con respecto al trayecto de ida vs retorno no presenta una variación significativa. Para la UE1 existe una disminución de 5% en el trayecto de retorno, en cuanto a la UE2 y UE4 se presenta un incremento del 1% en el trayecto de retorno y finalmente la UE3 incrementa en un 3%.

3.3.6 CONSUMO DE ENERGÍA POR MEDIO DE TRANSPORTE

Para el desarrollo del presente estudio en primera instancia se identificaron 5 medios de transporte utilizados por los estudiantes para ejecutar los desplazamientos hacia los establecimientos educativos y viceversa.

A continuación, se detalla de manera general y específica el consumo energético en función del tipo de vehículo y el trayecto realizado para cada una de las 4 instituciones educativas.

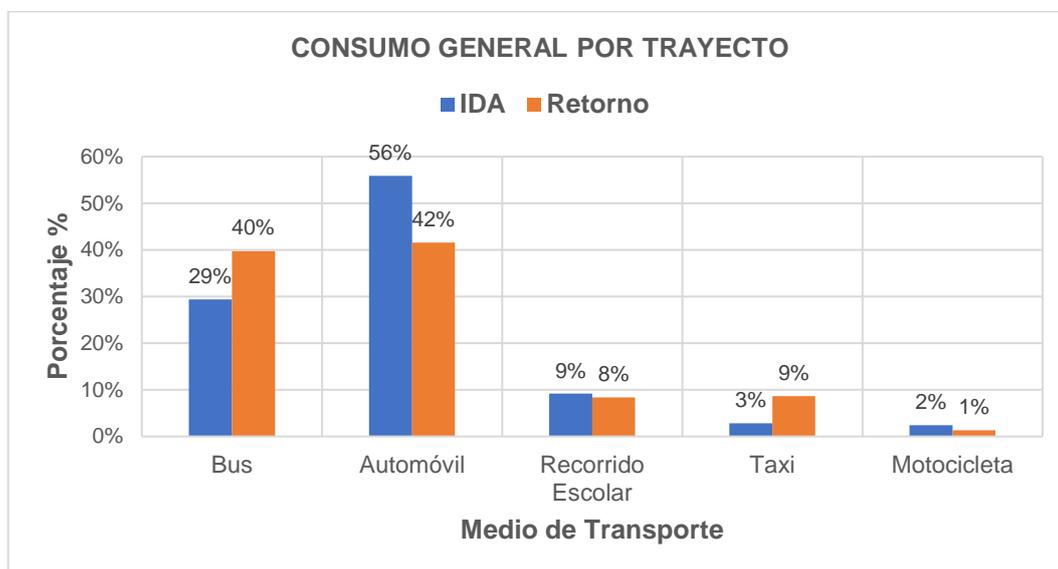


Figura 3.38 Consumo energético en función del trayecto y modo de transporte

En la Figura 3.38, se puede observar el porcentaje de consumo energético en función del trayecto y tipo de transporte utilizado, de esta manera se evidencia que el automóvil con el 56% presenta los valores más altos de consumo con respecto a lo demás medios de transporte, en segundo lugar, se encuentra el autobús con 29%, seguido por el recorrido escolar con el 9%, en penúltimo lugar se encuentra el taxi con 3%, finalmente la motocicleta con el 2%. Los valores mencionados corresponden al trayecto de ida. Con respecto al trayecto de retorno el consumo por uso de automóvil disminuye al 42%, en el caso del autobús existe un incremento en el consumo llegando al 40%, para el recorrido escolar y motocicleta se observa una variación mínima con la disminución del 1%.

3.3.6.1 Consumo energético (UE1)

La Tabla 3.17, muestra el consumo energético de la unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre, misma que presenta un consumo de 49 710,74 MJ en el trayecto de ida y 41 283,55 MJ en el trayecto de retorno y es pues, que la suma de ambos resulta en un consumo energético de 90 994,29 MJ.

Tabla 3.17 Variación del consumo energético por trayecto (UE1)

Modo de transporte	Ida		Retorno		Total (MJ)
	(MJ)	%	(MJ)	%	
Bus	21 746,41	44%	25 488,19	62%	47 234,61
Automóvil	23 942,90	48%	14 089,21	34%	38 032,11
Recorrido Escolar	380,21	1%	380,21	1%	760,42
Taxi	1 663,30	3%	184,68	0%	1 847,98
Motocicleta	1 734,17	3%	886,79	2%	2 620,96
Caminata	243,75	0%	254,46	1%	498,21
Total	49 710,74	100%	41 283,55	100%	90 994,29

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra un gráfico del porcentaje de uso de los medios de transporte:

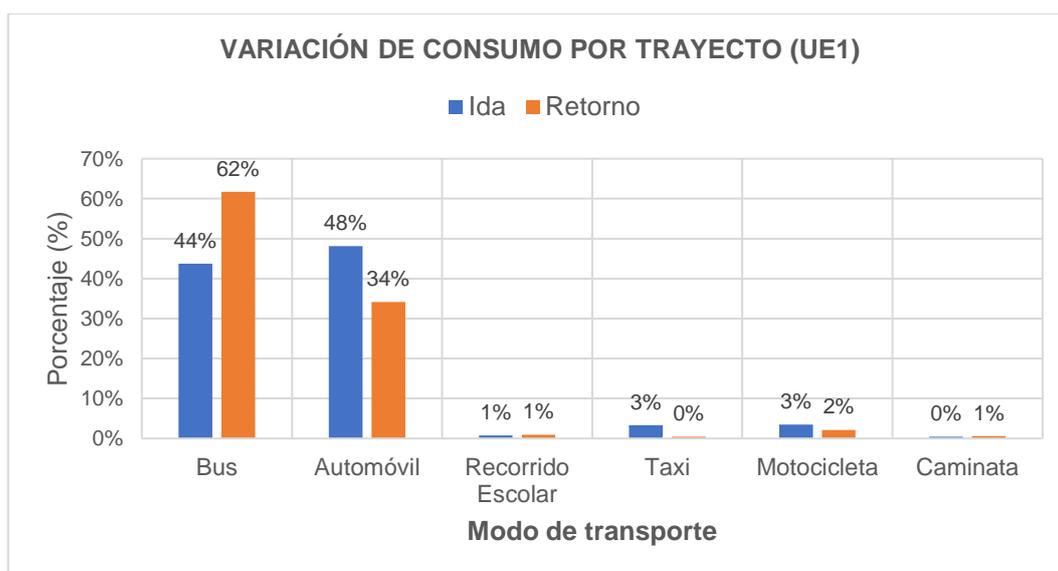


Figura 3.39 Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte

En la Figura 3.39, que hace referencia a la variación del consumo energético de la UE1, se puede apreciar que el autobús presenta un incremento del 18% en el trayecto de retorno mientras que el automóvil indica una disminución 14%, en cuanto a los demás medios de transporte no se presentan variaciones significativas. De esta manera se deduce que el incremento en la ocupación del autobús en el trayecto de retorno se debe a que cierta parte de los usuarios del automóvil recurren al uso del autobús para el trayecto de retorno.

3.3.6.2 Consumo energético (UE2)

La Tabla 3.18, muestra el consumo energético de la unidad educativa Fiscomisional San Francisco, misma que presenta un consumo de 25 869,61 MJ en el trayecto de ida y 24 370,70 MJ en el trayecto de retorno y es pues, que la suma de ambos resulta en un consumo energético de 50 240,31 MJ.

Tabla 3.18 Variación del consumo energético por trayecto (UE2)

Modo de transporte	Ida		Retorno		Total (MJ)
	(MJ)	%	(MJ)	%	
Bus	3 288,28	13%	4 719,43	19%	8 007,72
Automóvil	16 569,43	64%	10 438,78	43%	27 008,21
Recorrido Escolar	4 742,81	18%	4 601,96	19%	9 344,77
Taxi	588,80	2%	4 292,55	18%	4 881,35
Motocicleta	652,14	3%	289,84	1%	941,99
Caminata	28,14	0%	28,14	0%	56,28
Total	25 869,61	100%	24 370,70	100%	50 240,31

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra el porcentaje de consumo de cada medio de transporte en la UE2:

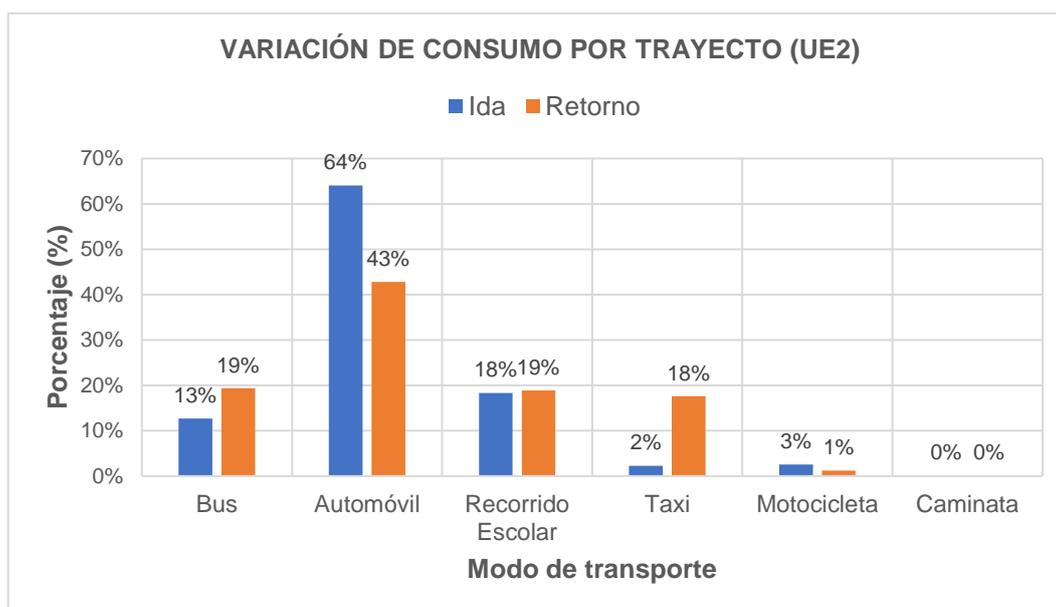


Figura 3.40 Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte

En la Figura 3.40, que hace referencia a la variación del consumo energético de la UE2, se puede apreciar que el autobús presenta un incremento del 6% en el trayecto de retorno mientras que el automóvil indica una disminución del 21%, a su vez al taxi ostenta un incremento del 16%, en cuanto a los demás medios de transporte no se presentan variaciones que se consideren significativas. De esta manera se asume que el incremento en la ocupación del autobús y el taxi en el trayecto de retorno se debe a que cierta parte de los usuarios del automóvil recurren al uso del autobús y taxi como medio de transporte alternativo para el trayecto de retorno.

3.3.6.3 Consumo energético (UE3)

La Tabla 3.19, que hace referencia al consumo energético de la unidad educativa particular Oviedo, refleja un consumo energético de 12 348,62 MJ en el trayecto de ida y 13 959,15 MJ en el trayecto de retorno por consiguiente la suma de ambos valores resulta en un consumo energético de 26 307,77 MJ.

Tabla 3.19 Variación del consumo energético por trayecto (UE3)

Modo de transporte	Ida		Retorno		Total (MJ)
	(MJ)	%	(MJ)	%	
Bus	3 004,13	24%	4 135,51	30%	7 139,64
Automóvil	7 196,86	58%	6 919,45	50%	14 116,32
Recorrido Escolar	1 976,80	16%	1 027,94	7%	3 004,74
Taxi	1 56,27	1%	1 866,33	13%	2 022,60
Motocicleta	0,00	0%	0,00	0%	0,00
Caminata	14,55	0%	9,92	0%	24,48
Total	12 348,62	100%	13 959,15	100%	26 307,77

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra gráficamente en un diagrama de barras el porcentaje de consumo energético de cada medio de transporte ocupado en la UE3:

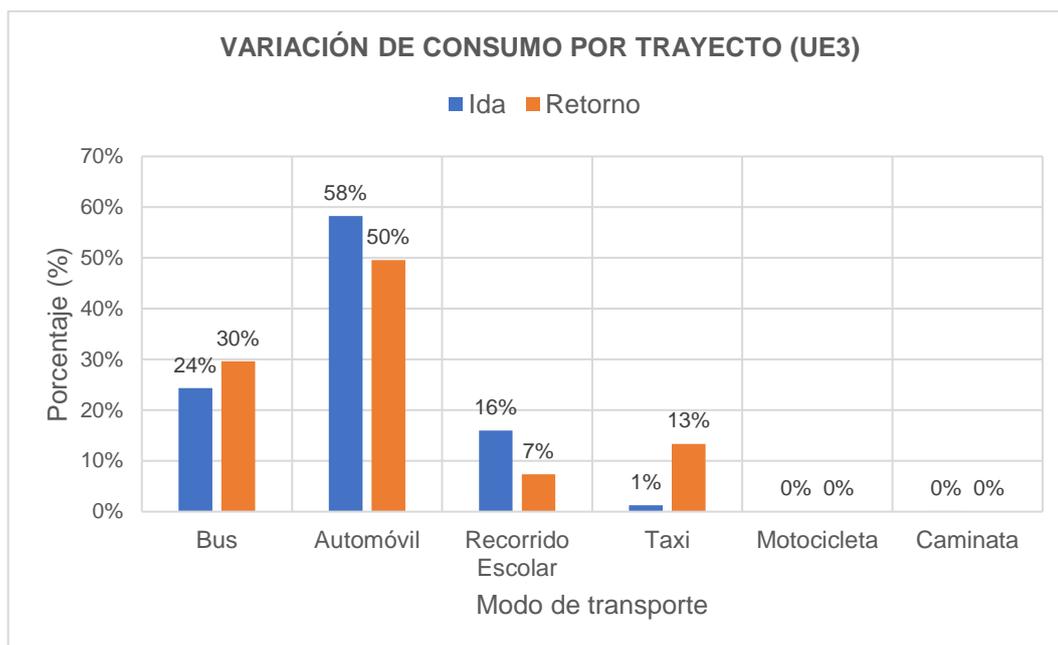


Figura 3.41 Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte

En la Figura 3.41, que hace referencia a la variación del consumo energético de la UE3, se puede observar que el autobús presenta un incremento del 6% en el trayecto de retorno mientras que el automóvil indica una disminución 8%, a su vez el recorrido escolar ostenta una disminución del 9%, en cuanto a al taxi hay un incremento significativo del 12%.

De esta manera se puede interpretar que el incremento en la ocupación del autobús y el taxi en el trayecto de retorno se debe a que cierta parte de los usuarios del automóvil y recorrido escolar recurren al uso del autobús y taxi como medios de transporte alternativos para el trayecto de retorno.

3.3.6.4 Consumo energético (UE4)

La Tabla 3.20, muestra el consumo energético de la unidad educativa particular Sagrado Corazón de Jesús, misma que presenta un consumo de 11 115,55 MJ en el trayecto de ida y 11 210,66 MJ en el trayecto de retorno y es así como la suma de ambos resulta en un consumo energético de 22 326,21 MJ.

Tabla 3.20 Variación del consumo energético por trayecto (UE4)

Modo de transporte	Ida		Retorno		Total
	(MJ)	(%)	(MJ)	(%)	
Bus	1 093,11	10%	1 768,16	16%	2 861,27
Automóvil	7 613,25	68%	6 294,29	56%	13 907,53
Recorrido Escolar	1 982,45	18%	1 619,97	14%	3 602,42
Taxi	381,76	3%	1 494,86	13%	1 876,62
Motocicleta	0,00	0%	0,00	0%	0,00
Caminata	44,98	0%	33,39	0%	78,37
Total	11 115,55	100%	11 210,66	100%	22 326,21

Fuente: (propia)

A continuación, se muestra el porcentaje de consumo de cada medio de transporte en la UE4:

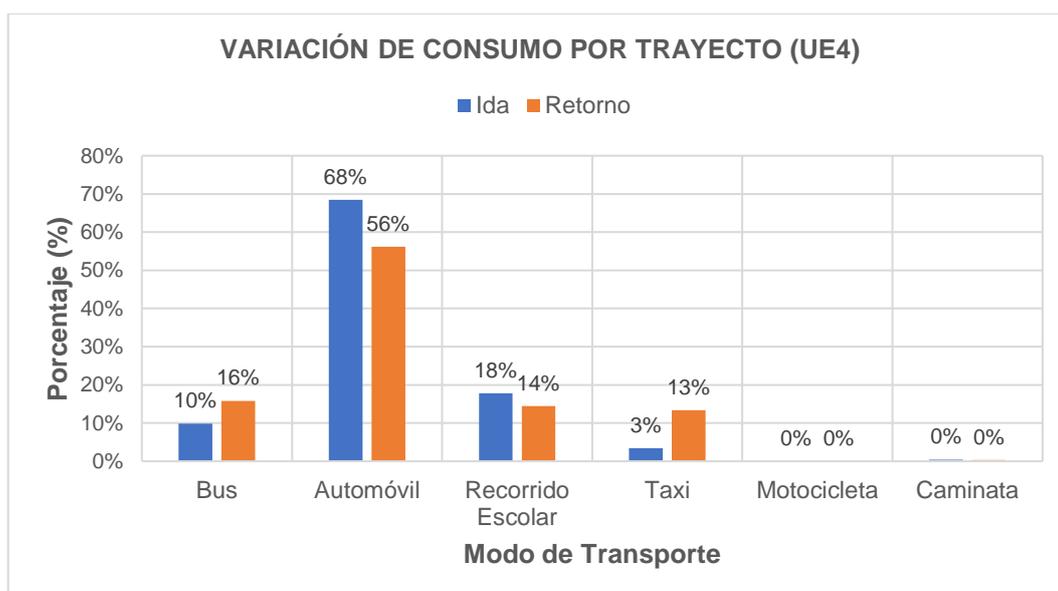


Figura 3.42 Variación del consumo en función del trayecto y modo de transporte

En la Figura 3.42, se puede observar que, en la UE4, el autobús presenta un incremento del 6% en el trayecto de retorno mientras que el automóvil indica una disminución del 12%, a su vez el recorrido escolar ostenta una disminución del 4%, en cuanto a al taxi hay un incremento significativo del 10%. Dicho incremento en la ocupación del autobús y el taxi en el trayecto de retorno se debe a que cierta parte de los usuarios del automóvil y recorrido escolar recurren al uso del autobús y taxi para el trayecto de retorno.

3.4 EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO CO₂ EQ

Para la estimación de emisiones de CO₂ equivalente, se realizó la conversión del consumo de energía a galones de combustible, esto mediante la densidad energética del combustible que es de 37,8 MJ/L para el Diésel y 34,9 MJ/L para la gasolina. La cantidad total de galones de combustible se multiplica por el factor de emisión correspondiente para cada tipo de vehículo, obteniendo como resultado la cantidad de toneladas métricas de CO₂ equivalente.

3.4.1 VOLUMEN TOTAL DE COMBUSTIBLE

En primera instancia se obtiene el volumen de combustible consumido expresado en litros, en segundo aspecto se utiliza un factor de conversión a galones (US), ya que los factores de emisión son expresados en toneladas métricas de CO₂ eq por galón de combustible, es así como, 1 galón (US) equivale a 3,785 Litros. En Tabla 3.21, se detallan los resultados.

Tabla 3.21 Volumen de combustible consumido expresado en galones

Medio de Transporte	Tipo de Combustible	Densidad energética (MJ/L)	Consumo (MJ)	Volumen (gal)
Bus	Diésel	37,80	65 243,23	456,01
Automóvil	Gasolina	34,90	93 064,17	704,52
Recorrido E	Diésel	37,80	16 712,36	116,81
Taxi	Gasolina	34,90	10 628,56	80,46
Motocicleta	Gasolina	34,90	3 562,95	26,97
Total			189 868,59	1 384,77

Fuente: (propia)

3.4.2 EMISIONES POR SECTOR VEHICULAR

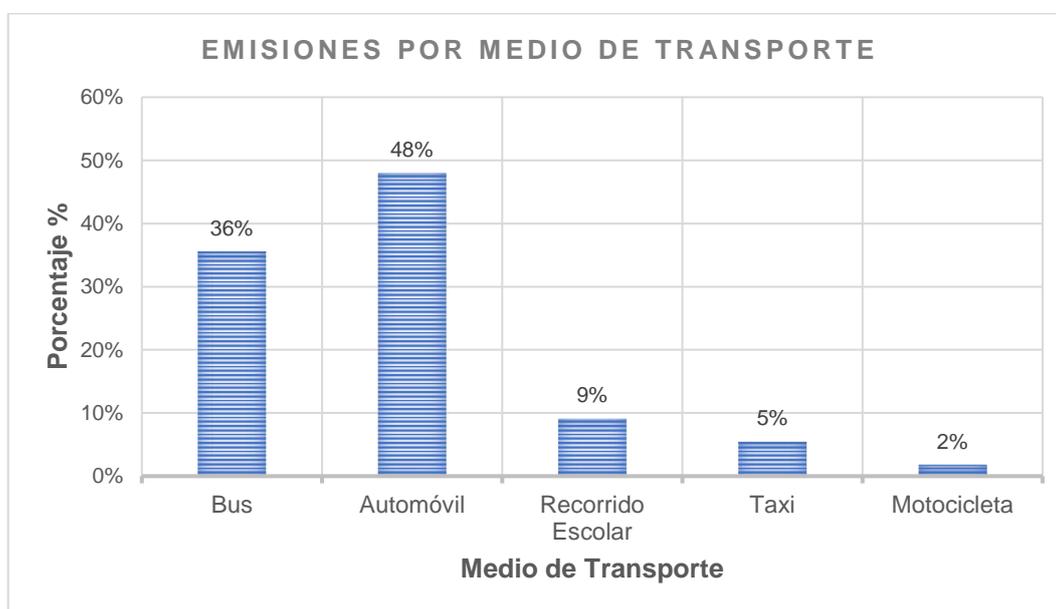
En este apartado se presenta un análisis comparativo de las emisiones de CO₂ equivalente, en función del medio de transporte utilizado, para establecer en términos de porcentaje que tipo de vehículo denota mayor peso en la emisión de gases de efecto invernadero. Los resultados preliminares obtenidos se muestran en la Tabla 3.22.

Tabla 3.22 CO_2 equivalente generado en función del consumo

Medio de Transporte	Tipo de Combustible	Volumen (gal)	Factor Emisión (t de CO_2 × gal)	Emisiones (t de CO_2)	%
Bus	Diésel	456,01	$10,180 \times 10^{-3}$	4,64	36%
Automóvil	Gasolina	704,52	$8,887 \times 10^{-3}$	6,26	48%
Recorrido E	Diésel	116,81	$10,180 \times 10^{-3}$	1,19	9%
Taxi	Gasolina	80,46	$8,887 \times 10^{-3}$	0,72	5%
Motocicleta	Gasolina	26,97	$8,887 \times 10^{-3}$	0,24	2%
Total				13,05	100%

Fuente: (propia)

La movilización de estudiantes en los diferentes medios de transporte tiene como resultado un consumo energético de 189 868,59 MJ y tiene como resultado la emisión de 13,05 toneladas métricas de CO_2 equivalente. A continuación, se presenta el porcentaje de emisión correspondiente a cada medio de transporte.

**Figura 3.43** Porcentaje CO_2 eq generado por cada medio de transporte

De acuerdo con la Figura 3.43, en Ibarra la ocupación del automóvil como medio de transporte estudiantil, genera aproximadamente el 48% del total de CO_2 emanado hacia la atmósfera, seguido por el autobús con un 36%, recorrido escolar con el 9%, Taxi 5%, y

motocicleta 2%. Es evidente que el uso del automóvil se convierte en un modo de transporte poco ecológico en el desplazamiento de estudiantes. La demanda del automóvil en la comunidad educativa es considerablemente alta y genera aproximadamente el 50% del total de emisiones con respecto a los demás medios de transporte encontrándose incluso por encima de las emisiones generadas por el autobús.

3.4.3 EMISIONES GENERADAS POR INSTITUCIÓN

Se distingue las emisiones generadas por cada institución educativa en donde se muestra de manera porcentual que medio de transporte denota mayor o menor peso en la generación de CO₂ equivalente.

3.4.3.1 Emisiones GEI (UE1)

En la Unidad educativa fiscal Teodoro Gómez de la Torre (UE1), el autobús presenta un consumo de 330,14 galones de Diesel que resultan en la emisión de 3,36 toneladas de CO₂ eq, seguido por el automóvil con un volumen de consumo de 287 galones de gasolina y emisiones por 2,56 toneladas de CO₂ eq, el recorrido escolar con un consumo de 5,31 galones de Diésel y 0,05 toneladas de CO₂ eq, el taxi presenta un consumo de 13,99 galones de gasolina y emisiones de 0,12 toneladas de CO₂ eq, finalmente la motocicleta con 19,84 galones de gasolina y 0,18 t de CO₂ eq.

Tabla 3.23 Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE1)

Tipo de vehículo	Combustible	Volumen (gal)	Factor emisión	t de CO ₂	%
Bus	Diésel	330,14	$10,180 \times 10^{-3}$	3,36	54%
Automóvil	Gasolina	287,91	$8,887 \times 10^{-3}$	2,56	41%
Recorrido Escolar	Diésel	5,31	$10,180 \times 10^{-3}$	0,05	1%
Taxi	Gasolina	13,99	$8,887 \times 10^{-3}$	0,12	2%
Motocicleta	Gasolina	19,84	$8,887 \times 10^{-3}$	0,18	3%
Total				6,27	100%

Fuente: (propia)

A continuación, se presenta el porcentaje de emisión correspondiente a cada modalidad de transporte en la UE1:

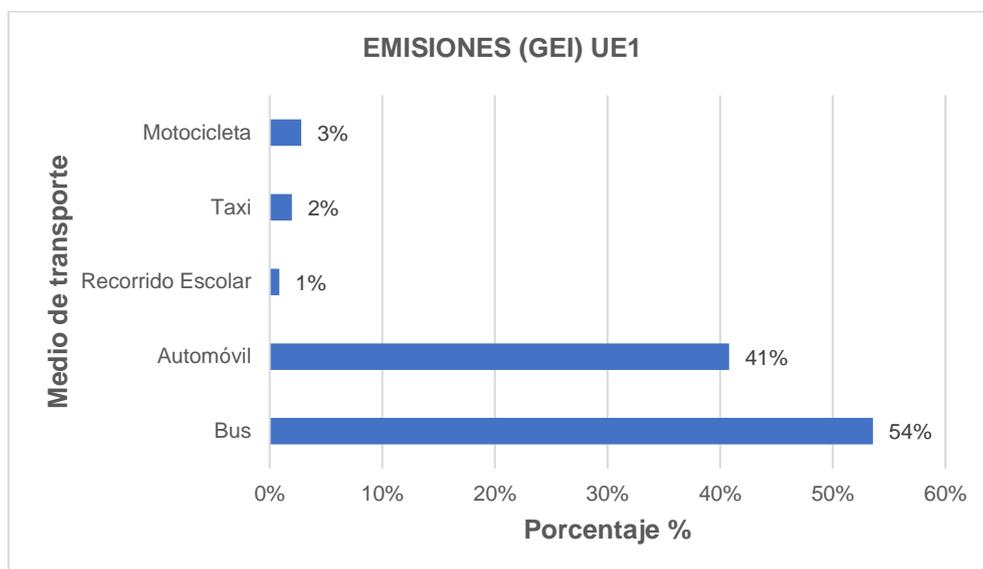


Figura 3.44 CO_2 eq generado por cada medio de transporte (UE1)

De acuerdo con la Figura 3.44, en la UE1 el medio de transporte con mayor porcentaje de emisiones es el autobús ya que genera aproximadamente el 54% de emisiones de CO_2 eq, seguido por el automóvil con un 41%, recorrido escolar con el 1%, Taxi 2%, y motocicleta 3%. De igual manera se puede evidenciar que los medios de transporte como el autobús y el automóvil comparten un porcentaje de emisión muy similar, en cuanto a los demás medios de transporte presentan valores de emisión bajos que no superan el 5%.

3.4.3.2 Emisiones GEI (UE2)

En la Unidad educativa Fiscomisional “San Francisco” (UE2), el autobús presenta un consumo de 55,97 galones de Diesel que resultan en la emisión de 0,57 toneladas de CO_2 eq, seguido por el automóvil con un consumo de 204,46 galones de gasolina y 1,82 toneladas de CO_2 eq, el recorrido escolar con un consumo de 65,31 galones de Diésel y 0,66 toneladas de CO_2 eq, el taxi presenta un consumo de 36,95 galones de gasolina con 0,33 toneladas de CO_2 eq, finalmente la motocicleta con 7,13 galones de gasolina y 0,06 toneladas de CO_2 eq.

Tabla 3.24 Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE2)

Tipo de vehículo	Combustible	Volumen (gal)	Factor emisión	t de CO ₂	%
Bus	Diésel	55,97	$10,180 \times 10^{-3}$	0,57	17%
Automóvil	Gasolina	204,46	$8,887 \times 10^{-3}$	1,82	53%
Recorrido Escolar	Diésel	65,31	$10,180 \times 10^{-3}$	0,66	19%
Taxi	Gasolina	36,95	$8,887 \times 10^{-3}$	0,33	10%
Motocicleta	Gasolina	7,13	$8,887 \times 10^{-3}$	0,06	2%
Total				3,44	100%

Fuente: (propia)

A continuación, se presenta el porcentaje de emisión correspondiente a cada modalidad de transporte en la UE2:

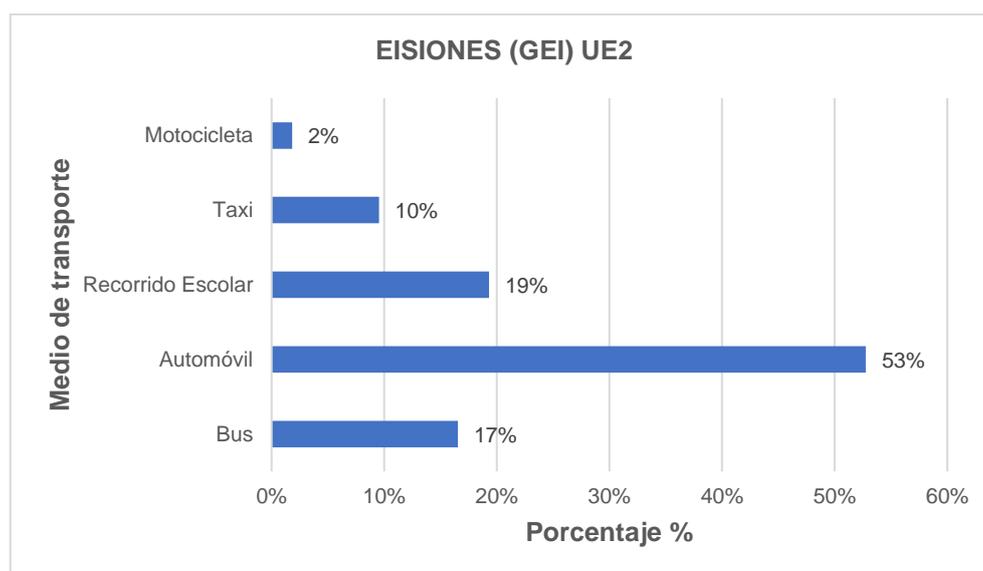


Figura 3.45 CO₂ eq generado por cada medio de transporte (UE2)

La Figura 3.45, muestra que en la UE2 el medio de transporte con mayor porcentaje de emisiones es el automóvil ya que genera aproximadamente el 53% de emisiones de CO₂ eq, seguido por el recorrido escolar con un 19%, autobús con el 17%, Taxi 10%, y motocicleta 2%. Para el caso de esta institución el automóvil presenta un porcentaje de emisión que duplica las emisiones de medios de transporte como el recorrido escolar y autobús.

3.4.3.3 Emisiones GEI (UE3)

En cuanto a la Unidad educativa Particular Oviedo denominada (UE3), el autobús presenta un consumo de 49,90 galones de Diesel que resultan en la emisión de 0,51 toneladas de CO₂ eq, seguido por el automóvil con un consumo de 106,86 galones de gasolina y 0,95 toneladas de CO₂ eq, el recorrido escolar con un consumo de 21 galones de Diesel y 0,21 toneladas de CO₂ eq, el taxi presenta un consumo de 15,31 galones de gasolina con 0,14 toneladas de CO₂ eq, en cuanto a la motocicleta no presenta consumo alguno.

Tabla 3.25 Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE3)

Tipo de vehículo	Combustible	Volumen (gal)	Factor emisión	t de CO ₂	%
Bus	Diésel	49,90	$10,180 \times 10^{-3}$	0,51	28%
Automóvil	Gasolina	106,86	$8,887 \times 10^{-3}$	0,95	53%
Recorrido Escolar	Diésel	21,00	$10,180 \times 10^{-3}$	0,21	12%
Taxi	Gasolina	15,31	$8,887 \times 10^{-3}$	0,14	8%
Motocicleta	Gasolina	0,00	$8,887 \times 10^{-3}$	0,00	0%
Total				1,81	100%

Fuente: (propia)

A continuación, se presenta el porcentaje de emisión correspondiente a cada modalidad de transporte en la UE3:

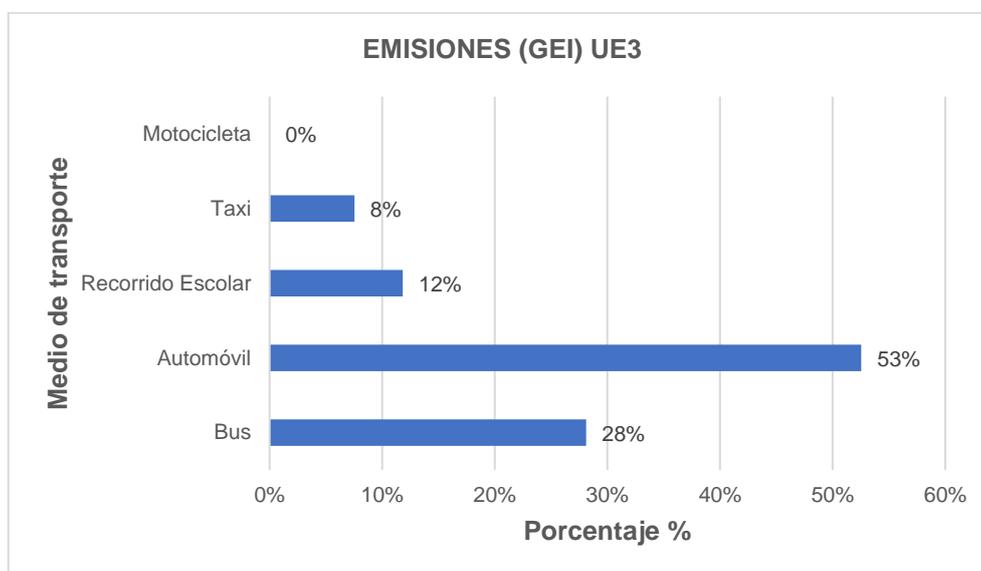


Figura 3.46 CO₂ eq generado por cada medio de transporte (UE3)

De acuerdo con la Figura 3.46, en la unidad educativa particular Oviedo (UE3), el medio de transporte con mayor porcentaje de emisiones es el automóvil ya que genera aproximadamente el 53% de emisiones de CO₂ equivalente, seguido por el autobús con un 28%, en cuanto al recorrido escolar este presenta un 12%, finalmente se encuentra el taxi con 8% de emisiones de CO₂ equivalente, en cuanto a la motocicleta no presenta valor alguno de emisiones.

3.4.3.4 Emisiones GEI (UE4)

En la Unidad educativa Particular Sagrado Corazón de Jesús (UE4), el autobús presenta un consumo de 20 galones de Diésel que resultan en la emisión de 0,20 toneladas de CO₂ equivalente, seguido por el automóvil con un consumo de 105,28 galones de gasolina y 0,94 toneladas de CO₂ equivalente, el recorrido escolar con un consumo de 25,18 galones de Diesel y 0,26 toneladas de CO₂ equivalente, el taxi presenta un consumo de 14,21 galones de gasolina con 0,13 toneladas de CO₂ eq, en cuanto a la motocicleta no presenta consumo alguno.

Tabla 3.26 Emisiones (GEI) por medio de transporte (UE4)

Tipo de vehículo	Combustible	Volumen (gal)	Factor emisión	t de CO₂	%
Bus	Diésel	20,00	$10,180 \times 10^{-3}$	0,20	13%
Automóvil	Gasolina	105,28	$8,887 \times 10^{-3}$	0,94	61%
Recorrido Escolar	Diésel	25,18	$10,180 \times 10^{-3}$	0,26	17%
Taxi	Gasolina	14,21	$8,887 \times 10^{-3}$	0,13	8%
Motocicleta	Gasolina	0,00	$8,887 \times 10^{-3}$	0,00	0%
Total				1,52	100%

Fuente: (propia)

A continuación, se presenta el porcentaje de emisión correspondiente a cada modalidad de transporte en la UE4:

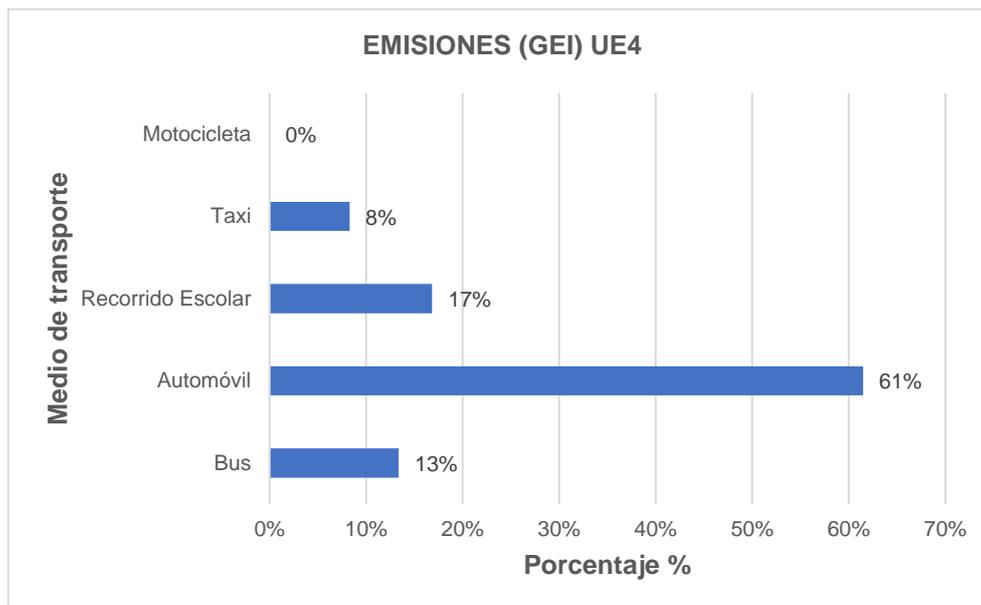


Figura 3.47 CO_2 eq generado por cada medio de transporte (UE4)

En la Figura 3.47, se puede observar que en la UE4 el medio de transporte con mayor porcentaje de emisiones es el automóvil ya que genera aproximadamente el 61% de emisiones de CO_2 eq, seguido por el recorrido escolar con un 17%, autobús con el 13%, Taxi 3 en cuanto a la motocicleta no presenta valor alguno de emisiones. Para el caso de esta institución el valor más alto de emisión asciende al 61% y se le atribuye al automóvil que a diferencia de las demás instituciones educativas en ningún caso las emisiones del automóvil alcanzan valores por encima del 54%, así mismo el autobús presenta el porcentaje más bajo de emisión con respecto a las demás instituciones educativas.

3.5 COSTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para tener una noción más clara del costo económico que implica el consumo de combustible de los medios de transporte ocupados por la comunidad educativa, es necesario distinguir el tipo de combustible que utiliza cada medio de transporte, siendo así que el Diésel es ocupado por vehículos como: el autobús y recorrido escolar, y la gasolina por automóviles, taxis y motocicletas. También es importante mencionar que la estimación económica del costo del combustible se obtiene al multiplicar el número total de galones de combustible por el valor monetario del galón.

Con estos antecedentes y de acuerdo con la Tabla 3.27, en Ecuador a la fecha de marzo del 2020 el costo económico por galón de gasolina extra y eco país es de 1,85 USD, mientras que el galón de Diésel ostenta un valor de 1,37 USD. No obstante, cabe mencionar que para nuestro caso de estudio se excluyen los tipos de combustible como la gasolina súper que posee un valor más alto, y es consumido en menor proporción, ya que la mayoría de los usuarios suelen optar por gasolina extra, razón por la cual la estimación se la realiza con el tipo de combustible más común en el país.

Tabla 3.27 Costo de los combustibles en Ecuador

Combustible	Unidad	Costo (USD)
Gasolina	gal (US)	1,85
Diésel	gal (US)	1,37

Fuente: (Petrolprices, 2020)

3.5.1 COSTO SEMANAL

A continuación, en la Tabla 3.28, se presenta los resultados obtenidos del costo semanal del combustible consumido por los diferentes medios de transporte, así mismo de forma independiente para cada tipo de combustible.

Tabla 3.28 Costo económico del consumo de combustible

Combustible	Cantidad	Costo (USD)
Gasolina	811,95 gal (US)	1 502,10
Diésel	572,82 gal (US)	784,76
Total		2 286,86

Fuente: (propia)

En términos monetarios, el coste económico estimado en el consumo de 8811,95 galones de gasolina es de 1 502,10 USD, mientras que para los 572,82 galones de Diésel es de 784,76 USD, es así como al sumar ambos valores monetarios se tiene como resultado un coste total de 2 286,86 USD semanales.

3.5.2 COSTO ANUAL

Según el cronograma escolar, en el régimen sierra se tiene un total de 100 días laborables por quimestre lo que indica que las actividades académicas en establecimientos educativos de instrucción general básica y bachillerato se desarrollan durante 2 periodos de 10 semanas. Es así como al multiplicar el costo semanal de combustible por el número de semanas laborables se obtiene un costo anual del combustible por 45 737,2 USD.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La medida de tráfico aplicada en las 3 estaciones de aforo identificadas como puntos de conflicto indica que , el incremento del flujo vehicular en el periodo de 6h30 a 7h30, se asocia directamente al horario límite de ingreso de los estudiantes, en donde se presentan concentraciones de vehículos en pequeños lapsos de tiempo, sin embargo, en el periodo de 12h30 a 13h30, se observa flujos constantes en toda la hora, por otra parte la categoría de vehículos livianos en las 3 estaciones representa aproximadamente el 90 % del total de vehículos en circulación y el resto corresponde a la categoría de buses y motos con un porcentaje que oscila entre el 2% y 6 % mientras que la categoría de otros representa la mínima parte con 1%, valores estándar para vías urbanas ya que el porcentaje de livianos se encuentra sobre el 70%.
- Entre los resultados más relevantes obtenidos por medio de la encuesta, se puede mencionar que el medio de transporte con mayor demanda en establecimientos educativos con sostenimiento de tipo particular y fiscomisional corresponde al automóvil con un 50%, mientras que los menos ocupados son la caminata y bicicleta cuyos valores no superan el 5%, por el contrario, en instituciones fiscales, el tipo de vehículo con mayor demanda es el bus con el 56%, seguido del automóvil con el 30%, mientras que el de menor uso es el recorrido escolar con el 2%, siendo así que en las instituciones fiscales el modo más usado es liderado por el transporte público, y para las instituciones de carácter fiscomisional y particular la modalidad más usada corresponde al transporte privado.
- Con respecto a la estimación de consumo energético los resultados preliminares indican que categoría de vehículos livianos presenta una tasa de ocupación relativamente baja de 2,24 usuarios por vehículo, lo que resulta en un consumo unitario más alto en relación con los demás medios de transporte, siendo así que una persona que se transporta en automóvil consume hasta 3 veces más energía que la

consumida por un usuario que se transporta en autobús, es por ello que el consumo energético total en el trayecto de retorno disminuye en un 4% con respecto al de ida y se le atribuye al incremento de usuarios de transporte público en el trayecto de retorno.

- En cuanto a la estimación de emisiones (GEI), los principales resultados obtenidos indican que el consumo energético total de 189 868,59 MJ, tiene como resultado la emisión de 13,05 toneladas métricas de CO₂ eq, donde el automóvil como medio de transporte con mayor demanda en el entorno educativo, genera aproximadamente el 48% del total de CO₂ eq, con respecto a los demás medios de transporte encontrándose incluso por encima de las emisiones generadas por el autobús con un 36%, el recorrido escolar con el 9%, taxi 5%, y motocicleta 2%, lo cual indica que el uso del automóvil se convierte en un modo de transporte poco ecológico en el desplazamiento de estudiantes.

4.2 RECOMENDACIONES

- Ejecutar un aforo vehicular de al menos 3 días, mediante el método de conteo directo ya que muestra ventajas como: precisión y mejor clasificación vehicular, a su vez requiere de un menor coste económico en relación con equipos de conteo automático. Además, se debe tomar en cuenta variables adicionales como la velocidad media circulación para poder establecer densidades, capacidad y niveles de servicio.
- Proponer una alternativa que permita reducir el impacto del transporte sobre el entorno, se recomienda optar por modalidades de transporte masivo, para el caso de Ibarra se hace referencia al autobús ya que, de acuerdo con el nivel de ocupación de este, se convierte en una modalidad de transporte más ecológica, para el caso del automóvil se recomienda el sistema de vehículo compartido es una modalidad mediante la cual se conectan usuarios que comparten un mismo origen y destino en cuanto a un viaje.
- La utilización de factores de consumo energético y emisiones contaminantes permite realizar una estimación bastante confiable, sin embargo, se recomienda usar valores provenientes de fuentes certificadas o a su vez que provengan de estudios relacionados con el entorno local, con el fin de que los resultados reflejen mayor precisión.
- Con la intención de ampliar este estudio se recomienda realizar una comparación de emisiones contaminantes vs las que se tendría si la comunidad educativa opta por desplazarse en modalidades de transporte más ecológicas como el transporte masivo o transporte alternativo, adicionalmente se puede incluir un estudio acerca del nivel de contaminación acústica que provoca el tránsito vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADEME. (2009). Energy efficiency trends and policies in the transport Sector in the EU, Lessons from the ODYSSEE mure project. Europe: ADEME editions. Obtenido de <http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/brochures/transport.pdf>
2. AEADE. (2017). Sector Automotor en cifras. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). Obtenido de <http://www.aeade.net/wpcontent/uploads/2018/04/anuario%202017%20final%20web.pdf>
3. Álvarez, D. (2018). Estudio de patrones de movilidad de trabajadores y estudiantes de la UTN para estimar el consumo de energía en función del tipo de transporte utilizado. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
4. Arciniega, O. (2018). Estimación de emisiones contaminantes de vehículos de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra mediante modelado computacional. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
5. Arteaga Arredondo, I. (2005). De periferia a ciudad consolidada Estrategias para la transformación de zonas urbanas marginales. *Bitácora Urbano Territorial*, 9(1), 98-111. doi:ISSN: 0124-7913
6. Auquilla, J., & Gutierrez, P. (2017). La movilidad en el acceso a centros educativos caso de estudio sector Universidad de Cuenca. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador.
7. Beltrán, D. (2009). Transporte urbano sostenible y calidad de vida para los municipios de Colombia: Sobre la necesidad de un cambio en las políticas del transporte urbano en ciudades pequeñas y medianas. Cali, Colombia. Programa Editorial Universidad del Valle.

8. Bull, A. (2003). Congestión de Tránsito el Problema y cómo Enfrentarlo: La congestión, un problema serio que se agrava. Santiago de Chile, Chile: Cuadernos de la CEPAL.
9. Cazares García, B., & Cuazapaz Celín, V. (2018). Análisis de la tasa de ocupación de las rutas de buses urbanos en la ciudad de Ibarra. (*Trabajo de grado*) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
10. Cevallos, J. (2016). Estimación del consumo de energía en el transporte terrestre del Ecuador. Quito: Energy Policy: Centro de Prospectiva Estratégica, Instituto de Altos Estudios Nacionales.
11. Cornejo de Grunauer, M. d., Zorrilla, D., Bermúdez, N., & Estacio, J. (2013). Análisis de vulnerabilidad del cantón San Miguel de Ibarra. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Ibarra, Imbabura, Ecuador.
12. Cortínez, V. H., & Domínguez, P. N. (2013). Un modelo de difusión anisótropa para el estudio del tráfico urbano. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2011.10.005>
13. Delgadillo, J. (2004). Planeación territorial, políticas públicas y desarrollo regional en México. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
14. DNAIE. (2019). Instituciones Educativas de Ibarra. Quito: Ministerio de Educación. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/documentos-legales-y-normativos/>
15. Falcocchio, J. C., & Levinson, H. S. (2015). Estrategias de adaptación para gestionar la congestión recurrente: mejoras operativas. (S. I. Publishing, Ed.) *Ingeniería Civil y Urbana*, Vol 7, 213-244.
16. Fernández, R., & Valenzuela, E. (2004, Mayo). Gestión ambiental de tránsito: cómo la ingeniería de transporte puede contribuir a la mejoría del ambiente urbano. *Revista Eure*, 30. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612004008900006>

17. HCM. (2010). Highway Capacity Manual - *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES*. doi:ISBN/EAN: 9788416671199
18. Ibadango, L. (2014). Estudio de tráfico y soluciones al congestionamiento vehicular. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
19. IDAE, I. p. (2019). Planes de transporte al trabajo Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Madrid, España.
20. INEC. (2018). Anuario de estadística de Transporte. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de (INEC).doi:http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2015/2015_AnuarioTransportesMetodologia.pdf
21. IPCC, G. I. (2016). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2). Ginebra, Suiza.
22. Jaén Gonzáles, A. (2006). Tecnología energética y medio ambiente I (Primera ed., Vol. 1). Universidad Politécnica de Catalunya.
23. López Lomas, S. W. (2018). Transporte, Movilidad, Desarrollo Urbano Y Medio Ambiente:. (*Tesis de Maestría*). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
24. MARTÍNEZ, I. D. (2013). WayBackMachine. Cambio de siglo y planos de Ibarra. (I. D. Martínez, Compiler) Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://www.ibarra.gob.ec/archivo/index.php/el-retorno2?id=338>
25. Montañez, M. R. (2016). Un nuevo modelo de Transporte para el gran Santo Domingo. *Ciencia y Sociedad*, (45), 337 - 359.

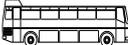
26. Naranjo, E., & Garcés, P. (2013). Análisis de los estudios de impacto de tráfico vigente en la ciudad de Quito bajo el enfoque del modelo de Manheim. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
27. NTE INEN 2207. (2002). NTE INEN 2207 “control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres”. *INEN*, 4.
28. NTE-INEN2656. (2016). Normativa Técnica Ecuatoriana, Clasificación vehicular. Quito. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf
29. PD y OT, (2018). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Ibarra. Ibarra: GAD Ibarra.
30. Quadri De La Torre, G. (2012). Ayudemos a Defender el Medio Ambiente; Políticas y acciones Prácticas (1ra ed.). México: Editorial Trillas
31. Ramírez, J. (2018). Análisis de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de Ibarra. (*Tesis de ingeniería*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
32. Rosero, F., León, C., & Mera, Z. (2017). Análisis del consumo de combustible en autobuses Urbanos por efecto de las interacciones SemafORIZADAS: Caso de estudio ciudad de Ibarra. *Desarrollo Local Sostenible DELOS*, 1-22.
33. RTE INEN 017, S. E. (2016). RTE INEN 017 “control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestreS”. *INEN*, 7,8.
34. SENER, S. d. (2018). Balance Nacional de Energía 2018. España: Dirección general de planeación e información.
35. Sigetrans. (2015). Plan Maestro de Movilidad del Cantón Ibarra. : Actualización del plan de movilidad sustentable. Ibarra, Ecuador

36. Soto Cortés, J. J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico*(1), 131. doi:ISSN: 2007-3062
37. Tapia Granados, J. (1998). La reducción del tráfico de automóviles: una política urgente de promoción de la salud. *Revista Panamericana de salud pública*, (3), 137.
38. Thomson, I. (2000). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la cepal* . 76 (1), 109-121

ANEXOS

ANEXO I

FORMATO DE AFORO

 INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ 					ESQUEMA																																																													
Fecha (D.M.A):			Coordinador:																																																															
Estacion de Aforo:																																																																		
Aforador:			Hora Inicio:																																																															
Movimientos Aforados :			Hora Fin:																																																															
Hora	MOV	Livianos 	Buses 	Motos 	Otros 	Total																																																												
6:30		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>												
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																									
6:40		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>												
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																									
6:50		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>												
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																									
7:00		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>												
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																									
7:10		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>												
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																									
7:20		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>												
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																									
7:30		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>													<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>																																																			

ANEXO II

FORMATO DE ENCUESTA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



ENCUESTA

Cód. _____

Objetivo: Obtener los parámetros de movilidad de la comunidad educativa hacia los establecimientos educativos, para el desarrollo del tema de trabajo de grado "Análisis de congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hipercentro de la Ciudad de Ibarra"

CUESTIONARIO

Datos informativos

EGB : 7 () 8 () 9 () 10 ()
 Bachillerato: 1 () 2 () 3 ()

1. Origen de los desplazamientos

Seleccione el sector desde el cual parte hacia el establecimiento educativo. En caso de no encontrar el sector al cual pertenece seleccione el más cercano a su residencia.

Zona Urbana			
<input type="checkbox"/> 10 de agosto	<input type="checkbox"/> Ejido de Caranqui	<input type="checkbox"/> La Esperanza	<input type="checkbox"/> Pugacho, Colinas
<input type="checkbox"/> 4 Esquinas, Bola Amarilla	<input type="checkbox"/> El Milagro	<input type="checkbox"/> La Florida	<input type="checkbox"/> R de la Madre, Supermaxi
<input type="checkbox"/> Alpachaca	<input type="checkbox"/> El Olivo	<input type="checkbox"/> La Merced, P Moncayo	<input type="checkbox"/> San Antonio
<input type="checkbox"/> Azaya, Huertos Familiares	<input type="checkbox"/> Estadio, M Mayorista	<input type="checkbox"/> La Victoria	<input type="checkbox"/> Santa Rosa, San Francisco
<input type="checkbox"/> Bellavista Caranqui, Ac San Diego	<input type="checkbox"/> Hptal. el IEES	<input type="checkbox"/> Los Ceibos	<input type="checkbox"/> Sto. Domingo San Antonio
<input type="checkbox"/> Caranqui	<input type="checkbox"/> Hptal. San Vicente, Ajaví	<input type="checkbox"/> Miravalle	<input type="checkbox"/> Terminal
<input type="checkbox"/> Centro, Mercado, Basílica	<input type="checkbox"/> Jardín de Paz, Las palmas	<input type="checkbox"/> Pílanqui, Ecu 911	<input type="checkbox"/> Yacucalle
<input type="checkbox"/> Chorlaví	<input type="checkbox"/> La Campiña, Primavera	<input type="checkbox"/> Priorato, Aduana	<input type="checkbox"/> Yahuarcocha
Zona Rural		Otro Cantón	
<input type="checkbox"/> Angochagua	<input type="checkbox"/> Antonio Ante	<input type="checkbox"/> Cotacachi	<input type="checkbox"/> Urcuquí
<input type="checkbox"/> Ambuquí	<input type="checkbox"/> Otavalo	<input type="checkbox"/> Pínampiro	
<input type="checkbox"/> Salinas			

2. Modo de transporte

Seleccione el modo de transporte que usa con mayor frecuencia para movilizarse hacia el establecimiento educativo (Ingreso) así como el modo que usa a la salida (Retorno).

Ingreso				Retorno			
1	2		3	1	2		3
<input type="checkbox"/> Bus	<input type="checkbox"/> Automóvil sedan		<input type="checkbox"/> Bicicleta	<input type="checkbox"/> Bus	<input type="checkbox"/> Automóvil sedan		<input type="checkbox"/> Bicicleta
<input type="checkbox"/> Taxi	<input type="checkbox"/> SUV/Todo Terreno	() ()	<input type="checkbox"/> Caminata	<input type="checkbox"/> Taxi	<input type="checkbox"/> SUV/Todo Terreno	() ()	<input type="checkbox"/> Caminata
<input type="checkbox"/> Rec. Escolar	<input type="checkbox"/> Camioneta			<input type="checkbox"/> Rec. Escolar	<input type="checkbox"/> Camioneta		
	<input type="checkbox"/> Motocicleta				<input type="checkbox"/> Motocicleta		

3. Capacidad

Indique el número de ocupantes del vehículo en el viaje, excepto si selecciono anteriormente (Bus o medios no motorizados). Si es su caso continúe con la siguiente pregunta.

Figura AII 1 Formato de encuesta

ANEXO III

REGISTRO DE AFORO

Tabla AIII 1 Registro de datos estación 1 periodo (6h:30-7h:30)

Fecha (D.M.A): lunes 13 enero de 2020							Esquema
Estación de Aforo 1: Av. Teodoro Gómez de la Torre y Maldonado							
Aforador:			Hora Inicio: 6h:30				
Movimientos Aforados: 2			Hora Fin: 7h:30				
Periodo (h)	Mov	Livianos	Buses	Motos	Otros	Total	
6:30 - 6:40	←E-O	47	9	0	3	59	127
	→O-E	60	7	1	0	68	
6:40 - 6:50	←E-O	60	4	6	2	72	224
	→O-E	142	4	5	1	152	
6:50 - 7:00	←E-O	104	6	3	1	114	339
	→O-E	214	4	7	0	225	
7:00 - 7:10	←E-O	126	5	8	1	140	359
	→O-E	204	6	9	0	219	
7:10 - 7:20	←E-O	136	6	1	0	143	313
	→O-E	161	4	5	0	170	
7:20 - 7:30	←E-O	77	5	2	0	84	179
	→O-E	84	5	2	4	95	

Tabla AIII 2 Registro de datos estación 1 periodo (12h:30-13h:30)

Fecha (D.M.A): lunes 13 enero de 2020							Esquema
Estación de Aforo 1: Av. Teodoro Gómez de la Torre y Maldonado							
Aforador:			Hora Inicio: 12:30				
Movimientos Aforados: 2			Hora Fin: 13:30				
Periodo	Mov	Livianos	Buses	Motos	Otros	Total	
12:30 - 12:40	←E-O	84	2	8	2	96	215
	→O-E	111	2	5	1	119	
12:40 - 12:50	←E-O	85	6	6	2	99	251
	→O-E	139	4	7	2	152	
12:50 - 13:00	←E-O	104	3	5	1	113	280
	→O-E	159	3	5	0	167	
13:00 - 13:10	←E-O	69	2	5	3	79	220
	→O-E	121	5	11	4	141	
13:10 - 13:20	←E-O	117	2	5	3	127	264
	→O-E	130	2	3	2	137	
13:20 - 13:30	←E-O	65	4	6	2	77	193
	→O-E	103	2	8	3	116	

Tabla AIII 3 Registro de datos en la estación 2 periodo (6h:30-7h:30)

Fecha (D.M.A): lunes 13 enero de 2020							Esquema	
Estación de Aforo 2: Calle Salinas y Miguel de Oviedo								
Aforador:				Hora Inicio: 6:30				
Movimientos Aforados: 2				Hora Fin: 7:30				
Periodo (h)	Mov	Livianos	Buses	Motos	Otros	Total		
6:30 - 6:40	↑S-N	68	6	3	2	79	145	
	→O-E	59	4	3	0	66		
6:40 - 6:50	↑S-N	155	0	3	1	159	263	
	→O-E	99	3	2	0	104		
6:50 - 7:00	↑S-N	296	6	8	0	310	477	
	→O-E	158	5	3	1	167		
7:00 - 7:10	↑S-N	199	5	14	2	220	356	
	→O-E	129	3	3	1	136		
7:10 - 7:20	↑S-N	212	4	17	5	238	286	
	→O-E	44	3	1	0	48		
7:20 - 7:30	↑S-N	187	0	10	8	205	271	
	→O-E	58	0	6	2	66		

Tabla AIII 4 Registro de datos estación 2 periodo (12h:30-13h:30)

Fecha (D.M.A): lunes 13 enero de 2020							Esquema	
Estación de Aforo 2: Calle Salinas y Miguel de Oviedo								
Aforador:				Hora Inicio: 12h:30				
Movimientos Aforados: 2				Hora Fin: 13h:30				
Periodo (h)	Mov	Livianos	Buses	Motos	Otros	Total		
12:30 - 12:40	↑S-N	168	5	15	3	191	306	
	→O-E	103	6	6	0	115		
12:40 - 12:50	↑S-N	180	5	14	2	201	311	
	→O-E	102	2	4	2	110		
12:50 - 13:00	↑S-N	184	0	0	1	185	298	
	→O-E	103	4	5	1	113		
13:00 - 13:10	↑S-N	198	3	9	2	212	318	
	→O-E	93	3	8	2	106		
13:10 - 13:20	↑S-N	154	2	5	3	164	274	
	→O-E	104	3	3	0	110		
13:20 - 13:30	↑S-N	173	2	11	2	188	306	
	→O-E	110	2	2	4	118		

Tabla AIII 5 Registro de datos estación 3 periodo (6h:30-7h:30)

Fecha (D.M.A): lunes 13 enero de 2020							Esquema
Estación de Aforo 3: Calle Sánchez y Cifuentes y Miguel de Oviedo							
Aforador:			Hora Inicio: 6h:30				
Movimientos Aforados: 2			Hora Fin: 7h:30				
Periodo (h)	Mov	Livianos	Buses	Motos	Otros	Total	
6:30 - 6:40	↑S-N	49	15	3	0	67	113
	→O-E	46	0	0	0	46	
6:40 - 6:50	↑S-N	83	10	1	0	94	177
	→O-E	82	0	1	0	83	
6:50 - 7:00	↑S-N	107	8	5	0	120	247
	→O-E	119	0	8	0	127	
7:00 - 7:10	↑S-N	104	9	6	0	119	191
	→O-E	69	0	3	0	72	
7:10 - 7:20	↑S-N	71	8	2	0	81	135
	→O-E	51	0	3	0	54	
7:20 - 7:30	↑S-N	79	13	7	3	102	145
	→O-E	41	0	1	1	43	

Tabla AIII 6 Registro de datos estación 3 periodo (12h:30-13h:30)

Fecha (D.M.A): lunes 13 enero de 2020							Esquema
Estación de Aforo 3: Calle Sánchez y Cifuentes y Miguel de Oviedo							
Aforador:			Hora Inicio: 12:30				
Movimientos Aforados:			Hora Fin: 13:30				
Periodo (h)	Mov	Livianos	Buses	Motos	Otros	Total	
12:30 - 12:40	↑S-N	115	8	10	3	136	210
	→O-E	69	0	5	0	74	
12:40 - 12:50	↑S-N	89	8	11	3	111	172
	→O-E	58	0	3	0	61	
12:50 - 13:00	↑S-N	84	11	11	4	110	176
	→O-E	64	0	1	1	66	
13:00 - 13:10	↑S-N	68	7	6	2	83	137
	→O-E	51	0	3	0	54	
13:10 - 13:20	↑S-N	72	5	6	1	84	166
	→O-E	77	0	5	0	82	
13:20 - 13:30	↑S-N	113	10	8	0	131	220
	→O-E	83	0	5	1	89	

ANEXO IV

OFICIOS



Oficio Nro. EPM-GOT-2019-0354-O
Ibarra, 04 de diciembre de 2019

Asunto: RESPUESTA A SOLICITUD DE INFORMACIÓN PARA TRABAJO DE GRADO.

Ingeniero
 Darwin Almeida
 En su Despacho

De mi consideración:

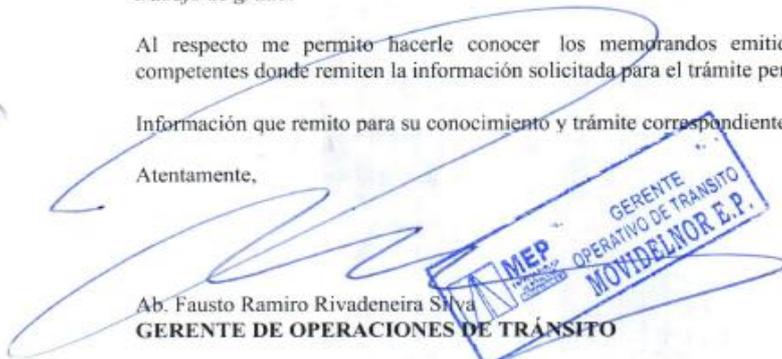
Reciba un atento y cordial saludo de quienes conformamos la Gerencia de Operaciones de Tránsito de la Empresa Pública de Movilidad.

En respuesta al oficio N° S/N, de fecha Ibarra, 21 de noviembre del año en curso, suscrito por Ing. Darwin Almeida, Director de Trabajo de Grado y Daniel Rodríguez, Alumno de la Universidad Técnica del Norte, referente a solicitud de información estadística ... *(datos de controles operativos diarios, controles de Informalidad, vehículos matriculados, control intersecciones más congestionadas, control de congestión horas pico y análisis de congestión vehicular en Unidades Educativas) para el desarrollo de trabajo de grado.*

Al respecto me permito hacerle conocer los memorandos emitidos por las áreas competentes donde remiten la información solicitada para el trámite pertinente.

Información que remito para su conocimiento y trámite correspondiente.

Atentamente,


Ab. Fausto Ramiro Rivadeneira Silva
GERENTE DE OPERACIONES DE TRÁNSITO

Referencias:
 - EPM-DEG-2019-0092-M

Anexos:
 - OF-SN-ALMEIDA
 - sumilla-gt-solicitud de informacion utn trabajo grado.pdf
 - epm-deg-2019-033-i.pdf
 - sumilla-oficio-respuesta informacion estadistica sr. darwin almeida utn.pdf



Figura AIV 1 Solicitud de información dirigida a EPM



REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
 INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ



Asunto: Solicitud para otorgación de permiso para realizar encuestas a los estudiantes

Ibarra, 08/10/2020

Víctor Julio Dueñas, Msc.
 Rector de la Unidad Educativa Teodoro Gómez de la Torre
 En su despacho

Yo Daniel Alejandro Rodríguez Bonilla, portador de la cédula de ciudadanía No 1003832597 tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarle cordialmente y;

En calidad de representante de la "UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE" y estudiante de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz;

Solicito de la manera más comedida se me autorice realizar la aplicación de encuestas a los estudiantes de la jornada matutina con el fin de recolectar datos necesarios para el desarrollo del tema de trabajo de grado "Análisis de congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hiper centro de la ciudad de Ibarra"

Mucho estimaré disponer se proceda a la atención de mi requerimiento en razón de que considero necesarios los datos solicitados. Para cualquier coordinación comunicarse al teléfono 0993047712 ó al e-mail darodriguezb@utn.edu.ec

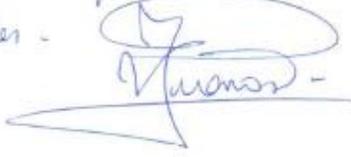
Por la atención se digne dar a esta mi petición, agradezco su gentileza, quedo a la espera de su pronta respuesta.

Atentamente,



*Vicerector
 Msc. Juan Pablo Rojas*

*para sus disposiciones
 pertinentes.*





1003832597-I.

Daniel Rodríguez
 Estudiante

Figura AIV 2 Oficio dirigido a la Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ



Asunto: Solicitud para otorgación de permiso para la aplicación de encuestas

Ibarra, 10/01/2020

Hna. Martha Gordón Enriquez
 Rectora de la Unidad Educativa Particular Oviedo
 En su despacho

Yo Daniel Alejandro Rodríguez Bonilla, portador de la cédula de ciudadanía No 1003832597 tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarle cordialmente y;

En calidad de representante de la “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE” y estudiante de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz;

Solicito de la manera más comedida se me autorice realizar la aplicación de encuestas a 4 cursos de señoritas estudiantes de la jornada matutina con un tiempo estimado de encuesta por curso de 10 minutos, con el fin de recolectar datos necesarios para el desarrollo del tema de trabajo de grado “Análisis de congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hiper centro de la ciudad de Ibarra”

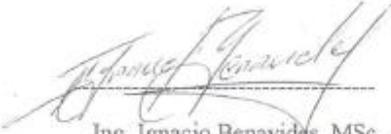
Mucho estimaré disponer se proceda a la atención de mi requerimiento en razón de que considero necesarios los datos solicitados. Para cualquier coordinación comunicarse al teléfono 0993047712 ó al e-mail darodriguezb@utn.edu.ec

Por la atención se digne dar a esta mi petición, agradezco su gentileza, quedo a la espera de su pronta respuesta.

Atentamente,


 Daniel Rodríguez




 Ing. Ignacio Benavides, MSc.
 Director de Carrera

UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR "OVIDEO"
 Estudiante RESOLUCIÓN Nro 0451

RECEPCIÓN

ASUNTO Solicitud autorización No DE HOJAS: 2

FECHA DE RECIBIDO 10/01/20 HORA 12:30

FIRMA DEL RESPONSABLE

Figura AIV 3 Oficio dirigido a la Unidad educativa Particular Oviedo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
 INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ



Asunto: Solicitud para otorgación de permiso para la aplicación de encuestas

Ibarra, 10/01/2020

Hna. Graciela Osorio
 Rectora de la Unidad Educativa Particular Sagrado Corazón de Jesús - Betlemitas
 En su despacho

Yo Daniel Alejandro Rodríguez Bonilla, portador de la cédula de ciudadanía No 1003832597 tengo el agrado de dirigirme a Ud., para saludarle cordialmente y;

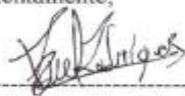
En calidad de representante de la "UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE" y estudiante de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz;

Solicito de la manera más comedida se me autorice realizar la aplicación de encuestas a 4 cursos de señoritas estudiantes de la jornada matutina con un tiempo estimado de encuesta por curso de 10 minutos, con el fin de recolectar datos necesarios para el desarrollo del tema de trabajo de grado "Análisis de congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hiper centro de la ciudad de Ibarra"

Mucho estimaré disponer se proceda a la atención de mi requerimiento en razón de que considero necesarios los datos solicitados. Para cualquier coordinación comunicarse al teléfono 0993047712 ó al e-mail darodriguezb@utn.edu.ec

Por la atención se digne dar a esta mi petición, agradezco su gentileza, quedo a la espera de su pronta respuesta.

Atentamente,



Daniel Rodríguez
Estudiante





Ing. Ignacio Benavides, MSc.
Director de Carrera

Figura AIV 4 Oficio dirigido a la Unidad educativa Particular Sagrado Corazón de Jesús

ANEXO VI

APLICACIÓN DE ENCUESTAS



Figura AVI 1 Aplicación de encuestas Unidad educativa San Francisco



Figura AVI 2 Aplicación de encuestas Unidad educativa Teodoro Gómez de la Torre