



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 LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE
LAS RUTAS DE AUTOBUSES URBANOS DE IBARRA.**

AUTOR: JORDAN ALEJANDRO RAMÍREZ MARTÍNEZ

DIRECTOR: ING. FREDY ALEXANDER ROSERO OBANDO MSc.

Ibarra, Julio 2018

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 LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE LAS RUTAS DE AUTOBUSES URBANOS DE IBARRA" presentado por el señor: Ramírez Martínez Jordan Alejandro con número de cédula 040179183-5, 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 19 días del mes de julio del 2018.

Atentamente



Ing. Fredy Rosero MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040179183-5		
APELLIDOS Y NOMBRES:	RAMÍREZ MARTÍNEZ JORDAN ALEJANDRO		
DIRECCIÓN:	San Gabriel, Los Andes y Colón.		
EMAIL:	alejo.ramirez90@yahoo.es / jaramirezm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(06) 3012-127	TELÉFONO MÓVIL:	0993977979
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	"ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE LAS RUTAS DE AUTOBUSES URBANOS DE IBARRA"		
AUTOR:	RAMÍREZ MARTÍNEZ JORDAN ALEJANDRO		
FECHA:	19/07/2018		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR / DIRECTOR:	ING. FREDY ROSERO MSc.		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **JORDAN ALEJANDRO RAMÍREZ MARTÍNEZ**, con cédula de identidad Nro. **040179183-5**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta 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 el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de julio del 2018.

AUTOR



Firma

Jordan Alejandro Ramirez Martinez

Nombre completo

0401791835

C.C

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR



TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **RAMÍREZ MARTÍNEZ JORDAN ALEJANDRO**, con cédula de identidad Nro. **040179183-5**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE LAS RUTAS DE AUTOBUSES URBANOS DE IBARRA**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jordan Alejandro Ramirez Martinez", is written over a horizontal line.

Firma

Jordan Alejandro Ramirez Martinez

Nombre completo

0401791835

C.C

Ibarra, a los 19 días del mes de julio de 2018

DEDICATORIA

La siguiente tesis la dedico profundamente a mis padres Henry Ramírez y Tatiana Martínez por el gran sacrificio que han hecho para lograr que pueda cumplir con uno de mis tan anhelados objetivos. Me supieron fomentar consejos y valores desde mi infancia que de una u otra manera me han fortalecido para llegar a hacer una persona con buenos ideales.

A mi hermano Mateo Ramírez por ser una parte fundamental en mi vida y sobre todo la inspiración por la cual lucho cada día para salir adelante.

A mi abuelita Bertha Chamorro y mi tío Eduardo Rubio por haberme brindado su confianza, consejos y enseñanzas en el transcurso de mi vida.

Jordan Ramírez M.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por haberme dado la vida, a mis padres por haber sido un pilar fundamental durante mi vida y todo el transcurso de mis estudios superiores brindándome moral y económicamente todo su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional.

Mi agradecimiento sincero a la Universidad Técnica del Norte por haberme abierto las puertas del saber y haber permitido mi formación profesional.

Agradezco rotundamente a mis maestros por todos sus conocimientos compartidos, de manera especial al Ing. Fredy Rosero, tutor del presente trabajo, por su amistad, criterio, paciencia, dedicación y motivación.

De manera especial agradezco a todos mis compañeros de la carrera, amigos y demás personas que con aprecio han sabido apoyarme moralmente, enseñándome valores como el compañerismo, honestidad, humildad y respeto.

Jordan Ramírez M.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	xix
INTRODUCCIÓN	xxi
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
1.1. Antecedentes	22
1.2. Planteamiento del problema	23
1.3. Formulación del problema	24
1.4. Delimitación temporal y espacial	24
1.4.1. Delimitación temporal	24
1.4.2. Delimitación espacial	24
1.5. Objetivos	24
1.5.1. Objetivo general	24
1.5.2. Objetivos específicos	25
1.6. Justificación	25
1.7. Metodología de la investigación	26
1.7.1. Tipo de investigación	26
1.7.2. Métodos	27
1.7.3. Técnicas e instrumentos	27
1.8. Operadoras de transporte público urbano de la ciudad de Ibarra	27
1.8.1. Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses “28 de Septiembre”	28
1.8.2. Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses “San Miguel de Ibarra”	28
1.9. Cinemática del vehículo	29
1.9.1. Magnitudes cinemáticas	30
1.9.2. Estados de conducción	33
1.9.3. Patrones de conducción	35
1.9.4. Ciclos de conducción	40
1.10. Motor diésel	41
1.10.1. Principio de funcionamiento	42

1.10.2. El diésel en el Ecuador	43
1.10.3. Consumo de combustible	44
1.10.4. Conducción eficiente	45
1.11. Sistema de posicionamiento global (GPS)	47
1.11.1. Funcionamiento	48
1.11.2. Aplicaciones	48
1.11.3. Sistema global de navegación por satélite (GLONASS)	49
1.12. Software para procesamiento de datos	51
1.13. Normativa de transporte público	56
1.13.1. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial	56
1.13.2. Reglamento General de Aplicación a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial	57
1.14. Estado del arte	58
2. MATERIALES Y MÉTODOS	60
2.1. Desarrollo de la propuesta de estudio	60
2.2. Caracterización de los buses urbanos de Ibarra	61
2.2.1. Marca	61
2.2.2. Modelo	62
2.2.3. Año de fabricación	62
2.3. Caracterización de las rutas de Ibarra	63
2.4. Definición de variables y parámetros de estudio	64
2.5. Selección de equipos GPS para monitoreo	71
2.5.1. Parámetros y características para seleccionar el GPS adecuado	72
2.5.2. Adquisición del dispositivo seleccionado	72
2.5.3. Descripción del dispositivo seleccionado	73
2.5.4. Programa para la descarga de los datos registrados del dispositivo	77
2.6. Pruebas piloto de equipos GPS	78
2.6.1. Registro y configuración del dispositivo	78
2.6.2. Levantamiento de datos pilotos	79
2.6.3. Extracción y lectura de los datos del dispositivo	79
2.6.4. Importación de los datos extraídos del dispositivo	80
2.7. Levantamiento de datos en cada ruta de bus	81

2.7.1.	Detalles de recolección de datos	82
2.7.2.	Instalación del equipo y recolección de datos	84
2.8.	Elaboración y procesamiento de base de datos	86
2.8.1.	Elaboración de base de datos	86
2.8.2.	Procesamiento de datos	88
2.9.	Obtención de resultados	100
2.9.1.	Creación y cálculo de variables para el análisis de resultados en RStudio	101
2.9.2.	Cálculo de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de Ibarra	106
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	112
3.1.	Flujograma del análisis de resultados	112
3.2.	Análisis cinemático de los estados de conducción de la flota de autobuses	112
3.2.1.	Estados de conducción general	113
3.2.2.	Estados de conducción por operadora	114
3.2.3.	Estados de conducción por ruta	116
3.2.4.	Estados de conducción por modelo del vehículo	120
3.2.5.	Estados de conducción por sector	124
3.2.6.	Estados de conducción por edad del conductor	127
3.2.7.	Estados de conducción por franja horaria	129
3.3.	Análisis cinemático de la velocidad máxima y promedio de la flota de autobuses	131
3.3.1.	Velocidad máxima y promedio general	131
3.3.2.	Velocidad máxima y promedio por operadora	132
3.3.3.	Velocidad máxima y promedio por ruta	133
3.3.4.	Velocidad máxima y promedio por modelo del vehículo	135
3.3.5.	Velocidad máxima y promedio por sector	136
3.3.6.	Velocidad máxima y promedio por edad del conductor	138
3.3.7.	Velocidad máxima y promedio por franja horaria	139
3.4.	Análisis cinemático de la aceleración y desaceleración máxima de la flota de autobuses	140
3.4.1.	Aceleración y desaceleración máxima general	140
3.4.2.	Aceleración y desaceleración máxima por operadora	141
3.4.3.	Aceleración y desaceleración máxima por ruta	142
3.4.4.	Aceleración y desaceleración máxima por modelo del vehículo	145
3.4.5.	Aceleración y desaceleración máxima por sector	147

3.4.6.	Aceleración y desaceleración máxima por edad del conductor	148
3.4.7.	Aceleración y desaceleración máxima por franja horaria	149
3.5.	Análisis cinemático de la aceleración y desaceleración promedio de la flota de autobuses	150
3.5.1.	Aceleración y desaceleración promedio general	150
3.5.2.	Aceleración y desaceleración promedio por operadora	151
3.5.3.	Aceleración y desaceleración promedio por ruta	151
3.5.4.	Aceleración y desaceleración promedio por modelo del vehículo	153
3.5.5.	Aceleración y desaceleración promedio por sector	155
3.5.6.	Aceleración y desaceleración promedio por edad del conductor	156
3.5.7.	Aceleración y desaceleración promedio por franja horaria	157
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
4.1.	Conclusiones	159
4.2.	Recomendaciones	161
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
	ANEXOS	166

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.		PÁGINA
1.1	Softwares estadísticos para el procesamiento de base de datos	57
1.2	Operadores aritméticos y lógicos empleados en R	62
2.1	Clasificación de los autobuses según el modelo del fabricante	68
2.2	Caracterización de rutas de Ibarra	69
2.3	Parámetros y características de selección del dispositivo	78
2.4	Precio de adquisición del dispositivo GPS GL-770	78
2.5	Especificaciones del dispositivo GPS GL-770	80
2.6	Función de los componentes del dispositivo GPS GL-770	82
2.7	Distribución de la recolección de datos en entre semana	88
2.8	Distribución de la recolección de datos en sábados	89
2.9	Distribución de la recolección de datos en los domingos	90
2.10	Resumen de la selección y renombre de variables de estudio	97
2.11	Sectorización de la ciudad de Ibarra	1093
2.12	Determinación de horas pico y horas valle en la ciudad de Ibarra	1115
3.1	Estados de conducción general	1193
3.2	Velocidad máxima y promedio general	1371
3.3	Velocidad máxima por operadora	1382
3.4	Velocidad máxima por ruta	1393
3.5	Velocidad máxima por modelo de bus	1415
3.6	Velocidad máxima por sector	1437
3.7	Velocidad máxima por edad del conductor	1448
3.8	Velocidad máxima por franja horaria	14539
3.9	Aceleración y desaceleración máxima general	1471
3.10	Aceleración y desaceleración promedio general	1560

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.		PÁGINA
1.1	Autobús de la Cooperativa “28 de Septiembre”	34
1.2	Autobús de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”	35
1.3	Cinemática de un automotor	35
1.4	Posición de una partícula con respecto a un punto determinado	36
1.5	Latitud y longitud de un punto determinado	37
1.6	Velocidad de un vehículo	37
1.7	Aceleración y desaceleración de un vehículo	38
1.8	Estados de conducción de un vehículo	39
1.9	Patrón de conducción	42
1.10	Autovía Otavalo - Ibarra	43
1.11	Vías urbanas de Ibarra	43
1.12	Marcas empleadas en los autobuses de Ibarra	44
1.13	Congestión en Ibarra por horas pico	45
1.14	Ciclo teórico de funcionamiento de un motor diésel de cuatro tiempos	48
1.15	Emisión del ruido	52
1.16	Reducción de emisiones y consumo de combustible	53
1.17	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	55
1.18	Sistema global de navegación por satélite (GLONAS)	56
1.19	Entorno del software estadístico Excel	58
1.20	Entorno del software estadístico Matlab	59
1.21	Entorno del software estadístico Stata	59
1.22	Entorno del software estadístico SPSS	60
1.23	Entorno del software estadístico RStudio	61
2.1	Flujograma de la propuesta	66
2.2	Clasificación de los autobuses según la marca del fabricante	67
2.3	Clasificación de los autobuses según el año de fabricación	69
2.4	Dispositivo GPS GL-770	79
2.5	Apariencia del dispositivo GPS GL-770	81
2.6	Programa de descarga de los datos registrados del dispositivo GPS GL-770	83

2.7	Ventana de opciones del programa “LogView”	84
2.8	Exportación de los datos de la ruta Católica - Alpachaca	85
2.9	Mapa de la ruta Católica - Alpachaca	86
2.10	Importación de los datos obtenidos del dispositivo GL-770	87
2.11	Instalación del dispositivo GPS GL-770 en un bus	91
2.12	Planilla para determinar datos de los buses de estudio	91
2.13	Distribución de la base de datos adquiridos de los dispositivos GPS GL-770	92
2.14	Simbología de los datos importados del dispositivo GPS GL-770	93
2.15	Ejemplo de formato de datos extraídos de la ruta Azaya - La Campiña	94
2.16	Código de lectura de datos en RStudio	95
2.17	Ejemplo de lectura de datos en RStudio	95
2.18	Código para la limpieza manual de datos inválidos	96
2.19	Código para la selección y renombre de variables de estudio	97
2.20	Selección y renombre de variables de estudio	97
2.21	Simbología de la creación de Data Frames por vueltas en RStudio	98
2.22	Código para la división de datos de buses por rutas	98
2.23	Código para la creación de nuevas variables de estudio en RStudio	99
2.24	Especificación de variables de estudio cuantitativas de tipo numérico	99
2.25	Código para calcular la aceleración de los buses en RStudio	100
2.26	Condiciones para los estados de conducción	101
2.27	Fórmula en RStudio para el ciclo de ralentí	101
2.28	Fórmula en RStudio para el ciclo de cruce	102
2.29	Fórmula en RStudio para el ciclo de aceleración	102
2.30	Fórmula en RStudio para el ciclo de desaceleración	102
2.31	Apariencia del cálculo de los estados de conducción en RStudio	103
2.32	Código para la unión de Data Frames por bus (DATANUEVA)	104
2.33	Código para la unión de Data Frames por día de monitoreo (DATANUEVA)	104
2.34	Distribución de la base de datos exportados desde RStudio	105
2.35	Código para la exportación de la base de datos (DATANUEVA)	105
2.36	Apariencia de los Datos Finales (DATANUEVA) en RStudio	106
2.37	Código para la creación de variables para el análisis de resultados	107
2.38	Sectorización de la ciudad de Ibarra	1082
2.39	Código para la determinación de los sectores de Ibarra	1093

2.40	Código para el cálculo de los rangos de edades de los conductores	1104
2.41	Código para el cálculo de los rangos de la franja horaria	1115
2.42	Código para el cálculo de aceleración y desaceleración	1126
2.43	Código para calcular el porcentaje de ralentí de los buses	1137
2.44	Código para calcular el porcentaje de cruce de los buses	1137
2.45	Código para calcular el porcentaje de aceleración de los buses	1148
2.46	Código para calcular el porcentaje de desaceleración de los buses	1148
2.47	Código para calcular la velocidad máxima	1159
2.48	Código para calcular la velocidad promedio	1159
2.49	Código para calcular la aceleración máxima	1160
2.50	Código para calcular la aceleración promedio	1160
2.51	Código para calcular la desaceleración máxima	1160
2.52	Código para calcular la desaceleración promedio	1171
3.1	Flujograma del análisis de resultados	1182
3.2	Estados de conducción en entre semana, sábado y domingo vs general	1193
3.3	Permanencia de los estados de conducción por operadora - Entre semana	1204
3.4	Permanencia de los estados de conducción por operadora - Sábado	1215
3.5	Permanencia de los estados de conducción por operadora - Domingo	1215
3.6	Permanencia en ralentí por ruta	1226
3.7	Permanencia en cruce por ruta	1237
3.8	Permanencia en aceleración por ruta	1248
3.9	Permanencia en desaceleración por ruta	125
3.10	Permanencia en ralentí por modelo del vehículo	1271
3.11	Permanencia en cruce por modelo del vehículo	1282
3.12	Permanencia en aceleración por modelo del vehículo	1293
3.13	Permanencia en desaceleración por modelo del vehículo	1304
3.14	Permanencia de los estados de conducción por sector - Entre semana	1315
3.15	Permanencia de los estados de conducción por sector - Sábado	1315
3.16	Permanencia de los estados de conducción por sector - Domingo	1326
3.17	Permanencia de los estados de conducción por edad - Entre semana	1337
3.18	Permanencia de los estados de conducción por edad - Sábado	1337
3.19	Permanencia de los estados de conducción por edad - Domingo	1348
3.20	Permanencia de los estados de conducción por franja horaria - Entre semana	13529

3.21	Permanencia de los estados de conducción por franja horaria - Sábado	1360
3.22	Permanencia de los estados de conducción por franja horaria - Domingo	1360
3.23	Velocidad promedio por operadora	1382
3.24	Velocidad promedio por ruta	1404
3.25	Velocidad promedio por modelo de bus	1426
3.26	Velocidad promedio por sector	1437
3.27	Velocidad promedio por edad del conductor	1448
3.28	Velocidad promedio por franja horaria	1460
3.29	Aceleración y desaceleración máxima por operadora	1471
3.30	Aceleración y desaceleración máxima por ruta - Entre semana	1482
3.31	Aceleración y desaceleración máxima por ruta - Sábado	1493
3.32	Aceleración y desaceleración máxima por ruta - Domingo	1504
3.33	Aceleración y desaceleración máxima por modelo - Entre semana	1515
3.34	Aceleración y desaceleración máxima por modelo - Sábado	1526
3.35	Aceleración y desaceleración máxima por modelo - Domingo	1526
3.36	Aceleración y desaceleración máxima por sector	1537
3.37	Aceleración y desaceleración máxima por edad del conductor	1548
3.38	Aceleración y desaceleración máxima por franja horaria	15549
3.39	Aceleración y desaceleración promedio por operadora	1571
3.40	Aceleración y desaceleración promedio por ruta - Entre semana	1582
3.41	Aceleración y desaceleración promedio por ruta - Sábado	1582
3.42	Aceleración y desaceleración promedio por ruta - Domingo	1593
3.43	Aceleración y desaceleración promedio por modelo - Entre semana	1604
3.44	Aceleración y desaceleración promedio por modelo - Sábado	1604
3.45	Aceleración y desaceleración promedio por modelo - Domingo	1615
3.46	Aceleración y desaceleración promedio por sector	1626
3.47	Aceleración y desaceleración promedio por edad del conductor	1637
3.48	Aceleración y desaceleración promedio por franja horaria	1648

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	PÁGINA
1.1 Velocidad	32
1.2 Aceleración	33
2.1 Velocidad instantánea del bus	65
2.2 Velocidad promedio diaria del bus	65
2.3 Velocidad promedio diaria de la flota	66
2.4 Velocidad promedio semanal de la flota	66
2.5 Aceleración instantánea del bus	67
2.6 Aceleración promedio diaria del bus	67
2.7 Desaceleración promedio diaria del bus	67
2.8 Aceleración promedio diaria de la flota	68
2.9 Desaceleración promedio diaria de la flota	68
2.10 Aceleración promedio semanal de la flota	68
2.11 Desaceleración promedio semanal de la flota	69
2.12 Porcentaje de permanencia en ralentí	69
2.13 Porcentaje de permanencia en crucero	69
2.14 Porcentaje de permanencia en aceleración	70
2.15 Porcentaje de permanencia en desaceleración	70
2.16 Porcentaje de permanencia promedio en ralentí	70
2.17 Porcentaje de permanencia promedio en crucero	71
2.18 Porcentaje de permanencia promedio en aceleración	71
2.19 Porcentaje de permanencia promedio en desaceleración	71

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.		PÁGINA
1.	Instalación de los dispositivos GPS GL-770 en un bus	167
2.	Planilla para obtener datos de los buses de estudio	168
3.	Tablas de resultados	169

RESUMEN

El presente estudio pertenece a una línea de investigación, conocida como gestión del transporte, que consiste en el “Análisis de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra”, con la finalidad de evaluar su incidencia en los tiempos de congestión y niveles de consumo de combustible. Por lo tanto, el trabajo de memoria presente se limitó desde la recolección de datos hasta el cálculo del porcentaje de permanencia promedio de los autobuses en cada estado de marcha. El estudio se aplicó a las 22 rutas de autobuses urbanos de Ibarra, tanto para los días entre semana, sábado y domingo; trece de la Cooperativa “28 de Septiembre” y nueve de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”. Se emplearon en total 186 autobuses durante 832 viajes; entre semana, se utilizó cinco por ruta y en algunos casos cuatro, tres y hasta un bus, dependiendo de la ruta; en los fines de semanas se utilizaron dos o uno por ruta. Para la recolección de datos se implementaron 10 dataloggers-GPS GL-770 que permitieron grabar datos cinemáticos de los autobuses segundo a segundo, es decir con una frecuencia de 1 Hz; por lo tanto, para cada hora se obtuvo 3 600 registros respectivamente, logrando un total de 5 513 866 registros válidos durante 1 531 horas y 36 minutos de grabación. El software libre estadístico R conjuntamente con RStudio facilitó la lectura, tratamiento e interpretación de esta base de datos para calcular el porcentaje de permanencia promedio de los autobuses en cada estado de conducción: aceleración, desaceleración, ralentí y velocidad crucero; mediante lo cual se analizó cómo influyen los estados de conducción, velocidades y aceleraciones en los tiempos de viaje, sectores, operadoras, rutas, modelo de buses y edad de los conductores. Los resultados más relevantes que se obtuvieron fueron que los porcentajes de permanencia promedio de la flota de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra fueron de 30,9 % en aceleración; 29,6 % en ralentí; 24,2 % en desaceleración y 15,2 % en velocidad crucero. Los porcentajes de permanencia de los estados de conducción no varían en función de la operadora, del modelo de vehículo, de la edad de los conductores y de la franja horaria; únicamente se presentó mayor incidencia en la ruta y sector de la ciudad. La velocidad promedio general de los autobuses fue de 13,35 km/h y no tuvo mayor variación en función de la operadora, del día, del modelo de vehículo, de la edad de los conductores y de la franja horaria; presentó variación en la ruta y el sector de la ciudad. La aceleración y desaceleración promedio general de la flota de autobuses fue de $0,158 \text{ m/s}^2$ y $-0,158 \text{ m/s}^2$ respectivamente y no existió variación en función de la operadora, del día y de la edad del conductor; tuvo mayor incidencia en base a la ruta, al modelo del vehículo y al sector de la ciudad. Para futuros trabajos en temáticas de cinemática del vehículo, se puede utilizar la base de datos del presente estudio para el desarrollo de los ciclos de conducción del transporte público de la ciudad de Ibarra.

ABSTRACT

The present study represents to a research line, it is known as transport management, which consists in the "Analysis of the kinematic characteristics of the urban bus routes of the Ibarra city", the purpose is to evaluate the incidence in the congestion times and fuel consumption levels. Therefore, the present memory work was limited since the data collection until the calculation of the average percentage of buses remaining on each running state. The study was applied to all routes of two urban bus operators in Ibarra, total 22 routes, both for the weekdays, as well as Saturday and Sunday; thirteen routes for Cooperativa "28 de Septiembre" and nine for Cooperativa "San Miguel de Ibarra". In total 186 buses were used during 832 trips for the study; on weekdays, five buses were used per route and in some cases four, three and even one buses, depending on the route; On weekends, two or one buses per route were used. For data collecting, 10 GPS dataloggers were implemented that allowed obtaining real data of the position, trajectory, speed, time and distance of the urban buses during the way of all routes in the city; these kinematic data were recorded second by second, it means, with a frequency of 1 Hz. Thus, for each hour, 3,600 data were obtained respectively. In total, there were 5,513,666 valid registers during 1 531 hours and 36 minutes of recording. Free statistical software R together with RStudio facilitated the manipulation and interpretation of this database to calculate the average percentage of buses remaining in each driving state: acceleration, deceleration, idle and cruise speed; through which was analyzed how the driving states, speeds and accelerations influence in the travel times, sectors, operators, routes, model of buses and age of the drivers. The most relevant results obtained were that Ibarra's urban bus fleet remains more in the acceleration and idle states with 30.9 and 29.6% respectively; then, the deceleration state appeared with 24.2% permanence and as last, the cruise speed status was maintained with a permanence of 15.2%. The driving conditions, the model of the vehicle, the age of the drivers and the time slot, did not affect the drivers; the only factors that had the greatest influence were the route and the sector of the city. The general speed average of buses was 13,35 km/h, there was not many variation in function of operator, day, model of vehicle, driver age, time zone. It presented a variation with the route and the city sector. The general acceleration and deceleration average of group of buses was $0,158 \text{ m/s}^2$ y $-0,158 \text{ m/s}^2$ respectively and it did not exist a variation in terms of operator, day and driver age; it was more incidences in the route, model of vehicle and the city sector. The present study can be used for future research about vehicle cinematic. The databases presented in this work will help in the study about development of conduction cycles of public transport in Ibarra city.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo analizar las características cinemáticas de las rutas de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra, para poder comparar estos resultados en el tiempo de viaje y consumo de combustible. Las ventajas que se pueden obtener de este trabajo son varias, entre las más importantes tenemos: estimar factores de consumo de combustible, controlar los efectos de emisiones contaminantes, evaluar los estilos de conducción y determinar permanencias de estados de marcha para otros tipos de transporte. El presente estudio se aplica a la zona urbana de la ciudad de Ibarra, teniendo como objeto de estudio los autobuses urbanos de las Cooperativas “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”. Este trabajo está compuesto de cuatro capítulos:

En el primer capítulo se presenta la revisión bibliográfica que abarca la problemática a solucionar y el marco teórico. Dentro de la problemática se tiene los antecedentes investigados sobre el tema, luego se plantea y se formula el problema, se desarrolla la delimitación temporal y espacial, se reflejan los objetivos a cumplir, se justifica el trabajo y finalmente se detalla la metodología que se utiliza para la ejecución del estudio. El marco teórico se encarga de profundizar los fundamentos obtenidos de libros, revistas, artículos, páginas web, entre otros acerca de las operadoras de transporte público de la ciudad de Ibarra, la cinemática del automóvil, ciclos de conducción, funcionamiento y consumo del motor diésel, conducción eficiente, funcionamiento del sistema de posicionamiento global, softwares de análisis estadístico, la normativa general referente al transporte terrestre, tránsito y seguridad vial y un estado de arte.

En el segundo capítulo se desarrolla la propuesta del estudio, en donde se detalla paso a paso la caracterización la flota de autobuses de Ibarra, la caracterización de las rutas, luego se procede a definir las variables y parámetros de estudio, la selección de los equipos GPS para el monitoreo, el desarrollo de pruebas piloto con los equipos GPS, el levantamiento de datos en cada ruta, y finalmente se tiene la elaboración, procesamiento y obtención de resultados. En el tercer capítulo se analiza los resultados de los estados de conducción, velocidades, aceleraciones y desaceleraciones en función de las operadoras, rutas, modelos de buses, sectores, edades de los conductores y franja horaria; y finalmente en el cuarto capítulo se detalla las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio del análisis de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de Ibarra.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. ANTECEDENTES

El aumento del número de vehículos es cada vez más rápido, por ende, sus emisiones crecen y contaminan más al ambiente, por lo tanto, muchos investigadores lo han considerado como la primordial fuente de gran impacto ambiental en todo el mundo. Un ciclo de conducción es de gran importancia para estimar las emisiones contaminantes. “Su propósito es simular la condición de tráfico real para probar las emisiones de escape del vehículo y el consumo de combustible, cubre las principales características de la corriente de tráfico en ciertas regiones y se construye mediante el análisis de datos” (Jing, Wang, Zhang, & Qiu, 2017, pág. 78).

La historia del desarrollo de los ciclos de conducción se remonta desde 1956 en Alemania cuando la VDI (Verein Deutscher Ingenieure) solicitó el bosquejo de las primeras directivas sobre contaminación vehicular; en 1959 Estados Unidos estableció sus primeras regulaciones en California limitando las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados y entre 1964 y 1969 Francia trabajó fuertemente en el tema de regulación legal de emisiones al ambiente; como las condiciones de conducción en las ciudades europeas eran significativamente diferentes a las de las ciudades estadounidenses, en Estados Unidos se adoptó un ciclo diferente basado predominantemente en las condiciones del tráfico en París; en 1999 se desarrolló un ciclo de conducción para la Península de Kowloon y la isla de Hong Kong; en 2007 en este mismo país se validaron tres ciclos para distintas condiciones de tráfico, ya sea urbano, suburbano o en carretera; en 2001 se desarrolló un ciclo de conducción para la ciudad de Edimburgo en Reino Unido mediante la técnica de persecución de automóvil; para el 2005 se realizaron estudios en Kaohsiung, segunda ciudad más grande de Taiwán, para validar ciclos de conducción para motocicletas y en Europa se trabajó en el desarrollo de nuevos ciclos de conducción y en 2008 se validaron ciclos de conducción para 11 ciudades chinas (Sanabria Sandí, 2012, pág. 3). El desarrollo de los ciclos de conducción en todo el mundo ha sido un modelo de gran importancia, cuyas metodologías son diferentes pero el propósito principal es el mismo, contribuir a la reducción de emisiones contaminantes y estimar el consumo de combustible de los automotores. La secuencia velocidad-tiempo del vehículo moviéndose en la ruta se llama patrón de conducción, cuyas características se

constituyen por las variables cinemáticas y según su comportamiento afecta o no gravemente al medio ambiente ya que genera contaminantes (Caballero, 2011, pág. 17). Todo patrón de conducción se ve afectado por distintos parámetros, entre ellos tenemos el tipo de vehículo, los tipos de vías, los horarios y los diferentes modos de conducción. Un ciclo de conducción es un patrón de conducción estandarizado, que se utiliza para obtener una comprensión cuantitativa del consumo de combustible y las emisiones de un vehículo durante la fase de desarrollo o proceso de homologación, o también podría ser utilizado para pruebas de durabilidad del motor y la transmisión (Davari, Jerrelind, & Trigell, 2017, pág. 264).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ciudad de Ibarra, el parque automotor crece de manera rápida; Alberto Buendía en el año 2016, a través de diario El Norte dice que: “Cada año aumenta un 8 % el parque automotor en Ibarra”. Por ende, las emisiones contaminantes afectan mayormente. De igual manera, al contar con mayor número de automotores, el tráfico vehicular se convierte en una situación no deseada por la población. En las últimas décadas, las fuentes móviles han aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape; los principales contaminantes lanzados por los autobuses son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados (HC) y material particulado (PM) (Torres & Valladares, 2013, pág. 2).

Al aumentar el tráfico, los buses de la ciudad de Ibarra experimentan modos de conducción inesperados que afectan con el rendimiento del motor. En las horas pico, los buses se encuentran mayormente detenidos y las características cinemáticas como aceleración, desaceleración, velocidad constante y ralentí se producen de forma inapropiada acorde a las condiciones de la ciudad y del bus (arcos viales, tipo de bus, tipo de vía, modo de conducción y horarios). Por lo tanto, es importante analizar las características cinemáticas presentes en los buses urbanos de la ciudad de Ibarra con la finalidad de contribuir a reducir los problemas en cuanto a contaminación, consumo de combustible, tráfico, modos de conducción, etc. Para ello se debe analizar el modelo de buses, horarios, distancia de recorrido, momentos en los cuales los buses se encuentran acelerados, desacelerados, en cruceo y en ralentí.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo realizar un análisis de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra?

1.4. DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL

La delimitación temporal y espacial permite conocer tanto el período de tiempo como el lugar donde se ejecutará el presente estudio.

1.4.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente trabajo se desarrollará durante el período comprendido entre los meses de septiembre 2017 y julio 2018.

1.4.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El presente estudio se llevará a cabo dentro de la ciudad de Ibarra, ubicada en la provincia de Imbabura.

1.5. OBJETIVOS

Los objetivos son el conjunto de metas y procesos que se van a cumplir en dicho estudio.

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar dataloggers-GPS para el almacenamiento de datos de posición, trayectoria, velocidad y aceleración en los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra.
- Monitorear la flota de autobuses para el levantamiento de las características cinemáticas en todas las rutas de la ciudad de Ibarra.
- Elaborar una base de datos con las características cinemáticas de cada ruta de la ciudad de Ibarra.
- Calcular el porcentaje de permanencia promedio de los autobuses en cada estado de marcha (aceleración, desaceleración, ralentí y velocidad cruce) y su relación con los tiempos de viaje y niveles de consumo de combustible.

1.6. JUSTIFICACIÓN

En el 2014, la Organización Mundial de la Salud por medio del comercio anunció que tan sólo el 12 % de la población mundial que viven en las ciudades respiran aire puro y limpio, mientras que casi la mitad se encuentra en un ambiente de polución de 2,5 veces más que los niveles recomendados por dicho organismo. Según la OMS, Ibarra y Ambato están entre las ciudades más limpias del Ecuador y América Latina conjuntamente con Salvador de Bahía de Brasil; mientras que la más contaminante es Lima, de Perú. Ibarra, pese a ser una de las menos contaminantes, las emisiones vehiculares son responsables de una alta parte de la contaminación del aire debido a que la flota total de vehículos está conformada por autobuses que con mayor frecuencia carecen de tecnología limpia y adecuada. En muchos países a lo largo de la Región, el uso de combustible diésel exacerba esta situación; en algunos casos, este problema se magnifica por las condiciones del clima y la topografía, como la inversión térmica que suele ocurrir en ciudades como la Ciudad de México, Santiago de Chile y Bogotá, Colombia, lo que causa una reducida dispersión de contaminantes y tiende a producir una exposición de grandes poblaciones a una calidad de aire deficiente (OPS & OMS, 2013). Al reducir los niveles de contaminación ambiental, se logra disminuir la morbilidad por efecto de accidentes cerebrovasculares, cánceres crónicos y demás.

Generalmente, la población de Ibarra que vive más cerca de las vías con gran proporción de tráfico, son las que se encuentra mayormente expuestas a la contaminación ambiental producida por los gases emanados de los automotores, debido al alto consumo de

combustible que se produce en ese momento. Según lo anunciado anteriormente, el presente trabajo que corresponde al “análisis de las características cinemáticas de las rutas de los autobuses urbanos de Ibarra” tiene como finalidad contribuir a reducir el consumo de combustible de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra. Por lo tanto, mientras más se reduzca el consumo de combustible, mayormente se reduce las emisiones contaminantes y sucesivamente la contaminación del aire, mejorando de esta manera la salud cardiovascular y respiratoria de las personas del sector, ya sea a corto o largo plazo. De este modo ayuda a cumplir dos de los objetivos del Plan Nacional de desarrollo para toda una vida, el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos y garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.

1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del siguiente estudio se emplea una metodología que consiste en identificar el tipo de investigación que se va a poner en práctica, las cuales se puntualizan a continuación.

1.7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se aplica para el desarrollo del siguiente estudio, es una investigación documental y tecnológica. La investigación documental se enfoca en la recolección de información de documentos que fundamentan teóricamente al análisis de las características cinemáticas de los autobuses urbanos de Ibarra; de manera especial acerca de los estados de conducción, uso de los GPS GL-770 y sobre la programación en el software estadístico RStudio. Entre los documentos más importantes se tiene: artículos científicos, tesis, libros, revistas, manuales y trabajos de pregrado. Este estudio contempla la investigación de campo, ya que se relaciona directamente con la operación de los conductores de los buses urbanos de Ibarra; es decir se les entrega directamente los GPS para el levantamiento de datos durante la jornada de trabajo.

1.7.2. MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio, se utiliza métodos que permiten el uso adecuado de los procedimientos lógicos para lograr un fin; los métodos que se emplean en este estudio son:

- a) **Investigación:** Cantidad total de autobuses que se encuentran en operación, tanto de la Cooperativa “28 de Septiembre” como de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”.
- b) **Cuantificación:** Caracterizar la flota de autobuses urbanos de Ibarra, para saber el número de autobuses por marca, modelo y año de fabricación.
- c) **Método analítico:** Obtener información acerca de tesis, libros, revistas, artículos científicos, etc. Con la finalidad de adquirir una base de conocimientos acerca del estudio planteado.

1.7.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos garantizan la recolección adecuada de la información necesaria para el emprendimiento del estudio, dichas técnicas e instrumentos que se emplean son:

- a) **Encuesta personal:** Hoja de recolección de datos de los buses de estudio que se aplica en el momento de la instalación de los GPS GL-770.
- b) **Seguimientos:** Toma de datos a partir del GPS GL-770.
- c) **Análisis de datos:** Analizar los resultados a partir de la programación en el software estadístico R conjuntamente con RStudio.

1.8. OPERADORAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE LA CIUDAD DE IBARRA

En la ciudad de Ibarra, actualmente, se cuenta con dos operadoras de transporte público, la Cooperativa “28 de Septiembre” y la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”; según MOVIDELNORT ambas suman 287 unidades; las cuales prestan el servicio público diario de los ibarreños, al trasladarse por las 22 rutas que cubren las 5 parroquias urbanas y una rural de la ciudad (Alpachaca, El Sagrario, San Francisco, La Dolorosa del Priorato, Caranqui y San Antonio).

1.8.1. COOPERATIVA DE TRANSPORTE TERRESTRE PÚBLICO DE PASAJEROS EN BUSES “28 DE SEPTIEMBRE”

La Cooperativa “28 de Septiembre” es una institución de larga trayectoria brindando sus servicios desde el año 1967 (Quilumba, 2015, pág. 1)”. Está conformada por la mayor parte de unidades del total de las operadoras del transporte público urbano de Ibarra, cuenta con 160 buses que se trasladan por trece rutas destinadas para el transporte público de la ciudad.



Figura 1.1 Autobús de la Cooperativa “28 de Septiembre”

En la Figura 1.1 se aprecia la apariencia que toman los autobuses de la Cooperativa “28 de Septiembre” y según un estudio realizado por MOVIDELNOR su capacidad total de la flota es de 4 640 personas, es decir que cada bus tiene una capacidad promedio de 29 personas; por lo tanto, es una operadora que satisface de manera adecuada el traslado de las personas.

1.8.2. COOPERATIVA DE TRANSPORTE TERRESTRE PÚBLICO DE PASAJEROS EN BUSES “SAN MIGUEL DE IBARRA”

La Cooperativa “San Miguel de Ibarra” es la más antigua de las operadoras del transporte público urbano, prestando servicio desde 1951. Dicha operadora cubre nueve rutas, a través de las cuales circulan 127 buses destinados al servicio público de la ciudadanía.



Figura 1.2 Autobús de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”

De acuerdo con el estudio realizado por MOVIDELNOR se toma como capacidad promedio la misma de la Cooperativa “28 de Septiembre”, cuyo valor es 29 personas, de acuerdo con esto, la capacidad total de la operadora “San Miguel de Ibarra” abastece 3 683 personas, debido al menor número de unidades de dicha cooperativa. La apariencia de los buses es similar a la otra operadora, así como se muestra en la Figura 1.2.

1.9. CINEMÁTICA DEL VEHÍCULO

La cinemática es una rama de la mecánica que permite estudiar el movimiento que realizan los cuerpos, sin tomar énfasis en las causas, orígenes o propiamente dicho en las fuerzas que ocasionan dicho movimiento. Al tomar en cuenta estas fuerzas, se estaría realizando un estudio más profundo, llamado dinámica.

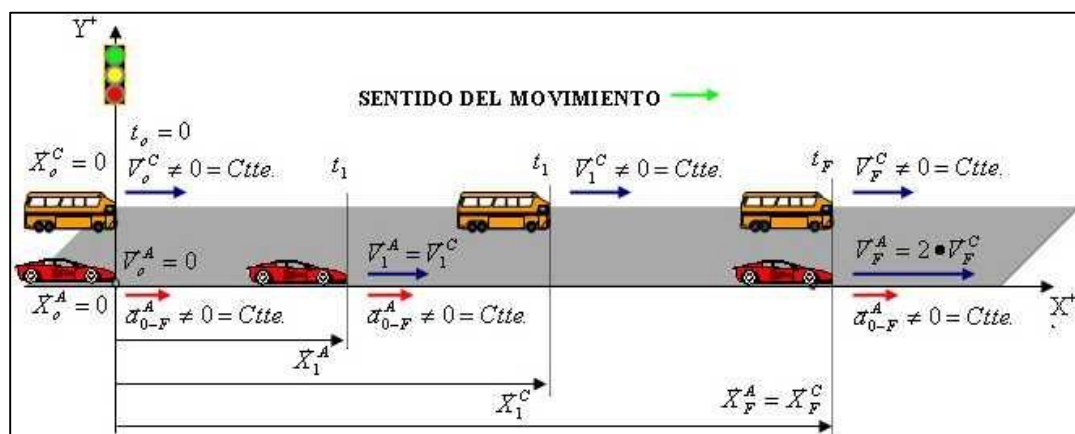


Figura 1.3 Cinemática de un automotor
(Clavijo, 2016)

“La cinemática se utiliza para relacionar el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y el tiempo, sin hacer referencia a la causa que ocasiona el movimiento” (Ferdinand, Russell, & Phillip, 2010, pág. 602). Este concepto se lo entiende de mejor manera en la Figura 1.3 donde la cinemática permite estudiar la velocidad con la cual se trasladan los automotores de un lugar a otro en un determinado tiempo; se llega a conocer los intervalos de tiempo de aceleración y desaceleración; además se obtiene datos exactos de su posición.

1.9.1. MAGNITUDES CINEMÁTICAS

Para facilitar el estudio de la cinemática, existen principalmente tres magnitudes, conocidas como: posición, velocidad y aceleración.

a) Posición (latitud y longitud)

La posición es aquella magnitud que nos permite conocer la ubicación de un punto en el espacio, en un determinado tiempo. Para que dicha ubicación sea más precisa, la posición toma como referencia a dos magnitudes pertenecientes a las coordenadas geográficas; conocidas como la latitud y la longitud.

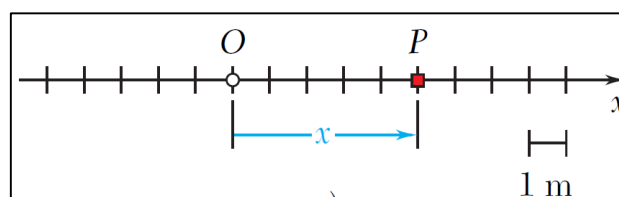


Figura 1.4 Posición de una partícula con respecto a un punto determinado
(Beer, Johnston, & Cornwell, 2010, pág. 603)

Una partícula se encontrará en movimiento rectilíneo, si cuyo movimiento se traslada a lo largo de una línea recta. Por lo tanto, la partícula se encontrará en una cierta posición dentro de la línea recta, con referencia a cualquier instante de tiempo (t). La partícula puede ser un punto, una persona, un animal, un árbol, un vehículo, un autobús, etc. En la Figura 1.4 se tiene el punto P que se encuentra en una línea recta, por lo tanto se dice que la posición X de la partícula P con respecto al origen O es de 5 m.

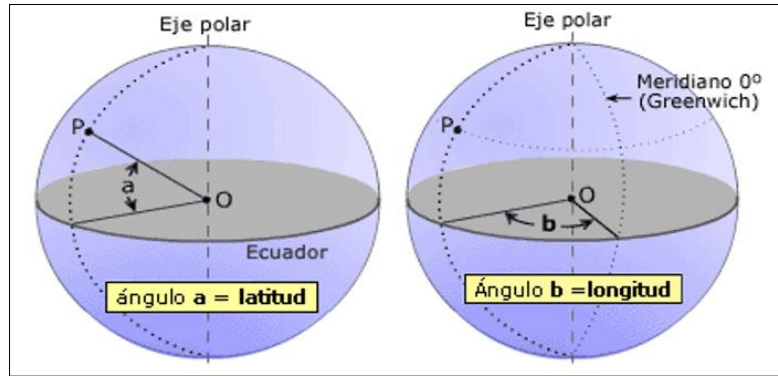


Figura 1.5 Latitud y longitud de un punto determinado
(Ibañez Asencio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2009)

Tomando como base la Figura 1.5 se entiende por latitud al arco meridiano que se encuentra medido desde el Ecuador hasta un determinado punto; mientras que la longitud es el arco medido desde el Meridiano de Greenwich al paralelo que pasa por un punto determinado. Aquellos puntos que se encuentren en el mismo paralelo tienen diferente hemisferio, pero igual latitud; si existen puntos que se hallan en un mismo meridiano, dichos puntos comparten la misma longitud. Por lo tanto, el Ecuador tiene una latitud de cero grados, mientras que a los polos Norte y Sur, les corresponde una latitud de 90° N y 90° S respectivamente y al único meridiano que le corresponde la longitud de 0° , sería al meridiano de Greenwich; mientras que los polos Norte y Sur no gozan de una longitud.

b) Velocidad

Se entiende por velocidad, a la variación que existe de la posición en un intervalo de tiempo. En la parte automotriz, la velocidad representa la distancia que recorre un automotor en un cierto tiempo.

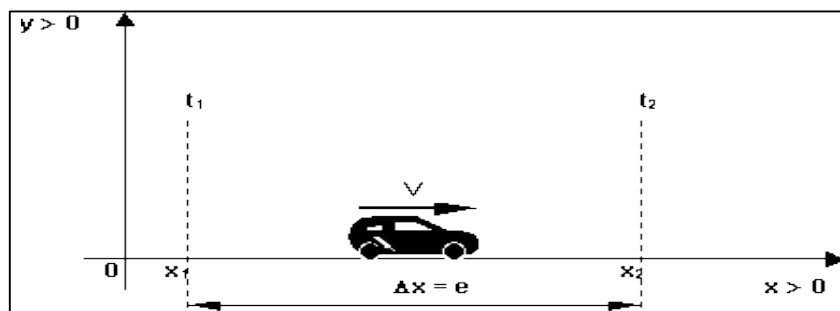


Figura 1.6 Velocidad de un vehículo
(Netto, 2000-2018)

El vehículo que se muestra en la Figura 1.6 tiene velocidad positiva ya que en el movimiento rectilíneo que practican los vehículos automotores, se dice que la velocidad es positiva cuando es mayor a cero; si es menor a cero, la velocidad será negativa. La ecuación para determinar la velocidad se ilustra a continuación:

$$\vec{v} = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} \quad \left[\frac{L}{T} \right] \left[\frac{m}{s} \right] \quad [1.1]$$

Donde:

\vec{v} : Velocidad.

$\vec{\Delta r}$: Variación del vector posición.

Δt : Variación del tiempo.

c) Aceleración

Se entiende por aceleración al cambio de velocidad durante un período de tiempo. Es un vector que se obtiene a partir de la derivada de la velocidad con respecto al tiempo. La aceleración puede ser positiva o negativa.

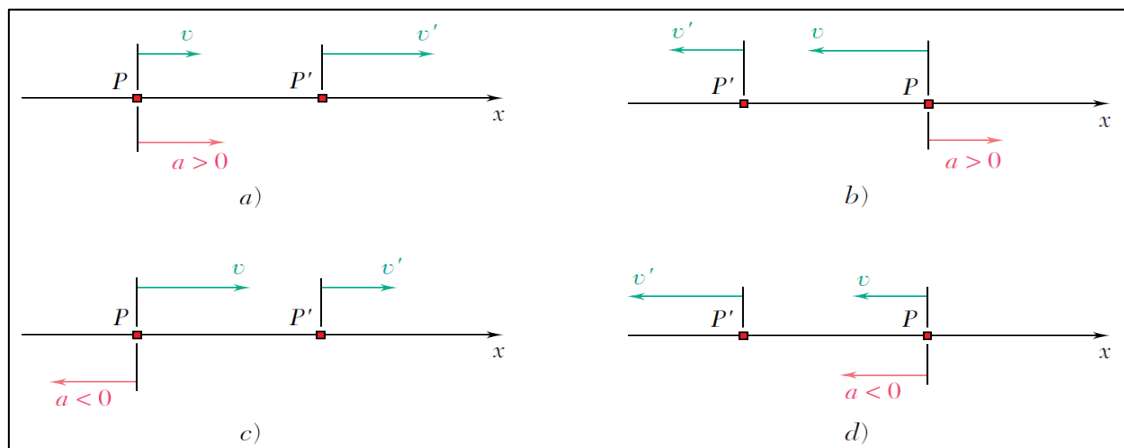


Figura 1.7 Aceleración y desaceleración de un vehículo
(Beer, Johnston, & Cornwell, 2010, pág. 605)

Se tiene aceleración cuando hay variación de velocidad positiva y si la variación de velocidad es negativa existe desaceleración. En los gráficos a y b de la Figura 1.7 existe aceleración; mientras que los gráficos c y d experimentan desaceleración.

La aceleración se determina a través de la siguiente ecuación:

$$\vec{a} = \frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t} \quad \vec{a} = \frac{\overline{dv}}{dt} \quad \left[\frac{L}{T^2} \right] \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad [1.2]$$

Donde:

\vec{a} : Aceleración.

$\overline{\Delta v}$: Variación del vector velocidad.

\overline{dv} : Derivada de la velocidad.

Δt : Variación del tiempo.

dt : Derivada del tiempo.

1.9.2. ESTADOS DE CONDUCCIÓN

Los estados de conducción son aquellos que forman parte de la conducción en carretera de algún tipo de automotor. Existen cuatro modos de conducción: ralentí, velocidad crucero, aceleración y desaceleración. Es de suma importancia determinar los factores de consumo de combustible y las emisiones contaminantes emanadas por los motores de combustión interna en cada uno de los estados de conducción, para comprender mejor el comportamiento real de los vehículos en cada una de las rutas de una región o ciudad.

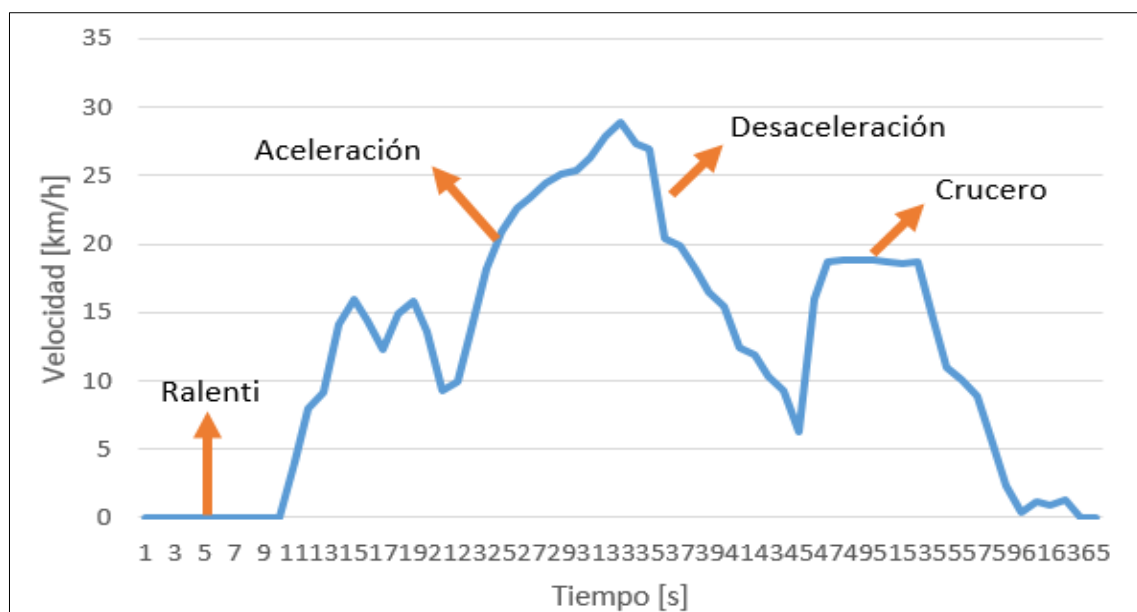


Figura 1.8 Estados de conducción de un vehículo
(Ochoa & Salazar, 2018, pág. 19)

Las curvas de los estados de operación se pueden apreciar en la Figura 1.8 y con respecto al consumo de combustible se dice que “Los modos de conducción transitorios (aceleración y desaceleración) son más contaminantes que los modos de conducción de velocidad constante (cruce y ralentí) en términos de g/km y g/s” (Tong, Hung, & Cheung, 2014, pág. 11).

a) Ralentí

El ralentí es un modo de conducción, en el cual, la velocidad y la aceleración valen cero. En este estado, el bus se halla en el mínimo número de revoluciones; de tal manera que el bus no puede moverse, pero si puede estar en marcha hasta que finalice su combustible. En la fase de ralentí, tanto el consumo como las emisiones son menores que en los otros estados de marcha, ya que el motor necesita poca inyección de combustible para mantenerse a bajas revoluciones. Sin embargo, las emisiones de hidrocarburos son mayores en ralentí que en los demás estados, ya que la evaporación de los HC se produce por el combustible no quemado.

b) Velocidad Crucero

El motor de un bus se encuentra en las mejores condiciones, cuando se halla en el estado de velocidad crucero; puesto que en dicho estado el bus alcanza largas distancias con poco combustible. Se manifiesta que un bus se encuentra en velocidad crucero cuando existe “Cambios de velocidad incremental absolutos menores o iguales a 0,1 m/s durante el intervalo de 1 segundo” (Tong, Hung, & Cheung, 2014, pág. 6). En la fase de velocidad crucero, el consumo de combustible es menor que en la aceleración y desaceleración, ya que en este modo el vehículo permanece a una cierta velocidad durante mayor período de tiempo.

c) Aceleración

El estado de aceleración es el momento en el que un bus aumenta su velocidad en un cierto intervalo de tiempo; dicho cambio es positivo. Durante la conducción en carretera, existen ciclos de conducción; dentro de los cuales se presenta el estado de aceleración si existen “Porciones del ciclo con una razón de cambio de velocidad positiva mayor o igual a 0,1 m/s” (Sanabria Sandí, 2012, pág. 4). Durante la aceleración del vehículo, se necesita mayor parte de combustible, permitiendo de esta manera obtener la energía suficiente que necesita el motor para acelerar. Como consecuencia a este efecto, aumenta el consumo de combustible y por efecto las emisiones contaminantes.

d) Desaceleración

Este estado de conducción se produce cuando un bus disminuye su velocidad en un instante de tiempo, cuya variación es negativa. El modo de conducción en desaceleración existe si hay “cambios de velocidad incremental negativos de más de 0,1 m/s durante el intervalo de 1 segundo” (Tong, Hung, & Cheung, 2014, pág. 6). Durante la desaceleración, el motor no necesita tanta energía como en la aceleración, pero el caudal de combustible fluye sin detenerse al momento de cambiar de un estado de aceleración o velocidad crucero a uno de menor velocidad.

1.9.3. PATRONES DE CONDUCCIÓN

Se conoce como patrón de conducción a la serie velocidad-tiempo de un bus que se traslada en una ruta determinada. “Además, las variables dinámicas tales como aceleración, frenadas, paradas, tiempo en ralentí y en operación constituyen las características del patrón de conducción” (Caballero, 2011, pág. 17). El desarrollo de los patrones de conducción, conjuntamente con sus variables dinámicas y cinemáticas, intervienen en la generación de emisiones contaminantes. “A medida que las características sociales, económicas y geográficas varían dramáticamente en todo el país, la variación en los patrones de conducción en diferentes ciudades podría ser significativa” (Achour & Olabi, 2015, pág. 3).

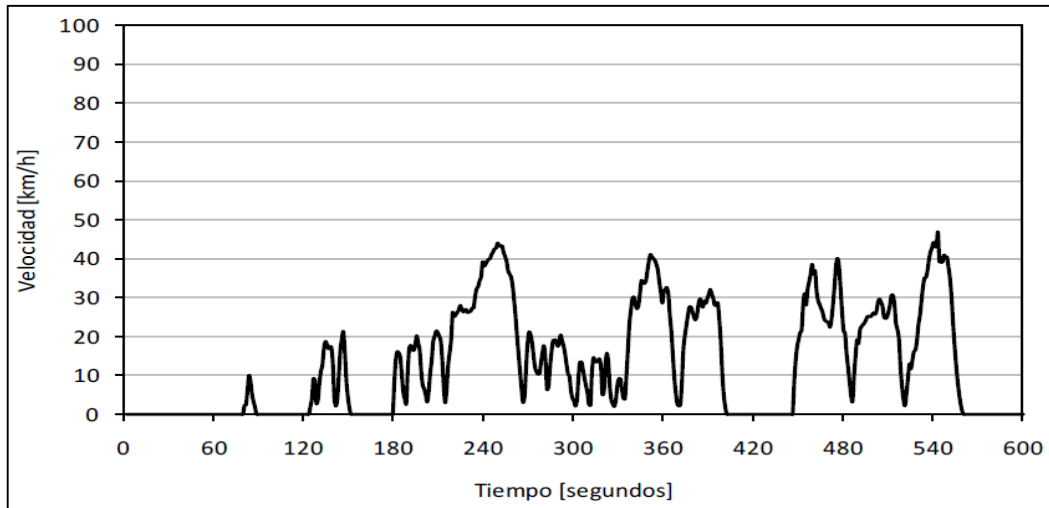


Figura 1.9 Patrón de conducción
(Caballero, 2011, pág. 24)

La representación gráfica de un patrón de conducción se muestra en la Figura 1.9 en la cual se refleja la velocidad vs el tiempo. Se debe tomar en cuenta que cada bus posee su propio patrón de conducción. Por lo tanto, es difícil obtener un factor de emisión real global, ya que se requiere de bastante información de cada bus, para ejecutar su inventario.

Los patrones de conducción están afectados por diferentes aspectos que se deben tomar en cuenta a la hora del análisis de los factores de conducción y emisiones contaminantes. A continuación, se da a conocer cada uno de ellos:

a) Tipo de vía

El tipo de vía es un factor que afecta a los patrones de conducción, debido a su influencia en las emisiones contaminantes y el consumo de combustible. Dentro de las vías se generan congestiones e interrupciones dependiendo de la categoría vial, ya sea de tipo urbano, semiurbano, autovía o autopista, etc. Estas congestiones producen velocidades o aceleraciones insatisfechas que afectan a la contaminación ambiental.



Figura 1.10 Autovía Otavalo - Ibarra
(APNEYS, 2012)

La autovía Otavalo-Ibarra se muestra en la Figura 1.10 y es un tipo de vía perimetral que garantiza velocidades más constantes durante largos períodos de tiempo y evita acelerones y desacelerones bruscos, que tienen una apreciada presencia en la generación de contaminantes.



Figura 1.11 Vías urbanas de Ibarra

En la Figura 1.11 se ilustra las vías urbanas de la ciudad de Ibarra donde existen intersecciones con otras vías, a este punto le llamamos nodo vial; y el segmento conformado por dos nodos se lo conoce como arco vial. Además existen mayor número de semáforos, rompe velocidades, tráfico vehicular y otras interrupciones que ocasionan que los vehículos experimenten modos de conducción inesperados y por ende consuman más combustible.

b) Tipo de vehículo

El tipo de vehículo afecta a los patrones de conducción, ya que, dependiendo de la cilindrada, la potencia, torque, entre otras características del motor; las velocidades sufren variaciones positivas y negativas que contribuyen a la generación de emisiones y a los factores de consumo de combustible.



Figura 1.12 Marcas empleadas en los autobuses de Ibarra

Existen buses de largos años de operación que perjudican la contaminación ambiental mucho más que los buses de tecnologías actuales, en la Figura 1.12 se detalla las marcas más utilizadas en los autobuses de Ibarra.

c) Horario

Los patrones de conducción se ven afectados fuertemente por el horario en que los buses circulan por las vías, debido a que dentro de las ciudades se producen congestiones vehiculares en las horas pico, ocasionando largos períodos de velocidades y aceleraciones menores.



Figura 1.13 Congestión en Ibarra por horas pico

En la ciudad de Ibarra el tráfico es mayor en las horas pico así como se muestra en la Figura 1.13. Por lo tanto, mientras más congestión exista, mayor será el consumo de combustibles y las emisiones contaminantes.

d) Modo de conducción

La manera en cómo se conduce el bus, es un punto interesante para tomar en cuenta dentro de los ciclos de conducción. En la actualidad se cuenta con diferentes tipos de conductores según su manejo, durante el transcurso de un viaje pueden llegar hacer agresivos, normales o pasivos y eficientes o ecológicos. Un conductor agresivo, ejecuta aceleraciones y desaceleraciones bruscas. Se considera un conductor normal aquel que mantienen velocidades y aceleraciones medias que se acercan a un rango general del flujo de una flota de buses en una cierta ruta. Un conductor eficiente o ecológico, garantiza aceleraciones y desaceleraciones no bruscas, que permitan mantener al bus en un régimen constante. Un conductor ecológico tenderá a preservar la inercia del vehículo, disminuyendo las aceleraciones y desaceleraciones bruscas para tratar de mantener al bus en un régimen constante que mejore el rendimiento del motor.

1.9.4. CICLOS DE CONDUCCIÓN

“Un ciclo de conducción corresponde a un perfil de variación de la velocidad de un vehículo automotor como función del tiempo representado mediante una gráfica o tabla” (Sanabria Sandí, 2012, pág. 1). En dicha gráfica velocidad vs tiempo, el tiempo se representa en intervalos de 1 segundo. “Hoy en día los ciclos de conducción tienen gran utilidad en el diseño de automotores, evaluación del consumo energético y análisis de emisiones contaminantes (homologación vehicular)” (Astudillo, 2016, pág. 12).

Tomando en cuenta patrones de conducción durante el transcurso de las rutas urbanas de una ciudad o sector específico. “Esto permite generar un perfil de velocidad contra tiempo convirtiéndolos en una herramienta muy útil para la industria automotriz y las entidades reguladoras de emisiones alrededor del mundo” (Hurtado Gómez, 2014, pág. 9). Un ciclo de conducción se considera como una herramienta útil para describir el comportamiento que toman los conductores en el volante al momento de conducir un autobús en una ruta determinada, ya sea de tipo urbano o interurbano.

El uso de los ciclos de conducción es amplio. Los fabricantes de los vehículos utilizan estos ciclos para innovar el diseño y desarrollar la construcción a períodos de tiempo largos. De igual manera los ingenieros de transporte hacen útil los ciclos de conducción para el control del tráfico real. Existen dos tipos de ciclos de conducción, los legislativos y los no legislativos. Los ciclos de conducción legislativos son de origen gubernamental para desarrollar leyes acerca del control de emisiones automotrices. Los ciclos de conducción no legislativos permiten realizar análisis de consumo de combustibles y emisiones contaminantes en laboratorios de ámbito automotriz.

Los ciclos de conducción varían según la tecnología de un automotor, el tráfico, tipo de vías, las características climáticas, geográficas y topográficas de algún lugar específico. Por lo tanto, los patrones de conducción de cada ciudad son diferentes, ocasionando de este modo que los ciclos de conducción varían de país a país. Al aumentar la demanda del transporte, se genera formas de conducción dinámicas. El tráfico cambia constantemente, ya sea por el aumento de la población o los cambios producidos en el transporte público, ocasionando de este modo variaciones en los ciclos de conducción. “Estos ciclos se obtienen a partir de información que se considera estadísticamente representativa para un área urbana particular” (Zamboni, André, Roveda, & Capobianco, 2015, pág. 2).

“Cada país tiene un ciclo de conducción único que representa las características de los patrones de conducción y la cantidad real de emisiones de los vehículos” (Achour & Olabi, 2015, pág. 19). A partir de este enunciado, se recomienda realizar estudios de manera independiente, de modo que faciliten obtener inventarios globales y confiables acerca de las emisiones contaminantes en un determinado país. Los ciclos teóricos se construyen uniendo fases cinemáticas con parámetros distribuidos, representando un conjunto de secuencias de conducción reales, formadas por un grupo de vehículos con diferentes cinemáticas o por un solo vehículo cuya cinemática evoluciona con el tiempo debido a condiciones de tráfico (Vieira da Rocha, y otros, 2013, pág. 24).

1.10. MOTOR DIÉSEL

“Los motores diésel, al igual que los de explosión, son motores alternativos, endotérmicos de combustión interna, es decir, transforman la energía en el interior del cilindro, reciben su nombre en honor a su inventor, el alemán Rudolf Diesel, que construyó el prototipo en el año 1897” (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suárez, Motores, 2009, pág. 77). Los motores diésel se los conoce como motores de encendido por compresión, cuya mezcla aire-combustible se enciende por compresión debido a la autoinflamación del combustible.

“Los motores de combustión interna aparecieron hace más de 150 años y en los años 70 se produce la crisis petrolera” (Lara, 2017, pág. 6). Lo que ocasionó que varios fabricantes de vehículos desarrollaran experimentos tecnológicos en los motores de combustión interna, haciéndolos de esta manera más eficientes; estos experimentos sirven de base para que se inicie la construcción de motores diésel, época en la cual la mayoría de los países se ven afectados por las altas emisiones contaminantes y los elevados factores de consumo de combustible. Para que el motor diésel contribuya a disminuir la contaminación ambiental, se necesita de un excelente mantenimiento y un combustible de mejor calidad con más alto índice de cetanaje.

1.10.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El motor diésel utiliza el diésel como combustible pesado, cuya mezcla aire-combustible se produce en el interior de la cámara de combustión y esta se inflama al momento de la inyección del combustible sobre los torbellinos de aire de alta temperatura debido a la compresión que sufre cuando el pistón está en carrera ascendente. Al tener presiones elevadas, los elementos del motor deben ser robustos y resistentes, ocasionando de esta manera un número de revoluciones limitado. Los motores diésel son tan eficientes que pueden llegar alcanzar altas revoluciones, hasta 5 000 rpm, si cuyo valor es sobrepasado, el motor se convierte en una máquina inestable. La diferencia que presenta el motor diésel con respecto al de gasolina es en el funcionamiento al momento de la mezcla, en la forma del encendido y en el proceso de combustión.

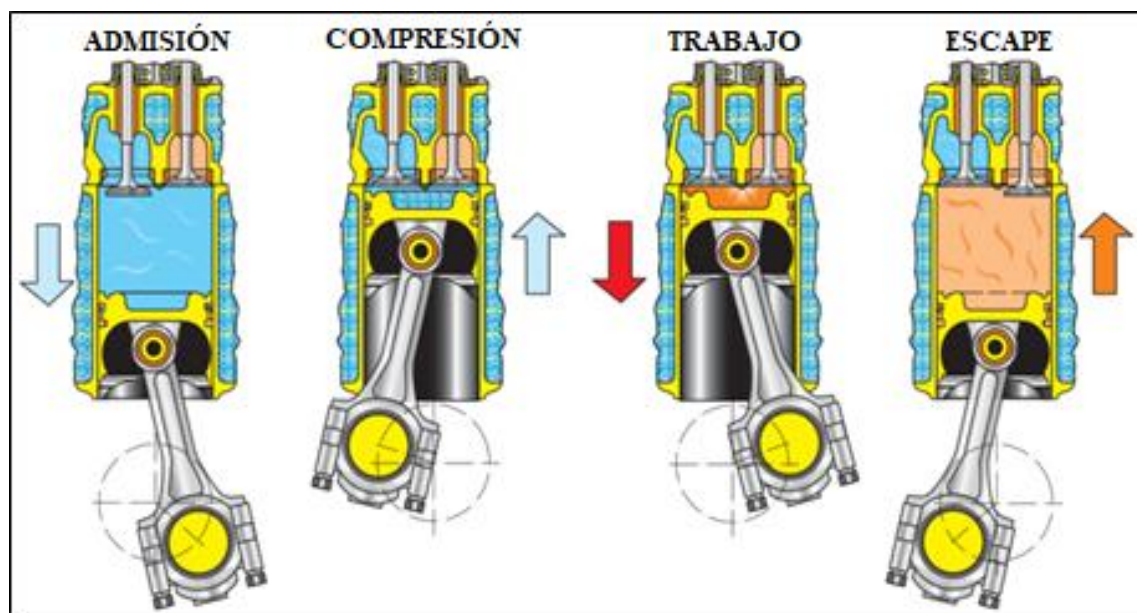


Figura 1.14 Ciclo teórico de funcionamiento de un motor diésel de cuatro tiempos
(Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suárez, Motores, 2009, pág. 79)

El principio de funcionamiento de un motor diésel se aprecia en la Figura 1.14 donde, la diferencia que existe entre éste y un Otto es en la fase de la admisión. En el motor a gasolina la mezcla aire-combustible se produce en la admisión, mientras que en el motor diésel ambos componentes entran por separado.

Durante la compresión, el pistón sube y comprime al aire. “Durante esta fase aumenta notablemente la temperatura del aire hasta alcanzar aproximadamente de 700 a 800 °C; este aumento de temperatura se produce por la elevada presión a la que está sometido el aire” (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suárez, Motores, 2009, pág. 78). Luego de finalizar la fase de expansión, el pistón expulsa los gases quemados y los sustituye con una nueva cantidad de aire para dar lugar a un nuevo ciclo de trabajo.

1.10.2. EL DIÉSEL EN EL ECUADOR

El diésel es un combustible empelado para el funcionamiento de los motores diésel. El diésel o gasóleo es una mezcla de hidrocarburos que contienen de 13 a 25 átomos de carbono, que se saca del petróleo; este hidrocarburo de estado líquido tiene una densidad 832 kg/m³, y está formado principalmente por parafinas, es utilizado también como combustible para calefacciones (Luna & Mier, 2014, págs. 26-27).

“La fórmula química general del gasóleo común es C₁₂H₂₆, variando entre C₁₀H₂₂ a C₁₅H₃₂. C₁₂H₂₆, está compuesto del 75 % de hidrocarburos saturados (principalmente parafinas) y un 25 % hidrocarburos aromáticos” (Kates & Luck, 2003). Las principales propiedades que se abarcan en el diésel son: el cetanaje, la densidad, la volatilidad, el poder calorífico y la viscosidad. Desde hace 4 años, la industria automotriz en el Ecuador se encuentra abastecida del Diésel Premium de un buen cetanaje.

“Desde septiembre del 2015 el Gobierno dispuso que el Diésel Premium utilizado en el sector automotriz posea una mezcla de biodiesel del 5 % y este se incremente hasta tener una concentración del 10 %” (Lima & Gálvez, 2016, pág. 10). Es de gran importancia tener en cuenta que la producción de combustibles en nuestro país no satisface la demanda que se necesita para el consumo dentro del país, como resultado a esto, nace la importación de combustibles de otros países, ocasionando de este modo el aumento de su valor económico, el cual está subsidiado de acuerdo con políticas de comercialización de los hidrocarburos. “En el año 2012, se importó en total 31 millones de barriles de combustible diésel y nafta, lo que representó para el país un costo de \$ 4 366 millones” (Cevallos, 2016, pág. 1).

1.10.3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible se ve influenciado por el tipo y condición de la carretera, el tipo de automotor y el combustible que utiliza, los estilos de conducción de los operadores y del ambiente en el que se haya sumido. “La economía de combustible del autobús está profundamente influenciada por los ciclos de conducción, que varían según las diferentes condiciones de la ruta” (Huang, Xie, Ma, & Sun, 2017, pág. 99). Los autobuses, son el tipo de transporte más importante dentro del sector público en la mayor parte de las ciudades, sin embargo, sus emisiones y consumo de combustible se han convertido en un problema controversial.

“A pesar de las sorprendentes mejoras que se han hecho a estos motores en los últimos años, los gases de escape contienen más de 40 sustancias que son consideradas como tóxicas y unas 15 que son consideradas carcinógenas” (González R. , 2005, pág. 9). Determinar el consumo de combustible, es de gran importancia, ya que es un factor de gran interés, debido a su influencia con la generación de CO₂ y por otra parte los combustibles diésel son derivados del petróleo, permitiendo de este modo que sean abundantes y baratos, ya que el petróleo no es una energía renovable.

La variación en el consumo de combustible causada por la diferencia de estilo de conducción (DS) supera el 10 % y alcanza un máximo del 20 % bajo condiciones de carretera diferentes, incluso para conductores de autobús experimentados; el consumo de combustible en el proceso de aceleración representa el 56,5 % del total de combustible, mientras que el consumo de combustible en el proceso de desaceleración es bajo, menos del 5,7 % del consumo total de combustible (Hongjie, Hui, Denggao, & Shuo, 2015, pág. 211).

Actualmente los consumos de energía alcanzan la cuarta parte a nivel mundial y dentro de 30 años podría llegar a ser el doble. En Ecuador, en el año 2012, el consumo total de combustible del país fue de aproximadamente 57 millones de barriles de petróleo equivalentes (BOE), donde los combustibles más demandados fueron: diésel, gasolina convencional y premium, queroseno y fuel oil. En el mismo año, la demanda del sector de transporte representó alrededor de 77 % del importe total (Rosero, León, Mera, & Rosero, 2017, pág. 10). En el Ecuador según el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, el transporte público es el mayor causante del consumo de combustible, cuya demanda es del 80 %.

1.10.4. CONDUCCIÓN EFICIENTE

“La conducción eficiente es un nuevo estilo de conducción, que contribuye a reducir el consumo de combustible, las emisiones al medio ambiente y que, además, mejora la seguridad en la conducción” (Treatise, 2005, pág. 1). Una conducción ecológica se la consigue de diferentes maneras, una de ellas es minimizar las paradas de los buses en las rutas urbanas para reducir el tráfico y desacelerar con suavidad. Una conducción eficiente permite reducir el consumo de combustible, las emisiones contaminantes y por ende el costo de mantenimiento del automotor.

a) Consejos para una conducción eficiente

Se debe arrancar el motor sin presionar el pedal de aceleración. En los motores diésel, se debe tomar unos segundos antes de que se inicie la marcha. Hacer uso de la primera marcha justamente a la hora de arrancar el motor y circular a bajas revoluciones en las marchas largas. En los motores diésel se debe realizar el cambio de marcha entre 2 000 y 2 500 rpm. Durante la conducción evitar los frenazos bruscos y las aceleraciones innecesarias, manteniendo de este modo una velocidad de circulación lo más uniforme posible.

Al bajar una pendiente, se debe aprovechar la inercia del automotor levantando un poco el pie del acelerador. Al subir una pendiente, se debe realizarlo con la marcha más larga y cuyos cambios de velocidades, deben producirse a rpm más altas. Las paradas deben ser prolongadas, a más de 60 segundos.

En cuanto a la temperatura, para reducir el consumo de combustible procurar mantener el aire acondicionado entre 23 y 24 °C. Al conducir con las ventanas abiertas a 100 km/h, garantiza un 5% de aumento de combustible. Entre otros consejos, los neumáticos a baja presión y la inadecuada distribución de la carga aumentan el consumo de combustible.

b) Ventajas de la conducción eficiente

Al practicar una conducción más ecológica, permite mejorar el confort a la hora de trasladarse de un lugar a otro, aumentando la tranquilidad y reduciendo el estrés que tiene todo conductor a la hora del tráfico ocasionado en las ciudades.

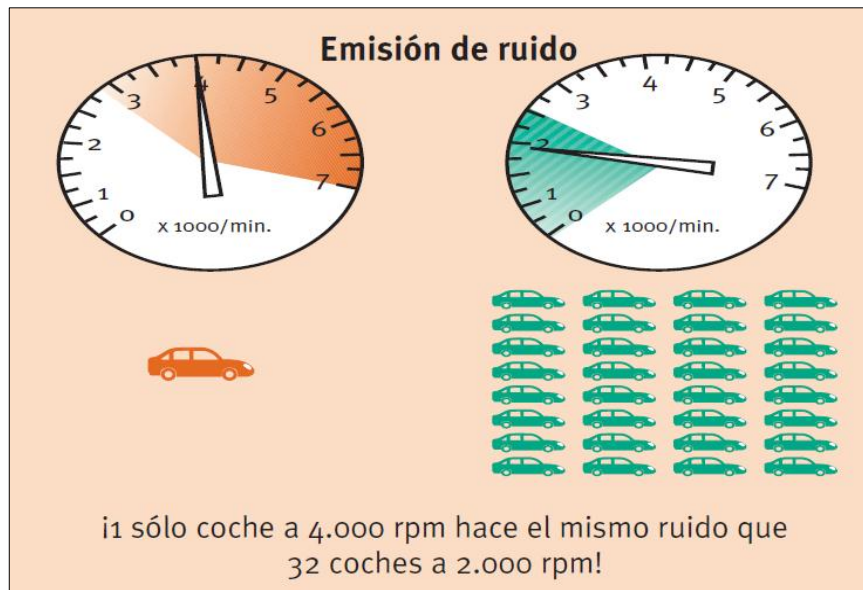


Figura 1.15 Emisión del ruido
(IDAE, 2006, pág. 7)

Al igual que la contaminación provocada por las emisiones, es de suma importancia analizar y reducir la contaminación causada por los ruidos, así como se muestra en la Figura 1.15 donde un solo coche a 4 000 rpm hace el mismo ruido que 32 coches a 2 000 rpm. Se dice que, a menor ruido, se puede obtener mayor concentración a la hora de la operación vehicular.

La seguridad a la hora de conducir es otra ventaja de una conducción eficiente; permite reducir los accidentes de tránsito y mejorar la calidad de vida de las personas. Al practicar una conducción ecológica, se reduce los costos del combustible (entre un 10 y 25 %) y del mantenimiento del automotor, evitando el aumento de las emisiones contaminantes que perjudican al medio ambiente y por ende a la salud de las personas.

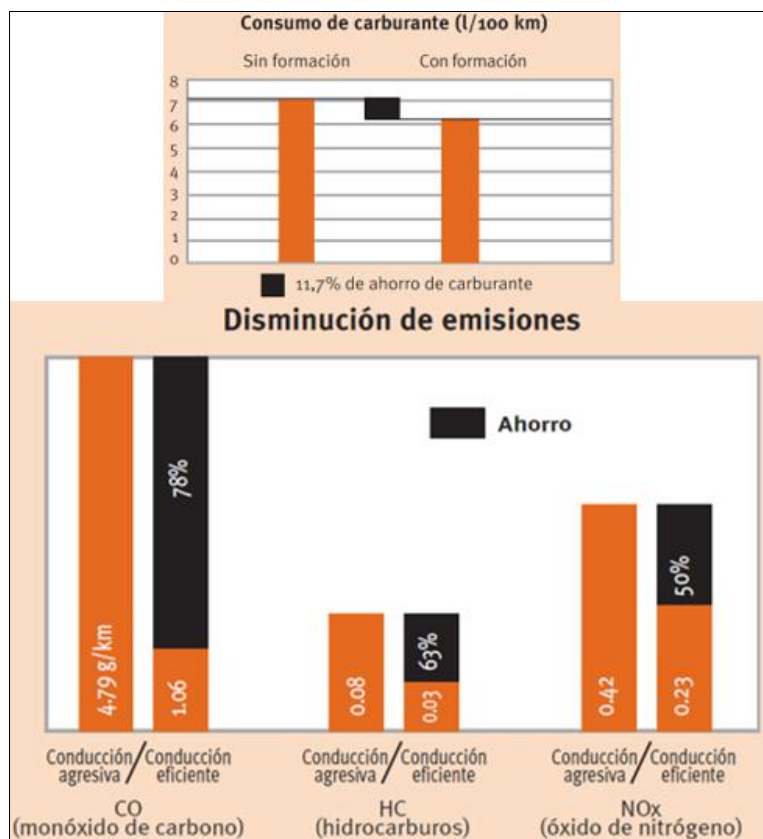


Figura 1.16 Reducción de emisiones y consumo de combustible (IDAE, 2006)

Se observa en la Figura 1.16 datos estadísticos sobre la contaminación ambiental con una conducción agresiva y una eficiente. En una conducción eficiente, las emisiones de CO, HC y NOx disminuyen en un 78, 63 y 50 % respectivamente.

1.11. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

“El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) tiene su origen en el antiguo sistema de posicionamiento espacial de la Marina de los Estados Unidos denominado “TRANSIT”. El objetivo de dicho sistema era posicionar tanto submarinos con misiles balísticos como embarcaciones militares” (Fallas, 2002, pág. 1). En 1973 este sistema fue puesto en funcionamiento, mediante los satélites de las constelaciones NAVSTAR, y su creador fue el departamento de Defensa de los Estados Unidos, el cual se encargó de lanzar el primer satélite en 1978. Antes del GPS, el posicionamiento preciso se realizaba a menudo utilizando sistemas de guía inercial o satélites de baja altitud, los primeros satélites de navegación se desarrollaron a finales de 1950, y fueron utilizados para navegar aviones y barcos. En 1958,

la Marina de los Estados Unidos creó un sistema de navegación por satélite llamado TRANSIT cuyo objetivo era actualizar los sistemas de navegación inercial utilizados por los submarinos nucleares; algunos son competidores del GPS y otros aumentan su rendimiento; algunas de las constelaciones de satélites que están actualmente en uso para el posicionamiento por satélite o en desarrollo son: COMPASS de la China, GALILEO de la Unión Europea, GLONASS de Rusia, GPS de los EE. UU, IRNSS de la India y QZSS de Japón (Oxley, 2017, págs. 2-3).

1.11.1. FUNCIONAMIENTO

El dispositivo GPS es un sistema de posicionamiento basado en una red de 24 satélites operativos (más 3 de respaldo) en órbita a 20 200 km sobre el globo terráqueo, que orbitan alrededor de la tierra permitiendo conocer la posición del vehículo que transporta al GPS indicando sus coordenadas geográficas (Caballero, 2011, pág. 44). El GPS utiliza un receptor que localiza de manera automática mínimo 3 satélites para recibir señales que, mediante triangulación, los tres satélites determinan la posición en la que se haya el GPS. “La triangulación en el caso del GPS se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición” (Giménez & Ros, 2010, pág. 2). Una vez conocido las distancias y las coordenadas se determinan sin complicación la posición absoluta real del punto de medición en coordenadas tridimensionales (latitud, longitud y altitud). Para que el receptor reciba las señales de manera correcta, debe tener visión clara con un satélite; por lo tanto, su funcionamiento no puede ser el óptimo debajo de un puente, o edificios ya que las ondas de radio no atraviesan estas estructuras, de igual manera existe obstrucción en el suelo, en un árbol, en el agua, entre otros.

1.11.2. APLICACIONES

Las aplicaciones del sistema tienen grandes beneficios principalmente en el área civil, automotriz, militar, marítima y topográfica. Puede ser utilizado en cualquier lugar, momento y condición climática del planeta Tierra. Dentro del área automotriz las coordenadas geográficas, se refiere al tiempo, velocidad y posición en la que se encuentra el vehículo,

cuyos datos se registran en una frecuencia de tiempo; por lo general de 1 a 5 Hz. La implementación de una memoria en el GPS facilita el registro de los patrones de conducción y cuyos datos pueden ser importados en diferentes formatos para analizarlos por medio de programas de ingeniería y geodesia.

“Un receptor GPS utilizado en un vehículo no es adecuado para algunos entornos, como áreas de estacionamiento bajo techo y túneles, en estos entornos, el receptor no tiene líneas de visión con los satélites, se supera dichos problemas, usando redes de área local inalámbricas (WLAN)” (Oxley, 2017, pág. 2).



Figura 1.17 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
(Taringa, 2015)

Con el avance de la tecnología los dispositivos GPS se han ido implementándose en mayores cantidades para diversas áreas así como se ilustra en la Figura 1.17 y en cuanto a su peso, tamaño y costo se ha reducido.

1.11.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GLONASS)

La antigua Unión Soviética inició, a principios de los años 80, el desarrollo de un sistema de navegación por satélites llamados GLONASS. En el año 1993, oficialmente el Gobierno Ruso colocó el programa GLONASS en manos de Fuerzas Espaciales Militares Rusas (RSF); este organismo es el responsable del desarrollo de satélites GLONASS, de su mantenimiento y puesta en órbita (Peñafiel & Zayas, 2001, pág. 11).

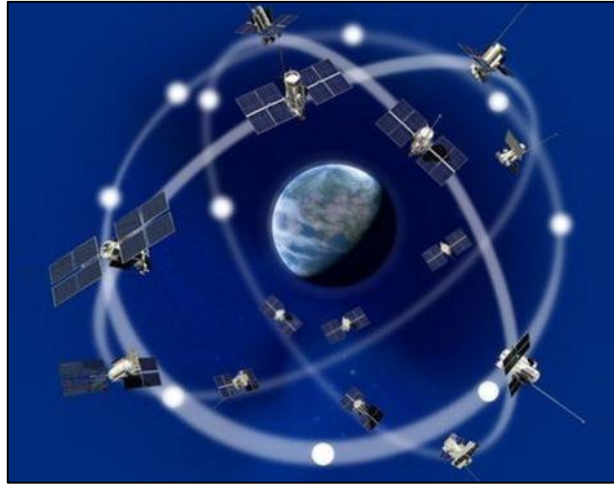


Figura 1.18 Sistema global de navegación por satélite (GLONAS)
(Mundo, 2017)

En la Figura 1.18 se muestra un sistema GLONASS, “Cuenta con un conjunto de 31 satélites en órbita, colocados a unos 19 000 km de altitud y que se comenzaron a poner en órbita en el año 1982” (Taringa, 2015). La idea de las empresas de navegación es la de combinar el sistema GPS con el sistema GLONASS; una de las ventajas sería la navegación aérea comercial, ya que utilizaría el doble de satélites en dos sistemas diferentes de manera individual. Se reduciría el riesgo de accidentes, aumentando la seguridad del viaje aéreo. Por lo tanto, hasta el momento los receptores de GPS/GLONASS construidos son especialmente para uso de navegación.

En el posicionamiento basado en satélites, la precisión y la fiabilidad de los resultados de posicionamiento dependen en gran medida del número y la geometría de los satélites visibles, y de la calidad de las observaciones; este problema es más importante cuando las mediciones se realizan en entornos donde las señales satelitales se bloquean o degradan en algunos lugares, como canales estrechos, barrancos, puertos congestionados, zonas costeras con una intensa urbanización, vías navegables interiores, en aguas con obstrucciones de terreno severas rodeadas de altas montañas. Para superar esta limitación, se propone una combinación de mediciones de GPS y GLONASS, especialmente para lograr soluciones más confiables y precisas al aumentar el número de satélites visibles (Metin, Saka, Ozulu, & İlçi, 2017, pág. 36).

1.12. SOFTWARE PARA PROCESAMIENTO DE DATOS

Un software es un conjunto de programas que resulta de la unión entre el hardware y el hombre; ejecutando procesos de comunicación entre ambos. Existen dos tipos de software; de sistema y de aplicación. El software de sistema se refiere al sistema operativo, el cual permite el control y la interacción de un equipo o máquina; por ejemplo: Windows, Mac, Android, IOS, etc. El software de aplicación es aquel que se ejecuta en un equipo o máquina para la realización de trabajos específicos; por ejemplo: softwares de diseño, programación, simulación, base de datos, edición de videos y escritura; en fin, existen un sin número de softwares de este tipo. En la Tabla 1.1 se ilustran los softwares estadísticos más importantes con sus principales características.

Tabla 1.1 Softwares estadísticos para el procesamiento de base de datos

SOFTWARE	VENTAJAS	DESVENTAJAS	LIBRE/PRIVADO	USOS
Excel	Fácil, visual y flexible	Grandes conjuntos de datos	Privado	Negocio
Matlab	Elegante soporte de matriz, visualización	Costoso, soporte de estadísticas incompletas	Privado	Ingeniería
Stata	Fácil análisis estadístico		Privado	Ciencias
SPSS	Como Stata, pero más caro y peor		Privado	Ciencias
R	Soporte de biblioteca, visualización	Curva de aprendizaje difícil	Libre	Estadística financiera

Fuente: (Jetee, 2009)

a) Software Excel

Excel es un software de aplicación desarrollado por Microsoft Office que contiene hojas de cálculo para la entrada, almacenamiento e interpretación de base de datos. Cada hoja de cálculo está conformada por columnas y filas; la intersección de ellas resulta una celda, lugar en el cual se aplica una operación básica o algún tipo de función matemática para el procesamiento de datos. El almacenamiento en memoria, para sistemas operativos de 32 bits se encuentra limitado a 2 GB; mientras que para entornos de 64 bits no existen limitaciones. El formato de salida de los documentos en Excel es (.xlsx).

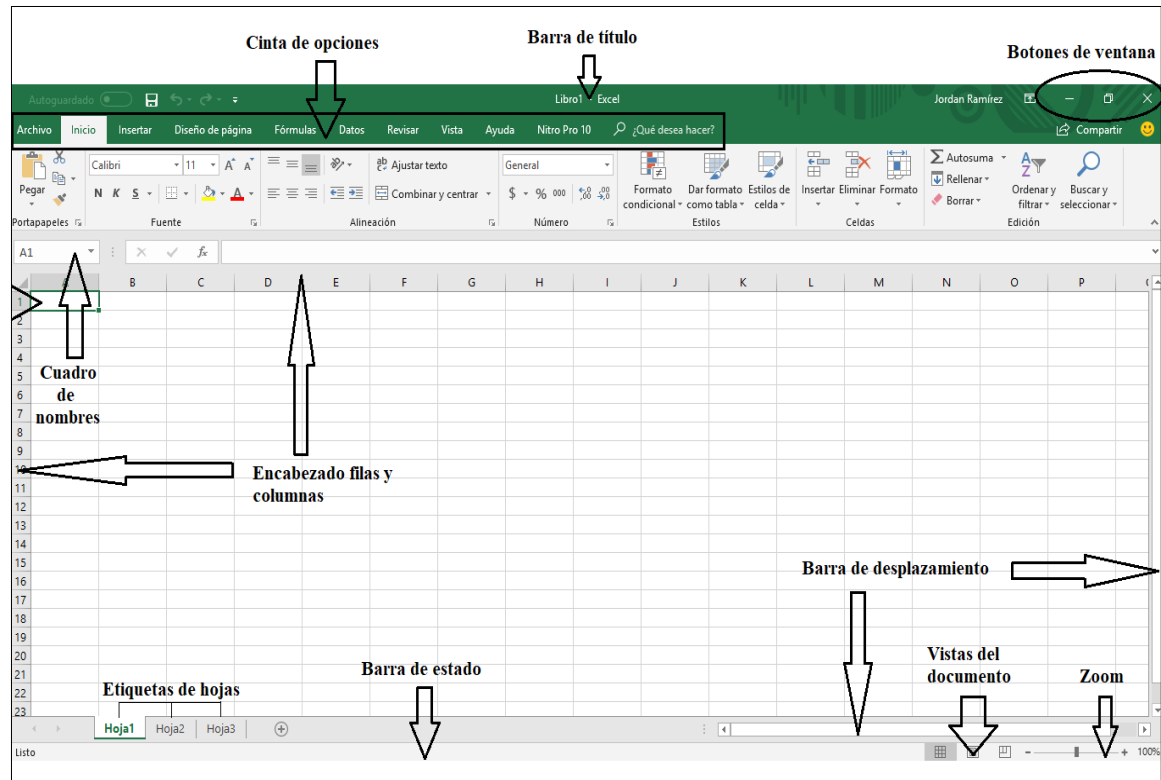


Figura 1.19 Entorno del software estadístico Excel

El entorno de Excel se puede apreciar en la Figura 1.19, donde se observa las diferentes partes que permiten manipular el software de mejor manera. En el Excel 2013 y 2016 las hojas de cálculo están conformadas por 16 384 columnas y 1 048 576 filas.

b) Software Matlab

Es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio. Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, representación de datos y funciones, implementación de algoritmos, creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con otros programas de lenguajes y con otros dispositivos hardware (Palomo Ferrer, 2012, pág. 2). Matlab es un programa de tipo Big Data, es decir garantiza trabajar con grandes cantidades de datos.

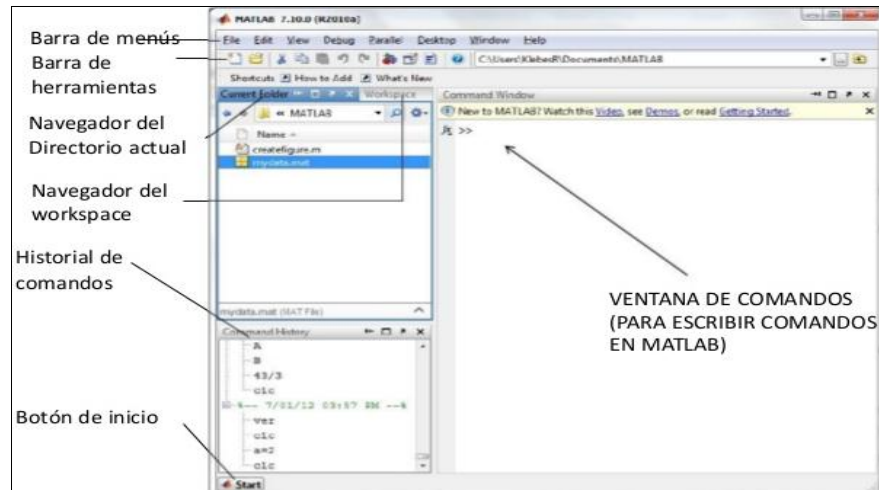


Figura 1.20 Entorno del software estadístico Matlab
(Castellanos, 2015)

En la Figura 1.20 se muestra el entorno con las partes del software Matlab, en el cual se haya una ventana de comandos donde se realiza la programación.

c) Software Stata

Es un software no libre, utilizado para el análisis y simulación de grandes cantidades de datos; empleado en instituciones de tipo académico y empresarial que se dedican a la investigación, de manera principal en las ramas de economía, sociología, medicina, política entre otras.

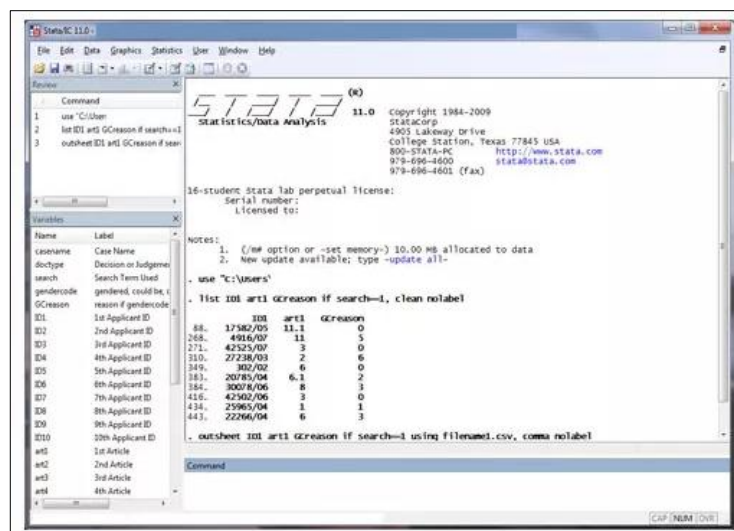


Figura 1.21 Entorno del software estadístico Stata
(STATA, 2018)

La apariencia o entorno que toma el software estadístico Stata se aprecia en la Figura 1.21, donde al igual que los demás softwares posee una serie de herramientas y ventanas que garantiza el correcto funcionamiento del software.

d) Software SPSS

El SPSS es un software estadístico para las ciencias sociales que permite procesar y analizar de manera descriptiva una base de datos; además representa los datos mediante gráficos; y al igual que el Matlab tiene su lenguaje de programación propio.

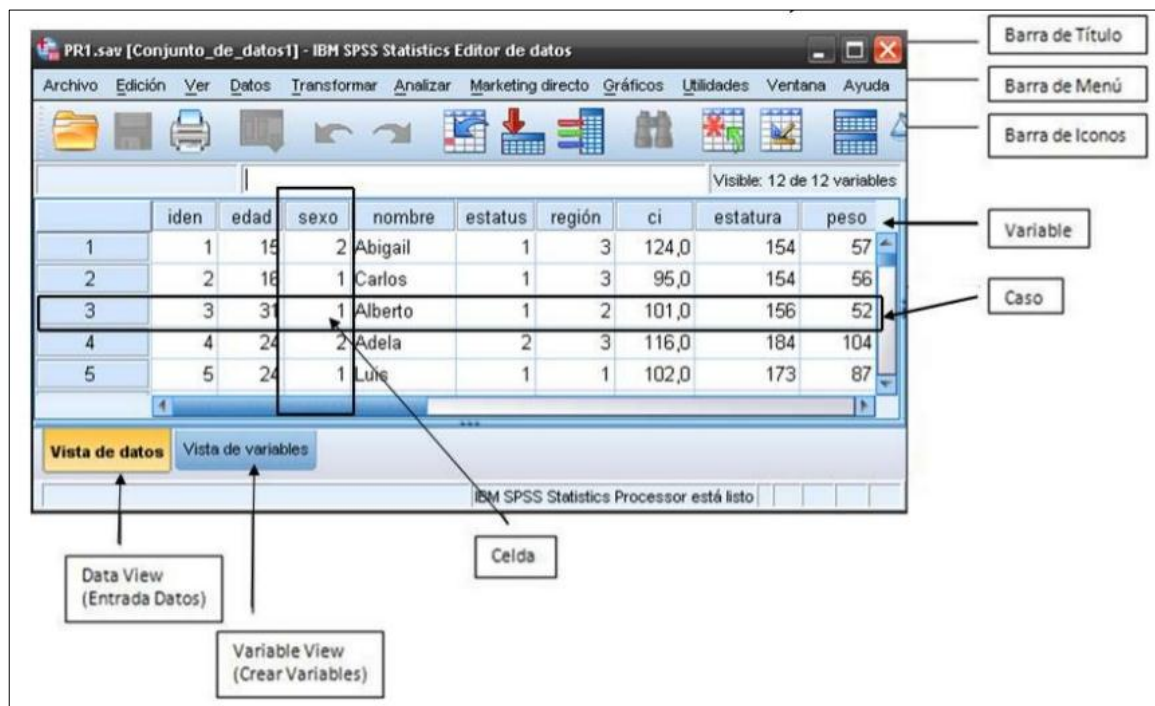


Figura 1.22 Entorno del software estadístico SPSS
(Sucari, 2012)

El entorno de SPSS es similar al del Excel ya que se compone de celdas, para facilitar la interpretación de datos, así como se muestra en la Figura 1.22.

e) Software R

“R es un lenguaje y entorno de programación, creado en 1993 por Ross Ihaka y Robert Gentleman del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland, cuya característica principal es que forma un entorno de análisis estadístico para la manipulación de datos, su cálculo y la creación de gráficos” (Pérez & Colebrook, 2014). Ofrece un programa completo de programación propio que se encuentra bien desarrollado, en el cual se añade nuevas técnicas estadísticas mediante la ejecución de funciones, dispone de almacenamiento de grandes cantidades de datos (Big Data), y ofrece operadores y herramientas para el cálculo en matrices o variables indexadas (arrays); presenta una amplia colección de gráficos para la interpretación de resultados. Su funcionamiento es similar a Matlab, cuya descarga es gratis y su instalación sencilla.

Como entorno de programación básicamente se trata de una consola (ventana de trabajo) sobre la que se van introduciendo scripts (instrucciones más o menos complejas) que se ejecutan sobre los datos previamente cargados (conjuntos o ventanas de datos); en la consola de R se pueden iniciar distintas sesiones de trabajo (denominadas áreas de trabajo), que podemos grabar para retomar con posterioridad en el punto que lo dejamos, y sobre las que se van cargando y guardando no sólo los scripts que requerimos a R, sino todas aquellos paquetes de datos que previamente hemos cargado o leído, por lo que se convierte en un entorno de trabajo muy funcional y práctico (Follos, 2012, pág. 6).

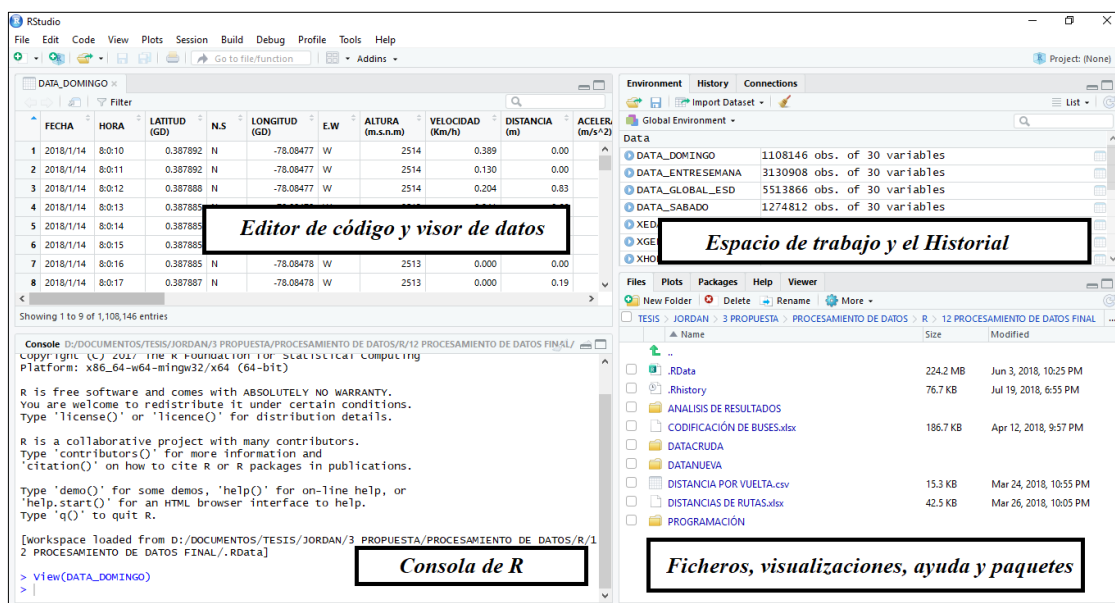


Figura 1.23 Entorno del software estadístico RStudio

R es un software que trabaja conjuntamente con RStudio, para facilitar la comunicación entre el programa y el usuario, su entorno se observa en la Figura 1.23 donde se tiene una consola en la cual se emplea operadores, funciones, variables, vectores, etc. En la Tabla 1.2 se resume los operadores básicos que mayormente se emplean en R.

Tabla 1.2 Operadores aritméticos y lógicos empleados en R

OPERADORES		SIGNIFICADO
Aritméticos	%%	Resto de una división
	%/%	Cociente entero de la división
	*	Multiplicación
	+	Suma
	-	Resta
	^	Elevar a una potencia
	/	División
Lógicos	<	Menor que
	<=	Menor o igual que
	>	Mayor que
	>=	Mayor o igual que
	==	Igual
	!=	Distinto

Fuente: (Pérez & Colebrook, 2014)

1.13. NORMATIVA DE TRANSPORTE PÚBLICO

La Normativa de Transporte Público es el conjunto de leyes, reglamentos, normas, etc. Con la finalidad de establecer reglas para el cumplimiento adecuado del transporte público; entre las más importantes se tiene:

1.13.1. LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL

La Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV), presenta a continuación los artículos más importantes sobre el transporte público:

- a) Art. 71.- Las especificaciones técnicas y operacionales de cada uno de los tipos de transporte terrestre, serán aprobadas por la Comisión Nacional del Transporte

Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y constarán en los reglamentos correspondientes (LOTTTSV, 2012, pág. 21).

- b) Art. 86.- Los medios de transporte empleados en cualquier servicio definido en esta Ley, deberán contar obligatoriamente con el certificado de homologación conferido por la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, como requisito obligatorio previo al ingreso al país y su comercialización, de acuerdo al reglamento específico, el mismo que deberá prever las acciones de control y sanción sobre quienes no acaten la presente disposición (LOTTTSV, 2012, pág. 27).
- c) Art. 209.- Toda vía a ser construida, rehabilitada o mantenida deberá contar en los proyectos con un estudio técnico de seguridad y señalización vial, previamente al inicio de las obras (LOTTTSV, 2012, pág. 50).
- d) Art. 211.- Todos los automotores que circulen dentro del territorio ecuatoriano deberán estar provistos de partes, componentes y equipos que aseguren que no rebasen los límites máximos permisibles de emisión de gases y ruidos contaminantes establecidos en el Reglamento (LOTTTSV, 2012, pág. 50).

1.13.2. REGLAMENTO GENERAL DE APLICACIÓN A LA LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL

Es un reglamento que forma parte y trabaja conjuntamente con la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial con el fin de cumplir varios artículos; entre los más importantes se tiene:

- a) Art. 115.- En una misma ruta (línea de servicio) o variante se podrá autorizar a más de una operadora para la prestación del servicio de conformidad con los parámetros técnicos establecidos y precautelando la seguridad vial y de los pasajeros (Reglamento-General-de-LOTTTSV, 2012, pág. 27).
- b) Art. 116.- La operadora podrá solicitar la modificación de la ruta, parte de la ruta y/o frecuencias en estos tramos. La forma y condiciones en que se materialicen estas modificaciones serán establecidas, posterior a un análisis técnico, mediante resolución, por la Agencia Nacional de Tránsito, sus Unidades Administrativas o por

los GADs, en el ámbito de sus competencias, y requieren la suscripción de un título habilitante adicional (Reglamento-General-de-LOTTTSV, 2012, pág. 27).

- c) Art. 190.- Las Unidades Administrativas y los GADs, en sus correspondientes jurisdicciones territoriales, determinarán los límites máximos de velocidad en las diferentes vías del país, pero de manera general se sujetarán a los límites establecidos en el presente capítulo (Reglamento-General-de-LOTTTSV, 2012, pág. 40).
- d) Art. 191.- Los límites máximos y rangos moderados de velocidad vehicular permitidos para vehículos de transporte público de pasajeros en las vías públicas, son los siguientes: Urbano (Límite máximo: 40 km/h; Rango moderado: > 40 km/h - < 50 km/h; Fuera del Rango moderado: > 50 km/h); Perimetral (Límite máximo: 70 km/h; Rango moderado: > 70 km/h - < 100 km/h; Fuera del Rango moderado: > 100 km/h); Rectas en carretera (Límite máximo: 90 km/h; Rango moderado: > 90 km/h - < 115 km/h; Fuera del Rango moderado: > 115 km/h); Curvas en carretera (Límite máximo: 50 km/h; Rango moderado: > 50 km/h - < 65 km/h; Fuera del Rango moderado: > 65 km/h) (Reglamento-General-de-LOTTTSV, 2012, pág. 40).

1.14. ESTADO DEL ARTE

Para facilitar el desarrollo y emprendimiento del presente estudio se recurre a la información del análisis de resultados de trabajos referentes a las características cinemáticas de automotores y su incidencia en los tiempos de viaje, niveles de consumo de combustible, y contaminación ambiental con la finalidad de precisar y aclarar las dudas relacionadas con el presente estudio.

En el primer trabajo citado referente al análisis del consumo de combustible en autobuses urbanos por efecto de las intersecciones semaforizadas en la ciudad de Ibarra señala que en la ruta Católica - Alpachaca, los autobuses urbanos de Ibarra permanecen mayormente en el estado de ralentí con un 36,2 % debido a la presencia excesiva de semáforos, rompe velocidades y paradas, lo cual ocasiona un consumo de combustible innecesario, los estados de aceleración y desaceleración poseen un porcentaje de permanencia de 27,3 % y 22,8 % respectivamente y en cuanto al estado de velocidad crucero es el menor con una permanencia de 13,7 % (Rosero, León, Mera, & Rosero, 2017, págs. 1-22).

En otro trabajo de este tipo, se ha realizado un estudio en la ciudad de Cuenca, provincia de Azuay, que consiste en obtener ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca; este estudio lo aplicaron a 3 rutas, en 20 buses urbanos de Cuenca, obteniendo los datos de 219 viajes. De los cuales los coeficientes de variación de la mayoría de los parámetros resumen en las tres rutas que el análisis está por debajo del 15 % indicando la poca variabilidad existente entre los registros de las curvas experimentales de cada trayecto a excepción de los parámetros del tiempo en ralentí y número de paradas los cuales son cercanas al 20 % o sobrepasan este valor (28,55% en el registro máximo) (Astudillo, 2016, págs. 1-156).

El estilo de conducción es otro factor que influye en el consumo de combustible, según el trabajo realizado por (Hongjie, Hui, Denggao, & Shuo, 2015, págs. 205-216) indica que la variación en el consumo de combustible causada por la diferencia de estilo de conducción (DS) supera el 10 % y alcanza un máximo del 20 % bajo condiciones de carretera diferentes, incluso para conductores de autobús experimentados; por lo tanto las características del DS en el proceso de aceleración de los vehículos son decisivas para el consumo de combustible en diferentes condiciones.

Un último trabajo realiza un estudio para las ciudades latinoamericanas sobre la influencia de los patrones de conducción en emisiones vehiculares; el cual da a conocer que el 50 % de la red de carreteras de las ciudades de latinoamérica se mantiene inadecuadamente además se conoce que las emisiones de los vehículos dependen de las condiciones de conducción, ya que éstas tienen una influencia directa sobre la carga del motor; las emisiones de contaminación instantánea varían en función del tamaño y el peso del vehículo, la tecnología de control de emisiones y motores, las condiciones del camino y la pendiente, la velocidad, la aceleración y las condiciones ambientales tales como la temperatura y la presión atmosférica (Rodríguez, Virguez, Rodríguez, & Behrentz, 2016, págs. 192-206).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE ESTUDIO

El siguiente trabajo consta de analizar las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra; para lo cual se empleó un flujograma que ilustra el proceso del desarrollo de la propuesta.

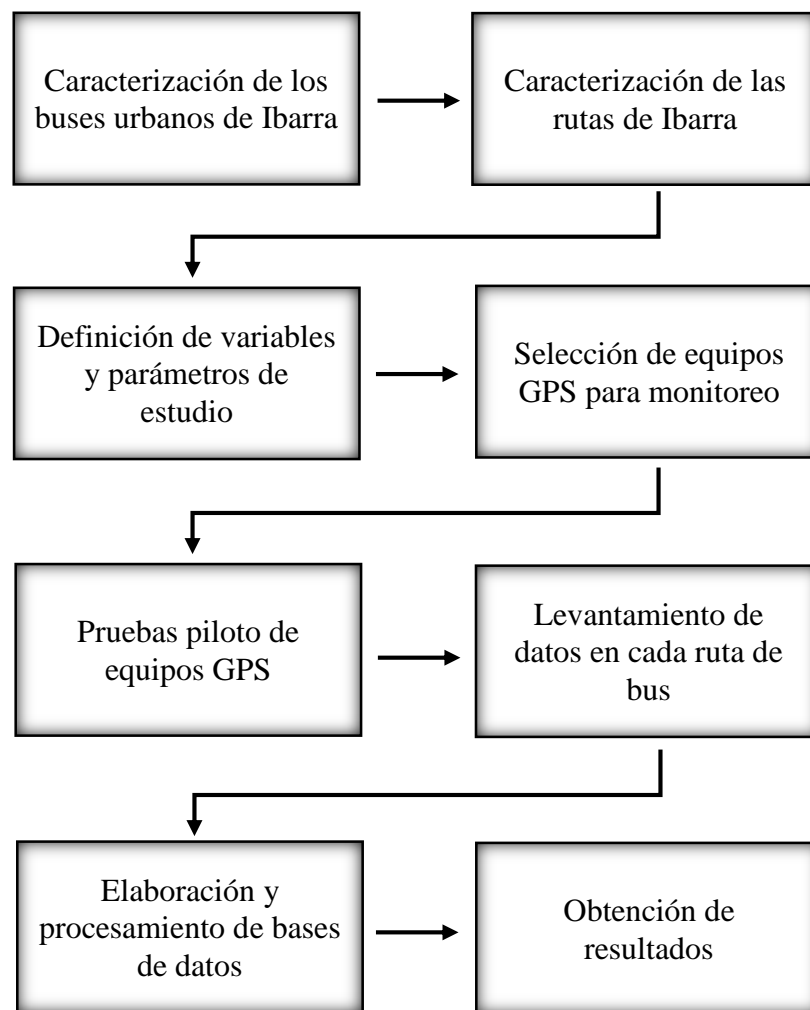


Figura 2.1 Flujograma de la propuesta

Este estudio se conformó de 8 etapas, así como se observa en la Figura 2.1 con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos de una manera ordenada y eficiente. A continuación se detalla cada una de las etapas.

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS BUSES URBANOS DE IBARRA

Primeramente, se caracterizó los buses urbanos de la ciudad de Ibarra tanto de la Cooperativa “28 de Septiembre” como de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”. En esta parte se tomó en cuenta los datos del autobús como: la marca, el modelo y año de fabricación; dichos datos se obtuvieron de la Empresa Pública de Movilidad MOVIDELNOR-EP de la ciudad. “Actualmente existen en circulación 287 vehículos, 160 corresponden a la Cooperativa “28 de Septiembre” y 127 a la Cooperativa “San Miguel de Ibarra” (Rosero, León, Mera, & Rosero, 2017). Identificar los aspectos más importantes del autobús conllevó a seleccionar los más adecuados para realizar con mejor criterio la recolección de los datos.

2.2.1. MARCA

La caracterización de acuerdo con la marca de fabricación de los autobuses permitió determinar la marca que mayormente demanda en la flota de autobuses de Ibarra.

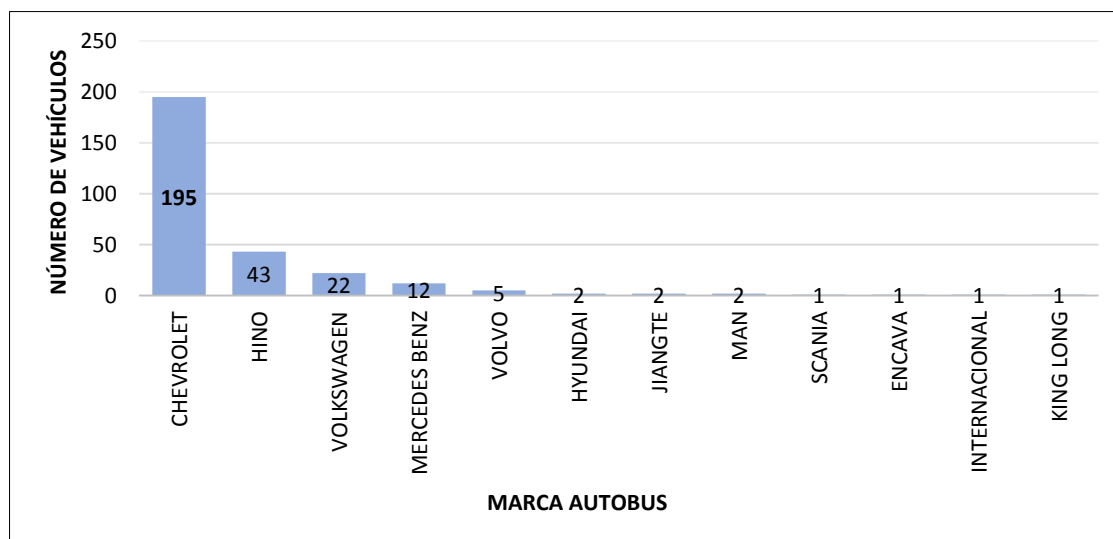


Figura 2.2 Clasificación de los autobuses según la marca del fabricante
(Rosero, León, Mera, & Rosero, 2017)

En la Figura 2.2, se observa que en la ciudad existen doce marcas de fabricantes de autobuses, de las cuales las que fabrican en mayor parte fueron Chevrolet e Hino. Seguido se tuvo a las marcas Volkswagen y Mercedes Benz; mientras que las demás marcas representaron la mínima parte del parque automotor de autobuses urbanos de Ibarra.

2.2.2. MODELO

La caracterización de la flota de acuerdo con el modelo de fabricación resultó que los que mayor influencia tuvieron dentro del parque automotor de autobuses fueron los Chevrolet Isuzu FTR 32M, Chevrolet Isuzu CHR 7.2 y Volkswagen 17210; los modelos de las marcas Hino, Mercedes Benz y Volvo coparon la demanda en pequeñas cantidades; mientras que el resto de los modelos representaron una mínima cantidad, llegando juntos a sumar tan solo el 5% del total de autobuses. En la Tabla 2.1, se ilustra de mejor manera estos índices de caracterización.

Tabla 2.1 Clasificación de los autobuses según el modelo del fabricante

MARCA	MODELO	UNIDADES	PORCENTAJE
Chevrolet	FTR 32M	147	51%
Chevrolet	CHR 7.2	46	16%
Volkswagen	17210	22	8%
Hino	RK1JSTL	13	5%
Mercedes Benz	OF1721/59	12	4%
Hino	FF1JPSZ	9	3%
Hino	FD2HPSZ	9	3%
Hino	GD11PTZ	9	3%
Volvo	SVELTO	5	2%
Otros		15	5%
	TOTAL	287	100%

Fuente: (Rosero, León, Mera, & Rosero, 2017)

2.2.3. AÑO DE FABRICACIÓN

Caracterizar los buses en relación con el año de fabricación permitió determinar cuál es el rango promedio de año que se presentó más en la flota de autobuses de Ibarra. Se debe tomar en cuenta que el año de fabricación de un automotor influye en el rendimiento del motor, consumo de combustible y por lo tanto en la contaminación ambiental.

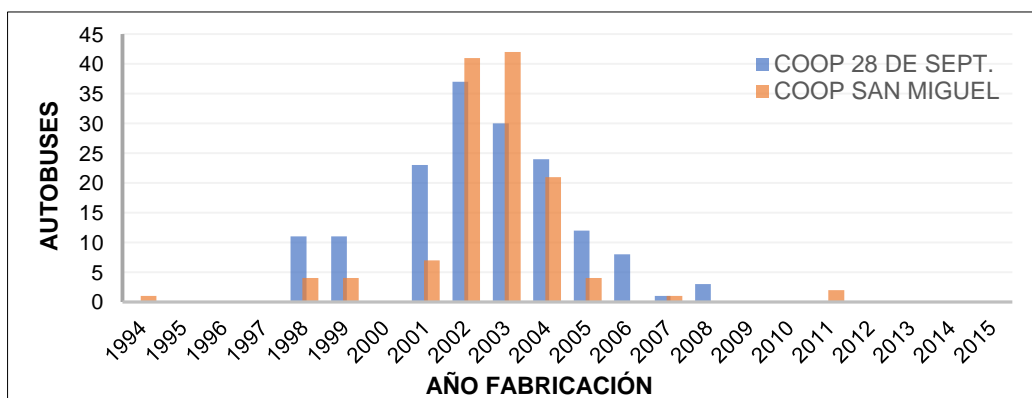


Figura 2.3 Clasificación de los autobuses según el año de fabricación
(Rosero, León, Mera, & Rosero, 2017)

En la Figura 2.3, se puede observar que de acuerdo con el año de fabricación existieron buses desde 1994 hasta el 2011, pero la mayor parte de vehículos se encontraron entre los años de 2001 y 2004. De esta información se determinó que el valor promedio de año de fabricación de los autobuses fue de 2002 y no cumplieron la normativa Euro V y Euro VI.

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS RUTAS DE IBARRA

En esta etapa se realizó un inventario de todas las rutas que cumple la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra. En la actualidad se cuenta con 22 rutas en funcionamiento; 13 rutas de la Cooperativa “28 de Septiembre” y 9 rutas de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”. Esta etapa ofreció datos de las rutas como: tiempo de viaje y distancia total de cada ruta por ciclo; así como se muestra en la Tabla 2.2 es importante dar a conocer que a cada bus se le asignó una ruta diferente cada día y este puede cambiar dicha ruta en casos excepcionales.

Tabla 2.2 Caracterización de rutas de Ibarra

OPERADORA	RUTA	DISTANCIA (km)	TIEMPO
28 de Septiembre	Aloburo	20,38	1h 10min
	Arcángel – San Cristóbal	35,26	2h 00min
	Azaya – La Campiña	19,23	1h 40min
	Caranqui – Aduana	26,75	1h 50min
	El Carmen – Bellavista	23,82	1h 15min
	Católica – Alpachaca	17,09	1h 30min
	Chorlaví - La Victoria	33,71	2h 10min
	Milagro – Yahuarcocha	34,84	2h 05min
	Naranjito	21,63	1h 40min
	Las Palmas - Los Ceibos	19,35	1h 33min
	Pugacho - Santa Teresita	19,04	1h 38min
	Santa Rosa - Los Ceibos	22,89	1h 50min
	Tanguarín – Aduana	36,41	2h 25min

Tabla 2.2 Caracterización de rutas de Ibarra (**Continuación...**)

San Miguel de Ibarra	Caranqui – Universidades	20,59	1h15min
	Chugchupungo – Florida	24,27	1h50min
	Colinas del Sur – Aduana	25,85	1h40min
	Ejido de Caranqui – Miravalle	28,45	2h00min
	La Esperanza - Hospital del Seguro	24,04	1h55min
	19 de Enero – Odilas	29,08	2h10min
	Santa Isabel - Huertos Familiares	39,22	2h30min
	Santa Lucía - La Victoria	23,99	1h45min
	Santo Domingo – Universidades	30,27	2h00min

2.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES Y PARÁMETROS DE ESTUDIO

Para determinar las variables y los parámetros de estudio, se tomó en cuenta la cinemática del vehículo que practica todos los días; estos datos cinemáticos facilitaron y garantizaron de mejor manera la realización del estudio establecido. Las variables cinemáticas para emprender el estudio en los autobuses urbanos de Ibarra fueron:

a) Posición

La **posición (p)** en metros (m), se empleó para determinar el punto exacto en el cual se encuentra el bus, además está comprendida por la **latitud (La)** que puede ser norte o sur, la **longitud (Lo)** correspondiente a este u oeste, ambas se miden en grados decimales (GD) y la **altura (h)** expresada en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

b) Tiempo

El **tiempo (t)** en segundos (s), se empleó para conocer la duración que tardan los buses en recorrer una vuelta completa o incluso el tiempo total que experimentan los buses durante el día de trabajo en una determinada ruta, se estimó que al finalizar una vuelta hay un tiempo estimado de descanso antes de empezar la siguiente; este tiempo depende directamente de la distancia de la ruta y del número de buses que trabajen en dicha ruta.

c) Distancia

La **distancia (d)** expresada en metros (m) permitió saber la distancia total que recorrieron los buses durante una vuelta o durante todo el día desde el momento en que se inició hasta que finalizó el seguimiento.

d) Velocidad

La **velocidad instantánea (v)** en kilómetros por hora (km/h) determinó el estado en que se encuentra el vehículo durante cada segundo. A partir de la Ecuación 2.1 se calculó la velocidad instantánea de los buses de Ibarra.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \quad [2.1]$$

Donde:

v : Velocidad instantánea del bus.

$\overrightarrow{\Delta r}$: Variación del vector posición.

Δt : Variación del tiempo ($\Delta t = 1$ segundo).

La velocidad promedio diaria de cada bus se encuentra en función de la sumatoria de la relación de la distancia que recorrieron en un determinado tiempo. La Ecuación 2.2 se aplicó para el cálculo de dicha velocidad.

$$V_{PROM DIARIA BUS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{t_i} \quad [2.2]$$

Donde:

$V_{PROM DIARIA BUS}$: Velocidad promedio diaria del bus.

d_i : Distancia.

t_i : Tiempo.

Para calcular la velocidad promedio diaria de la flota de autobuses de Ibarra se empleó la Ecuación 2.2, la cual se encuentra en función de la sumatoria de la velocidad promedio diaria de los buses.

$$V_{PROM DIARIA FLOTA} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{PROM DIARIA BUS} \quad [2.3]$$

Donde:

$V_{PROM DIARIA FLOTA}$: Velocidad promedio diaria de la flota.

$V_{PROM DIARIA BUS}$: Velocidad promedio diaria del bus.

j : Unidad de bus.

Luego se recurrió a la Ecuación 2.4 para obtener la velocidad promedio semanal de la flota de autobuses urbanos de Ibarra.

$$V_{PROM SEMANAL FLOTA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 V_{PROM DIARIA FLOTA} \quad [2.4]$$

Donde:

$V_{PROM SEMANAL FLOTA}$: Velocidad promedio semanal de la flota.

$V_{PROM DIARIA FLOTA}$: Velocidad promedio diaria de la flota.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

e) Aceleración

La **aceleración (a)** expresada en metros sobre segundos cuadrados (m/s^2), se utilizó para determinar los estados de conducción de los conductores en un intervalo de un segundo de modo que resulte un margen de error bajo para cálculos posteriores. A partir de la velocidad instantánea y la aceleración se calculó el porcentaje de permanencia que practican los conductores en los diferentes estados de marcha del vehículo: ralentí, crucero, aceleración y desaceleración. En primer lugar se ejecutó la Ecuación 2.5 para el cálculo de la aceleración instantánea de los buses.

$$a = \frac{v_f - v_o}{\Delta t} \quad [2.5]$$

Donde:

- a : Aceleración instantánea del bus.
 v_f : Velocidad final.
 v_o : Velocidad inicial.
 Δt : Variación del tiempo ($\Delta t = 1$ segundo).

Luego se ejecutó las Ecuaciones 2.6 y 2.7 para el cálculo de la aceleración y desaceleración promedio diaria que experimentan los buses.

$$a_{PROM DIARIA BUS} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a \quad [2.6]$$

Donde:

- $a_{PROM DIARIA BUS}$: Aceleración promedio diaria del bus.
 a : Aceleración instantánea de viaje.
 j : Unidad de bus.

$$d_{PROM DIARIA BUS} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d \quad [2.7]$$

Donde:

- $d_{PROM DIARIA BUS}$: Desaceleración promedio diaria del bus.
 d : Desaceleración instantánea de viaje.
 j : Unidad de bus.

A partir de las ecuaciones anteriormente descritas se ejecutó las Ecuaciones 2.8 y 2.9 para el cálculo de la aceleración y desaceleración promedio diaria de la flota, las cuales se encuentran en función de la sumatoria de las aceleración y desaceleración promedio diaria de los buses.

$$a_{PROM DIARIA FLOTA} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{PROM DIARIA BUS} \quad [2.8]$$

Donde:

$a_{PROM DIARIA FLOTA}$: Aceleración promedio diaria de la flota.

$a_{PROM DIARIA BUS}$: Aceleración promedio diaria del bus.

j : Unidad de bus.

$$d_{PROM DIARIA FLOTA} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{PROM DIARIA BUS} \quad [2.9]$$

Donde:

$d_{PROM DIARIA FLOTA}$: Desaceleración promedio diaria de la flota.

$d_{PROM DIARIA BUS}$: Desaceleración promedio diaria del bus.

j : Unidad de bus.

Las ecuaciones anteriormente descritas facilitaron el cálculo de la aceleración y desaceleración promedio semanal para la flota de buses de Ibarra. Cuyas fórmulas se ilustran en las Ecuaciones 2.10 y 2.11.

$$a_{PROM SEMANAL FLOTA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 a_{PROM DIARIA FLOTA} \quad [2.10]$$

Donde:

$a_{PROM SEMANAL FLOTA}$: Aceleración promedio semanal de la flota.

$a_{PROM DIARIA FLOTA}$: Aceleración promedio diaria de la flota.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

$$d_{PROM SEMANAL FLOTA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 d_{PROM DIARIA FLOTA} \quad [2.11]$$

Donde:

$D_{PROM SEMANAL FLOTA}$: Desaceleración promedio semanal de la flota.

$D_{PROM DIARIA FLOTA}$: Desaceleración promedio diaria de la flota.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

f) Estados de conducción

Los estados de conducción permitieron determinar el comportamiento o estilo de conducción que experimentaron los conductores de los autobuses urbanos de Ibarra, para reflexionar sobre el consumo de combustible y la contaminación ambiental. Los estados de conducción de **Ralentí (ER)**, **Crucero (EC)**, **Aceleración (EA)** y **Desaceleración (ED)**; se calcularon a partir de las Ecuaciones 2.12; 2.13; 2.14 y 2.15; respectivamente.

$$E_R = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Ri}}{T_{Ti}} * 100\% \quad [2.12]$$

Donde:

E_R : Porcentaje de permanencia en ralentí.

T_{Ri} : Tiempo de permanencia en ralentí.

T_{Ti} : Tiempo total de viaje.

$$E_C = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Ci}}{T_{Ci}} * 100\% \quad [2.13]$$

Donde:

E_C : Porcentaje de permanencia en crucero.

T_{Ci} : Tiempo de permanencia en crucero.

T_{Ci} : Tiempo total de viaje.

$$E_A = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Ai}}{T_{Ai}} * 100\% \quad [2.14]$$

Donde:

E_A : Porcentaje de permanencia en aceleración.

T_{Ai} : Tiempo de permanencia en aceleración.

T_{Ai} : Tiempo total de viaje.

$$E_D = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Di}}{T_{Di}} * 100\% \quad [2.15]$$

Donde:

E_D : Porcentaje de permanencia en desaceleración.

T_{Di} : Tiempo de permanencia en desaceleración.

T_{Di} : Tiempo total de viaje.

En el análisis de resultados es importante analizar los estados de conducción por operadora, ruta, modelo de bus, sector de la ciudad, edad del conductor y franja horaria con respecto a los estados de conducción promedio de toda la flota de autobuses urbanos de Ibarra. Por lo tanto se aplicaron las Ecuaciones 2.16; 2.17; 2.18 y 2.19 para determinar la permanencia promedio de los estados de ralentí, cruce, aceleración y desaceleración, respectivamente.

$$E_{RP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 E_R \quad [2.16]$$

Donde:

E_{RP} : Porcentaje de permanencia promedio en ralentí.

E_R : Porcentaje de permanencia en ralentí.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

$$E_{CP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 E_C \quad [2.17]$$

Donde:

E_{CP} : Porcentaje de permanencia promedio en cruceo.

E_C : Porcentaje de permanencia en cruceo.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

$$E_{AP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 E_A \quad [2.18]$$

Donde:

E_{AP} : Porcentaje de permanencia promedio en aceleración.

E_A : Porcentaje de permanencia en aceleración.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

$$E_{DP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^7 E_D \quad [2.19]$$

Donde:

E_{DP} : Porcentaje de permanencia promedio en desaceleración.

E_D : Porcentaje de permanencia en desaceleración.

i : Día de la semana (1 a 5 = entre semana; 6 = sábado y 7 = domingo).

2.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS GPS PARA MONITOREO

La selección de equipos permitió determinar la herramienta necesaria para cumplir con todas las características técnicas durante el monitoreo de las rutas de los autobuses urbanos.

2.5.1. PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS PARA SELECCIONAR EL GPS ADECUADO

Para la selección del dispositivo, se analizó los parámetros y características que facilitaron el estudio de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra. En la Tabla 2.3, se puede apreciar los aspectos necesarios para la selección del dispositivo.

Tabla 2.3 Parámetros y características de selección del dispositivo

PARÁMETROS DE MEDICIÓN	CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER EL DISPOSITIVO
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Velocidad • Distancia • Latitud • Longitud • Altura 	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeño y robusto. • Inalámbrico (que no sea necesario conectarse algún dispositivo o sistema del autobús). • Batería recargable, que dure como mínimo 14 horas. • Registro y almacenamiento de datos con una frecuencia mínima de 1 Hz. • Precio accesible de modo que permita comprar 10 unidades.

2.5.2. ADQUISICIÓN DEL DISPOSITIVO SELECCIONADO

Una vez que se determinó los datos y requisitos necesarios para la selección del dispositivo, se determinó adquirir el registrador de datos GL-770 Profesional GNSS Data Logger (Soporte de GPS y GLONASS). El dispositivo es de origen taiwanés, pero se encuentra disponible a la venta en Alemania, por tal motivo, la compra del dispositivo se la realizó en internet a través de un sitio que permite realizar compras desde otros países, llamado eBay, a un precio accesible y económico, de tal manera que permitió realizar una compra total de 10 unidades, así como se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Precio de adquisición del dispositivo GPS GL-770

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
10	GPS GL-770	\$ 95,00	\$ 950,00
		Envío	\$ 110,00
		Trámite DHL Express	\$ 141,12
		Impuestos	\$ 434, 23
		TOTAL	\$ 1 635,35

2.5.3. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO SELECCIONADO

El registrador de datos GL-770 está conformado por un receptor GPS, de tipo comercial utilizado en negocios y empresas en el área industrial, automotriz, entre otras. Este dispositivo incluye una retroalimentación audible y un sensor de movimiento que genera la máxima duración de la batería. Los datos, se pueden obtener con una frecuencia de 1 a 5 Hz, en un rango máximo de 35 horas de funcionamiento. Para reforzar la información obtenida se cuenta con un programa que permite la importación de los datos; además muestra pistas o rutas en el mapa de Google Map.



Figura 2.4 Dispositivo GPS GL-770

El GPS GL-770 que se empleó se lo observa en la Figura 2.4; es un dispositivo manipulable y de uso fácil, que permitió registrar puntos de interés o datos cinemáticos de algún tipo de ruta. Presentó un diseño duradero e impermeable.

a) Especificaciones

El registrador de datos cumplió con todas las características que fueron determinadas antes de la búsqueda del dispositivo. Además de dichas características, se pudieron apreciar otras especificaciones de funcionamiento del dispositivo, como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Especificaciones del dispositivo GPS GL-770

GENERAL	DESCRIPCIÓN
Chip GPS	SiRFstarV, Soporte de GPS y GLONASS
Frecuencia	GPS: 1575.42 ± 1.023MHz, GLONASS: 1602 ± 5MHz
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
Exactitud	<3m CEP, sin aid 2.5m DGPS (WAAS, EGNOS, MSAS)
Tiempo de readquisición	<1s
TTF	35/30/1s para el arranque en frío/normal/caliente respectivamente
Sensibilidad	Adquisición: -14 7 dBm máx. / Seguimiento: -165 dBm máx.
DINÁMICA	DESCRIPCIÓN
Altura	<60,000 Ft.
Velocidad	<1,000 nudos.
Aceleración	4g máx.
INTERFAZ	DESCRIPCIÓN
Velocidad de transmisión	115200 bps (predeterminado)
Protocolos	NMEA 0183 v3.01. Soporta GGA, GSA, GSV, RMC (predeterminado); GLL, VTG (opcional)
PUENTE USB	DESCRIPCIÓN
Modelo	USB 2.0
Velocidad de datos	12 Mbps
Conector	Tipo A hembra
BLUETOOTH INTELIGENTE	DESCRIPCIÓN
Frecuencia / número de canal	2402-2480 MHz / 40 canales
Tipo de modulación	Bluetooth 4.0 (GFSK)
LNS	Velocidad, Distancia, Latitud, Longitud, Elevación, Rumbo, Tiempo de balanceo, Hora UTC.
Frecuencia de salida	1 Hz o 5 Hz
REGISTRO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Memoria	64 Mbit
Waypoints	250,000 (predeterminado) o más
Dato de registro	Fecha, Hora, Fijar válido, Fijar válido, Latitud, Longitud, Velocidad, RCR, Registro de datos GPS por intervalo de tiempo / distancia / límite de velocidad.
Frecuencia de actualización	1-5 Hz
POTENCIA	DESCRIPCIÓN
Entrada de voltaje	A través del conector USB tipo A, 5 V ± 5%
Batería	Batería recargable Li-Polymer
Tiempo de operación	35 horas
AMBIENTE	DESCRIPCIÓN
Temperatura de operación	-10°C a +60°C
Temperatura de almacenamiento	-20°C a +60°C
Cargando	-0°C a +45°C
Humedad relativa	20% - 80% R.H. sin condensación
Impermeable	IPX3 a prueba de agua
FÍSICO	DESCRIPCIÓN
Dimensión	52 x 82 x 19mm

Fuente: (TRANSYSTEM, 2015, págs. 21-22-23)

b) Componentes del GPS GL-770

El GL-770 es un dispositivo pequeño y manipulable que está conformado por dos colores negro y verde claro.

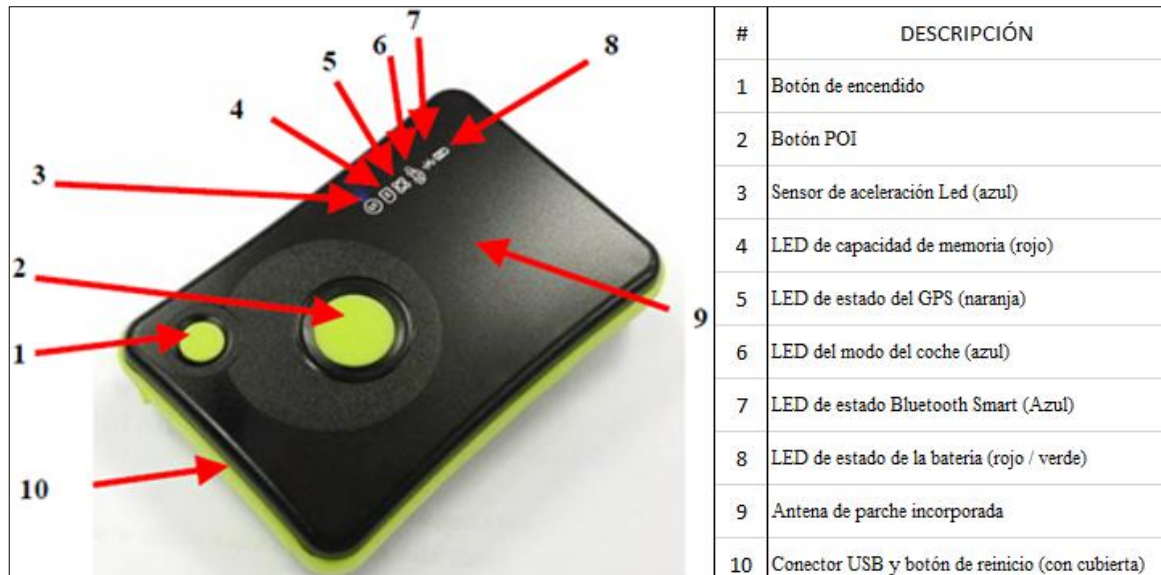


Figura 2.5 Apariencia del dispositivo GPS GL-770
(TRANSYSTEM, 2015, pág. 7)

Está conformado por botones y una pantalla LED ubicada en la parte superior izquierda del aparato, en la cual se presentan varias funciones, cuya apariencia y partes relevantes se puede apreciar en la Figura 2.5.

El dispositivo en general está conformado por dos botones principales que cumplen funciones específicas ilustradas directamente en la pantalla LED; además se dispone de un pulsador ubicado cerca del conector USB que permite resetear el dispositivo. Para mayor comprensión se tiene la Tabla 2.6 donde se puede apreciar las funciones e indicaciones de funcionamiento de cada componente del GPS GL-770.

Tabla 2.6 Función de los componentes del dispositivo GPS GL-770

COMPONENTE	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Batería 	Indicar el estado de la batería.	<ul style="list-style-type: none"> • Led verde encendido = carga máxima. • Led rojo encendido = batería <10 %. • Led verde parpadeando = batería cargando. • Led rojo parpadeando = batería <30 %.
Bluetooth 	Indicar el estado del bluetooth inteligente.	<ul style="list-style-type: none"> • Led azul encendido = bluetooth encendido. • Led azul parpadeando = bluetooth conectado.
Modo Carro 	Indicar el estado del modo coche.	<ul style="list-style-type: none"> • Led azul encendido = modo coche activado. • En el modo de coche, el dispositivo entrará en el modo de reposo cuando no hay alimentación de USB y el dispositivo se despierta e inicia el registro cuando hay fuente de alimentación de USB.
Satélite 	Indicar el estado del GPS.	<ul style="list-style-type: none"> • Led naranja encendido = búsqueda de satélite. • Led naranja parpadeando = GPS activado e inicio de registro.
Memoria 	Indicar el estado o capacidad de la memoria.	<ul style="list-style-type: none"> • Led rojo encendido = memoria llena >80 %. • Led rojo parpadeando = registro de datos. • Led rojo parpadeando por 3 segundos = presión del botón POI. • Led rojo se mantiene parpadeando por más de 5 segundos = borrando datos.
Sensor de Aceleración 	Indicar el modo de registro.	<ul style="list-style-type: none"> • Led azul encendido = sensor de aceleración activado (registro de datos siempre y cuando haya movimiento). • Led azul apagado = sensor de aceleración desactivado (registro de datos siempre). • Led azul parpadeado por 3 segundo = modo de reposo (cuando no se registra movimiento por más de 1 minuto).
Botón de encendido 	Encender el dispositivo y activar el bluetooth.	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar una vez para la activación y desactivación del bluetooth cuando el dispositivo esté encendido. • Mantener pulsado 5 segundos para el encendido y apagado del dispositivo.
Botón POI 	Grabar datos y activar y desactivar sensor de aceleración.	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar una vez para la grabar datos. • Mantener pulsado 5 segundos para la activación y desactivación del sensor de movimiento. • Mantener pulsado 5 segundos para la activación y desactivación del modo coche. • Según la configuración del dispositivo, existe vibración y pitido al presionar este botón.
Botón de reinicio 	Resetear el dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar una vez para el formateo del dispositivo. El dispositivo se apaga después del reseteo.
Botón de encendido + Botón POI 	Resetear el dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> • Pulsar ambos botones al mismo tiempo para borrar los datos. • No apagar el dispositivo mientras se está borrando los datos (LED rojo de memoria en parpadeo).

Fuente: (TRANSYSTEM, 2015, págs. 8-9)

2.5.4. PROGRAMA PARA LA DESCARGA DE LOS DATOS REGISTRADOS DEL DISPOSITIVO

Para la descarga de los datos registrados, el dispositivo necesitó de un programa en el cual se pudo visualizar los resultados obtenidos luego de monitorear los buses. El programa que cumplió con estas expectativas fue el “LogView”, un software libre que cuya descarga se logró desde la página de TRANSYSTEM INC.

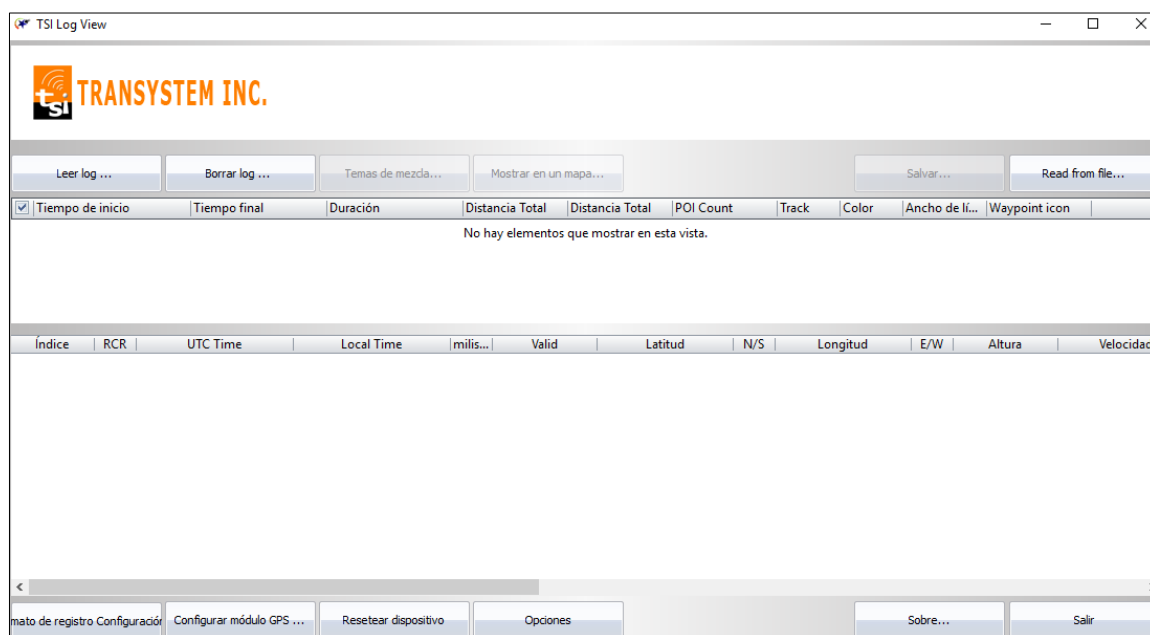


Figura 2.6 Programa de descarga de los datos registrados del dispositivo GPS GL-770

Luego de la descarga e instalación del programa, apareció una ventana como se muestra en la Figura 2.6. En el programa “LogView” se pudo realizar varias actividades que garantizaron el funcionamiento adecuado del dispositivo GPS GL-770. Dentro de la ventana del programa se pudo apreciar varios botones, que permitieron configurar el dispositivo, leer datos, extraer datos e importar los datos. Se puede decir que el software cumplió con tres funciones principales: el registro y configuración del dispositivo, la extracción y lectura de los datos obtenidos del dispositivo y la importación de los datos en un formato determinado. Para el eficiente funcionamiento del dispositivo GPS GL-770, se siguieron consejos y advertencias que facilitaron el uso correcto del dispositivo, de modo que garantizó un registro de datos adecuado sin ningún tipo del problema, y además contribuyó a alargar la vida útil del aparato. Entre los consejos y advertencias más relevantes tenemos:

- a) No utilizar el GL-770 en temperaturas inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ o superiores a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, para evitar que la capacidad de la batería Li-Polymer reduzca.
- b) No utilizar el dispositivo dentro de un hospital, ya que el GPS inalámbrico puede interferir con los equipos médicos que utilizan la radiofrecuencia.
- c) Evitar o tener cuidado con el dispositivo cuando se encuentre en zonas que afecten la recepción de la señal GPS. Por ejemplo, en los vehículos que usan un revestimiento protector solar metálico en los parabrisas, en las calles con edificios altos, en un túnel, en un garaje cubierto y en condiciones meteorológicas como lluvia o nieve.
- d) Para el dispositivo que no esté en uso durante varios días, se debe esperar de 1 a 3 minutos para poder adquirir información de la constelación satelital, a esto se le denomina "arranque en frío".

2.6. PRUEBAS PILOTO DE EQUIPOS GPS

Las pruebas piloto facilitaron la manipulación de los dispositivos GPS de una manera adecuada con la finalidad de evitar errores al momento del levantamiento de los datos reales.

2.6.1. REGISTRO Y CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO

Antes de realizar las pruebas piloto se registró y configuró el dispositivo GPS en el programa "LogView"; para ello se conectó el dispositivo a la computadora por medio del cable USB.

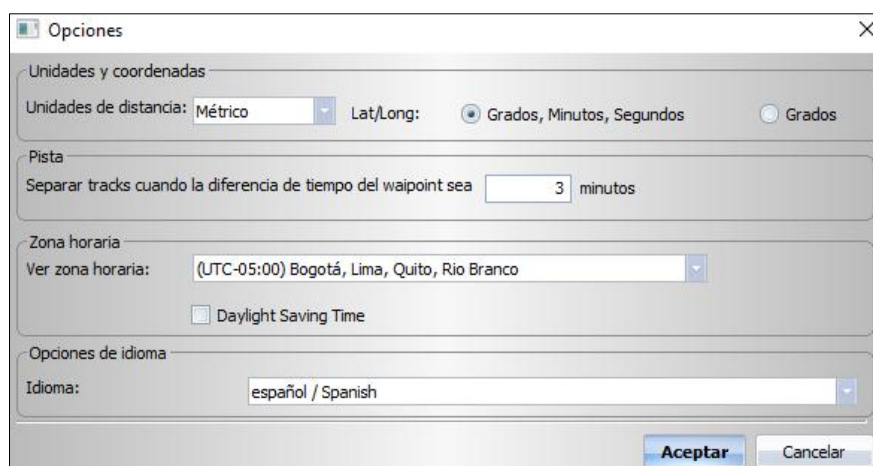


Figura 2.7 Ventana de opciones del programa "LogView"

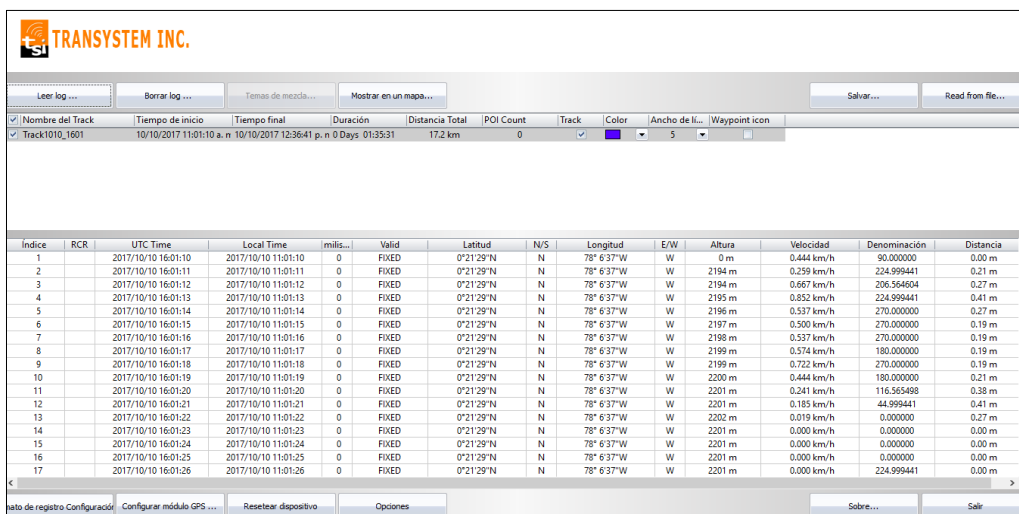
Luego de que se abrió el software, se dio clic en “*opciones*”; cuya ventana se muestra en la Figura 2.7 y permitió configurar la zona horaria, el idioma, las unidades y la diferencia de tiempo para dividir los registros o waypoints; estos datos dependen del país donde se realicen las pruebas y del modo de cómo se quieren obtener los datos. Al finalizar de la configuración del dispositivo, se realizó varias pruebas con el dispositivo, ya sea caminando o a través de un medio de transporte. Esto permitió comprobar que los dispositivos se encontraban en perfectas condiciones.

2.6.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS PILOTO

El dispositivo GPS se instaló en un bus de la ruta Católica - Alpachaca; se colocó en la parte interna del parabrisa delantero del bus, sujeto a través de una cinta de doble faz; se prendió el GPS; este captó la señal del satélite y empezó a grabar los datos durante todo el día; al finalizar la jornada de trabajo se lo retiró para proceder con la exportación de los datos obtenidos.

2.6.3. EXTRACCIÓN Y LECTURA DE LOS DATOS DEL DISPOSITIVO

Para descargar los datos, se conectó el dispositivo a la computadora, y se abrió el programa “LogView”; se dio clic en el botón “*Leer log*”.



Índice	RCR	UTC Time	Local Time	milis...	Valid	Latitud	N/S	Longitud	E/W	Altura	Velocidad	Denominación	Distancia
1		2017/10/10 16:01:10	2017/10/10 11:01:10	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	0 m	0.444 km/h	50.00000	0.00 m
2		2017/10/10 16:01:11	2017/10/10 11:01:11	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2194 m	0.259 km/h	224.99941	0.21 m
3		2017/10/10 16:01:12	2017/10/10 11:01:12	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2194 m	0.667 km/h	206.564604	0.27 m
4		2017/10/10 16:01:13	2017/10/10 11:01:13	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2195 m	0.852 km/h	224.99941	0.41 m
5		2017/10/10 16:01:14	2017/10/10 11:01:14	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2196 m	0.537 km/h	270.00000	0.27 m
6		2017/10/10 16:01:15	2017/10/10 11:01:15	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2197 m	0.500 km/h	270.00000	0.19 m
7		2017/10/10 16:01:16	2017/10/10 11:01:16	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2198 m	0.537 km/h	270.00000	0.19 m
8		2017/10/10 16:01:17	2017/10/10 11:01:17	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2199 m	0.574 km/h	180.00000	0.19 m
9		2017/10/10 16:01:18	2017/10/10 11:01:18	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2199 m	0.722 km/h	270.00000	0.19 m
10		2017/10/10 16:01:19	2017/10/10 11:01:19	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2200 m	0.444 km/h	180.00000	0.21 m
11		2017/10/10 16:01:20	2017/10/10 11:01:20	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2201 m	0.241 km/h	116.565498	0.38 m
12		2017/10/10 16:01:21	2017/10/10 11:01:21	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2201 m	0.185 km/h	44.99941	0.41 m
13		2017/10/10 16:01:22	2017/10/10 11:01:22	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2202 m	0.019 km/h	0.00000	0.27 m
14		2017/10/10 16:01:23	2017/10/10 11:01:23	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2201 m	0.000 km/h	0.00000	0.00 m
15		2017/10/10 16:01:24	2017/10/10 11:01:24	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2201 m	0.000 km/h	0.00000	0.00 m
16		2017/10/10 16:01:25	2017/10/10 11:01:25	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2201 m	0.000 km/h	0.00000	0.00 m
17		2017/10/10 16:01:26	2017/10/10 11:01:26	0	FIXED	0°21'29"N	N	78° 6'37"W	W	2201 m	0.000 km/h	224.99941	0.00 m

Figura 2.8 Exportación de los datos de la ruta Católica - Alpachaca

Como al inicio ya se puso la contraseña de registro del dispositivo, apareció una pequeña ventana solicitando que el dispositivo debe encenderse; se dio clic en “OK” y se esperó hasta que la descarga finalice. Luego aparecieron los datos obtenidos, así como se muestra en la Figura 2.8; de igual manera resulta, si los datos se los extrajera desde la computadora, de algún archivo ya guardado, con la diferencia que en esta situación se debe seleccionar la opción “Read from file”, buscar el archivo en formato (. nmea) y abrirlo para poder apreciar su información.

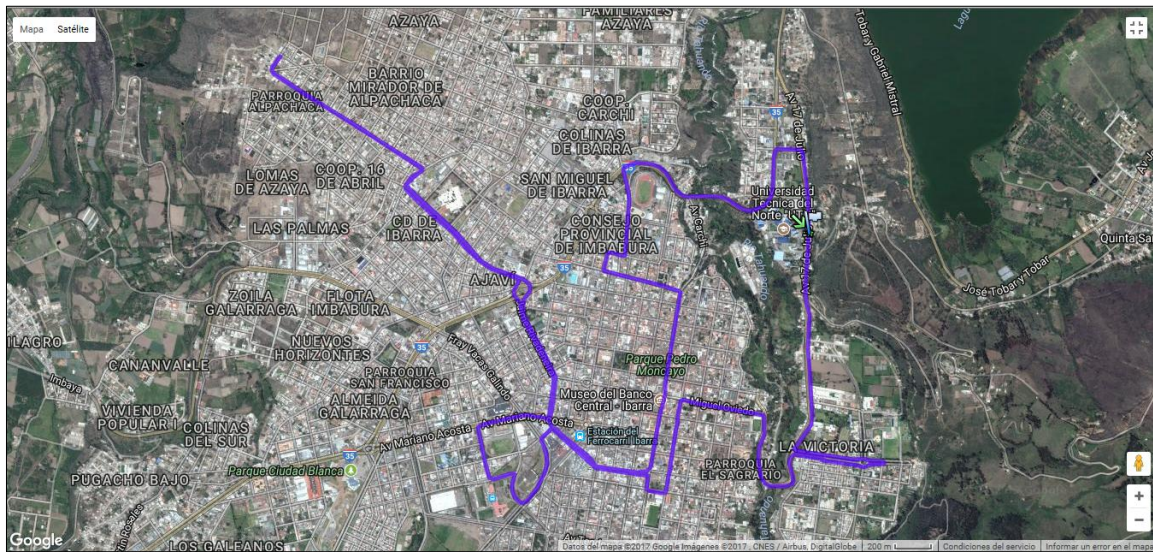


Figura 2.9 Mapa de la ruta Católica - Alpachaca

La lectura de los datos también comprendió visualizar las pistas en un mapa de Google, para ello el principal requisito es estar conectado a internet, caso contrario no se podría ilustrar la ruta. En la Figura 2.9 se observa la pista de viaje de la ruta Católica - Alpachaca.

2.6.4. IMPORTACIÓN DE LOS DATOS EXTRAÍDOS DEL DISPOSITIVO

Luego de haber registrado los datos en el programa, se los guardó en un archivo dentro de la PC, para ello se dio clic en “salvar” y a continuación apareció una ventana solicitando la selección de los registros que se desea importar, luego de haber seleccionado los que se necesita, se dio clic en “aceptar”.

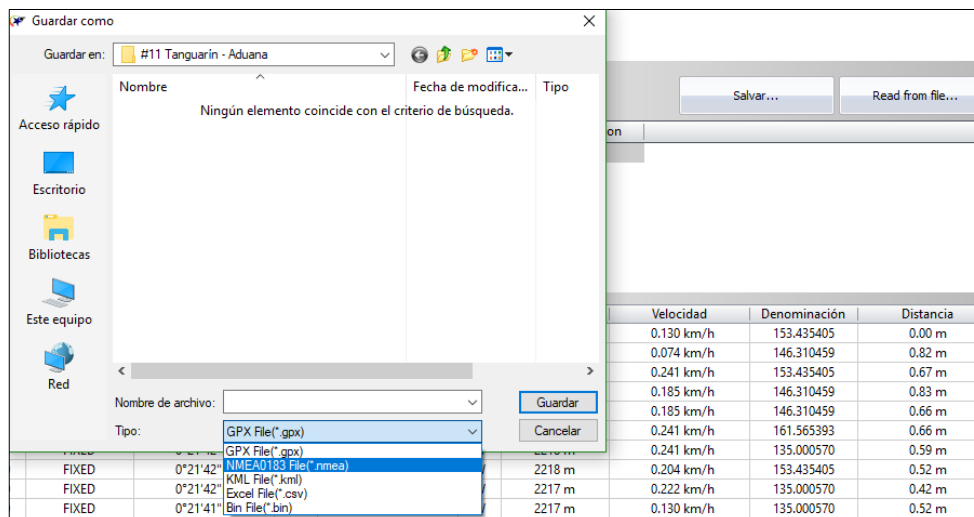


Figura 2.10 Importación de los datos obtenidos del dispositivo GPS GL-770 en la ruta Católica - Alpachaca

A continuación, apareció la ventana, que se da a conocer en la Figura 2.10 en la cual permitió seleccionar el archivo donde se desea guardar, con qué nombre se desea registrar los datos y en qué formato se requiere importarlos, la importación puede ser en formatos (. gpx /. nmea /. kml /. csv /. bin).

Finalmente, otra de las funciones que permitió el software fue eliminar o resetear los datos. En la eliminación de los datos, se consiguió borrar todos los registros realizados con el dispositivo sin que se desconfigure el programa ni el dispositivo, cuya opción fue seleccionar el botón “*borrar log*”. Ahora bien, si deseamos formatear por completo el dispositivo, se selecciona la opción “*resetear dispositivo*” y tanto el programa como el dispositivo vuelven a la parte inicial, así como estaban antes del registro y configuración.

2.7. LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CADA RUTA DE BUS

Una vez que se realizaron las pruebas piloto necesarias, se procedió al levantamiento de los datos en cada ruta de los autobuses urbanos de Ibarra, a continuación de desglosa dicho procedimiento.

2.7.1. DETALLES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El levantamiento de datos se realizó entre noviembre y enero, ya que es una época en la cual el tiempo y las actividades educativas, comerciales, laborales fueron normales, lo cual garantizó tener datos reales en función de las condiciones cotidianas de tráfico de la ciudad. Se monitorearon todas las rutas de Ibarra durante todo el día en tres estados diferentes: Entre semana, sábado y domingo. Cada estado es diferente, por lo tanto, conlleva a que existan cambios de horarios, frecuencias, rutas y otros factores que afectan el estado de conducción. En la Tabla 2.7 se aprecia que para los días de entre semana, se monitorearon dos rutas diarias, cinco buses de cada ruta y en algunos casos se utilizaron cuatro, tres y hasta un bus, dependiendo de la ruta; es decir que para las veintidós rutas se monitorearon en total 92 buses, de lo cual se obtuvo 472 viajes y 3 130 908 registros con 1 Hz de frecuencia.

Tabla 2.7 Distribución de la recolección de datos en entre semana

N°	DÍA	FECHA	RUTA	OPERADORA	CANTIDAD
1	Lunes	27/11/2017	Colinas del Sur – Aduana	San Miguel de Ibarra	5
2	Martes	28/11/2017	Azaya - La Campiña	28 de Septiembre	5
			Santa Rosa - Los Ceibos	28 de Septiembre	5
3	Miércoles	29/11/2017	Las Palmas - Los Ceibos	28 de Septiembre	5
			Ejido de Caranqui – Miravalle	San Miguel de Ibarra	5
4	Jueves	30/11/2017	La Esperanza - Hospital del Seguro	San Miguel de Ibarra	5
			Chugchupungo – Florida	San Miguel de Ibarra	5
5	Viernes	01/12/2017	Caranqui – Aduana	28 de Septiembre	5
6	Lunes	04/12/2017	Santa Isabel - Huertos Familiares	San Miguel de Ibarra	5
			Católica – Alpachaca	28 de Septiembre	5
7	Martes	05/12/2017	Milagro – Yahuarcocha	28 de Septiembre	4
			Pugacho - Santa Teresita	28 de Septiembre	4
8	Miércoles	06/12/2017	Santa Lucía - La Victoria	San Miguel de Ibarra	5
			Caranqui – Universidades	San Miguel de Ibarra	3
9	Jueves	07/12/2017	Santo Domingo – Universidades	San Miguel de Ibarra	5
			Tanguarín – Aduana	28 de Septiembre	5
10	Viernes	08/12/2017	19 de Enero – Odilas	San Miguel de Ibarra	5
			Chorlaví - La Victoria	28 de Septiembre	5
11	Martes	12/12/2017	Naranjito	28 de Septiembre	1
			Aloburo	28 de Septiembre	1
			El Carmen – Bellavista	28 de Septiembre	1
			Arcángel - San Cristóbal	28 de Septiembre	3
			San Francisco	28 de Septiembre	Ruta eliminada
			Santo Domingo – Universidades (Por la Florida)	San Miguel de Ibarra	Ruta eliminada

Tomando como base las Tablas 2.8 y 2.9 se observa que el levantamiento de datos de los fines de semana se realizó igualmente en las veintidós rutas, cada fin de semana se monitorearon un promedio de cinco rutas, en este caso dos buses por ruta, y en algunos casos un bus, existieron rutas que no cumplieron la jornada de trabajo los fines de semana; es decir que para los sábados se monitorearon 39 buses y se obtuvieron 195 viajes y 1 274 812 registros; mientras que en los domingos se emplearon 37 buses, dando como resultado 165 viajes y 1 108 146 registros.

Tabla 2.8 Distribución de la recolección de datos en sábados

N°	DÍA	FECHA	RUTA	OPERADORA	CANTIDAD
12	Sábado	09/12/2017	Colinas del Sur – Aduana	San Miguel de Ibarra	2
			Caranqui – Aduana	28 de Septiembre	2
			Azaya - La Campiña	28 de Septiembre	2
			Católica – Alpachaca	28 de Septiembre	2
			Las Palmas - Los Ceibos	28 de Septiembre	2
14	Sábado	16/12/2017	Chugchupungo – Florida	San Miguel de Ibarra	2
			19 de Enero – Odilas	San Miguel de Ibarra	2
			Santo Domingo – Universidades	San Miguel de Ibarra	2
			Tanguarín – Aduana	28 de Septiembre	2
			Santa Rosa - Los Ceibos	28 de Septiembre	2
16	Sábado	06/01/2018	Ejido de Caranqui – Miravalle	San Miguel de Ibarra	2
			Santa Lucía - La Victoria	San Miguel de Ibarra	2
			Milagro - Yahuarcocha	28 de Septiembre	2
			Chorlaví - La Victoria	28 de Septiembre	2
18	Sábado	13/01/2018	La Esperanza - Hospital del Seguro	San Miguel de Ibarra	2
			Santa Isabel - Huertos Familiares	San Miguel de Ibarra	2
			Arcángel - San Cristóbal	28 de Septiembre	2
			Naranjito	28 de Septiembre	1
			Aloburo	28 de Septiembre	1
			El Carmen – Bellavista	28 de Septiembre	1
			Caranqui – Universidades	San Miguel de Ibarra	No trabajan
			Santo Domingo – Universidades (Por la Florida)	San Miguel de Ibarra	Ruta eliminada
San Francisco	28 de Septiembre	Ruta eliminada			
20	Sábado	20/01/2018	Pugacho - Santa Teresita	28 de Septiembre	2

Tabla 2.9 Distribución de la recolección de datos en los domingos

N°	DÍA	FECHA	RUTA	OPERADORA	CANTIDAD
13	Domingo	10/12/2017	Arcángel - San Cristóbal	28 de Septiembre	2
			Caranqui – Aduana	28 de Septiembre	2
			Azaya - La Campiña	28 de Septiembre	2
			Católica – Alpachaca	28 de Septiembre	2
			Las Palmas - Los Ceibos	28 de Septiembre	2
15	Domingo	17/12/2017	Chugchupungo – Florida	San Miguel de Ibarra	2
			19 de Enero – Odilas	San Miguel de Ibarra	2
			Santo Domingo – Universidades	San Miguel de Ibarra	2
			Tanguarín – Aduana	28 de Septiembre	2
			Santa Rosa - Los Ceibos	28 de Septiembre	2
17	Domingo	07/01/2018	Santa Lucía - La Victoria	San Miguel de Ibarra	2
			Santa Isabel - Huertos Familiares	San Miguel de Ibarra	2
			Milagro - Yahuarcocha	28 de Septiembre	2
			Chorlaví - La Victoria	28 de Septiembre	2
19	Domingo	14/01/2018	La Esperanza - Hospital del Seguro	San Miguel de Ibarra	2
			Pugacho - Santa Teresita	28 de Septiembre	2
			Naranjito	28 de Septiembre	1
			El Carmen – Bellavista	28 de Septiembre	1
			Aloburo	28 de Septiembre	1
			Colinas del Sur – Aduana	San Miguel de Ibarra	No trabajan
			Caranqui – Universidades	San Miguel de Ibarra	No trabajan
			Santo Domingo – Universidades (Por la Florida)	San Miguel de Ibarra	Ruta eliminada
San Francisco	28 de Septiembre	Ruta eliminada			
21	Domingo	21/01/2018	Ejido de Caranqui – Miravalle	San Miguel de Ibarra	2

2.7.2. INSTALACIÓN DEL EQUIPO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el análisis del estudio se necesitó que la recolección de los datos se realice durante todo el día; por lo tanto, los dispositivos se colocaron en la mañana desde la hora de inicio de la jornada hasta que los buses finalicen su labor diaria. El primer dispositivo se colocó al primer bus y dependiendo del horario y número de buses que se determinaron para cumplir una cierta ruta, se dejó pasar uno, dos o incluso tres buses para colocar el siguiente dispositivo y así sucesivamente; esto garantizó que los valores no sean tan repetitivos y haya diferencias a la hora de analizar los resultados.

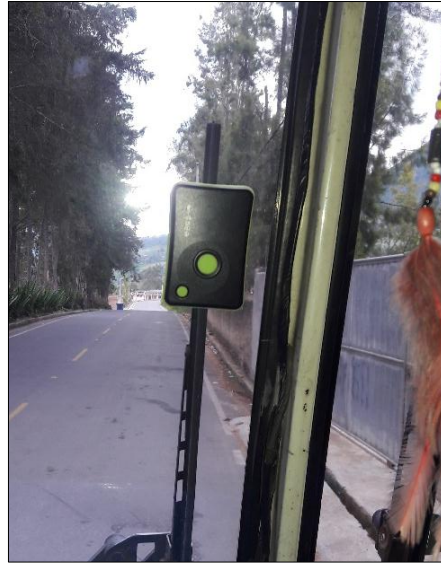


Figura 2.11 Instalación del dispositivo GPS GL-770 en un bus

La instalación del equipo consistió en colocar el dispositivo en la mejor parte interna del vehículo de modo que se encuentre en contacto directo con la atmósfera con la finalidad de obtener una buena señal entre el GPS y el satélite. Por lo tanto, los dispositivos GPS se colocaron en la parte interna del parabrisa delantero del vehículo, así como se muestra en la Figura 2.11. Para asegurar el dispositivo en el parabrisa se necesitó cinta de doble faz, la cual permitió que el dispositivo permanezca sujeto en dicho lugar sin ningún inconveniente durante todo el día de seguimiento de datos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE		Sistema de Transporte Urbano		Ibarra - Ecuador		GISTIN				
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE		Sistema de Transporte Urbano		Ibarra - Ecuador		GRUPO DE INVESTIGACIONES SISTEMA DE TRANSPORTE & AUTOMOCIÓN				
DATOS DE LOS BUSES UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE LAS RUTAS DE LOS AUTOBUSES URBANOS DE IBARRA										
Ruta:			Operadora:				Fecha:			
N° GPS	N° Autobús	Marca	Carrocería	Año	Edad del Conductor (Años)				Hora de Salida	Hora de Llegada
					20 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60		

Figura 2.12 Planilla para determinar datos de los buses de estudio

Es importante determinar los datos del bus que se monitoreó para comprender y ordenar de mejor manera los datos obtenidos; además facilitó el análisis de resultados al momento de comparar entre operadoras, rutas, marcas, modelos, años de fabricación e incluso entre edades de los conductores. Para la recolección de estas características se empleó una planilla, que se ilustra en la Figura 2.12, que permitió recolectar datos sobre la ruta, operadora, fecha, número del GPS, número del autobús, la marca, carrocería y año del autobús; edad del conductor y el horario de salida y llegada del vehículo.

2.8. ELABORACIÓN Y PROCESAMIENTO DE BASE DE DATOS

La elaboración y procesamiento de datos se realizó con la finalidad de obtener los porcentajes de permanencia en cada estado de marcha y las demás características cinemáticas, para luego compararlas entre operadoras, rutas, modelos de buses, sectores de la ciudad, edades de los conductores y franjas horarias.

2.8.1. ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS

Una vez realizado el levantamiento de datos se los exportó en el programa “LogView” en formato (. nmea); posteriormente se importaron los datos en formato (.csv).

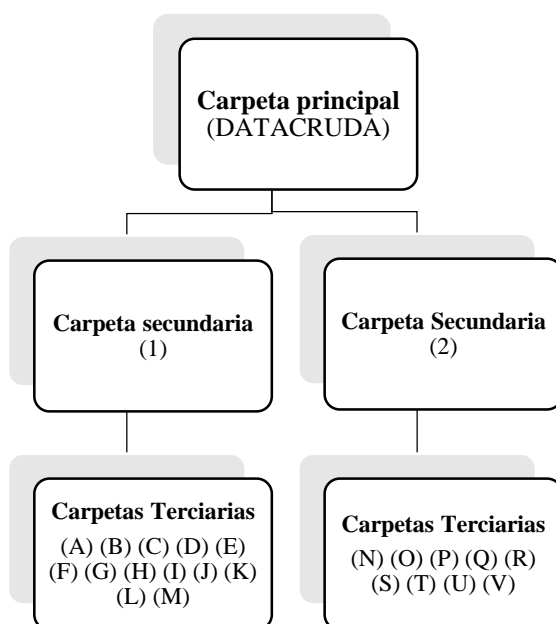


Figura 2.13 Distribución de la base de datos adquiridos de los dispositivos GPS GL-770

En la Figura 2.13 se observa que los datos importados se guardaron de manera ordenada en una carpeta llamada **"DATACRUDA"** dentro de la cual se crearon dos subcarpetas: la carpeta **"1"** que correspondió a la operadora "28 de Septiembre" y la carpeta **"2"** perteneció a la operadora "San Miguel de Ibarra".

Dentro de la subcarpeta "1" se creó 13 carpetas: **"A"** = Aloburo; **"B"** = Arcángel - San Cristóbal; **"C"** = Azaya - Campiña; **"D"** = Caranqui - Aduana; **"E"** = Carmen - Bellavista; **"F"** = Católica - Alpachaca; **"G"** = Chorlaví - La Victoria; **"H"** = Milagro - Yahuarcocha; **"I"** = Naranjito; **"J"** = Palmas - Ceibos; **"K"** = Pugacho - Santa Teresita; **"L"** = Santa Rosa - Los Ceibos; **"M"** = Tanguarín - Aduana.

La subcarpeta "2" contuvo 9 carpetas: **"N"** = Caranqui - Universidades; **"O"** = Chugchupungo - La Florida; **"P"** = Colinas del Sur - Aduana; **"Q"** = Ejido de Caranqui - Miravalle; **"R"** = La Esperanza - Huertos Familiares; **"S"** = 19 de Enero - Odilas; **"T"** = Santa Isabel - Huertos Familiares; **"U"** = Santa Lucía - La Victoria; **"V"** = Santo Domingo - Universidades.

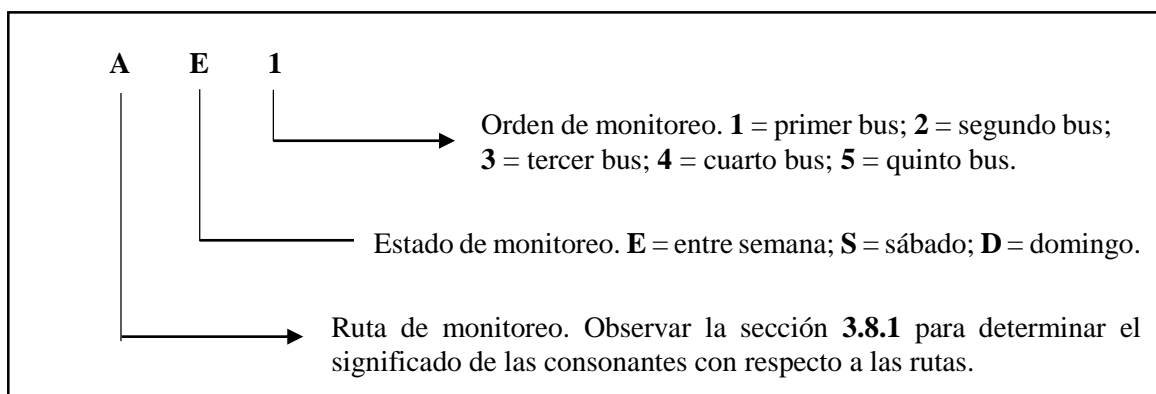


Figura 2.14 Simbología de los datos importados del dispositivo GPS GL-770

En la Figura 2.14, se ilustra el significado del formato de guardado de los datos extraídos del GPS, donde de acuerdo con la distribución ordenada de las rutas se guardaron los archivos (.csv) en cada una de ellas, tomando en cuenta el horario y orden en que se monitorearon los buses. Si se monitoreó un bus entre semana, se asignó la letra **"E"** después de la consonante equivalente a la ruta en la cual se encontró, para los fines de semana se añadió las letras **"S"** y **"D"** en este caso para sábado y domingo respectivamente. Ahora bien, de acuerdo con el orden de monitoreo de los buses, se colocó el número **"1"** si se trató del primer bus, el **"2"** para el segundo, el **"3"** para el tercero y así sucesivamente.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
CD1	11/1/2018 0:37	Archivo de valores...	4.260 KB
CD2	11/1/2018 0:39	Archivo de valores...	4.225 KB
CE1	10/1/2018 22:45	Archivo de valores...	3.839 KB
CE2	11/1/2018 0:15	Archivo de valores...	3.830 KB
CE3	11/1/2018 0:17	Archivo de valores...	4.272 KB
CE4	11/1/2018 0:21	Archivo de valores...	4.289 KB
CE5	11/1/2018 0:26	Archivo de valores...	4.270 KB
CS1	11/1/2018 0:29	Archivo de valores...	4.559 KB
CS2	11/1/2018 0:33	Archivo de valores...	4.455 KB

Figura 2.15 Ejemplo de formato de datos extraídos de la ruta Azaya - La Campiña

Se aprecia en la Figura 2.15 los archivos extraídos de la ruta Azaya - La Campiña ya que empiezan con la letra C. Para los días entre semana se realizó pruebas piloto en cinco buses (CE1, CE2, CE3, CE4, CE5), para los sábados y domingos se realizó las pruebas en dos buses (CS1, CS2 y CD1, CD2).

2.8.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó a partir de la elaboración de la base de datos (DATACRUDA) y el software libre estadístico RStudio. R es un programa dinámico, completamente destinado y apropiado para el análisis de grandes cantidades de datos, lo que lo diferencia de otros programas como el caso del Excel, por tal motivo se hizo uso de esta herramienta esencial para procesar los datos obtenidos en el seguimiento de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de Ibarra. Primeramente, se realizó la instalación del programa R, para ello se acudió a su página principal "<http://www.r-project.org>" en la cual se puede descargar gratuitamente la última versión del programa o cualquiera de las anteriores. Para este estudio se trabajó con la versión 3.4.2 (2017-09-28). Al iniciar el software, la ventana de R mostró cuatro secciones; la parte donde se mostró los datos, la sección de trabajo, la consola de R y la parte de los ficheros, paquetes etc. Una vez instalado el programa R y todos sus paquetes necesarios para el correcto funcionamiento de este, se manipuló la base de datos obtenida a través de los GPS; cuya manipulación comprendió una serie de pasos que se da a conocer a continuación:

a) Lectura de la base de datos (DATACRUDA)

La lectura de la base de datos (DATACRUDA) se la ejecutó en la consola de RStudio mediante la función **read.table**. A continuación, se muestra la estructura del código de lectura de datos:

```
> X <- read.table("DATACRUDA / 1 / A / AE1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
```

Donde:

X:	Nombre del Data Frame o tabla que se va a guardar en RStudio.
(<-):	Operador de asignación.
read.table:	Función que permite leer una tabla.
DATACRUDA:	Nombre de la carpeta principal.
1:	Nombre de la carpeta secundaria, en este caso puede ser 1 o 2.
A:	Nombre de la carpeta terciaria, en este caso desde A hasta V.
AE1.csv:	Nombre del archivo (.csv) que se va a importar en RStudio.
header=TRUE:	Significa que el primer renglón corresponde a las variables.
sep=";":	Significa que el archivo (.csv) viene separado por comas.
fileEncoding = "latin1":	Permite leer datos con ñ o con tildes.

Figura 2.16 Código de lectura de datos en RStudio

Al tomar en cuenta la simbología de los códigos ilustrados en la sección 2.8.1, y poniendo en práctica el código de la Figura 2.16, la lectura de datos se realizó para todas las rutas y buses monitoreados.

```
> AE1 <- read.table("DATACRUDA/1/A/AE1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> AS1 <- read.table("DATACRUDA/1/A/AS1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> AD1 <- read.table("DATACRUDA/1/A/AD1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
>
> BE1 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BE1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> BE2 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BE2.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> BE3 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BE3.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> BS1 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BS1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> BS2 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BS2.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> BD1 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BD1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> BD2 <- read.table("DATACRUDA/1/B/BD2.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
>
> CE1 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CE1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CE2 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CE2.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CE3 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CE3.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CE4 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CE4.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CE5 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CE5.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CS1 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CS1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CS2 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CS2.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CD1 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CD1.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
> CD2 <- read.table("DATACRUDA/1/C/CD2.csv", header=TRUE, sep=";", fileEncoding = "latin1")
```

Figura 2.17 Ejemplo de lectura de datos en RStudio

En la Figura 2.17, se toma como ejemplo de lectura de datos, las rutas Aloburo, Arcángel-San Cristóbal y Azaya-La Campiña.

b) Limpieza de datos inválidos en cada Data Frame

La limpieza de los Data Frames consistió en eliminar los datos inválidos o innecesarios que se obtienen a través de los dispositivos GPS. Se consideró datos inválidos a:

- El tiempo de espera que experimentaron los buses, comprendido entre la finalización de una vuelta y el inicio de la siguiente vuelta. Por lo general, la velocidad fue cero y el tiempo mínimo de espera que se pudo tener fue alrededor de 5 minutos, este tiempo varió en función de la ruta en la que se encontraron laborando.
- Los desvíos o tramos diferentes a la ruta que experimentaron los buses, ya sea por cuestiones de fallas mecánicas, cambios de horarios, desastres naturales, trabajos en la vía o finalización de la ruta en otros lugares antes del retiro de los dispositivos GPS.

Estos datos innecesarios se eliminaron con la ayuda de las hojas de trabajo de cada operadora, donde se ilustraron los horarios y lugares de control; también se lo realizó mediante la graficación de las rutas a través del programa “LogView” para determinar el recorrido que experimentaron los buses. Con la ayuda de estas herramientas y el RStudio, se determinaron los rangos o filas válidas en cada Data Frame.

```
> AE1 <- AE1[c(1:8507, 8554:12253, 12296:16417), ]
```

Figura 2.18 Código para la limpieza manual de datos inválidos

En la Figura 2.18 se tiene el código para eliminar los datos que no fueron necesarios para el estudio, en el cual se entiende que los datos que se eliminaron se encontraron fuera de los rangos de 8 507 a 8 553 y de 12 254 a 122 965.

c) Selección y renombre de variables de estudio en cada Data Frame

Luego de la eliminación de los datos inválidos se seleccionó las columnas necesarias de cada Data Frame. Estas columnas correspondieron a las variables de estudio que facilitaron la obtención de los resultados.

```

> AE1 <- AE1[ ,c(5,6,9,10,11,12,13,14,16)]
>
> colnames(AE1) <- c("FECHA", "HORA", "LATITUD (GD)", "N.S", "LONGITUD (GD)", "E.W",
"ALTURA (m.s.n.m)", "VELOCIDAD (Km/h)", "DISTANCIA (m)")

```

Donde:

AE1: Nombre del Data Frame.
[,c(5,6,9,10,11,12,13,14,16)]: Significa que se elimina las columnas 1,2,3,4,7,8 y 15.
colnames(AE1): Función para cambiar nombre de variables.

Figura 2.19 Código para la selección y renombre de variables de estudio

El código para seleccionar y renombrar las variables de estudio se muestra en la Figura 2.19. Luego de la aplicación de los códigos anteriores en cada Data Frame, se muestra en la Tabla 2.10, un resumen de la selección y renombre de las variables de estudio.

Tabla 2.10 Resumen de la selección y renombre de variables de estudio

VARIABLES INICIALES	VARIABLES FINALES	RENOMBRE DE VARIABLES
1. INDEX	1. LOCAL.DATE	1. FECHA
2. RCR	2. LOCAL.TIME	2. HORA
3. UTC.DATE	3. LATITUDE	3. LATITUD (GD)
4. UTC.TIME	4. N.S	4. N.S
5. LOCAL.DATE	5. LONGITUDE	5. LONGITUD (GD)
6. LOCAL.TIME	6. E.W	6. E.W
7. MS	7. HEIGHT	7. ALTURA (m.s.n.m)
8. VALID	8. SPEED	8. VELOCIDAD (km/h)
9. LATITUDE	9. Distance	9. DISTANCIA (m)
10. N.S		
11. LONGITUDE		
12. E.W		
13. HEIGHT		
14. SPEED		
15. HEADING		
16. Distance		
17. X		

	FECHA	HORA	LATITUD (GD)	N.S	LONGITUD (GD)	E.W	ALTURA (m.s.n.m)	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (m)
1	2017/12/12	6:22:0	0.354065	N	-78.15076	W	0	0.556	0.00
2	2017/12/12	6:22:1	0.354065	N	-78.15076	W	2167	0.056	0.21
3	2017/12/12	6:22:2	0.354062	N	-78.15076	W	2167	0.019	0.41
4	2017/12/12	6:22:3	0.354062	N	-78.15076	W	2167	0.019	0.00
5	2017/12/12	6:22:5	0.354058	N	-78.15075	W	2167	0.222	0.83
6	2017/12/12	6:22:6	0.354038	N	-78.15076	W	2171	0.426	2.41
7	2017/12/12	6:22:7	0.354038	N	-78.15076	W	2169	0.019	0.00

Showing 1 to 7 of 16,329 entries

Figura 2.20 Selección y renombre de variables de estudio

En la Figura 2.20, se observa la apariencia de cómo resultaron las variables escogidas con sus respectivas unidades para el estudio.

d) División de datos de buses por vueltas

La división de vueltas facilitó determinar el tiempo de viaje y la distancia recorrida durante una vuelta por cada ruta. Para seleccionar correctamente las vueltas se acudió a las hojas de trabajo de los buses para verificar los horarios, su selección consistió en dividir un Data Frame en otros Data Frames de acuerdo con el número de vueltas que haya experimentado cada bus de estudio.

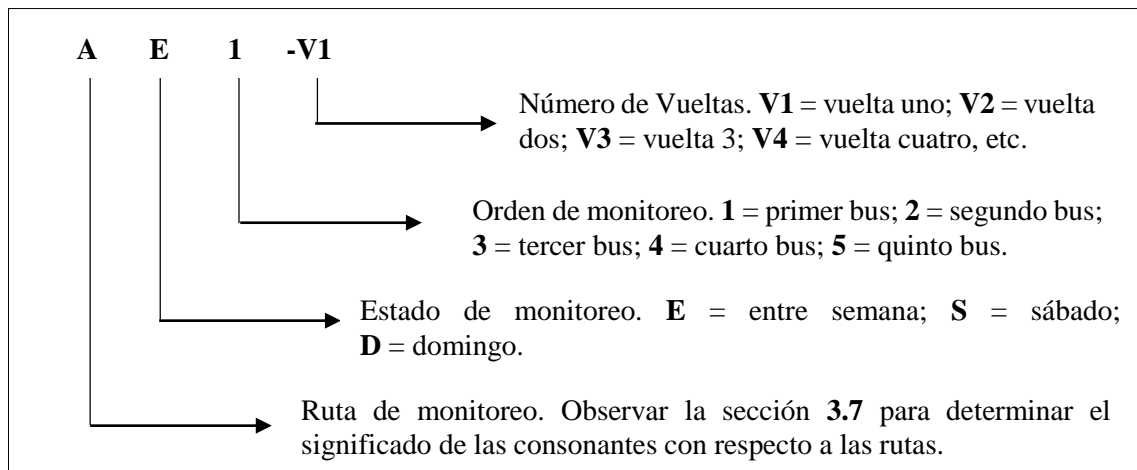


Figura 2.21 Simbología de la creación de Data Frames por vueltas en RStudio, a partir de la base de datos

Para los nuevos archivos se asignó un nuevo código como se muestra en la Figura 2.21. Este nuevo código correspondió al número de vueltas que los buses trabajaron durante todo el día. Si un bus dió una vuelta al final se colocó (_V1); si da dos (_V2) y así sucesivamente.

```
> AE1_V1 <- AE1[2:8507, ]
```

Donde:

AE1_V1: Nombre del nuevo Data Frame, en este caso es la Vuelta 1 de AE1.
 AE1: Nombre del Data Frame que se subdivide en vueltas.
 [2:8507,]: Rango que se selecciona para la subdivisión.

Figura 2.22 Código para la división de datos de buses por rutas

Para dividir un Data Frame en varios Data Frames, se aplicó la codificación de la Figura 2.22 en el cual se mantuvo las columnas pero se escogieron las filas correctas, en este caso las filas que correspondieron a los datos de cada vuelta.

e) Creación de nuevas variables de estudio

La creación de nuevas variables de estudio permitió diferenciar entre Data Frames, en función de la operadora de transporte, la ruta de estudio, el día en el que se realizó el estudio, el número del bus de monitoreo, la marca, el modelo y el año de fabricación del bus de estudio, la edad del conductor, número de vuelta que recorrió el bus y los tiempos de los diferentes estados de marcha que experimentaron los buses monitoreados. Esta información garantizó de manera ordenada el análisis de resultados finales.

```
> AE1_V1=cbind(AE1_V1,ACELERACIÓN=rep("0",8506),OPERADORA=rep("28 DE SEPTIEMBRE",8506),RUTA
=rep("ALOBURO",8506),DIA=rep("LUNES-VIERNES",8506),BUS=rep("101",8506),MARCA=rep("CHEVROLET
",8506),MODELO=rep("ISUZU FTR",8506),AÑO=rep("2001",8506),EDAD.CONDUCTOR=rep("25",8506),VUE
LTA=rep("AE1_V1",8506),TIEMPO.RALENTÍ=rep("0",8506),TIEMPO.CRUCERO=rep("0",8506),TIEMPO.ACE
LERACIÓN=rep("0",8506),TIEMPO.DESACELERACIÓN=rep("0",8506),TIEMPO.MOVIMIENTO=rep("0",8506))
```

Donde:

AE1_V1: Nombre del Data Frame.
 cbind (): Función para crear nuevas variables con su respectivo contenido.
 rep("0",8506): Permite poner el valor de la variable creada, de acuerdo con el número de filas del Data Frame.

Figura 2.23 Código para la creación de nuevas variables de estudio en RStudio

Para la creación de nuevas variables se utilizó el código que se aprecia en la Figura 2.23, y se lo hizo para todas las vueltas que experimentaron los buses entre semana, sábado y domingo.

```
> AE1_V1$ACELERACIÓN <- as.numeric(AE1_V1$ACELERACIÓN)
> AE1_V1$ACELERACIÓN=0
> AE1_V1$TIEMPO.RALENTÍ <- as.numeric(AE1_V1$TIEMPO.RALENTÍ)
> AE1_V1$TIEMPO.RALENTÍ=0
> AE1_V1$TIEMPO.CRUCERO <- as.numeric(AE1_V1$TIEMPO.CRUCERO)
> AE1_V1$TIEMPO.CRUCERO=0
> AE1_V1$TIEMPO.ACELERACIÓN <- as.numeric(AE1_V1$TIEMPO.ACELERACIÓN)
> AE1_V1$TIEMPO.ACELERACIÓN=0
> AE1_V1$TIEMPO.DESACELERACIÓN <- as.numeric(AE1_V1$TIEMPO.DESACELERACIÓN)
> AE1_V1$TIEMPO.DESACELERACIÓN=0
> AE1_V1$TIEMPO.MOVIMIENTO <- as.numeric(AE1_V1$TIEMPO.MOVIMIENTO)
> AE1_V1$TIEMPO.MOVIMIENTO=0
```

Figura 2.24 Especificación de variables de estudio cuantitativas de tipo numérico

Luego de la creación es importante especificar que las variables cuantitativas de la aceleración y los tiempos de estados de marcha del vehículo sean de tipo numérico, y cuyo valor sea igual a cero para eliminar todos los datos falsos que puedan existir, por lo tanto, para cumplir dicha condición se ejecutó la codificación que se ilustra en la Figura 2.24.

f) Cálculo de variables cuantitativas

Correspondió al cálculo de la aceleración y los tiempos de permanencia de los estados de marcha que experimentaron los buses durante todo el día en el transcurso de las rutas urbanas de Ibarra. Para el correcto cálculo de dichas variables se recomienda que tanto la velocidad como la aceleración se encuentren en las unidades correspondientes; es decir en (km/h) y (m/s^2) respectivamente.

```
> for(i in 2:8506){
+   AE1_V1[i,10]=(((AE1_V1[i,8])*(1000/3600))-((AE1_V1[i-1,8])*(1000/3600)))
+ }
```

Donde:

for():	Permite crear un bucle repetitivo, es decir se lo utiliza para especificar que la función que se va a aplicar se ejecute en todas las filas de una determinada variable de estudio.
i:	Significa la fila en donde se aplica la función.
AE1_V1:	Nombre del Data Frame de estudio.
AE1_V1[i,10]:	Variable de la aceleración.
AE1_V1[i,8]:	Columna de la velocidad y fila correspondiente en la cual se aplica la función.
AE1_V1[i-1,8]:	Columna de la velocidad y fila anterior a la correspondiente en la cual se aplica la función.
(1000/3600):	Factor de conversión para obtener m/s^2 .

Figura 2.25 Código para calcular la aceleración de los buses en RStudio

Los dispositivos GPS no grabaron la aceleración obtenida en el seguimiento de datos, pero si facilitaron la información de la velocidad en km/h, por lo tanto a partir de la velocidad se calculó la aceleración. Dicha aceleración debe estar en m/s^2 , por lo tanto, se realizó la codificación de la Figura 2.25 en RStudio para obtener el resultado con dichas unidades. Una vez conseguido que las variables de la velocidad y la aceleración se encuentren con los valores de las unidades correspondientes, se emplearon condiciones en función de las variables anteriormente nombradas, estableciendo que si cumple la condición dada se ejecute el número uno (1) y si no cumple marque cero (0); la obtención de estos valores permitió

sumar tantos unos y tantos ceros para conseguir el promedio de cada uno y por ende calcular el porcentaje obtenido en cada estado de marcha.

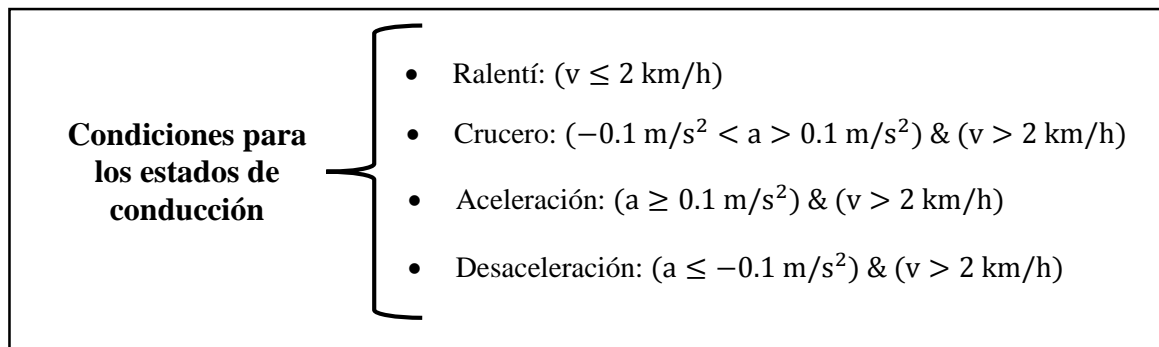


Figura 2.26 Condiciones para los estados de conducción
(Ochoa & Salazar, 2018, pág. 51)

Con los resultados obtenidos a partir de las condiciones citadas en la Figura 2.26, se estableció las siguientes fórmulas en el software RStudio, seguidamente se ejecutó en cada Data Frame obtenido con los mismos pasos que se detallan a continuación:

Se consideró que los buses están en **estado de ralentí** cuando el resultado a partir de la fórmula cumplió el enunciado: “si la velocidad es menor o igual a 2 km/h”.

```
> for(i in 1:8506){
  if(AE1_V1[i,8]<=2)
    AE1_V1[i,20]=1
  else AE1_V1[i,20]=0
}
```

Figura 2.27 Fórmula en RStudio para el ciclo de ralentí

En la Figura 2.27 se detalla el código que permitió determinar el porcentaje de permanencia en ralentí mediante la función **for** (); donde *for (i in 1:8506)* se aplicó para referirse a un rango de filas en el cual se va a ejecutar otra función, en este caso **if**. *if(AE1_V1[i, 8] <= 2)* se ejecutó para condicionar algo; en este caso el número 8 se refiere a la variable de la velocidad; por lo tanto, la función significa “Si la velocidad es menor o igual a 2 km/h”. *AE1_V1[i, 20] = 1* es lo que se cumplió en base al condicional if; en este caso el número 20 se refiere a la variable del estado de marcha ralentí donde se colocó 1 si se cumplió que la velocidad es menor o igual a 2 km/h. *else AE1_V1[i, 20] = 0* Se refiere a lo que no se cumplió del condicional if; se colocó 0 en la columna de la variable del estado de marcha ralentí si no se cumplió que la velocidad es menor o igual a 2 km/h.

```

> for(i in 1:8506){
  if(AE1_V1[i,8]>2 & AE1_V1[i,10]>-0.1 & AE1_V1[i,10]<0.1)
    AE1_V1[i,21]=1
  else AE1_V1[i,21]=0
}

```

Donde:

AE1_V1 [i, 8]: Columna que se refiere a la columna de la variable velocidad.
 AE1_V1 [i, 10]: Columna que se refiere a la columna de la variable aceleración.
 AE1_V1 [i, 21]: Columna que se refiere a la variable de estado de marcha crucero.

Figura 2.28 Fórmula en RStudio para el ciclo de crucero

Para el **estado de crucero** se tomó en cuenta la variante de $\pm 0,1 \text{ m/s}^2$ para la aceleración, mediante el cual se determina si el valor es constante o no; para este estado se cumple tres consideraciones: la primera dice que: “el valor de la aceleración es mayor a $0,1 \text{ m/s}^2$ ”; la segunda establece que: “el valor de la aceleración es inferior a $0,1 \text{ m/s}^2$ ”; mientras que la tercera consideración enuncia que: “el valor de la velocidad es mayor a 2 km/h ; se detalla este estado en la Figura 2.28.

```

> for(i in 1:8506){
  if(AE1_V1[i,10]>=0.1 & AE1_V1[i,8]>2)
    AE1_V1[i,22]=1
  else AE1_V1[i,22]=0
}

```

Donde:

AE1_V1 [i, 8]: Columna que se refiere a la columna de la variable velocidad.
 AE1_V1 [i, 10]: Columna que se refiere a la columna de la variable aceleración.
 AE1_V1 [i, 22]: Columna que se refiere a la variable de estado de marcha aceleración.

Figura 2.29 Fórmula en RStudio para el ciclo de aceleración

El **estado de aceleración** cumplió la condición de que: “el valor de la variable de la aceleración es mayor o igual a $0,1 \text{ m/s}^2$ y que el valor de la velocidad sea mayor a 2 km/h ”; este estado se detalla en la Figura 2.29.

```

> for(i in 1:8506){
  if(AE1_V1[i,10]<=-0.1 & AE1_V1[i,8]>2)
    AE1_V1[i,23]=1
  else AE1_V1[i,23]=0
}

```

Donde:

AE1_V1 [i, 8]: Columna que se refiere a la columna de la variable velocidad.
 AE1_V1 [i, 10]: Columna que se refiere a la columna de la variable aceleración.
 AE1_V1 [i, 23]: Columna de la variable de estado de marcha desaceleración.

Figura 2.30 Fórmula en RStudio para el ciclo de desaceleración

El estado de **desaceleración** cumplió la condición de que: “el valor de la variable de la aceleración es menor o igual a $-0,1 \text{ m/s}^2$ y que el valor de la velocidad sea mayor a 2 km/h ”; este estado se detalla en la Figura 2.30.

DELO	AÑO	EDAD.CONDUCTOR	VUELTA	TIEMPO.RALENTÍ (s)	TIEMPO.CRUCERO (s)	TIEMPO.ACCELERACIÓN (s)	TIEMPO.DESACELERACIÓN (s)
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	1	0	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	1	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	1	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	1	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	0	1
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	1	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	0	1
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	0	1
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	0	1
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	1	0	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	1	0	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	1	0	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	1	0	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	1	0	0	0
ZU FTR	2001	25	AE1_V1	0	0	1	0

Figura 2.31 Apariencia del cálculo de los estados de conducción en RStudio

La apariencia que tomaron los Data Frames con el resultado de las variables de aceleración y tiempos de los estados de marcha se da a conocer en la Figura 2.31.

g) Unión de Data Frames

La unión de Data Frames consistió en obtener la base de datos real (DATANUEVA) de cada uno de los buses de monitoreo, además en esta sección se creó un solo Data Frame que contuvo toda la nueva base de datos creada; esto se realizó con la facilidad de analizar los resultados finales, al momento de comparar entre operadoras, rutas, datos del bus, edad del conductor, horarios, sectores etc. A continuación, se detalla un proceso que se debe seguir para llegar a una sola tabla global:

```
> AE1_FINAL <- rbind(AE1_V1,AE1_V2,AE1_V3)
```

Donde:

AE1_FINAL: Nombre del nuevo Data Frame Final de un bus de monitoreo.
 rbind: Función que permite unir varios Data Frames de igual número de variables.

Figura 2.32 Código para la unión de Data Frames por bus (DATANUEVA)

Primero se realizó la unión de Data Frames por bus que consistió en simplificar todas las tablas de cada vuelta en una sola por bus; es decir, que si se tiene archivos como AE1_V1, AE1_V2, AE1_V3, se resumen en una sola, en este caso sería AE1_FINAL. Se le asignó la palabra FINAL, para evitar que se reemplace con los archivos iniciales (DATACRUDA) que tienen una estructura de AE1. La codificación de la Figura 2.32, se aplicó para cada ruta, con su respectiva simbología.

```
> DATA_ENTRESEMANA <- rbind(AE1_FINAL, BE1_FINAL, BE2_FINAL, BE3_FINAL, CE1_FINAL, CE2_FINAL, CE3_FINAL, CE4_FINAL, CE5_FINAL, DE1_FINAL, DE2_FINAL, DE3_FINAL, DE4_FINAL, DE5_FINAL, EE1_FINAL, FE1_FINAL, FE2_FINAL, FE3_FINAL, FE4_FINAL, FE5_FINAL, GE1_FINAL, GE2_FINAL, GE3_FINAL, GE4_FINAL, GE5_FINAL, HE1_FINAL, HE2_FINAL, HE3_FINAL, HE4_FINAL, IE1_FINAL, JE1_FINAL, JE2_FINAL, JE3_FINAL, JE4_FINAL, JE5_FINAL, KE1_FINAL, KE2_FINAL, KE3_FINAL, KE4_FINAL, LE1_FINAL, LE2_FINAL, LE3_FINAL, LE4_FINAL, LE5_FINAL, ME1_FINAL, ME2_FINAL, ME3_FINAL, ME4_FINAL, ME5_FINAL, NE1_FINAL, NE2_FINAL, NE3_FINAL, OE1_FINAL, OE2_FINAL, OE3_FINAL, OE4_FINAL, OE5_FINAL, PE1_FINAL, PE2_FINAL, PE3_FINAL, PE4_FINAL, PE5_FINAL, QE1_FINAL, QE2_FINAL, QE3_FINAL, QE4_FINAL, QE5_FINAL, RE1_FINAL, RE2_FINAL, RE3_FINAL, RE4_FINAL, RE5_FINAL, SE1_FINAL, SE2_FINAL, SE3_FINAL, SE4_FINAL, SE5_FINAL, TE1_FINAL, TE2_FINAL, TE3_FINAL, TE4_FINAL, TE5_FINAL, UE1_FINAL, UE2_FINAL, UE3_FINAL, UE4_FINAL, UE5_FINAL, VE1_FINAL, VE2_FINAL, VE3_FINAL, VE4_FINAL, VE5_FINAL)
>
> DATA_SABADO <- rbind(AS1_FINAL, BS1_FINAL, BS2_FINAL, CS1_FINAL, CS2_FINAL, DS1_FINAL, DS2_FINAL, ES1_FINAL, FS1_FINAL, FS2_FINAL, GS1_FINAL, GS2_FINAL, HS1_FINAL, HS2_FINAL, IS1_FINAL, JS1_FINAL, JS2_FINAL, KS1_FINAL, KS2_FINAL, LS1_FINAL, LS2_FINAL, MS1_FINAL, MS2_FINAL, OS1_FINAL, OS2_FINAL, PS1_FINAL, PS2_FINAL, QS1_FINAL, QS2_FINAL, RS1_FINAL, RS2_FINAL, SS1_FINAL, SS2_FINAL, TS1_FINAL, TS2_FINAL, US1_FINAL, US2_FINAL, VS1_FINAL, VS2_FINAL)
>
> DATA_DOMINGO <- rbind(AD1_FINAL, BD1_FINAL, BD2_FINAL, CD1_FINAL, CD2_FINAL, DD1_FINAL, DD2_FINAL, ED1_FINAL, FD1_FINAL, FD2_FINAL, GD1_FINAL, GD2_FINAL, HD1_FINAL, HD2_FINAL, ID1_FINAL, JD1_FINAL, JD2_FINAL, KD1_FINAL, KD2_FINAL, LD1_FINAL, LD2_FINAL, MD1_FINAL, MD2_FINAL, OD1_FINAL, OD2_FINAL, QD1_FINAL, QD2_FINAL, RD1_FINAL, RD2_FINAL, SD1_FINAL, SD2_FINAL, TD1_FINAL, TD2_FINAL, UD1_FINAL, UD2_FINAL, VD1_FINAL, VD2_FINAL)
```

Donde:

DATA_ENTRE SEMANA: Nombre del Data Frame Final para los días de entre semana.
 DATA_SABADO: Nombre del Data Frame Final para los días sábado.
 DATA_DOMINGO: Nombre del Data Frame Final para los días domingo.

Figura 2.33 Código para la unión de Data Frames por día de monitoreo (DATANUEVA)

A continuación, se unió los Data Frames de acuerdo con los tres estados de levantamiento de datos: entre semana, sábado y domingo. En este caso se tomó en cuenta la simbología de los nombres de los archivos para diferenciar los días de monitoreo; la letra **E** se refiere a entre semana, la **S** corresponde a sábado y la **D** equivale a domingo. Para facilitar su explicación se ilustra el código en la Figura 2.33. El Data Frame Global es la tabla que conlleva todos los archivos finales (DATACRUDA) obtenidos; está compuesto de 24 columnas y 5 513 866 filas y resultó de la unión de cada uno de ellos.

h) Importación de datos finales (DATANUEVA)

La importación de los Data Frames finales (DATANUEVA) correspondió al guardado de los archivos mediante una codificación ejecutable en RStudio.

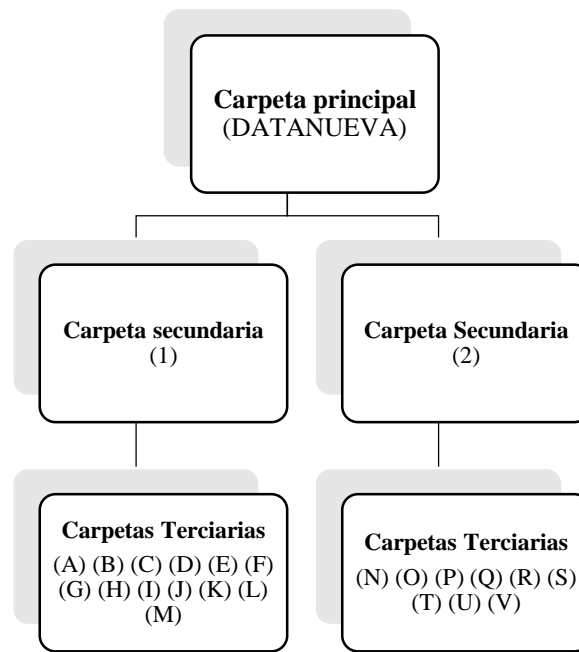


Figura 2.34 Distribución de la base de datos exportados desde RStudio

Los datos se exportaron de RStudio a la PC de manera ordenada en una carpeta llamada “DATANUEVA” dentro de la cual se tuvo subcarpetas ubicadas de la misma manera como se muestra en la Figura 2.34, con la diferencia que esta sección los archivos finales fueron guardados en subdivisiones; es decir en vueltas recorridas por los buses.

```

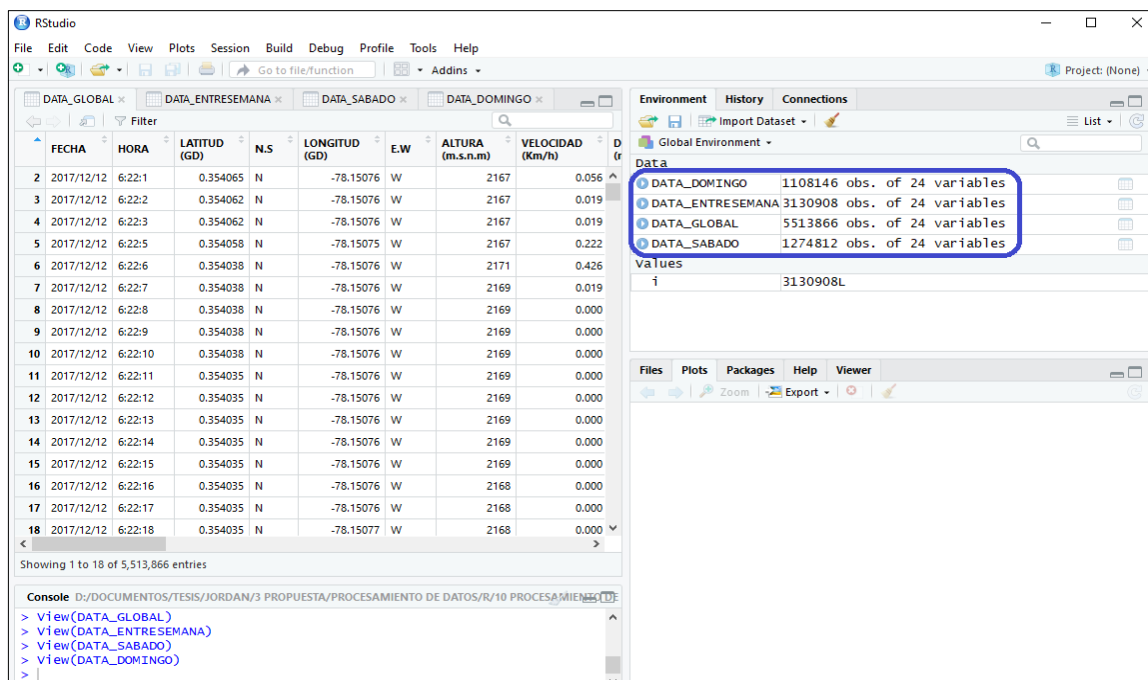
> write.csv(AE1_FINAL, file="DATANUEVA/1/A/AE1_FINAL.csv")
write.csv(AE1_V1, file="DATANUEVA/1/A/AE1_V1.csv")
write.csv(AE1_V2, file="DATANUEVA/1/A/AE1_V3.csv")
write.csv(AE1_V3, file="DATANUEVA/1/A/AE1_V3.csv")
write.csv(AS1_FINAL, file="DATANUEVA/1/A/AS1_FINAL.csv")
write.csv(AS1_V1, file="DATANUEVA/1/A/AS1_V1.csv")
write.csv(AS1_V2, file="DATANUEVA/1/A/AS1_V2.csv")
write.csv(AS1_V3, file="DATANUEVA/1/A/AS1_V3.csv")
write.csv(AD1_FINAL, file="DATANUEVA/1/A/AD1_FINAL.csv")
write.csv(AD1_V1, file="DATANUEVA/1/A/AD1_V1.csv")
  
```

Figura 2.35 Código para la exportación de la base de datos (DATANUEVA)

En la Figura 2.35 se ilustra la codificación que se aplicó a cada uno de los Data Frames mediante la función **write.csv ()**, es decir que permitió guardar los resultados en formato (.csv).

i) Eliminación de base de datos

En esta fase se eliminó la base de datos (DATACRUDA), aquella que se leyó al inicio en RStudio y parte de la base de datos (DATANUEVA) que correspondió a los archivos de cada bus obtenidos en el primer punto de la unión de Data Frames con la finalidad de analizar los datos únicamente en los archivos finales obtenidos (DATANUEVA), correspondientes a los días de monitoreo y a la tabla final; ya que estos cuentan con las variables cualitativas y cuantitativas seleccionadas y calculadas respectivamente durante el procesamiento de datos.



The screenshot displays the RStudio interface. The main window shows a data table with the following columns: FECHA, HORA, LATITUD (GD), N.S, LONGITUD (GD), E.W, ALTURA (m.s.n.m), and VELOCIDAD (Km/h). The table contains 18 rows of data. The Environment pane on the right shows four data frames: DATA_DOMINGO (1108146 obs. of 24 variables), DATA_ENTRESEMANA (3130908 obs. of 24 variables), DATA_GLOBAL (5513866 obs. of 24 variables), and DATA_SABADO (1274812 obs. of 24 variables). The console at the bottom shows the following commands: View(DATA_GLOBAL), View(DATA_ENTRESEMANA), View(DATA_SABADO), and View(DATA_DOMINGO).

Figura 2.36 Apariencia de los Datos Finales (DATANUEVA) en RStudio

Luego de aplicar el código anterior, se muestra en la Figura 2.36 la apariencia que tomó la ventana de RStudio con las cuatro tablas resultantes que posteriormente se utilizaron para el análisis e interpretación de resultados.

2.9. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Se aplicó códigos de programación en RStudio para determinar los porcentajes de estados de macha en ralentí, crucero, aceleración y desaceleración; así como también las velocidades y aceleraciones máximas y promedios por operadora, ruta, modelo de bus, sector, edad del

conductor y horario de operación de los buses. Los Data Frames que se utilizaron para el análisis de los datos son tres que se obtuvieron en el literal **g** de la sección 2.8.2 “Unión de Data Frames”; cuyos nombres son DATA_ENTRE SEMANA, DATA_SABADO y DATA_DOMINGO.

2.9.1. CREACIÓN Y CÁLCULO DE VARIABLES PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS EN RSTUDIO

En primer lugar, se creó variables útiles para analizar los resultados, en este caso estas variables son: sector, edad, horario, acelera y desacelera. El sector, la edad y el horario son variables cualitativas mientras que acelera y desacelera son cuantitativas que se las obtuvo a partir de la aceleración con el fin de determinar las aceleraciones y desaceleraciones máximas y promedios respectivamente.

```
> DATA_ENTRESEMANA$SECTOR = 0
> DATA_ENTRESEMANA$EDAD = 0
> DATA_ENTRESEMANA$HORARIO = 0
> DATA_ENTRESEMANA$ACELERA = 0
> DATA_ENTRESEMANA$DESACELERA = 0
>
> DATA_SABADO$SECTOR = 0
> DATA_SABADO$EDAD = 0
> DATA_SABADO$HORARIO = 0
> DATA_SABADO$ACELERA = 0
> DATA_SABADO$DESACELERA = 0
>
> DATA_DOMINGO$SECTOR = 0
> DATA_DOMINGO$EDAD = 0
> DATA_DOMINGO$HORARIO = 0
> DATA_DOMINGO$ACELERA = 0
> DATA_DOMINGO$DESACELERA = 0
```

Figura 2.37 Código para la creación de variables para el análisis de resultados

Para la creación de las variables cualitativas y cuantitativas anteriormente nombradas se utilizó la codificación de la Figura 2.37. En la cual el símbolo de dólar (\$) divide a la izquierda el nombre de la tabla de datos y a la derecha el nombre de la variable que se va a crear, al final se coloca cero para que automáticamente se llene todas las celdas de cero y permita posteriormente el cálculo de dichas variables. Luego de la creación de las variables, se calculó las variables cualitativas y cuantitativas, para ello se ejecutó en RStudio un código que determinó los respectivos valores, así como se detalla a continuación.

a) Cálculo de la variable cualitativa sector

En primer lugar, se realizó la sectorización de la ciudad de Ibarra mediante cuadrantes, en la cual se determinó los puntos de latitud y longitud de los sectores más importantes de la ciudad.

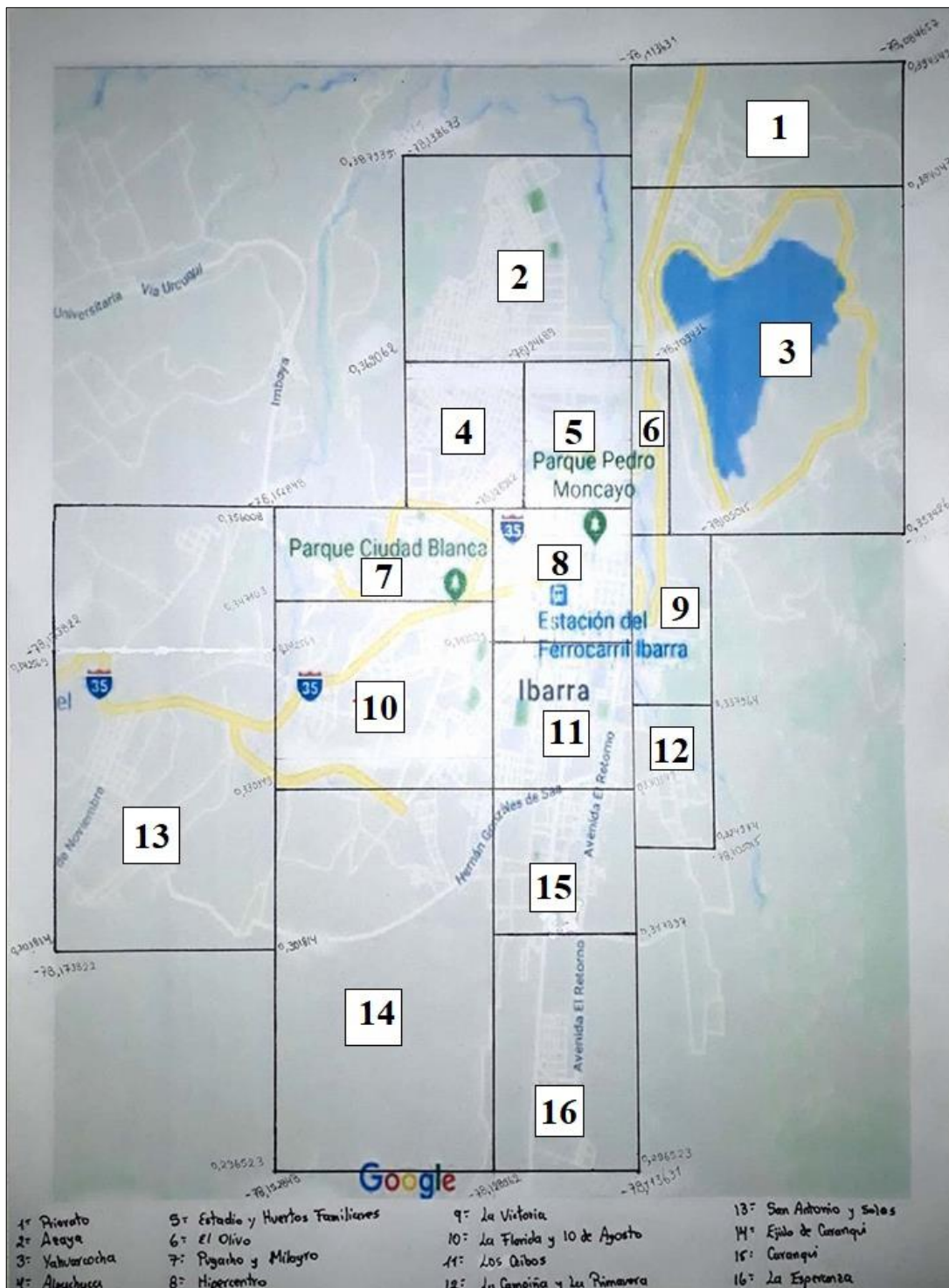


Figura 2.38 Sectorización de la ciudad de Ibarra

En la Figura 2.38 se observa la sectorización que se realizó manualmente mediante cuadrante, a través de Google Map. En total se trazó 16 cuadrantes con la finalidad de determinar las zonas urbanas, perimetrales e hipercentro.

En la tabla 2.11, se ilustró los rangos determinados de latitud y longitud de los sectores de la ciudad de Ibarra.

Tabla 2.11 Sectorización de la ciudad de Ibarra

N°	TIPO	SECTOR	LATITUD (GD)	LONGITUD (GD)
1	Urbano	Priorato	0.384047 a 0.394349	-78.113631 a -78.084657
2	Urbano	Azaya	0.369062 a 0.387935	-78.138673 a -78.113631
3	Perimetral	Yahuarcocha	0.353426 a 0.384047	-78.113631 a -78.084657
4	Urbano	Alpachaca	0.356008 a 0.369062	-78.138673 a -78.124689
5	Perimetral	Estadio y Huertos Familiares	0.356008 a 0.369062	-78.124689 a -78.113631
6	Urbano	El Olivo	0.353426 a 0.369062	-78.113631 a -78.109436
7	Urbano	Pugacho y Milagro	0.347103 a 0.356008	-78.152848 a -78.128962
8	Hipercentro	Hipercentro	0.343391 a 0.356008	-78.128962 a -78.113631
9	Urbano	La Victoria	0.337964 a 0.353426	-78.113631 a -78.105015
10	Perimetral	La Florida y 10 de Agosto	0.330349 a 0.347103	-78.152848 a -78.128962
11	Urbano	Los Ceibos	0.330349 a 0.343391	-78.128962 a -78.113631
12	Perimetral	La Campiña y La Primavera	0.324974 a 0.337964	-78.113631 a -78.105015
13	Perimetral	San Antonio y Soles	0.301814 a 0.356008	-78.173822 a -78.152848
14	Perimetral	Ejido de Caranqui	0.296523 a 0.330349	-78.152848 a -78.128962
15	Urbano	Caranqui	0.317897 a 0.330349	-78.128962 a -78.113631
16	Perimetral	La Esperanza	0.296523 a 0.317897	-78.128962 a -78.113631

```

> for(i in 1:3130908){
  if(DATA_ENTRESEMANA[i,3]>=0.384047 & DATA_ENTRESEMANA[i,3]<=0.394349 &
    DATA_ENTRESEMANA[i,5]>=-78.113631 & DATA_ENTRESEMANA[i,5]<=-78.084657)
    DATA_ENTRESEMANA[i,25]="PRIORATO"
}

for(i in 1:1274812){
  if(DATA_SABADO[i,3]>=0.384047 & DATA_SABADO[i,3]<=0.394349 &
    DATA_SABADO[i,5]>=-78.113631 & DATA_SABADO[i,5]<=-78.084657)
    DATA_SABADO[i,25]="PRIORATO"
}

for(i in 1:1108146){
  if(DATA_DOMINGO[i,3]>=0.384047 & DATA_DOMINGO[i,3]<=0.394349 &
    DATA_DOMINGO[i,5]>=-78.113631 & DATA_DOMINGO[i,5]<=-78.084657)
    DATA_DOMINGO[i,25]="PRIORATO"
}

```

Donde:

[i, 3]: Columna de la latitud.
 [i, 5]: Columna de la longitud.
 [i, 25]: Columna de la variable sector.
 "PRIORATO": Nombre del sector que se desea ejecutar.

Figura 2.39 Código para la determinación de los sectores de Ibarra

Luego de la sectorización de la ciudad mediante cuadrantes, se calculó cada uno de los sectores de la ciudad de Ibarra, para los tres campos de monitoreo, tomando en cuentas las latitudes y longitudes de cada uno de ellos. En la Figura 2.39, se muestra el código que se ejecuta para determinar los sectores de Ibarra.

b) Cálculo de la variable cualitativa edad

Primero se definió los rangos de edades en los cuales se encuentran los conductores, para luego determinar la variable de la edad. Existen cinco grupos: edad comprendida entre 20 y 29 años, edad entre 30 y 39 años, edad entre 40 y 49 años y el rango de edad comprendida entre 50 y 65 años.

```
> for(i in 1:3130908){
  if(DATA_ENTRESEMANA[i,18]>=20 & DATA_ENTRESEMANA[i,18]<=29)
  DATA_ENTRESEMANA[i,26]="20 a 29"
}

for(i in 1:1274812){
  if(DATA_SABADO[i,18]>=20 & DATA_SABADO[i,18]<=29)
  DATA_SABADO[i,26]="20 a 29"
}

for(i in 1:1108146){
  if(DATA_DOMINGO[i,18]>=20 & DATA_DOMINGO[i,18]<=29)
  DATA_DOMINGO[i,26]="20 a 29"
}
```

Donde:

[i, 18]:	Columna de la edad del conductor.
[i, 26]:	Columna de la variable edad.
"20 a 29":	Grupo de edad de los conductores.

Figura 2.40 Código para el cálculo de los rangos de edades de los conductores

Luego de definir los rangos de edades se calculó dicha variable mediante el código que se muestra en la Figura 2.40, para los tres estados de monitoreo (entre semana, sábado y domingo).

c) Cálculo de la variable cualitativa horario

El horario se determinó en función de la hora, para saber si los buses operan en hora pico u hora valle. Por lo general la hora pico es la que presenta mayor congestión vehicular,

mientras que en la hora valle el tráfico es normal. En la tabla 2.12, se define el horario adecuado que operan los buses en la ciudad de Ibarra.

Tabla 2.12 Determinación de horas pico y horas valle en la ciudad de Ibarra

N°	HORARIO	HORA INICIO	HORA FIN
1	PICO	6:30:00	8:00:00
2	VALLE	8:00:00	12:00:00
3	PICO	12:00:00	13:30:00
4	VALLE	13:30:00	17:30:00
5	PICO	17:30:00	19:00:00
6	VALLE	19:00:00	6:30:00

```

> for(i in 1:3130908){
  if(DATA_ENTRESEMANA[i, 2]>="6:30:0" & DATA_ENTRESEMANA[i, 2]<="8:0:0")
  DATA_ENTRESEMANA[i,27]="PICO 6:30 a 8:00"
}

for(i in 1:3130908){
  if(DATA_ENTRESEMANA[i, 2]>="6:4:0" & DATA_ENTRESEMANA[i, 2]<="6:9:59")
  DATA_ENTRESEMANA[i,27]="VALLE 19:00 a 6:30"
}

for(i in 1:1274812){
  if(DATA_SABADO[i, 2]>="6:30:0" & DATA_SABADO[i, 2]<="8:0:0")
  DATA_SABADO[i,27]="PICO 6:30 a 8:00"
}

```

Donde:

[i, 2]: Columna de la hora.
[i, 27]: Columna de la variable horario.
"PICO 6:30:0 a 8:00": Grupo del horario correspondiente.

Figura 2.41 Código para el cálculo de los rangos de la franja horaria

Luego de obtener las horas pico y valle de la ciudad, se determinó la franja horaria, para los tres campos de monitoreo, tomando en cuenta las horas de monitoreo que practicaron los buses. En la Figura 2.41, se muestra el código que se ejecuta para determinar los sectores de Ibarra.

d) Cálculo de las variables cuantitativas acelera y desacelera

Se dice que un bus está acelerado cuando la aceleración es mayor a cero y cuando la aceleración es menor a cero, el bus se encuentra desacelerado.

```

> for(i in 1:3130908){
  if(DATA_ENTRESEMANA[i,10]>=0)
    DATA_ENTRESEMANA[i,28]=DATA_ENTRESEMANA[i,10]
  else DATA_ENTRESEMANA[i,29]=DATA_ENTRESEMANA[i,10]
}

for(i in 1:1274812){
  if(DATA_SABADO[i,10]>=0)
    DATA_SABADO[i,28]=DATA_SABADO[i,10]
  else DATA_SABADO[i,29]=DATA_SABADO[i,10]
}

for(i in 1:1108146){
  if(DATA_DOMINGO[i,10]>=0)
    DATA_DOMINGO[i,28]=DATA_DOMINGO[i,10]
  else DATA_DOMINGO[i,29]=DATA_DOMINGO[i,10]
}

```

Donde:

[1, 10]: Se refiere a la columna de la variable de la aceleración.
[1, 28]: Se refiere a la columna de la variable de acelera.
[1, 29]: Se refiere a la columna de la variable de desacelera.

Figura 2.42 Código para el cálculo de aceleración y desaceleración para el análisis de resultados

En la Figura 2.42, se muestra el código que se empleó para calcular las variables de aceleración y desaceleración dentro del análisis de resultados.

2.9.2. CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE LAS RUTAS DE AUTOBUSES URBANOS DE IBARRA

Una vez que se calculó las variables cualitativas y cuantitativas se determinó el porcentaje de permanencia que experimentan los buses en cada estado de marcha: ralenti, crucero, aceleración y desaceleración; además se calculó las velocidades, aceleraciones y desaceleraciones tanto promedio como máximas. Estos estados se analizaron para los días entre semana, sábados y domingos y en diferentes campos de estudio como operadora, ruta, modelo de bus, sector de la ciudad, edad del conductor y franja horaria.

a) Cálculo del porcentaje de los estados de conducción

El porcentaje del estado de operación de ralenti se lo determinó en función de la relación de la sumatoria de la variable TIEMPO.RALENTÍ calculada en cada Data Frame final (DATA_ENTRE SEMANA, DATA_SABADO, y DATA_DOMINGO) y el tiempo de operación total.

```

> ERO <- tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.RALENTÍ), DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)
ERO <- as.data.frame(ERO)

SRO <- tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.RALENTÍ), DATA_SABADO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_SABADO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_SABADO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_SABADO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_SABADO$OPERADORA, sum)
SRO <- as.data.frame(SRO)

DRO <- tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.RALENTÍ), DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_DOMINGO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_DOMINGO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_DOMINGO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)
DRO <- as.data.frame(DRO)

```

Figura 2.43 Código para calcular el porcentaje de ralentí de los buses

En la Figura 2.43, se ilustra el código para determinar el porcentaje de ralentí en cada campo de estudio. Donde, *ERO* se refiere al nombre del Data Frame que corresponde a el porcentaje de ralentí; la primera letra corresponde al día de monitoreo: E = entre semana, S = sábado y D = domingo; la segunda letra se refiere al estado de macha: R = ralentí, C = crucero, A = aceleración y D = desaceleración; la tercera letra equivale al campo de estudio: O = operadora, R = ruta, M = modelo del bus, S = sector, E = edad del conductor y H = horario de operación. La función *tapply ()* permite determinar otra función de una variable con respecto a otra. La función *as.data.frame ()* permite convertir un archivo en una tabla o tipo Data Frame.

```

> ECO <- tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.CRUCERO), DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)
ECO <- as.data.frame(ECO)

SCO <- tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.CRUCERO), DATA_SABADO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_SABADO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_SABADO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_SABADO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_SABADO$OPERADORA, sum)
SCO <- as.data.frame(SCO)

DCO <- tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.CRUCERO), DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_DOMINGO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_DOMINGO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_DOMINGO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)
DCO <- as.data.frame(DCO)

```

Figura 2.44 Código para calcular el porcentaje de crucero de los buses

El porcentaje del estado de operación de crucero se determinó en función de la relación de la sumatoria de la variable TIEMPO.CRUCERO calculada en cada Data Frame final y el tiempo de operación total. En la Figura 2.44, se da a conocer el código para determinar el porcentaje de crucero en cada campo de estudio.

```

> EAO <- tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.ACCELERACIÓN), DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)
EAO <- as.data.frame(EAO)

SAO <- tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.ACCELERACIÓN), DATA_SABADO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_SABADO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_SABADO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_SABADO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_SABADO$OPERADORA, sum)
SAO <- as.data.frame(SAO)

DAO <- tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.ACCELERACIÓN), DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_DOMINGO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_DOMINGO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_DOMINGO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)
DAO <- as.data.frame(DAO)

```

Figura 2.45 Código para calcular el porcentaje de aceleración de los buses

El porcentaje del estado de operación de crucero se calculó en función de la relación de la sumatoria de la variable TIEMPO.ACCELERACIÓN calculada en cada Data Frame final y el tiempo de operación total. El porcentaje de aceleración se lo determina a partir del código de la Figura 2.45.

```

> EDO <- tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.DESACELERACIÓN), DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_ENTRESEMANA$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, sum)
EDO <- as.data.frame(EDO)

SDO <- tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.DESACELERACIÓN), DATA_SABADO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_SABADO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_SABADO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_SABADO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_SABADO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_SABADO$OPERADORA, sum)
SDO <- as.data.frame(SDO)

DDO <- tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.DESACELERACIÓN), DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)/
tapply((DATA_DOMINGO$TIEMPO.RALENTÍ + DATA_DOMINGO$TIEMPO.CRUCERO +
DATA_DOMINGO$TIEMPO.ACCELERACIÓN + DATA_DOMINGO$TIEMPO.DESACELERACIÓN),
DATA_DOMINGO$OPERADORA, sum)
DDO <- as.data.frame(DDO)

```

Figura 2.46 Código para calcular el porcentaje de desaceleración de los buses

El porcentaje del estado de operación de desaceleración se determinó en función de la relación de la sumatoria de la variable TIEMPO.DESACELERACIÓN calculada en cada Data Frame final y el tiempo de operación total. El porcentaje de aceleración se lo determina a partir del código de la Figura 2.46.

b) Cálculo de la velocidad máxima y promedio

La velocidad máxima y promedio es aquella que se determina en función de la VELOCIDAD.

```
> EVMAXO <- tapply(DATA_ENTRESEMANA$VELOCIDAD, DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, max)
EVMAXO <- as.data.frame(EVMAXO)
SVMAXO <- tapply(DATA_SABADO$VELOCIDAD, DATA_SABADO$OPERADORA, max)
SVMAXO <- as.data.frame(SVMAXO)
DVMAXO <- tapply(DATA_DOMINGO$VELOCIDAD, DATA_DOMINGO$OPERADORA, max)
DVMAXO <- as.data.frame(DVMAXO)
```

Figura 2.47 Código para calcular la velocidad máxima

La velocidad máxima se calculó a través del código que se observa en la Figura 2.47, mediante las funciones **tapply ()** y **max ()** y se lo ejecutó para los tres Data Frames finales obtenidos en RStudio. *EVMAXO* se refiere al nombre del Data Frame. La primera letra corresponde al día de monitoreo. La palabra VMAX se refiere a la variable cinemática: VMAX = Velocidad máxima, AMAX = aceleración máxima, DMAX = desaceleración máxima, VPROM = velocidad promedio, APROM = aceleración promedio, DPROM = desaceleración promedio. La última letra equivale al campo de estudio

```
> EVPROMO <- tapply(DATA_ENTRESEMANA$VELOCIDAD, DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, mean)
EVPROMO <- as.data.frame(EVPROMO)
SVPROMO <- tapply(DATA_SABADO$VELOCIDAD, DATA_SABADO$OPERADORA, mean)
SVPROMO <- as.data.frame(SVPROMO)
DVPROMO <- tapply(DATA_DOMINGO$VELOCIDAD, DATA_DOMINGO$OPERADORA, mean)
DVPROMO <- as.data.frame(DVPROMO)
```

Figura 2.48 Código para calcular la velocidad promedio

La velocidad promedio resultó de la relación entre la sumatoria de todas las velocidades y el número de datos que se analizó. Su valor se determinó mediante las funciones **tapply ()** y **mean ()** y se la ejecutó para los tres Data Frames finales mediante el código que se muestra en la Figura 2.48.

c) Cálculo de la aceleración máxima y promedio

La aceleración máxima y promedio es aquella que se determinó en función de la ACELERACIÓN.

```
> EAMAXO <- tapply(DATA_ENTRESEMANA$ACELERACIÓN, DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, max)
EAMAXO <- as.data.frame(EAMAXO)
SAMAXO <- tapply(DATA_SABADO$ACELERACIÓN, DATA_SABADO$OPERADORA, max)
SAMAXO <- as.data.frame(SAMAXO)
DAMAXO <- tapply(DATA_DOMINGO$ACELERACIÓN, DATA_DOMINGO$OPERADORA, max)
DAMAXO <- as.data.frame(DAMAXO)
```

Figura 2.49 Código para calcular la aceleración máxima

La aceleración máxima se calculó a través del código que se observa en la Figura 2.49, mediante las funciones **tapply ()** y **max()** y se la ejecutó para los tres Data Frames finales obtenidos en RStudio.

```
> EAPROMO <- tapply(DATA_ENTRESEMANA$ACELERA, DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, mean)
EAPROMO <- as.data.frame(EAPROMO)
SAPROMO <- tapply(DATA_SABADO$ACELERA, DATA_SABADO$OPERADORA, mean)
SAPROMO <- as.data.frame(SAPROMO)
DAPROMO <- tapply(DATA_DOMINGO$ACELERA, DATA_DOMINGO$OPERADORA, mean)
DAPROMO <- as.data.frame(DAPROMO)
```

Figura 2.50 Código para calcular la aceleración promedio

La aceleración promedio fue obtenida en cada Data Frame final, su valor resultó de las funciones **tapply ()** y **mean()** y se la ejecutó para los tres Data Frames finales obtenidos en RStudio, mediante el código de la Figura 2.50.

d) Cálculo de la desaceleración máxima y promedio

La desaceleración máxima y promedio fueron obtenidas en función de la DESACELERACIÓN.

```
> EDMAXO <- tapply(DATA_ENTRESEMANA$ACELERACIÓN, DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, min)
EDMAXO <- as.data.frame(EDMAXO)
SDMAXO <- tapply(DATA_SABADO$ACELERACIÓN, DATA_SABADO$OPERADORA, min)
SDMAXO <- as.data.frame(SDMAXO)
DDMAXO <- tapply(DATA_DOMINGO$ACELERACIÓN, DATA_DOMINGO$OPERADORA, min)
DDMAXO <- as.data.frame(DDMAXO)
```

Figura 2.51 Código para calcular la desaceleración máxima

La desaceleración máxima se calculó a través del código que se observa en la Figura 2.51, mediante las funciones **tapply ()** y **min()** y se la ejecutó para los tres Data Frames finales obtenidos en RStudio.

```
> EDPROMO <- tapply(DATA_ENTRESEMANA$DESACELERA, DATA_ENTRESEMANA$OPERADORA, mean)
EDPROMO <- as.data.frame(EDPROMO)
SDPROMO <- tapply(DATA_SABADO$DESACELERA, DATA_SABADO$OPERADORA, mean)
SDPROMO <- as.data.frame(SDPROMO)
DDPROMO <- tapply(DATA_DOMINGO$DESACELERA, DATA_DOMINGO$OPERADORA, mean)
DDPROMO <- as.data.frame(DDPROMO)
```

Figura 2.52 Código para calcular la desaceleración promedio

La desaceleración promedio fue determinada en cada Data Frame final, su valor se determinó mediante las funciones **tapply ()** y **mean()** y se ejecutó para los tres Data Frames finales obtenidos en RStudio, mediante el código que se muestra en la Figura 2.52.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. FLUJOGRAMA DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados contempla analizar la cinemática del vehículo, para ello se empleó un proceso que detalla la interpretación de los datos para ciertos tópicos, que se detallan a continuación.

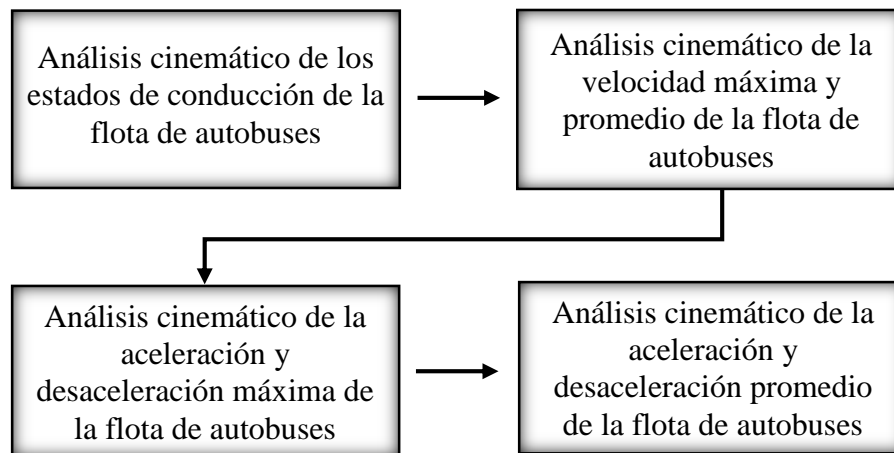


Figura 3.1 Flujograma del análisis de resultados

Los tópicos de estudio se dan a conocer en la Figura 3.1; entre ellos tenemos los estados de conducción de los autobuses, las velocidades, las aceleraciones, y las desaceleraciones máximas y promedios respectivamente en base a las operadoras de autobuses urbanos de Ibarra, las rutas, modelo del vehículo, el sector por el que transitan, la edad de los conductores y la franja horaria.

3.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS ESTADOS DE CONDUCCIÓN DE LA FLOTA DE AUTOBUSES

En la primera etapa se analizó los porcentajes de permanencia de los estados de marcha en base a diferentes tópicos que se dan a conocer a continuación:

3.2.1. ESTADOS DE CONDUCCIÓN GENERAL

En la Tabla 3.1, se determinó que los autobuses se mantuvieron más en aceleración con una permanencia del 30,9 %; aunque existe una diferencia mínima del 0,7 % con el estado de ralenti; esto quiere decir que en la ciudad existe un número considerado de semáforos, lo que obligó a los conductores a detenerse bastante tiempo; y al momento de ponerse en marcha realizaron aceleraciones repetitivas, que al encontrarse nuevamente con interrupciones redujeron su velocidad por lo cual experimentaron desaceleraciones con una diferencia del 6 % en base a la aceleración. Como último se tuvo el estado de velocidad crucero con el 15 % de diferencia con respecto a los dos primeros; esto indica que no se encuentran tramos de velocidad constante dentro de la ciudad.

Tabla 3.1 Estados de conducción general

DÍAS	RALENTÍ (%)	CRUCERO (%)	ACELERACIÓN (%)	DESACELERACIÓN (%)
Entre semana	29,9	14,5	31,3	24,3
Sábado	29,2	16,2	30,3	24,3
Domingo	28,5	18,0	29,7	23,8
PROMEDIO	29,6	15,2	30,9	24,2

Es importante analizar si existió diferencia entre los estados de conducción general de la flota de autobuses de Ibarra, con respecto a los adquiridos entre semana y fines de semana.

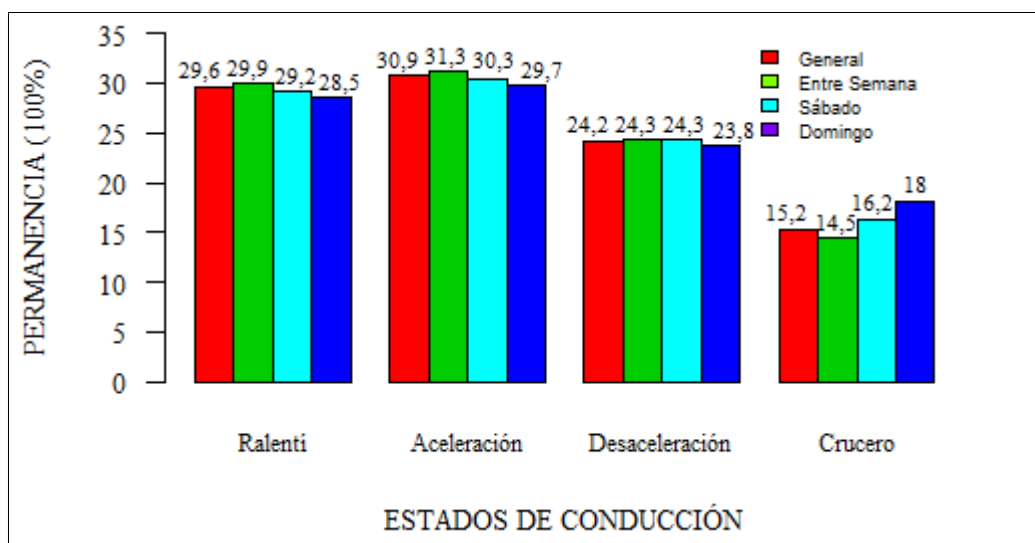


Figura 3.2 Estados de conducción en entre semana, sábado y domingo vs general

Con base en la Figura 3.2, se determinó que existe un comportamiento similar de los estados de conducción entre semana con respecto al general, con una diferencia mínima inferior al 1 %; esto quiere decir que los buses se trasladan por la ciudad en condiciones normales.

Sin embargo en los fines de semana se presentó poco diferente; ya que en los sábados, la diferencia máxima que se obtuvo de los estados de conducción con respecto al general es del 1 %; pero el estado de ralenti y aceleración disminuyó aproximadamente en 1 %; esto se debe a que los buses ya no se paran para esperar más a los pasajeros, ya que la demanda es menor; sin embargo la presencia de semáforos y rompe velocidades es igual por lo tanto la desaceleración se mantuvo; pero el estado de crucero aumentó en 2 % debido a que el tráfico vehicular dentro de la ciudad es menor, lo que garantiza que los buses conquisten tramos con mayor velocidad crucero.

Para los domingos, la situación y las justificaciones fueron similares a los sábados, pero con respecto a los estados de conducción generales, la diferencia fue mayor; ya que los estados de aceleración y ralenti se redujeron en 1,5 %, el de desaceleración en 0,7 %; mientras que el estado de crucero aumentó en 4,5 %; esto indica que en los domingos el tráfico es más fluido y por ende existe menor consumo de combustible.

3.2.2. ESTADOS DE CONDUCCIÓN POR OPERADORA

A continuación, se presenta las gráficas que corresponden a los estados de marcha en base a las operadoras de autobuses urbanos de Ibarra; entre semana, sábado y domingo.

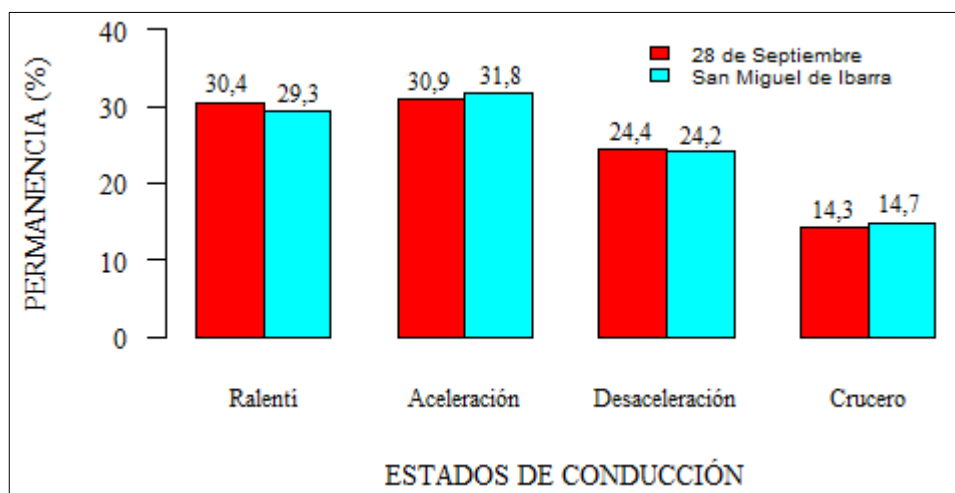


Figura 3.3 Permanencia de los estados de conducción por operadora - Entre semana

En la Figura 3.3 se observa que los estados de marcha entre semana que se presentaron en las operadoras fueron similares, cuya diferencia mínima es de 1 %, lo que indica que ambas cooperativas se comportaron de igual forma dentro de la ciudad.

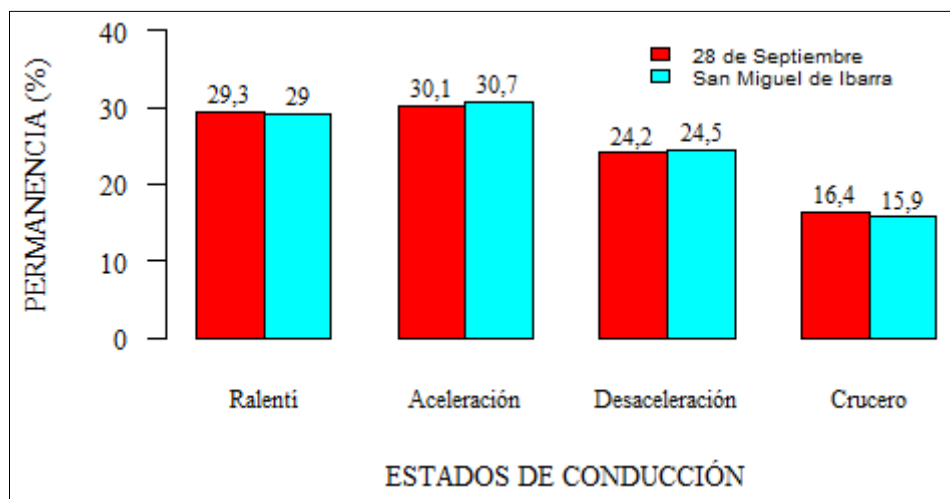


Figura 3.4 Permanencia de los estados de conducción por operadora - Sábado

En la Figura 3.4 se da a conocer el estilo de conducción que experimentaron los buses en los sábados para cada operadora, con la finalidad de diferenciar su forma de trabajo con respecto a los días entre semana. En los sábados ambas operadoras se comportaron de forma similar con una diferencia mínima del 1 %. Al comparar estos datos con los de los días entre semana, se determinó que los índices de ralenti se redujeron en 1 % mínimo; los de aceleración y desaceleración se mantuvieron; mientras que los de crucero aumentaron en 12 % máximo; esto indica que en los sábados se presenta menor tráfico.

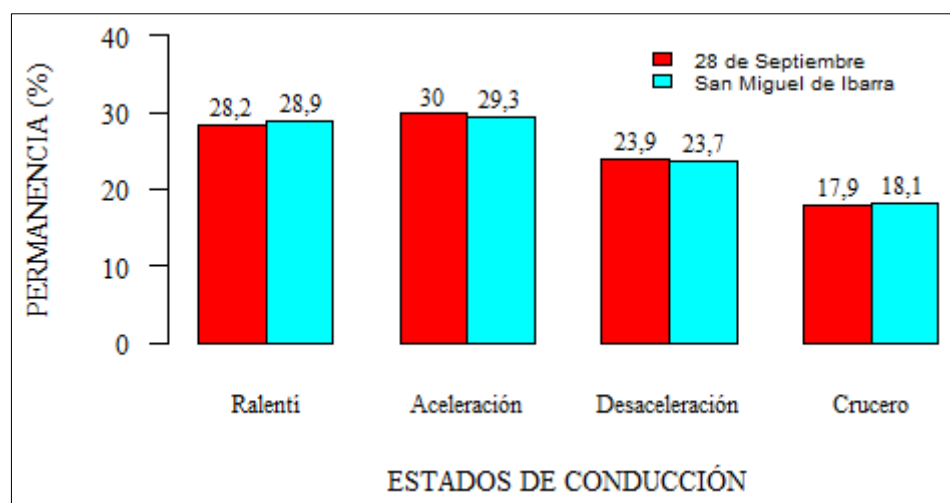


Figura 3.5 Permanencia de los estados de conducción por operadora - Domingo

El estilo de conducción que experimentaron los buses en los domingos fue similar al del sábado, con una diferencia mínima de 1 %. En la Figura 3.5 se indica que en los fines de semana se presenta menos tráfico que en los días entre semana, de lo cual se determinó que existe menor consumo de combustible en los fines de semana.

3.2.3. ESTADOS DE CONDUCCIÓN POR RUTA

Luego de analizar los estados de conducción por operadora, se analizó los datos de los estados de marcha obtenidos por cada ruta de autobuses de la ciudad de Ibarra. Para facilitar la interpretación de los datos se analizó los estilos de conducción uno por uno, para los días entre semana, sábados y domingos.

a) Estado de ralentí por ruta

Se analizó el porcentaje de permanencia en el cual los buses se encontraron en ralentí durante los días entre semana, sábado y domingo con la finalidad de determinar que rutas son las que permitieron que los buses se encuentren más parados durante un viaje.

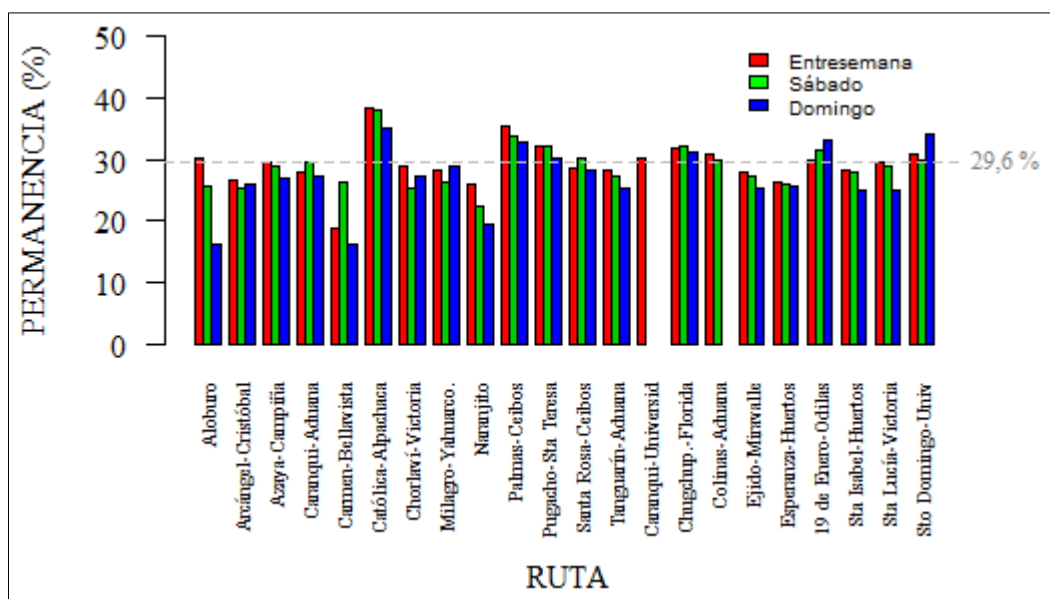


Figura 3.6 Permanencia en ralentí por ruta

En la Figura 3.6, se aprecia que el estado de ralentí promedio general fue de 29,6 %; por lo tanto, las rutas que están más en ralentí entre semana fueron Católica-Alpachaca (38,3 %), Palmas-Ceibos (35,5 %), Pugacho-Santa Teresita (32,1 %), Chugchupungo-La Florida (31,8 %), Colinas del Sur-Aduana (30,9 %) y Santo Domingo-Universidades (30,7 %); pues parte de su tramo pasa por zonas urbanas; las rutas que estuvieron menos en ralentí fueron Carmen-Bellavista (18,9 %), Naranjito (26 %), La Esperanza-Huertos Familiares (26,2 %) y Arcángel-San Cristóbal (26,7 %), ya que dichas rutas se encuentran mayormente en tramos perimetrales. Para los sábados se mantuvo el mismo orden con menos del 1 %; mientras que las que menos estuvieron en ralentí fueron Naranjito (22,3 %), Arcángel-San Cristóbal (25,2 %), Chorlaví-La Victoria (25,4 %) y Aloburo (25,7 %). En los domingos, el panorama fue diferente, las rutas que se encontraron más en ralentí fueron Católica-Alpachaca (35,2 %), Santo Domingo-Universidades (34 %), 19 de Enero-Odilas (33 %), Palmas-Ceibos (32,7 %), Pugacho Santa Teresita (32 %) y Chugchupungo-La Florida (32 %); las de menor ralentí fueron Carmen-Bellavista (16,1 %), Aloburo (16,2 %) y Naranjito (19,4 %).

b) Estado de cruceo por ruta

El estado de cruceo se analizó a continuación con la finalidad de determinar las rutas que se encontraron sobre el nivel de cruceo promedio general.

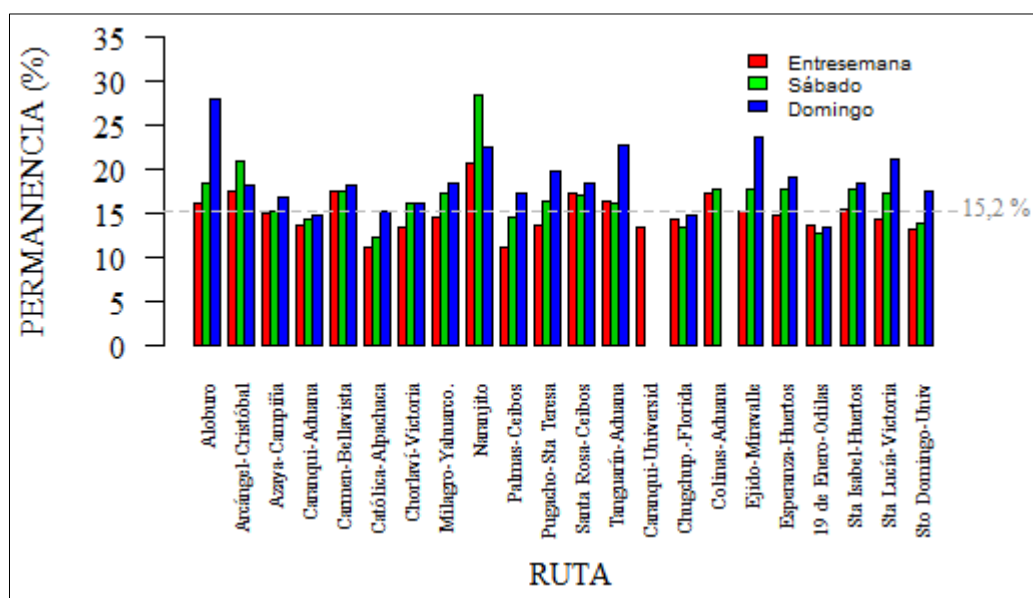


Figura 3.7 Permanencia en cruceo por ruta

El porcentaje de permanencia promedio general del estado de crucero fue de 15,2 %, así como se muestra en la Figura 3.7. Para los días de entre semana las rutas que se mantuvieron más en crucero fueron Naranjito (20,6 %), Carmen-Bellavista (17,5 %) y Arcángel-San Cristóbal (17,4 %), para el sábado fueron Naranjito (28,5 %), Arcángel-San Cristóbal (20,9 %) y Aloburo (18,4 %); mientras que para el domingo se obtuvo a Aloburo (27,9 %), Ejido de Caranqui-Miravalle (23,6 %) y Tanguarín-Aduana (22,8 %). Las rutas que se encontraron en menor permanencia de crucero para entre semana fueron Católica-Alpachaca (11,1 %), Palmas-Ceibos (11,2 %) y Santo Domingo-Universidades (13,1 %); para el sábado se tuvo a Católica-Alpachaca (12,3 %), 19 de Enero-Odilas (12,6 %) y Chugchupungo-La Florida (13,3 %); mientras que para domingo fueron 19 de Enero-Odilas (13,3 %), Chugchupungo-La Florida (14,8 %) y Caranqui-Aduana (14,8 %). Las rutas que presentan mayor porcentaje de permanencia en crucero son aquellas en las cuales los buses adquieren mayormente velocidades constantes, es decir gran parte de la ruta pasan por sectores perimetrales.

c) Estado de aceleración por ruta

Es importante saber en qué rutas los buses permanecieron más acelerados, para ello se analizó los porcentajes de permanencia en aceleración durante los días entre semana, sábados y domingos con respecto al estado de aceleración promedio general.

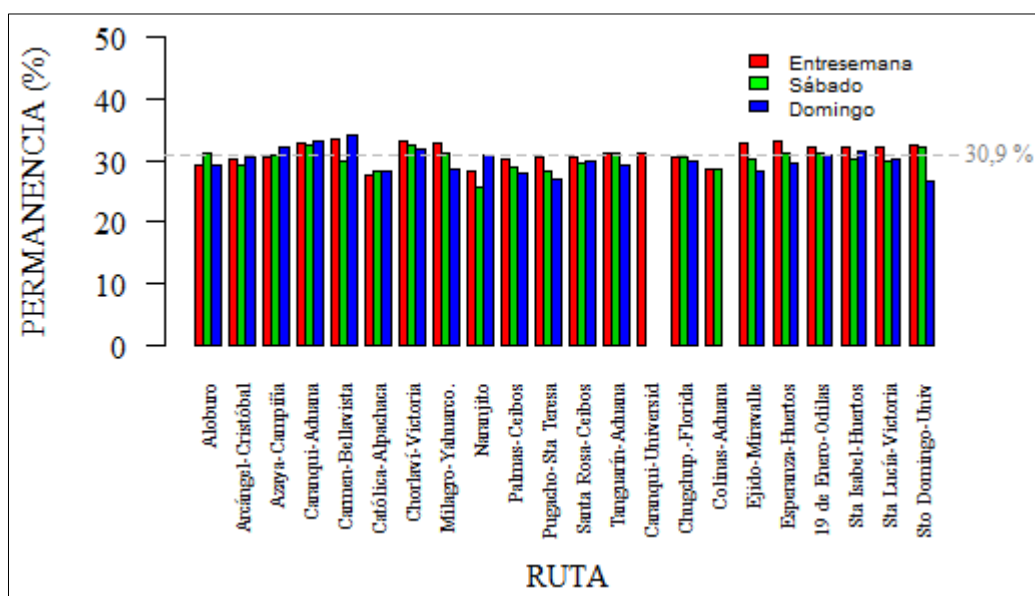


Figura 3.8 Permanencia en aceleración por ruta

En la Figura 3.8 se observa que el porcentaje de permanencia promedio general en aceleración fue de 30,9 %; con respecto a este índice; las rutas que más se encontraron en aceleración durante los días entre semana fueron Carmen-Bellavista (33,6 %), Chorlaví-La Victoria (33,1 %) y La Esperanza-Huertos Familiares (33 %); en cuanto a los sábados se obtuvo a las rutas Caranqui-Aduana (32,6 %), Chorlaví-La Victoria (32,5 %) y Santo Domingo-Universidades (32,1 %); mientras que para los domingos se obtuvo las rutas Carmen-Bellavista (34,2 %), Caranqui-Aduana (33 %) y Azaya-Campiña (32,2 %). En cuanto a los menores índices de permanencia en aceleración se los pudo apreciar en las rutas Católica-Alpachaca (27,7 %), Naranjito (28,3 %) y Colinas del Sur-Aduana (28,5 %) para los días entre semana; Naranjito (25,6 %), Católica-Alpachaca (28,2 %) y Pugacho-Santa Teresita (28,3 %) en los sábados; y finalmente Santo Domingo-Universidades (26,6 %), Pugacho-Santa Teresita (26,9 %) y Palmas-Ceibos (27,9 %) en los domingos.

d) Estado de desaceleración por ruta

El índice de porcentaje general promedio en el estado de desaceleración fue de 24,2 %; por lo tanto, fue importante determinar las rutas que se mayormente estuvieron en desaceleración con respecto a este índice.

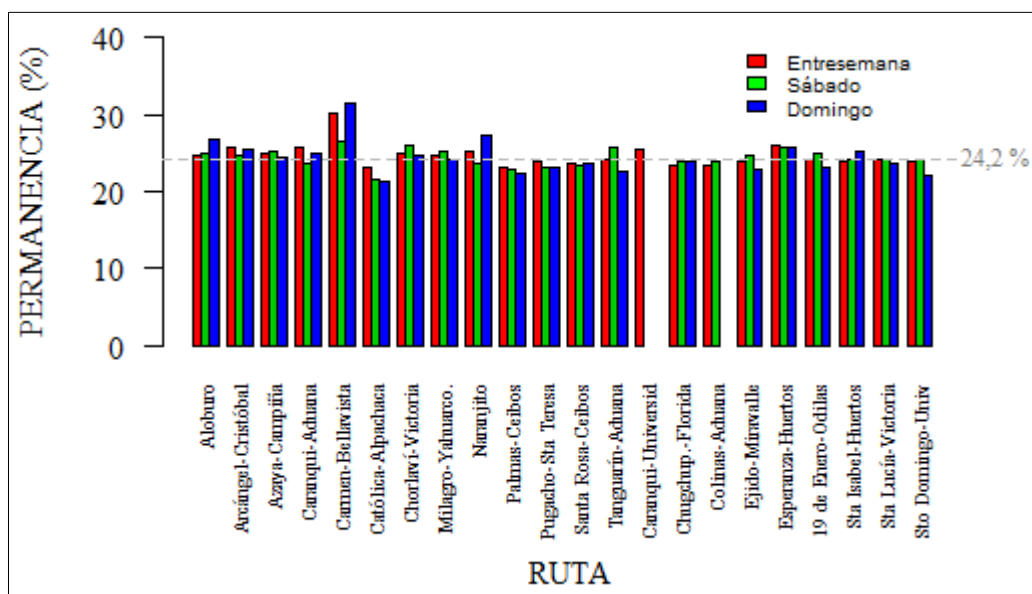


Figura 3.9 Permanencia en desaceleración por ruta

A partir de la Figura 3.9 se puede apreciar que las rutas que experimentaron mayor permanencia en desaceleración durante los días entre semana fueron Carmen-Bellavista (30,1 %), La Esperanza-Huertos Familiares (26,1 %) y Arcángel-San Cristóbal (25,7 %); mientras que las de menor índice de desaceleración fueron Católica-Alpachaca (23 %), Palmas-Ceibos (23,2 %) y Chugchupungo-La Florida (23,3 %). En el caso de los sábados las rutas que mayormente estuvieron más desaceleradas fueron Carmen-Bellavista (26,5 %), Chorlaví-La Victoria (25,9 %), La Esperanza Huertos Familiares (25,6 %); las de menor desaceleración fueron Católica-Alpachaca (21,6 %), Palmas-Ceibos (22,9 %) y Pugacho-Santa Teresita (23,2 %). Para los domingos el estado de conducción de desaceleración tuvo mayor presencia en las rutas Carmen-Bellavista (31,5 %), Naranjito (27,4 %) y Aloburo (26,8 %) debido a que tienen grandes tramos inclinados; las rutas Católica-Alpachaca (21,4 %), Santo Domingo-Universidades (22 %) y Palmas-Ceibos (22,2 %) fueron las de menor índice de desaceleración.

3.2.4. ESTADOS DE CONDUCCIÓN POR MODELO DEL VEHÍCULO

Se debe tomar en cuenta que el análisis de los estados de conducción con respecto al modelo de los buses no es tan preciso, ya que no se presentó el mismo número de modelos de estudio por ruta, por lo tanto, existieron distorsiones. Para tener un dato real y preciso se debe hacer un estudio para el mismo número de modelos por ruta; sin embargo, a continuación, se detalla los modelos de autobuses de estudio con su respectivo porcentaje de permanencia en ralentí, crucero, aceleración y desaceleración; tanto para entre semana, sábado y domingo.

a) Estado de ralentí por modelo

El comportamiento del modelo de los buses con respecto al estado de ralentí permitió determinar cuáles estuvieron más tiempo detenidos al comparar con el porcentaje promedio general de ralentí de toda la flota.

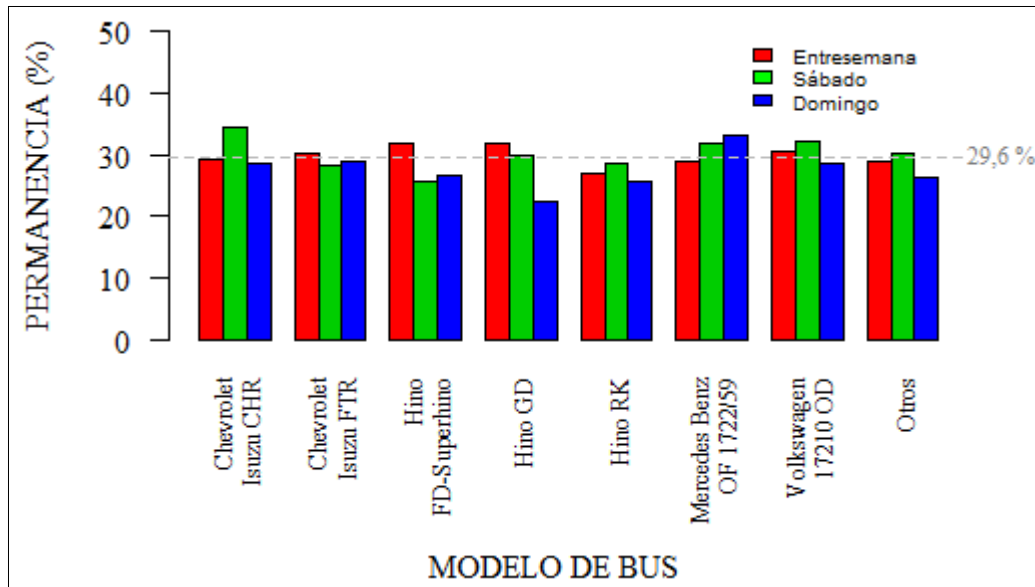


Figura 3.10 Permanencia en ralentí por modelo del vehículo

Como base en la Figura 3.10 se muestra que, entre semana, el modelo de bus que más se mantuvo en ralentí fue el Hino GD con un porcentaje de permanencia del 31,9 %, seguido estuvo el Superhino con el 31,8 %, tan solo una diferencia del 0,1 % con respecto al primero, posteriormente se obtuvo el Volkswagen 17210 OD con el 30,4 %. Para los sábados la situación fue diferente ya que los modelos de buses que se encontraron mayormente en ralentí fueron el Chevrolet Isuzu CHR, Volkswagen 17210 OD y Mercedes Benz OF 1722/59 con el 34,3 %, 32,2 % y 31,8 % de permanencia respectivamente. En los domingos los modelos que presentaron mayor porcentaje de permanencia en ralentí fueron Mercedes Benz OF 1722/59, Chevrolet Isuzu FTR y Chevrolet Isuzu CHR con el 33,1 %, 28,9 % y 28,6 % respectivamente.

b) Estado de crucero por modelo

El porcentaje de permanencia promedio general del estado de crucero fue de 15,2 %, y con respecto a este índice se analizó que modelos son los que sobrepasaron o estuvieron más en crucero.

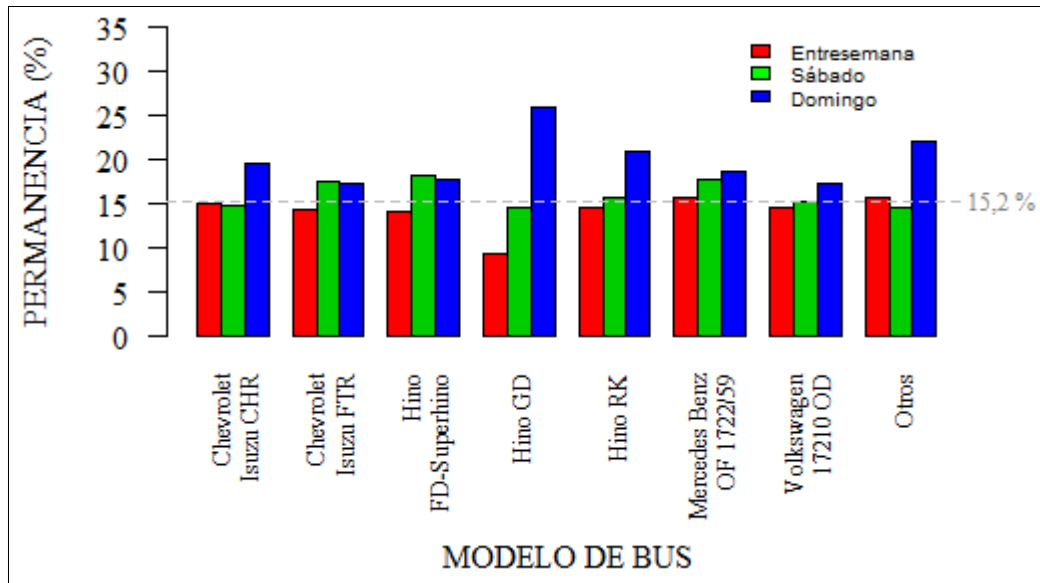


Figura 3.11 Permanencia en cruceo por modelo del vehículo

El porcentaje de permanencia en cruceo que experimentaron los modelos de buses se ilustra en la Figura 3.11, donde los que más estuvieron en cruceo para los días entre semana fueron Mercedes Benz OF 1722/59 y otros modelos con el 15,6 %, mientras que el que presentó menor permanencia en cruceo fue el Hino GD con tan solo 9,2 %. Para los sábados el Superhino, Mercedes Benz OF 1722/59 y el Chevrolet Isuzu FTR permanecieron más en cruceo con 18,1 %, 17,8 % y 17,4 %, respectivamente; el de menor permanencia fue el Hino GD con el 14,4 %. En cuanto a los domingos, los que más se encontraron en cruceo fueron el Hino GD, otros modelos y el Hino RK con un porcentaje de permanencia del 25,9 %, 22 % y 20,9 % respectivamente; mientras que el que estuvo menos en cruceo fue el Volkswagen 17210 OD con un 17,2 %.

c) Estado de aceleración por modelo

A continuación, con respecto a al valor de porcentaje promedio general en el estado de aceleración se determinó los modelos que más permanecieron en aceleración.

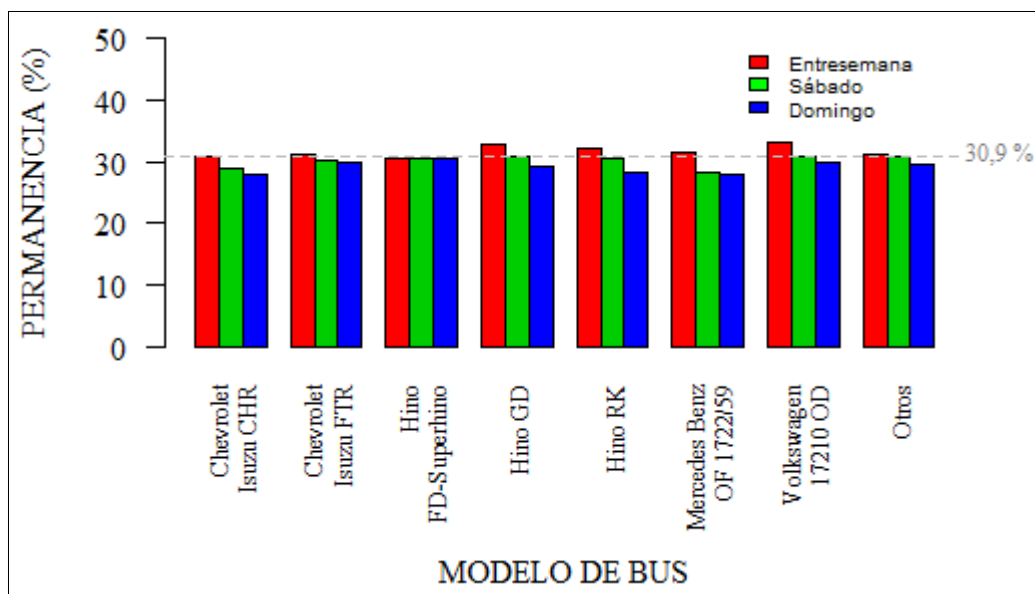


Figura 3.12 Permanencia en aceleración por modelo del vehículo

En la Figura 3.12 se aprecia que el porcentaje de permanencia promedio general en el estado de aceleración fue de 30,9 %. Los buses Volkswagen 17210 OD permanecieron más en aceleración, tanto entre semana (33,1 %) como sábado (30,8 %), mientras que en el domingo ocupó el segundo lugar con el 30 %, tan solo con el 0,4 % de diferencia del primero que fue Superhino con 30,4 %. Los buses Hino GD ocuparon el segundo lugar en cuanto a los días entre semana (32,7 %) y sábados (30,7 %), mientras que en los domingos no tuvieron mayor presencia.

d) Estado de desaceleración por modelo

Para conocer los modelos que permanecieron más en el estado de desaceleración se analizó los porcentajes de permanencia con respecto al estado de permanencia promedio general; cuyo valor fue de 24,2 %.

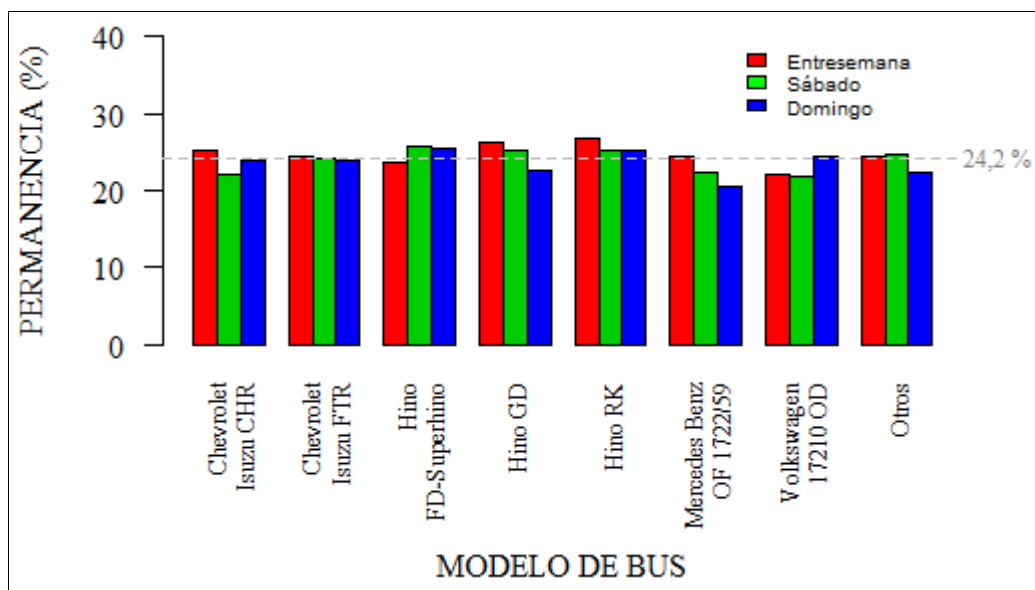


Figura 3.13 Permanencia en desaceleración por modelo del vehículo

Se observa en la Figura 3.13 que entre semana, el modelo de bus que más se encontró desacelerado es el Hino RK con un porcentaje de permanencia del 26,7 %, seguido estuvo el Hino GD con el 36,3 %, tan solo una diferencia del 0,4 % con respecto al primero, posteriormente se obtuvo el Chevrolet Isuzu CHR con el 25,1 %. Para los sábados los modelos que buses que estuvieron más en ralentí fueron el Superhino, Hino RK e Hino GD con el 25,7 %, 25,3 % y 25,1 % de permanencia respectivamente. En los domingos los modelos que presentaron mayor porcentaje de permanencia en ralentí fueron Superhino, Hino RK y Volkswagen 17210 OD con el 25,4 %, 25,3 % y 24,3 % respectivamente.

3.2.5. ESTADOS DE CONDUCCIÓN POR SECTOR

A continuación, se analizó los estados de conducción en base a los sectores de la ciudad: hipercentro, perimetral y urbano tanto para los días de entre semana, sábado y domingo.

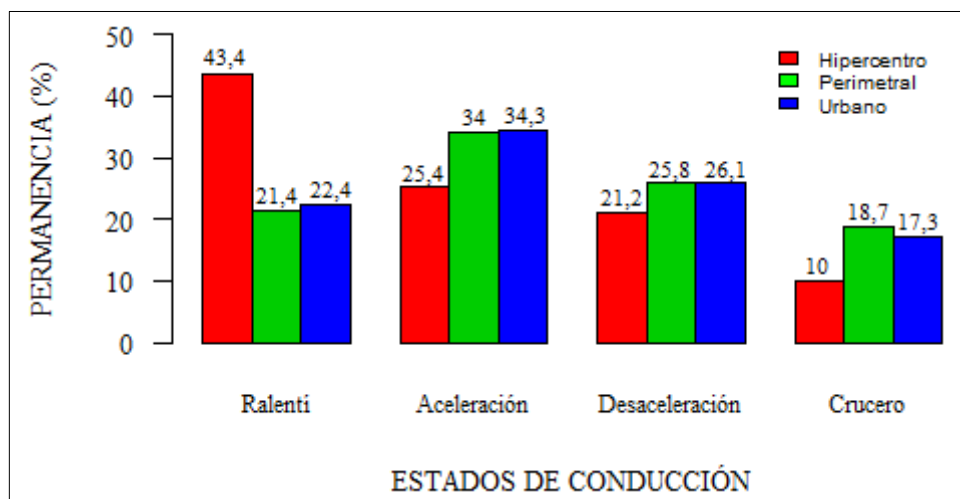


Figura 3.14 Permanencia de los estados de conducción por sector - Entre semana

En la Figura 3.14 se observa que, entre semana, el sector en el cual los buses se hallaron más en ralenti fue el hipercentro con el 43,4 % de permanencia, seguido estuvo el urbano con el 22,4 % y finalmente el perimetral con el 21,4 %. En el estado de aceleración la parte urbana fue el sector en el cual los buses permanecen más acelerados con un 34,3 %, seguido está la parte perimetral con un 34 % y finalmente apareció el hipercentro con el 25,4 %. En cuanto al estado de conducción de desaceleración el orden fue similar al de la aceleración, 26,1 % en urbano, 25,8 % en perimetral y 21,2 % en hipercentro. El sector en el cual los buses se concentraron más en crucero fue el perimetral con el 18,7 %, seguido el urbano con el 17,3 % y finalmente se obtuvo al hipercentro con tan solo el 10 %.

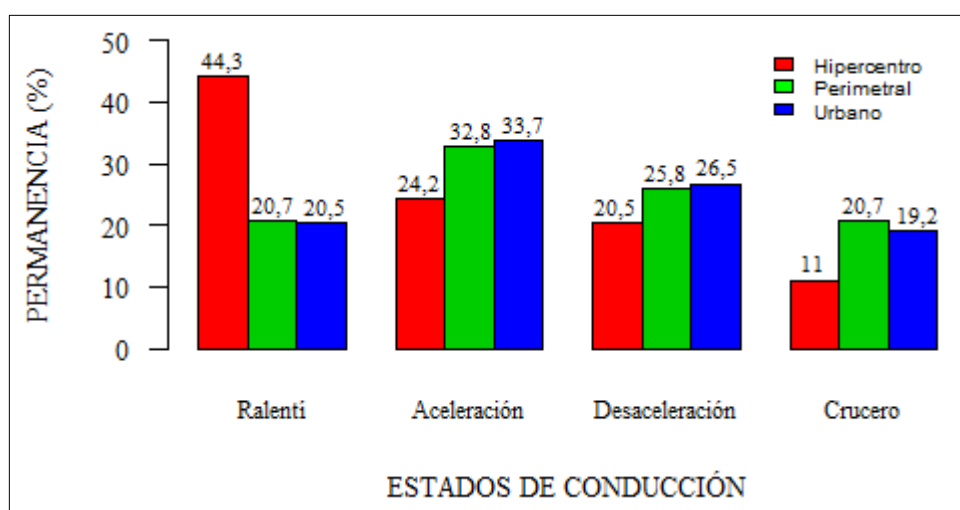


Figura 3.15 Permanencia de los estados de conducción por sector - Sábado

Para los sábados, el análisis se muestra en la Figura 3.15 donde el sector en el cual los buses mayormente estuvieron en ralentí fue el hipercentro con el 44,3 % de permanencia, seguido estuvo el perimetral con el 20,7 % y finalmente el urbano con el 20,5 %. En el estado de aceleración la parte urbana fue el sector en el cual los buses estuvieron más acelerados con un 33,7 %, seguido estuvo la parte perimetral con un 32,8 % y como último el hipercentro con el 24,2 %. En cuanto al estado de conducción de desaceleración el orden fue similar al de la aceleración, 26,5 % en urbano, 25,8 % en perimetral y 20,5 % en hipercentro. El sector en el cual los buses permanecieron más en crucero fue el perimetral con el 20,7 %, seguido el urbano con el 19,2 % y finalmente el hipercentro con tan solo el 11 %.

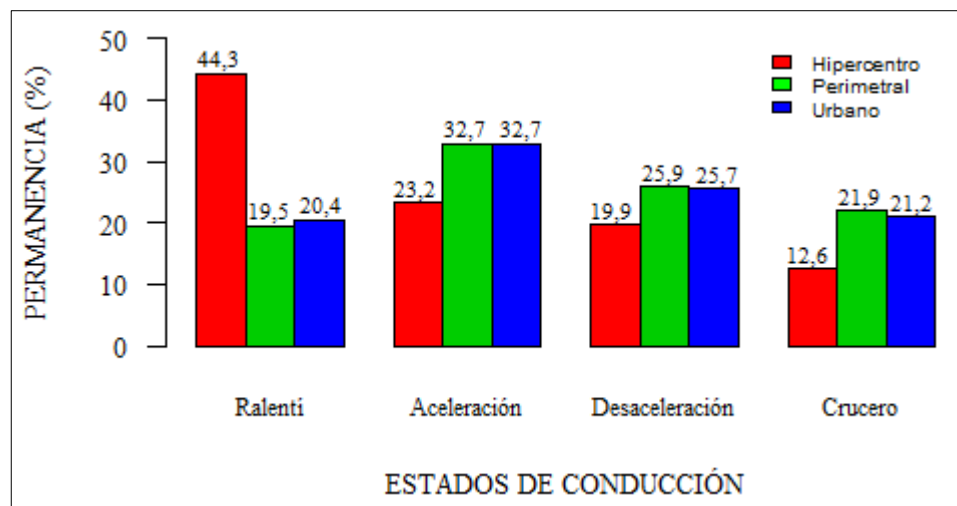


Figura 3.16 Permanencia de los estados de conducción por sector - Domingo

En cuanto a los domingos, se muestra en la Figura 3.16 que el hipercentro fue el sector donde los buses permanecieron más en ralentí con el 44,3 % de permanencia, seguido se tuvo el urbano con el 20,4 % y finalmente el perimetral con el 19,5 %. La parte urbana y perimetral fueron los sectores en los cuales los buses perduraron más acelerados con un 32,7 % y en último lugar se tuvo el hipercentro con un 23,2 %. Los buses persistieron más desacelerados en el sector perimetral con el 25,9 %, seguido se obtuvo el sector urbano con un 25,7 % y finalmente se encontró el hipercentro con el 19,9 %. El sector en el cual los buses se encontraron en mayor porcentaje de permanencia en crucero fue el perimetral con el 21,9 %, segundo fue el urbano con el 21,2 % y en último lugar apareció el hipercentro con tan solo el 12,6 %.

3.2.6. ESTADOS DE CONDUCCIÓN POR EDAD DEL CONDUCTOR

Se analizó los estados de conducción en función de las edades de los conductores para los días entre semana, sábado y domingo.

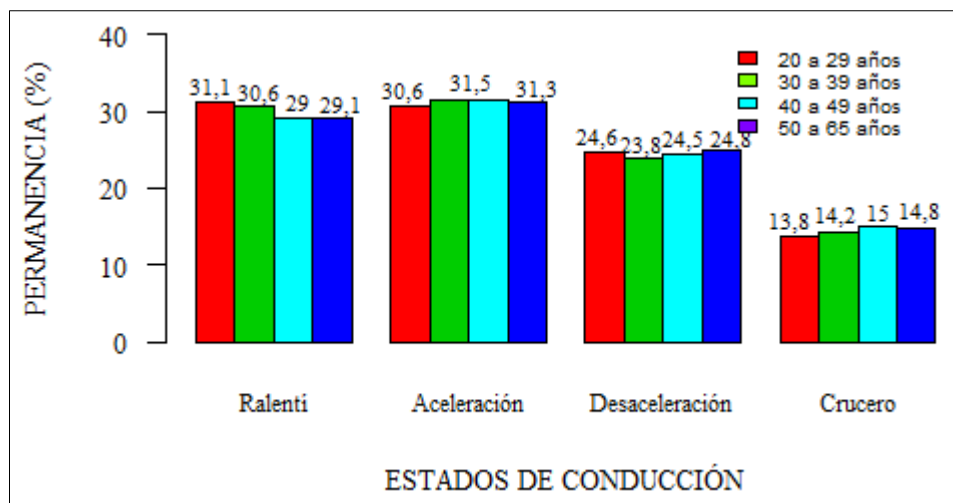


Figura 3.17 Permanencia de los estados de conducción por edad - Entre semana

De lunes a viernes, todos los conductores presentaron similares características de conducción con una diferencia mínima del 1 %, así como se ilustra en la Figura 3.17; sin embargo, los conductores de 20 a 29 años persistieron mayormente en ralentí y menormente en crucero con mayor frecuencia en 1,5 % con respecto a las personas de edad entre 30 y 65 años. Los índices de permanencia en crucero no fueron altos, debido a la geografía de la ciudad y las calibraciones de los semáforos que evitaron un flujo vehicular más adecuado.

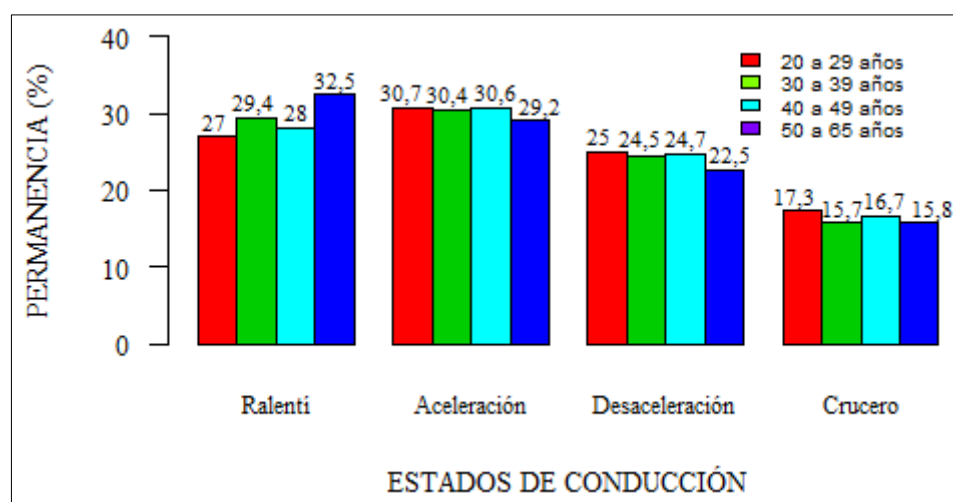


Figura 3.18 Permanencia de los estados de conducción por edad - Sábado

Tomando como base la Figura 3.18, se puede decir que, en los sábados, los conductores de 20 a 29 años experimentaron un estilo de conducción más agresivo a diferencia de los demás, los resultados muestran que aceleraron con gran frecuencia en 1 % y desaceleraron mayormente en 2,5 % en comparación con las personas de edades de entre 30 y 65 años, lo dicho anteriormente se justifica a la falta de conciencia y experiencia laboral de los jóvenes quienes conforman la mayoría de los conductores. Las personas mayores a 50 años tienen mayor experiencia que los demás conductores ya que experimentan un estilo de conducción anticipado debido a que consiguieron menor porcentaje de permanencia en ralentí, con una diferencia del 3 % con respecto a los conductores de 30 a 39 años, en comparación a los conductores de 40 a 49 y de 20 a 29 años se obtuvo una diferencia de 4 % y 5 % respectivamente. Los índices de permanencia en cruceo fueron más altos que los valores de entre semana, debido a que el tráfico es menor.

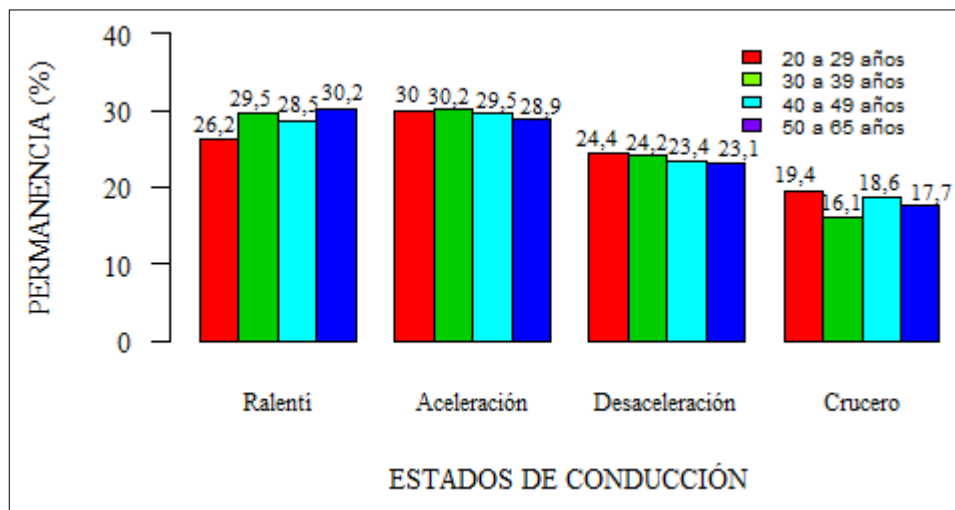


Figura 3.19 Permanencia de los estados de conducción por edad - Domingo

Se observa en la Figura 3.19 que en los domingos al igual que los sábados, los conductores de 20 a 39 años poseen poca experiencia en el volante y no tienen mayor conciencia, dando como resultado un estilo de conducción agresivo, dichos conductores aceleraron y desaceleraron con mayor frecuencia en 1 % en comparación a las personas mayores a 40 años. Las personas de 50 a 65 años poseen un estilo de conducción anticipado gracias a sus años de experiencia en el volante, estos permanecieron más parados, cuyo porcentaje de ralentí difirió en 1 % con respecto a las personas de 30 a 39 años; en comparación a los conductores de 40 a 49 años difirió en 2 % y en relación con los jóvenes de 20 a 29 años

existió una diferencia de 4 %. La velocidad crucero en los domingos fue mayor que el sábado y entre semana, esto se debe a que disminuye el tráfico y el número de buses en cada ruta.

3.2.7. ESTADOS DE CONDUCCIÓN POR FRANJA HORARIA

Es importante analizar el comportamiento de los estados de conducción en función de la franja horaria, ya sea en horas pico o en horas valle, para los sábados, domingos y entre semana.

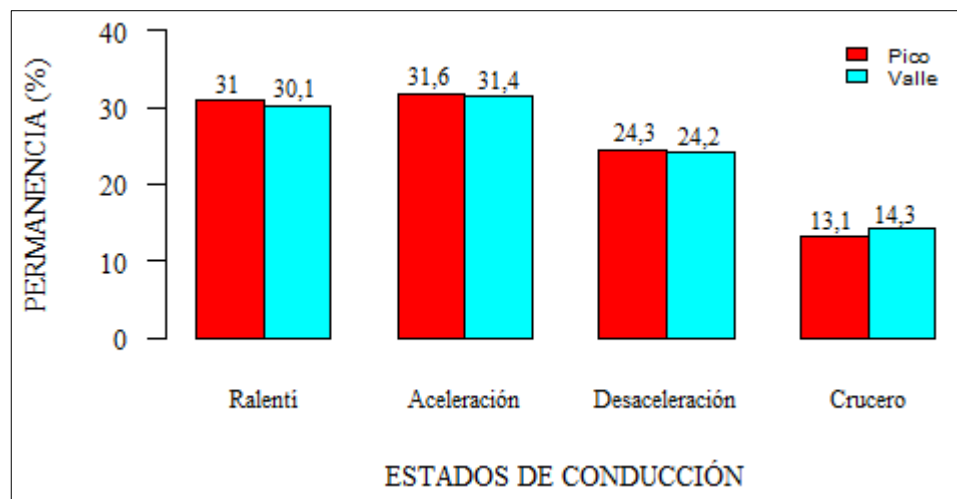


Figura 3.20 Permanencia de los estados de conducción por franja horaria - Entre semana

De acuerdo con la Figura 3.20 se puede decir que, entre semana, la flota de autobuses de Ibarra operó en ralentí con mayor permanencia en las horas pico con un 31 %, esto se da debido a que el tráfico es mayor y por lo tanto limita la circulación de los buses, con lo que se disminuye la distancia de recorrido normal; a diferencia de las horas valle en donde los buses se encontraron en ralentí 1 % menos que las horas pico. En cuanto a la aceleración y desaceleración los índices de porcentaje de permanencia en las horas pico y horas valle fueron similares con apenas una diferencia mínima de 0,01 %. En el caso del estado de crucero, el porcentaje de permanencia fue mayor en las horas valle con el 14,3 %, cuya diferencia en comparación a las horas pico fue del 1 %, esto se da a que en las horas valle no existe mucho tráfico y por tal motivo los autobuses pueden experimentar mayores rangos de velocidades constantes.

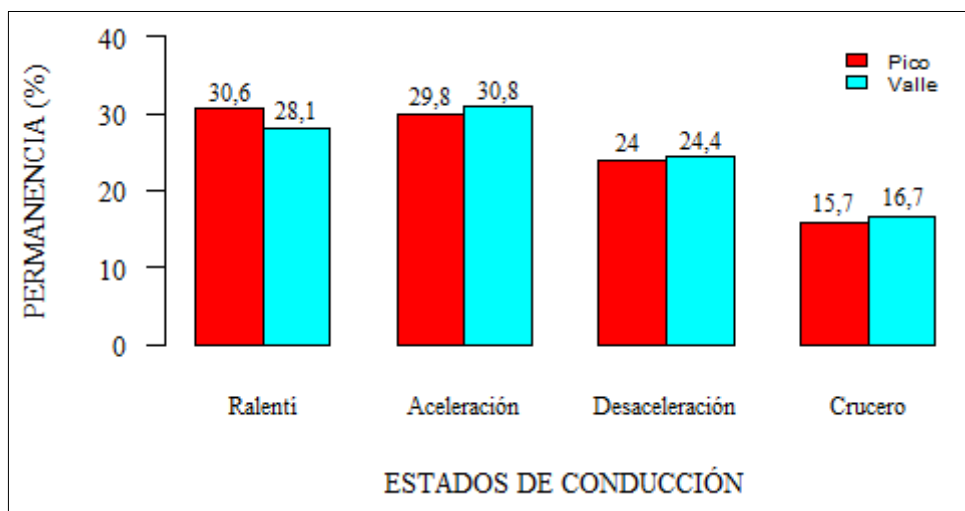


Figura 3.21 Permanencia de los estados de conducción por franja horaria - Sábado

En los sábados los estados de conducción de la aceleración, desaceleración y crucero fueron mayores en las horas valle con una diferencia del 1 % con respecto a las horas pico; así como se observa en la Figura 3.21; mientras que el estado de ralenti fue mayor en las horas pico con el 30 % y menor en las horas valle con el 28 %, esto ocurrió ya que en los sábados disminuye la presencia de vehículos y por lo tanto los buses pueden experimentar velocidades más prologadas.

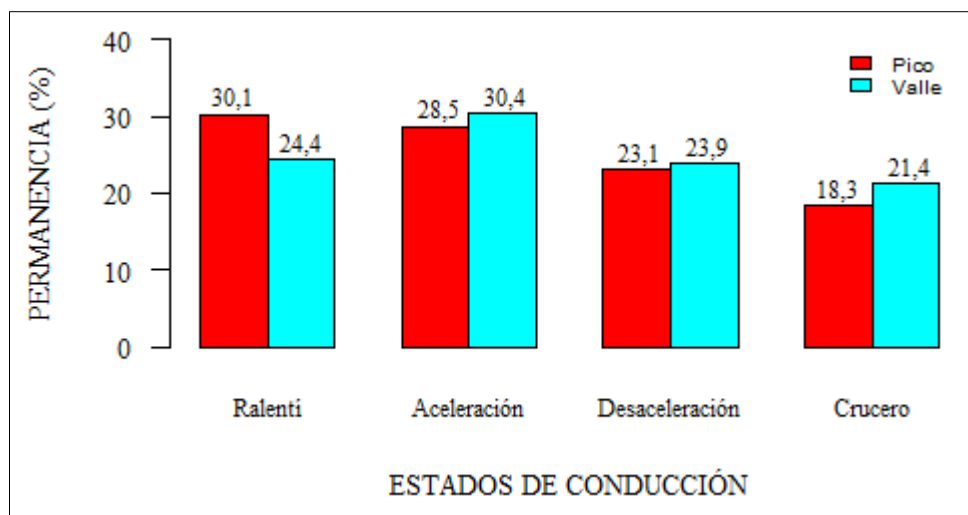


Figura 3.22 Permanencia de los estados de conducción por franja horaria - Domingo

En la Figura 3.22 se observa que en los domingos disminuye el tráfico más que en los sábados, ya que el estado crucero fue mayor en las horas valle con el 21 %; en comparación a las horas pico difirió en 3 %. El estado de la aceleración fue mayor en las horas valle con

el 28 % y difirió con el de las horas pico en 2 %. El estado de desaceleración fue similar en ambos casos tanto para las horas pico, como las horas valle. En cuanto al estado de ralentí fue mayor en las horas pico con el 30 % y menor en las horas valle con el 24 %.

3.3. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO DE LA FLOTA DE AUTOBUSES

En la segunda etapa se analizó las velocidades máximas y promedios de los autobuses urbanos de Ibarra en función de diferentes tópicos que se dan a conocer a continuación:

3.3.1. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO GENERAL

Con base en la Tabla 3.2 se determinó que la velocidad máxima general que alcanzan los buses de Ibarra fue de 103,64 km/h; por lo general dicho valor se obtuvo cuando los vehículos se trasladaban por zonas perimetrales y según el Artículo 191 del Reglamento General de Aplicación a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, los autobuses de Ibarra superaron los límites de velocidad.

Tabla 3.2 Velocidad máxima y promedio general

DÍAS	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
Entre semana	108,583	13,314
Sábado	96,156	13,436
Domingo	86,396	13,462
Promedio	103,638	13,353

La velocidad promedio general con respecto a los valores obtenidos de lunes a domingo, se mantuvo; tan solo existió una diferencia máxima de 0,10 km/h. Con respecto a la velocidad máxima promedio general; los buses superaron dicho valor, cuando operaron entre semana, con una diferencia de 5 km/h, esto indica que de lunes a viernes necesitan llegar de manera más rápida a las paradas ya que existe mayor demanda de las personas y todo mundo cumple con una labor diaria, que es trabajar o estudiar. En cuanto a los fines de semana, la situación

fue distinta ya que las velocidades máximas estuvieron por debajo del valor promedio general; se tuvo una diferencia de 7 km/h y 17 km/h para los sábados y domingos, respectivamente. Esto indica que, en los fines de semana, los buses operan con más tranquilidad sin la necesidad de llegar rápido a un destino.

3.3.2. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO POR OPERADORA

En la Tabla 3.3 se observa que la operadora que obtuvo mayor velocidad fue la “28 de Septiembre” tanto para los días de entre semana, sábado y domingo.

Tabla 3.3 Velocidad máxima por operadora

OPERADORA	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)		
	Entre semana	Sábado	Domingo
28 de Septiembre	108,58	96,16	86,40
San Miguel de Ibarra	91,21	91,43	76,88

Seguidamente, se presenta la velocidad promedio en función de las operadoras de autobuses urbanos de Ibarra, este análisis se aplicó de igual manera en entre semana, sábado y domingo.

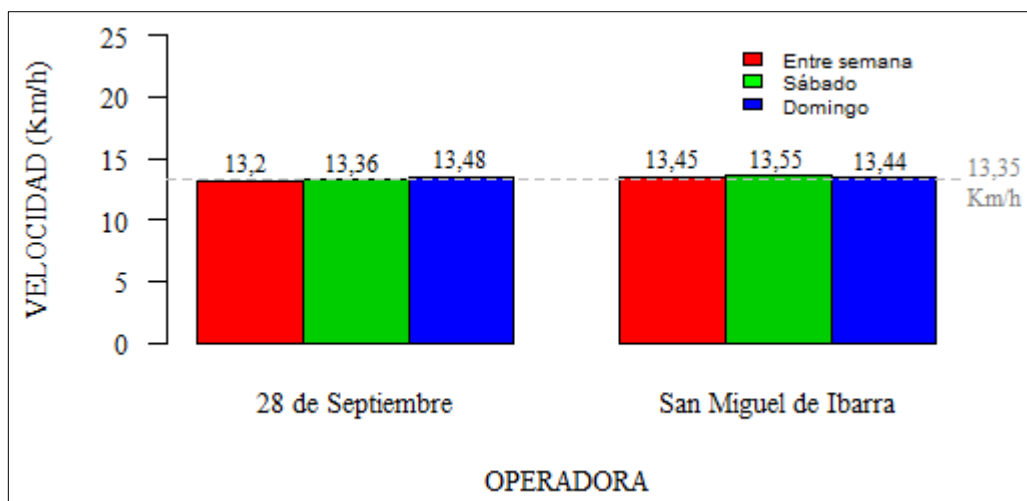


Figura 3.23 Velocidad promedio por operadora

Con respecto a la velocidad promedio general de 13,35 km/h que se muestra en la Figura 3.23, se determinó que ambas operadoras se comportan de forma similar; sin embargo la

Operadora “San Miguel de Ibarra” superó dicho valor con una diferencia inferior al 1 km/h, tanto para los días entre semana, sábado y domingo; mientras que la Operadora “28 de Septiembre” superó el valor general en los fines de semana.

3.3.3. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO POR RUTA

Se aprecia en la Tabla 3.4 que, entre semana y domingo, se obtuvo mayor velocidad máxima en la ruta Tanguarín-Aduana, mientras que en los sábados se experimentó mayor velocidad en la ruta Carmen-Bellavista.

Tabla 3.4 Velocidad máxima por ruta

RUTA	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)		
	Entre semana	Sábado	Domingo
Aloburo	96,73	54,690	64,894
Arcángel-San Cristóbal	57,375	54,949	57,616
Azaya-Campiña	59,764	57,356	54,301
Caranqui-Aduana	76,210	73,469	69,246
Carmen-Bellavista	62,709	96,156	76,691
Católica-Alpachaca	79,543	73,802	64,598
Chorlaví-La Victoria	82,247	71,117	79,062
Milagro-Yahuarcocha	86,062	90,137	73,784
Naranjito	54,301	40,133	46,948
Palmas-Ceibos	64,005	59,171	61,246
Pugacho-Santa Teresita	61,338	52,875	57,282
Santa Rosa-Los Ceibos	67,098	58,171	49,152
Tanguarín-Aduana	108,583	76,951	86,396
Caranqui-Universidades	55,301	NA	NA
Chugchupungo-La Florida	72,784	66,450	51,282
Colinas Del Sur-Aduana	71,395	63,783	NA
Ejido De Caranqui-Miravalle	58,931	74,562	59,431
La Esperanza-Huertos Familiares	54,838	56,004	52,782
19 de Enero-Odilas	68,894	72,802	76,877
Santa Isabel-Huertos Familiares	91,211	70,858	72,969
Santa Lucía-La Victoria	73,858	64,024	56,616
Santo Domingo-Universidades	76,728	91,433	74,024

La velocidad promedio en función de las rutas de los buses de Ibarra, tanto para los días entre semana, sábado y domingo se da a conocer a continuación:

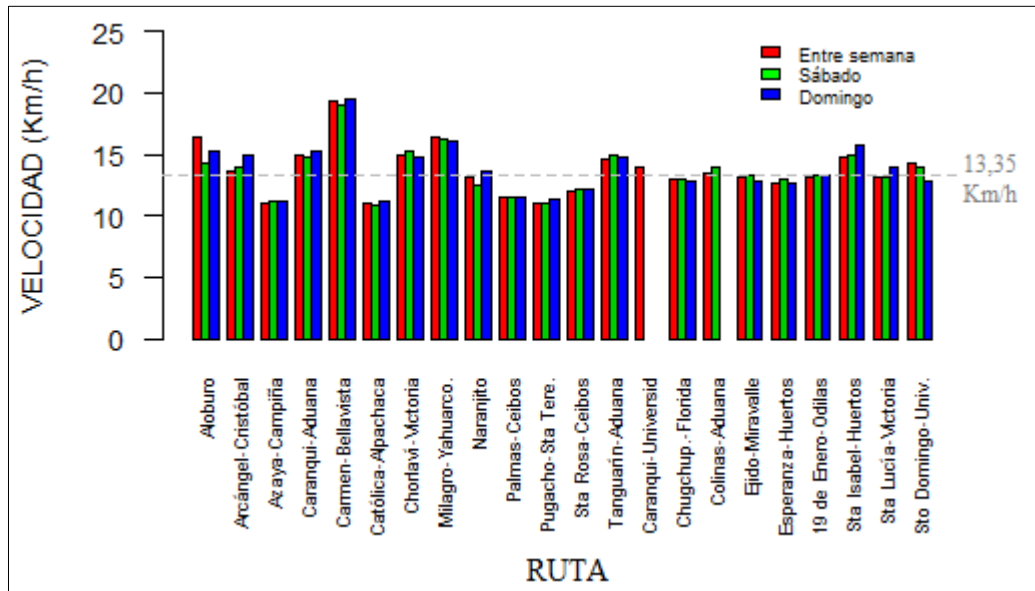


Figura 3.24 Velocidad promedio por ruta

Tomando como referencia el valor de la velocidad promedio general de 13,35 km/h que se muestra en la Figura 3.24, se dice que, la ruta Carmen-Bellavista es la que experimentó mayor velocidad con una gran diferencia del 46 % con respecto al valor general; seguido se tuvo la ruta Milagro-Yahuarcocha, cuyo valor superó a la general en 23 % y finalmente se encontró las rutas Aloburo, Caranqui-Aduana, Chorlaví-La Victoria, Tanguarín-Aduana, Santa Isabel-Huertos Familiares y Arcángel-San Cristóbal que cuyos valores se encuentran sobre la velocidad promedio general en 7 % de diferencia.

Con respecto a las de menor velocidad promedio, se obtuvo que la ruta Católica-Alpachaca es la que ocupó el último lugar con una diferencia de 3 km/h con respecto a la velocidad promedio general. Esto indica que las rutas que poseen menor velocidad promedio son aquellas que mayor parte de su tramo pasan por sectores urbanos e incluso por el hipercentro; mientras que las que adquieren mayor velocidad, su trayectoria está conformada por gran parte de tramos perimetrales.

3.3.4. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO POR MODELO DEL VEHÍCULO

Durante el estudio, se obtuvo velocidades máximas y promedios en función de los modelos de los buses. En la Tabla 3.5 se puede apreciar que de lunes a viernes y en los domingos, los buses Chevrolet Isuzu FTR son los que adquirieron mayor velocidad máxima; en los sábados los que experimentaron mayor velocidad fueron los buses Hino GD. El modelo de bus Hino RK fue el que presentó menor velocidad máxima entre semana y domingo; mientras que para los sábados, los buses Mercedes Benz OF 1722/59 obtuvieron menor velocidad.

Sin embargo se debe tomar en cuenta que estos datos no se relacionan directamente para toda la flota, ya que no se realizó el estudio para un mismo número de modelos de buses por cada ruta; es decir que existen más buses Chevrolet Isuzu FTR y por lo tanto uno de ellos obtuvo la velocidad máxima, o al contrario algún bus de otra marca no muy popular adquirió la mayor velocidad. Por lo tanto, estos datos no se consideran para un análisis de consumo de combustible y contaminación ambiental.

Tabla 3.5 Velocidad máxima por modelo de bus

MODELO DE BUS	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)		
	Entre semana	Sábado	Domingo
Chevrolet Isuzu CHR	59,820	73,228	57,616
Chevrolet Isuzu FTR	108,583	91,433	86,396
Hino FD-Superhino	64,598	64,690	57,894
Hino GD	76,210	96,156	61,542
Hino RK	51,189	68,913	52,782
Mercedes Benz OF 1722/59	71,395	52,819	61,598
Volkswagen 17210 OD	91,211	64,727	79,062
Otros	84,803	90,137	59,431

En seguida, se tiene la velocidad promedio en base al modelo de los vehículos de estudio, con el fin de saber cuál consiguió mayor velocidad entre semana, sábado y domingo. A diferencia de la velocidad máxima, esta velocidad promedio permitió interpretar mejor los resultados en función de los modelos de autobuses de Ibarra.

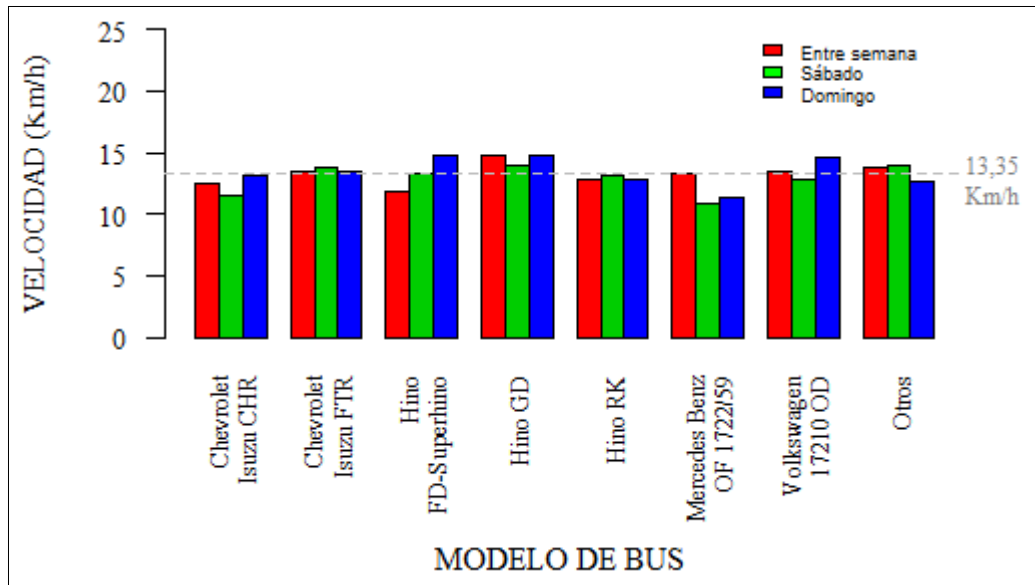


Figura 3.25 Velocidad promedio por modelo de bus

En la Figura 3.25 se observa que, entre semana, el Hino GD es el único tipo de vehículo que sobrepasó el límite de la velocidad promedio general de 13,35 km/h con una diferencia máxima de 1 km/h; mientras que el Superhino obtuvo menor velocidad promedio con una diferencia de 1,5 km/h. Durante los sábados, los buses Hino GD e Isuzu FTR obtuvieron mayor velocidad con una diferencia máxima de 1 km/h con respecto al valor general; en cambio los buses Mercedes Benz OF 1722/59 experimentaron la menor velocidad promedio con un valor de 2,5 km/h con respecto a la velocidad promedio general. En cuanto a los domingos, los que adquirieron mayor velocidad promedio fueron los buses Hino GD, Superhino y Volkswagen 17210 OD ya que difirieron en 1 km/h del valor general; y los buses Mercedes Benz OF 1722/59 ocuparon el último lugar con una diferencia de 2 km/h con respecto a la velocidad promedio general. De lo anterior se dice que los buses Isuzu FTR e Hino RK son los que se comportan de manera normal ya que obtuvieron datos similares al de la velocidad promedio general, durante los días entre semana, sábado y domingo.

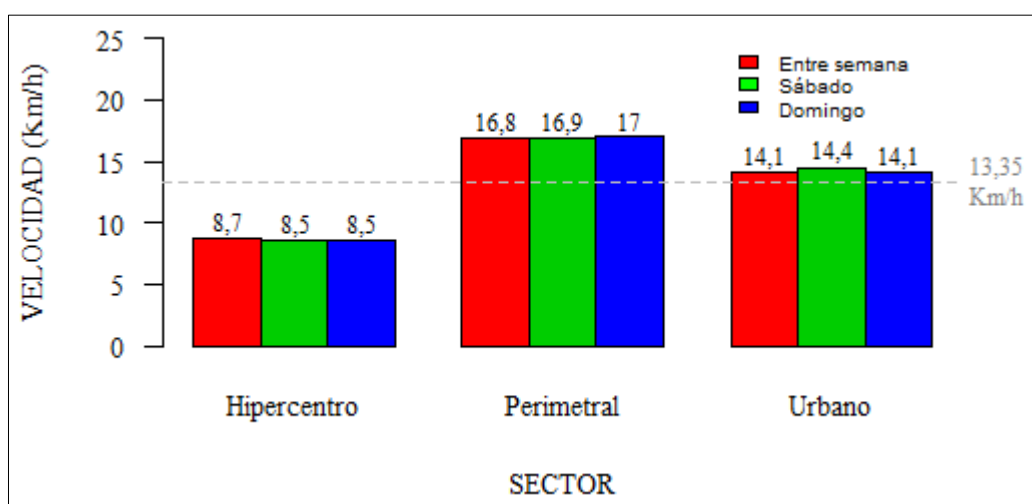
3.3.5. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO POR SECTOR

Los buses consiguieron la mayor velocidad máxima cuando se encontraban en sectores perimetrales de la ciudad de Ibarra, así como se observa en la Tabla 3.6; pues en estos lugares el tráfico es menor y no existe muchas interrupciones como semáforos o rompe velocidades.

Tabla 3.6 Velocidad máxima por sector

SECTOR	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)		
	Entre semana	Sábado	Domingo
Hipercentro	64,264	63,561	64,598
Perimetral	108,583	96,156	86,396
Urbano	68,894	73,469	74,599

A continuación, se tiene los resultados de la velocidad promedio entre semana, sábado y domingo para los sectores de la ciudad de Ibarra.

**Figura 3.26** Velocidad promedio por sector

Se aprecia en la Figura 3.26 que tomando como base la velocidad promedio general de 13,35 km/h, en el sector perimetral es donde los buses practicaron mayor velocidad ya que sobrepasaron el valor general en 3,65 km/h, esto indica que en dicha zona casi no existe interrupciones como semáforos o rompe velocidades. Los buses cuando se encontraron en las zonas urbanas adquirieron una velocidad promedio casi similar a la general; la sobrepasó con tan solo 1 km/h. En el hipercentro se nota más la presencia de tráfico vehicular, semáforos, rompe velocidades e incluso zonas peatonales, ya que en este lugar los buses adquirieron menor velocidad promedio con una diferencia máxima de 5 km/h con respecto a la velocidad promedio general de toda la flota de autobuses urbanos de Ibarra.

3.3.6. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO POR EDAD DEL CONDUCTOR

Tomando como base la Tabla 3.7, los conductores de edad entre 30 y 39 años son los que consiguieron mayor velocidad máxima; debido a su experiencia y agilidad en el volante; mientras que las personas de 50 a 65 años experimentaron la menor velocidad máxima, es decir experimentaron un estilo de conducción más anticipado.

Tabla 3.7 Velocidad máxima por edad del conductor

EDAD DEL CONDUCTOR	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)		
	Entre semana	Sábado	Domingo
20 a 29 años	96,730	74,562	76,691
30 a 39 años	108,583	96,156	86,396
40 a 49 años	84,803	90,137	72,969
50 a 65 años	64,227	73,802	73,784

A continuación se analiza la velocidad promedio en función de las edades de los conductores, con la finalidad de determinar que rango de edades lograron mayores velocidades en los días de entre semana, sábado y domingo.

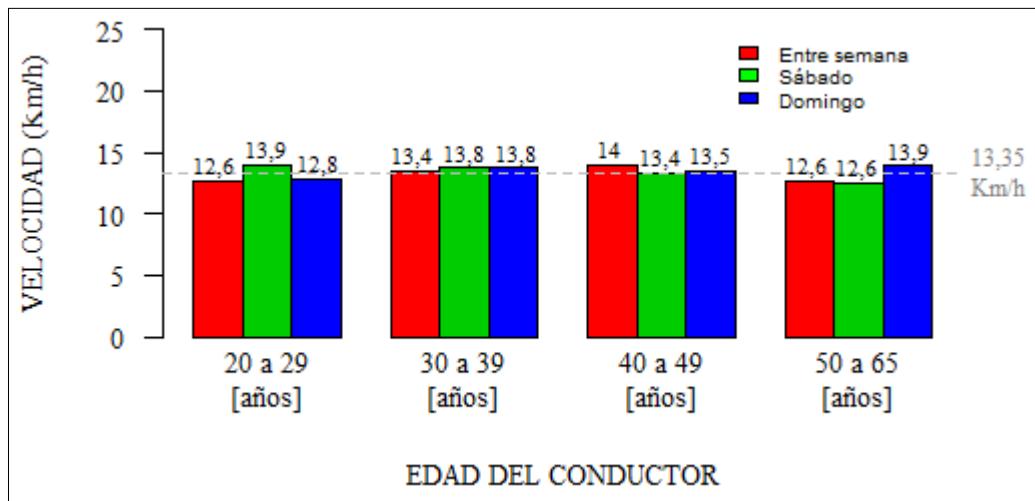


Figura 3.27 Velocidad promedio por edad del conductor

En la Figura 3.27 en función de la velocidad promedio general, todos los conductores practicaron un estilo de conducción similar con una diferencia mínima de 1 km/h; sin embargo entre semana, los conductores de edad entre 30 y 49 años consiguieron mayor

velocidad que los demás conductores; ya que poseen mayor destreza y agilidad a la hora de presionar el acelerador o son encargados de manejar los buses, por lo cual esfuerzan el motor con tal de llegar rápido a una parada.

En los fines de semana la situación fue distinta; para los sábados los conductores de 20 a 39 años experimentaron velocidades más elevadas que los demás choferes; en cuanto a los conductores de 40 a 65 años obtuvieron velocidades intermedias, esto se puede dar a que este tipo de personas son los dueños de los buses y desean trabajar el fin de semana por lo que toman más conciencia y evitan que se esfuerce el motor de su vehículo.

Para los domingos las personas de 40 a 49 años conducen con anticipación y poseen velocidades intermedias, cuya razón es la misma que se presenta en los sábados.

3.3.7. VELOCIDAD MÁXIMA Y PROMEDIO POR FRANJA HORARIA

En la Tabla 3.8 se refleja claramente que de lunes a viernes existió mayor velocidad máxima cuando los buses operaron durante las horas pico con el 16 % más que en las horas valle; esto se puede dar ya que de lunes a viernes existen jornadas de trabajo normales, presencia de unidades educativas, públicas y privadas; por lo tanto, se trata de aumentar la velocidad para alcanzar los horarios adecuadas con el fin de ganar más pasajeros. En cuanto a los fines de semana, se obtuvo mayor velocidad en las horas valle, debido a que el tráfico y demanda de la población es menor.

Tabla 3.8 Velocidad máxima por franja horaria

EDAD DEL CONDUCTOR	VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)		
	Entre semana	Sábado	Domingo
Hora Pico	108,583	90,137	76,525
Hora Valle	91,211	96,156	86,396

Las velocidades promedias en función de la franja horaria, se presenta a continuación con la finalidad de determinar en qué horario se presentó mayor velocidad promedio durante los días de entre semana, sábado y domingo.

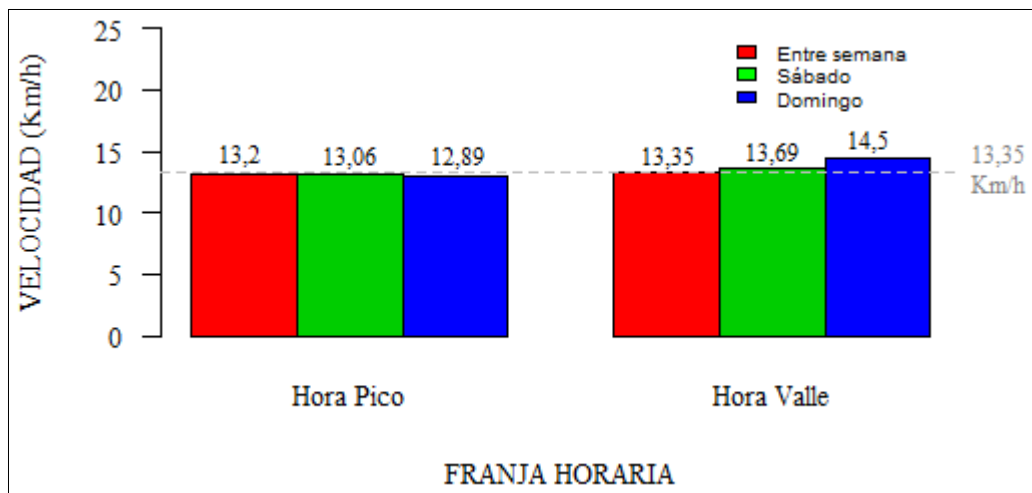


Figura 3.28 Velocidad promedio por franja horaria

En función de la velocidad promedio general de 13,35 km/h así como se muestra en la Figura 3.28; los conductores obtuvieron mayor velocidad promedio en las horas valle con una diferencia máxima de 1 km/h en los fines de semana con respecto al valor general; mientras que entre semana es la misma. En las horas pico, la velocidad promedio no superó el valor general ya que existe más tráfico y más presencia de las personas en las zonas de parada y peatonales; por ende tiende a reducir la velocidad.

3.4. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA DE LA FLOTA DE AUTOBUSES

En la tercera y penúltima etapa se analizó las aceleraciones y desaceleraciones máximas de los autobuses urbanos de Ibarra en función de diferentes tópicos que se dan a conocer a continuación:

3.4.1. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA GENERAL

En la Tabla 3.9 se determinó que, la aceleración y desaceleración máxima promedio general de la flota de autobuses urbanos de Ibarra fue de $14,73 \text{ m/s}^2$ y $-10,64 \text{ m/s}^2$, respectivamente. La aceleración y desaceleración máxima entre semana fue mayor con respecto a la general con 2 m/s^2 y -1 m/s^2 respectivamente. En cuanto a los fines de semana, los valores de la aceleración

y desaceleración máxima disminuyeron en 4 m/s^2 y -2 m/s^2 respectivamente con respecto a los valores generales. Esto indica que de lunes a viernes existe más tráfico vehicular que los fines de semana, por lo tanto, los vehículos experimentan frenados y acelerones más bruscos, lo que ocasiona mayor consumo de combustible y por ende más contaminación ambiental.

Tabla 3.9 Aceleración y desaceleración máxima general

DÍAS	ACELERACIÓN MÁXIMA (m/s^2)	DESACELERACIÓN MÁXIMA (m/s^2)
Entre semana	16,617	-11,524
Sábado	10,644	-8,555
Domingo	9,363	-8,293
Promedio	14,727	-10,638

3.4.2. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA POR OPERADORA

En la siguiente gráfica se muestra el análisis correspondiente a la aceleración y desaceleración máxima de los buses en función de la operadora a la cual pertenecen, tanto para los días entre semana, sábado y domingo.

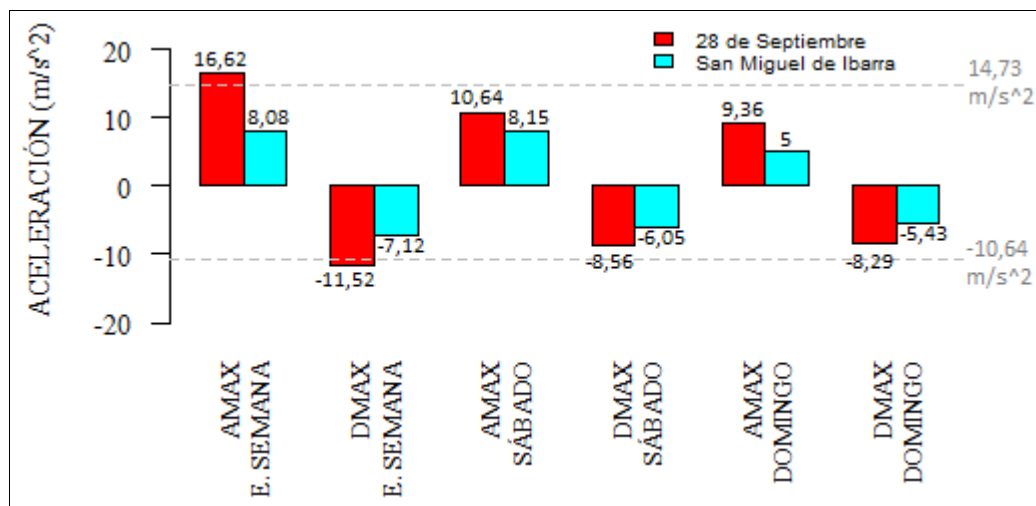


Figura 3.29 Aceleración y desaceleración máxima por operadora

Los buses de la Cooperativa "28 de Septiembre" adquirieron mayores aceleraciones y desaceleraciones máximas que los buses de la Cooperativa "San Miguel de Ibarra"; así como se aprecia en la Figura 3.29. Esto depende de la geografía y trazado de las rutas, al igual que el horario de trabajo de cada operadora; los buses de la operadora "28 de Septiembre" se trasladan en mayor parte por zonas perimetrales y autopistas. Entre semana, las aceleraciones

y desaceleraciones de los buses de la Cooperativa “28 de Septiembre” superaron a los de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra” en 50 % y 38 %, respectivamente. Además, superaron en 2 m/s^2 y -1 m/s^2 a la aceleración y desaceleración máxima promedio general respectivamente. En el caso de los sábados, fue el mismo orden con una diferencia de 23 % y 29 % para las aceleraciones y desaceleraciones máximas, respectivamente. En cuanto al domingo de igual forma se tomó el mismo orden con una diferencia de 46 % y 34 % para las aceleraciones y desaceleraciones máximas, respectivamente. Con respecto a los valores generales, la aceleración y desaceleración máxima en los fines de semana no fue mayor.

3.4.3. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA POR RUTA

La aceleración y desaceleración máxima en función de las rutas de los buses de Ibarra, tanto para los días entre semana, sábado y domingo se da a conocer a continuación:

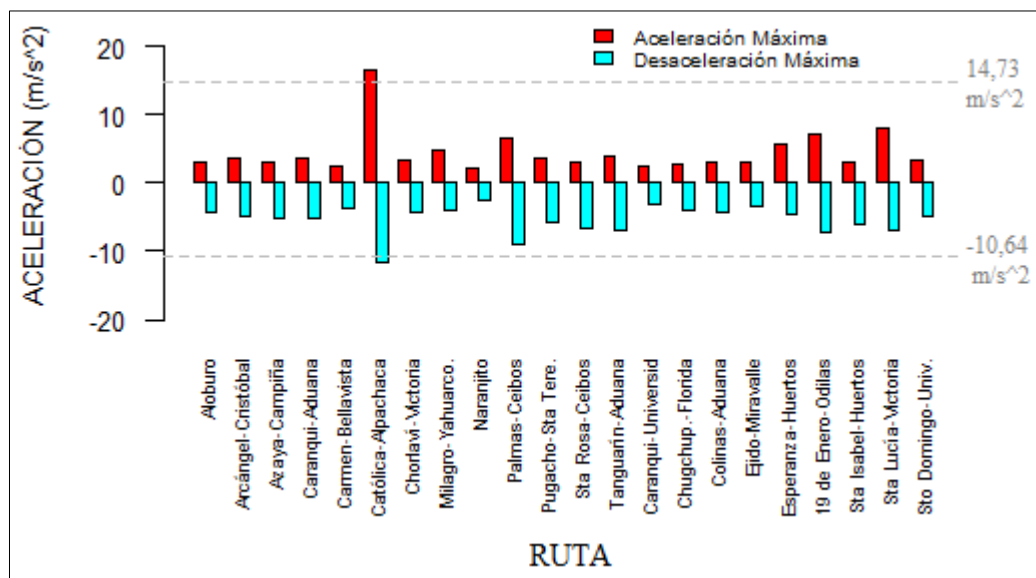


Figura 3.30 Aceleración y desaceleración máxima por ruta - Entre semana

En la Figura 3.30 se puede apreciar que, entre semana, la ruta con mayor índice de aceleración fue Católica-Alpachaca con $16,62 \text{ m/s}^2$ y 2 m/s^2 más que la general; seguido estuvo la ruta Santa Lucía-La Victoria con $8,08 \text{ m/s}^2$, luego apareció la ruta 19 de Enero-Odilas con $7,11 \text{ m/s}^2$, posteriormente estuvo Palmas-Ceibos con $6,48 \text{ m/s}^2$ y finalmente a las demás rutas, considerando que la de menor aceleración máxima fue Naranjito con $2,29$

m/s^2 , lo que existió una gran diferencia del 86 % en comparación con la primera. En cuanto a la desaceleración máxima, la de mayor valor fue Católica-Alpachaca con $-11,52 m/s^2$, y $-1 m/s^2$ más que la general; seguido estuvo Palmas-Ceibos con $-8,98 m/s^2$, luego apareció la ruta 19 de Enero-Odilas con $-7,12 m/s^2$, en penúltimo la Tanguarín-Aduana con $-7,06 m/s^2$ y finalmente las demás rutas con valores similares, pero la última fue Naranjito con $-2,41 m/s^2$, con una diferencia del 80 % con respecto a la primera. De lo anterior, se dice que dichas rutas consiguieron mayores aceleraciones y desaceleraciones máximas ya que parte de sus tramos necesitaron frenar y acelerar bruscamente debido a que son unas de las rutas que más ocupa la gente lo que ocasiona que exista mayor consumo de combustible y el motor se esfuerce en gran medida.

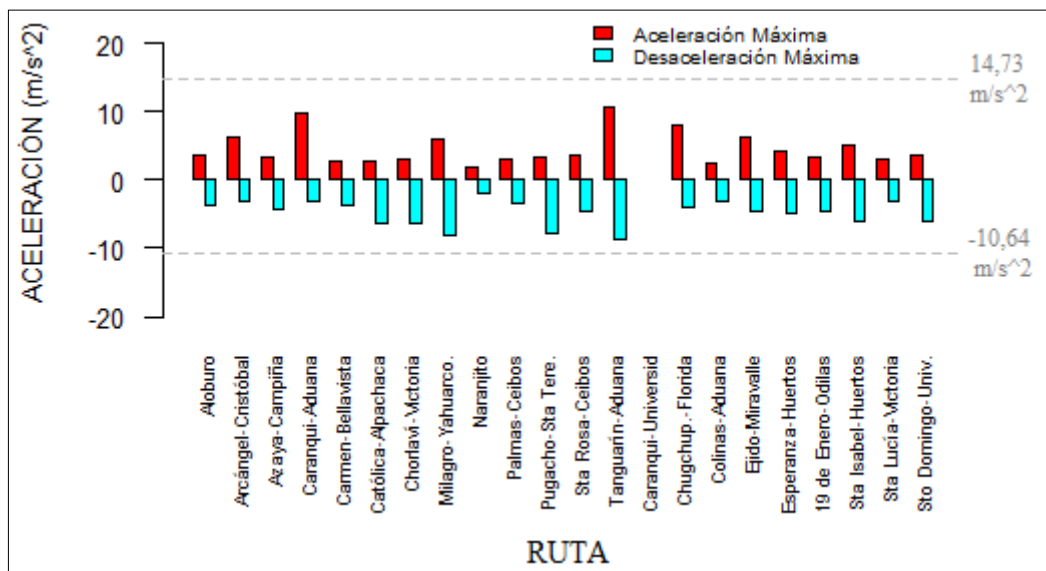


Figura 3.31 Aceleración y desaceleración máxima por ruta - Sábado

En los sábados, las rutas no sobrepasaron el valor de la aceleración y desaceleración máxima promedio general. Sin embargo, en la Figura 3.31 se aprecia que las rutas con mayor aceleración máxima fueron Tanguarín-Aduana, Caranqui-Aduana, Chugchupungo-La Florida y Arcángel-San Cristóbal con aceleraciones de $10,64 m/s^2$, $9,73 m/s^2$, $8,15 m/s^2$ y $6,33 m/s^2$, respectivamente. En cuanto a la desaceleración máxima, las rutas que ocuparon el podio fueron Tanguarín-Aduana, Milagro-Yahuarcocha, y Pugacho-Santa Teresita con valores de desaceleración de $-8,56 m/s^2$, $-8,09 m/s^2$ y $-7,72 m/s^2$, respectivamente. La operación de los buses en cada ruta para los sábados fue más fluida que de lunes a viernes ya que las aceleraciones máximas disminuyeron en un 36 % y las desaceleraciones máximas

en un 25 %, esto se debe a que hubo menor demanda del mercado y menor tráfico vehicular permitiendo que los frenados y acelerones bruscos disminuyan; sin embargo las rutas anteriormente nombradas son las que más aceleraciones máximas presentaron ya que fin de semana prestan mayor servicio a las personas, quienes deciden pasar en familia en lugares turísticos, o centros comerciales como el Supermaxi, La Laguna Mall o Yahuarcocha.

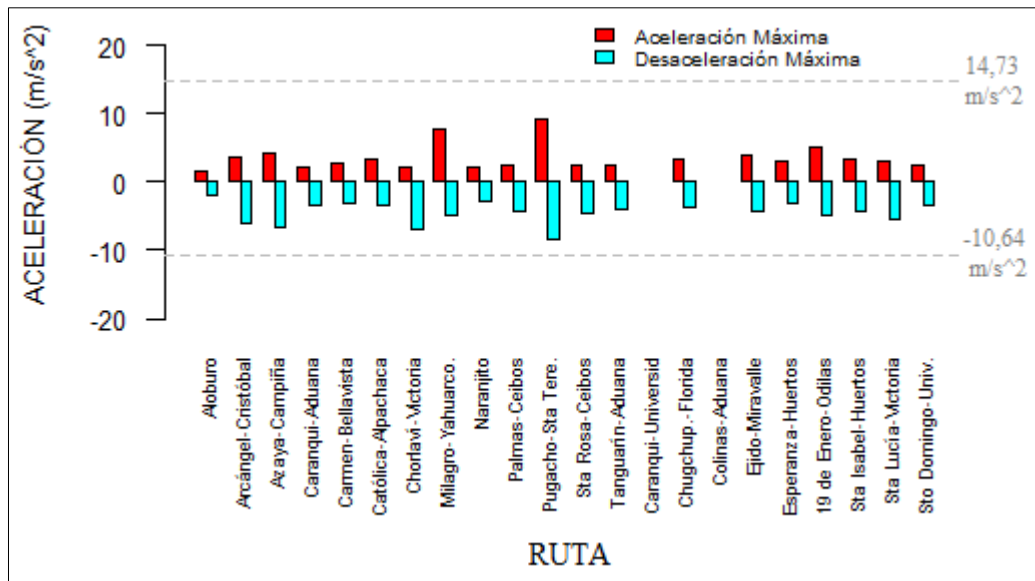


Figura 3.32 Aceleración y desaceleración máxima por ruta - Domingo

Se aprecia en la Figura 3.32 que, en los domingos, las rutas con mayor aceleración máxima fueron Pugacho-Santa Teresita, Milagro-Yahuarcocha, 19 de Enero-Odilas y Azaya-Campiña con aceleraciones de $9,36 \text{ m/s}^2$, $7,71 \text{ m/s}^2$, $5,01 \text{ m/s}^2$ y $4,25 \text{ m/s}^2$, respectivamente. En cuanto a la desaceleración máxima, las rutas que lograron valores elevados fueron Pugacho-Santa Teresita, Chorlaví-La Victoria, y Azaya-Campiña con valores de desaceleración de $-8,29 \text{ m/s}^2$, $-6,87 \text{ m/s}^2$ y $-6,56 \text{ m/s}^2$, respectivamente. La operación de los buses en cada ruta para los domingos fue similar a la de los sábados, cuyas razones son similares, en comparación a los días entre semana las aceleraciones máximas redujeron en un 43 % y las desaceleraciones máximas en un 28 %. Al igual que en los sábados ninguna ruta sobrepasó los niveles de aceleración y desaceleración máxima promedio general de la flota de autobuses urbanos de Ibarra.

3.4.4. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA POR MODELO DEL VEHÍCULO

Posteriormente, se detalla el análisis de la aceleración y desaceleración máxima en función del modelo de los buses de Ibarra, para los días entresemana, sábado y domingo.

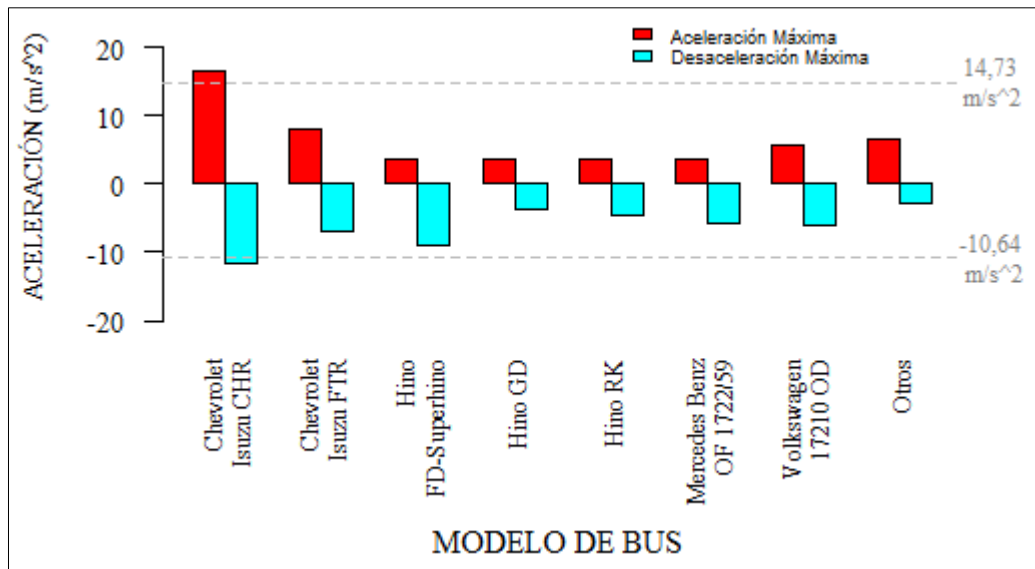


Figura 3.33 Aceleración y desaceleración máxima por modelo - Entre semana

En la Figura 3.33 se aprecia que, entre semana, los buses Chevrolet Isuzu CHR son los que lograron mayor aceleración máxima con un valor de $16,62 \text{ m/s}^2$, seguido estuvieron los buses Chevrolet Isuzu FTR con $8,08 \text{ m/s}^2$, luego se tuvo a otros modelos con $6,48 \text{ m/s}^2$, posteriormente se encontraron los buses Volkswagen 17210 OD y finalmente el resto de modelos con una diferencia del 81 % en comparación al primero. En cuanto a las desaceleraciones los conductores de los buses Chevrolet Isuzu CHR son quienes obtuvieron mayor desaceleración máxima con un valor de $-11,52 \text{ m/s}^2$, seguido estuvo el Superhino con $-8,98 \text{ m/s}^2$, luego el modelo Chevrolet Isuzu FTR con $-6,91 \text{ m/s}^2$, a continuación aparecieron los buses Volkswagen 17210 OD con $-5,99 \text{ m/s}^2$, después estuvo el Mercedes Benz OF 1722/59 con $-5,84 \text{ m/s}^2$, antepenúltimo el Hino RK con $-4,44 \text{ m/s}^2$, en penúltimo lugar el Hino GD con $-3,71$ y como último otros modelos que obtuvieron la menor desaceleración máxima de $-2,85 \text{ m/s}^2$.

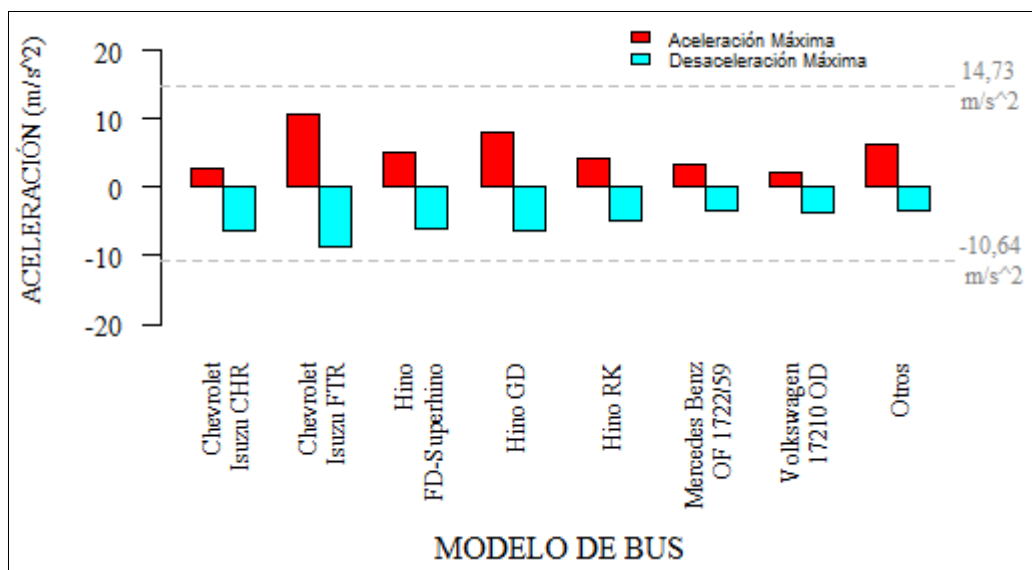


Figura 3.34 Aceleración y desaceleración máxima por modelo - Sábado

En los sábados fue diferente, así como se muestra en la Figura 3.34. Las dos marcas que obtuvieron mayor aceleración máxima fueron Chevrolet Isuzu FTR e Hino GD con aceleraciones de $10,64 \text{ m/s}^2$ y $8,15 \text{ m/s}^2$, respectivamente; mientras que la de menor valor fue Volkswagen 17210 OD con $2,21 \text{ m/s}^2$. En cuanto a las desaceleraciones los modelos con mayor desaceleración fueron Chevrolet Isuzu FTR, Chevrolet Isuzu CHR e Hino GD con desaceleraciones de $-8,56 \text{ m/s}^2$, $-6,45 \text{ m/s}^2$ y $-6,21 \text{ m/s}^2$, respectivamente.

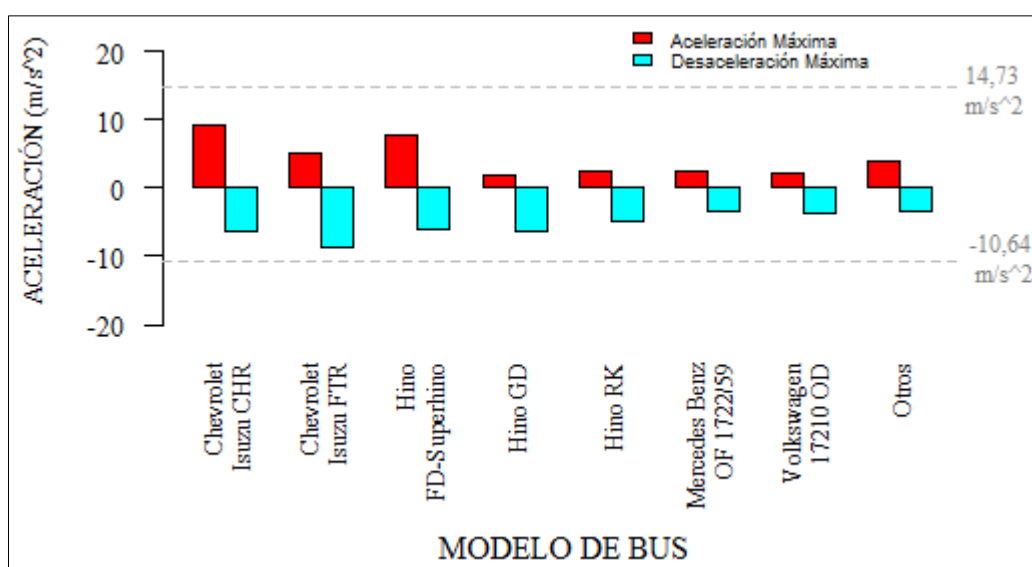


Figura 3.35 Aceleración y desaceleración máxima por modelo - Domingo

A partir de la Figura 3.35 se dice que, en los domingos, los índices de aceleración y desaceleración máxima fueron similares con la diferencia que los modelos que ocuparon los primeros lugares cambiaron. Las tres marcas que alcanzaron mayor aceleración máxima fueron Chevrolet Isuzu CHR, Superhino y Chevrolet Isuzu CHR con aceleraciones de $9,36 \text{ m/s}^2$, $7,71 \text{ m/s}^2$ y $5,01 \text{ m/s}^2$, respectivamente; mientras que la de menor aceleración máxima fue Hino GD con $1,93 \text{ m/s}^2$. En cuanto a las desaceleraciones los modelos de buses con mayor desaceleración fueron Chevrolet Isuzu CHR, Chevrolet Isuzu FTR y Volkswagen 17210 OD con desaceleraciones de $-8,29 \text{ m/s}^2$, $-6,87 \text{ m/s}^2$ y $-5,05 \text{ m/s}^2$, respectivamente; mientras que la de menor desaceleración máxima fue Hino RK con $-2,74 \text{ m/s}^2$.

3.4.5. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA POR SECTOR

Enseguida se puede apreciar las aceleraciones y desaceleraciones máximas que optaron los buses en función del sector en el cual se encontraron operando, tanto entre semana, sábado y domingo; con la finalidad de saber el sector donde se consume más combustible y por ende donde existe más contaminación.

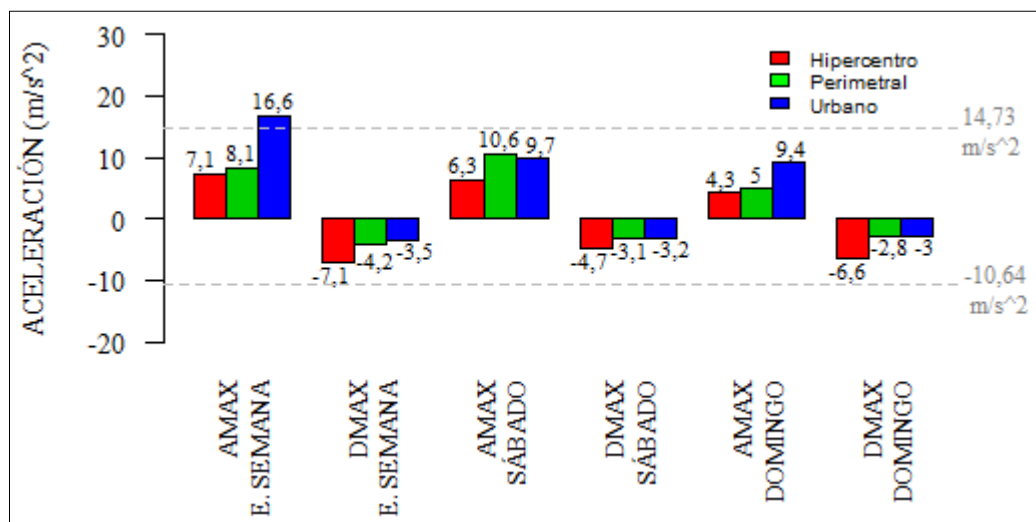


Figura 3.36 Aceleración y desaceleración máxima por sector

En la Figura 3.36 se analiza que de lunes a viernes, la parte urbana es la que logró mayor aceleración máxima de $16,62 \text{ m/s}^2$, lo cual difirió del resto en el 50 %. En cuanto a la desaceleración máxima, el hipercentro consiguió el primer lugar con una diferencia del 40

% al resto de los demás sectores. Para los sábados, el sector perimetral obtuvo mayor aceleración y menor desaceleración máxima con valores de $10,64 \text{ m/s}^2$ y $-3,11 \text{ m/s}^2$, respectivamente, ya que en los fines de semana la parte perimetral es la más ocupada por el transporte público y privado ya que las personas deciden trasladarse a varios lugares de la ciudad lo que ocasiona que haya mayores acelerones y no necesariamente desacelerones para llegar de prisa al destino de los pasajeros. En cuanto al domingo, la situación fue similar al de lunes a viernes, la parte urbana alcanzó mayor aceleración máxima con el 48% más que los otros sectores; mientras que el hipercentro fue el de mayor desaceleración máxima con el 57 % de diferencia en comparación a los demás, ya que al igual que el sábado las personas salen a pasear, pero existen aquellas que salieron a otros lugares fuera de la provincia y en este día retornan a sus casas por lo que ocupan el hipercentro y el sector urbano ocasionando que haya mayores acelerones y desacelerones. Esto significa que tanto en lo urbano como el hipercentro son los lugares donde más se consume combustible y por ende se contamina más al medio ambiente debido a las aceleraciones y desaceleraciones producidas.

3.4.6. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA POR EDAD DEL CONDUCTOR

La aceleración y desaceleración máxima en función de la edad de los conductores de los buses urbanos de Ibarra, se analizó a continuación, con la finalidad de saber que rango de edades aceleraron y desaceleraron más durante los días entre semana, sábado y domingo.

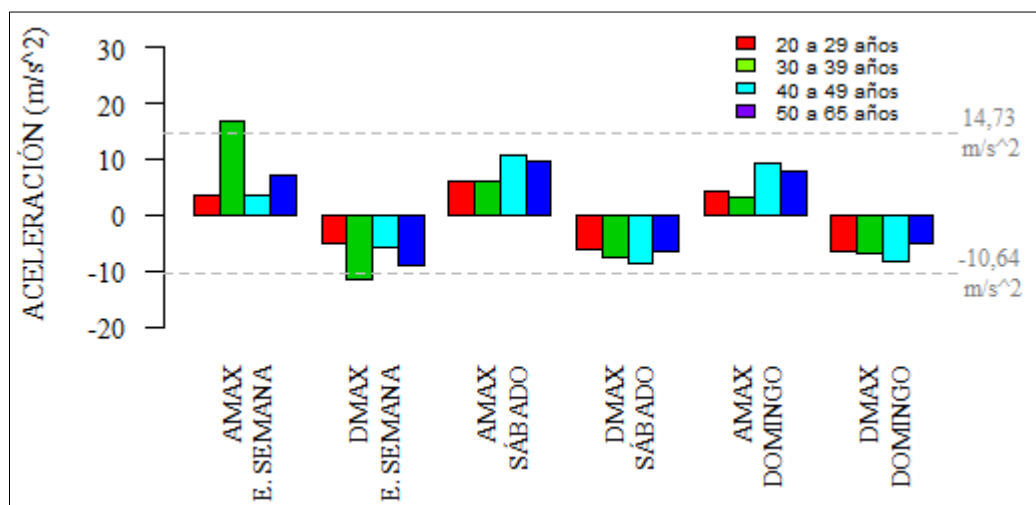


Figura 3.37 Aceleración y desaceleración máxima por edad del conductor

En la Figura 3.37, se muestra que entre semana los conductores de 30 a 39 años produjeron mayor aceleración máxima con una diferencia del 57 % en base a las personas de 50 a 65 años y una diferencia del 78 % al resto de los conductores; en cuanto a la desaceleración máxima, las personas de edades entre 30 a 39 años obtuvieron mayor desaceleración con una diferencia del 22 % en comparación a las personas de 50 a 65 años y difirieron de los demás conductores en un 49 %. Esto se da a que los conductores de este rango de edad tienen mayor habilidad y destreza en el volante, así como el análisis que se realizó para las velocidades máximas y promedios. En cuanto a los fines de semana, las personas mayores a 40 años son las que lograron mayor aceleración máxima con una diferencia del 40 % en comparación a los demás conductores; en cuanto a la desaceleración máxima, los conductores de 30 a 49 años son los que ocuparon el podio con el 22 % de diferencia al resto de los conductores.

3.4.7. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN MÁXIMA POR FRANJA HORARIA

La gráfica correspondiente a la aceleración y desaceleración máxima que producen los conductores de los buses urbanos de Ibarra en función de la franja horaria se analiza a continuación tanto para los días de lunes a viernes, como sábado y domingo.

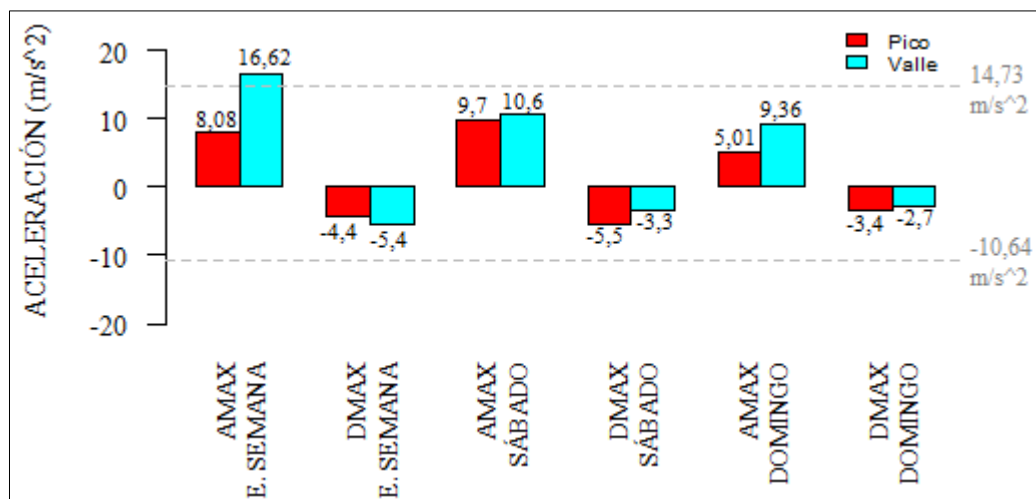


Figura 3.38 Aceleración y desaceleración máxima por franja horaria

Se aprecia en la Figura 3.38 que, entre semana, los conductores de los buses alcanzaron mayor aceleración y desaceleración máxima en las horas valle con una diferencia del 50 %

y 19 %, respectivamente, en comparación a las horas pico, esto se da a que en las horas valle existe menos tráfico. En el caso de los sábados las aceleraciones máximas fueron más parejas en comparación a los días entre semana, existió mayor valor en las horas valle que en las horas pico con una diferencia del 9 %; sin embargo, en las horas pico se produjo mayor desaceleración máxima con una diferencia del 39 %, esto se da a que en hora pico se necesita realizar frenados más seguidos debido al tráfico vehicular que existe y la gran demanda de la población. En los domingos, las horas valle adquirieron más aceleraciones máximas con una diferencia del 47 % con respecto a las horas pico; sin embargo, existió mayor desaceleración máxima en las horas pico y difirieron de las horas valle en 20 %.

3.5. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO DE LA FLOTA DE AUTOBUSES

En la cuarta y última etapa se analizó las aceleraciones y desaceleraciones promedios de los autobuses urbanos de Ibarra en base a diferentes tópicos que se ilustran a continuación:

3.5.1. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO GENERAL

En la Tabla 3.10 se observa que, la aceleración y desaceleración promedio general de los buses fue de $0,158 \text{ m/s}^2$ y $-0,158 \text{ m/s}^2$, respectivamente. La aceleración y desaceleración promedio entre semana fue mayor con respecto a la general con tan solo el $0,1 \text{ m/s}^2$ y $-0,1 \text{ m/s}^2$ respectivamente. En cuanto a los fines de semana, los valores de la aceleración y desaceleración promedio se redujeron en mínima parte, es decir en $0,1 \text{ m/s}^2$ y $-0,1 \text{ m/s}^2$ respectivamente con respecto a los valores generales. Esto significa que el estilo de conducción en base a la aceleración y desaceleración promedio se comportó igual.

Tabla 3.10 Aceleración y desaceleración promedio general

DÍAS	ACELERACIÓN PROMEDIO (m/s^2)	DESACELERACIÓN PROMEDIO (m/s^2)
Entre semana	0,163	-0,163
Sábado	0,153	-0,153
Domingo	0,141	-0,141
Promedio	0,158	-0,158

3.5.2. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO POR OPERADORA

En la siguiente gráfica se muestra el análisis correspondiente a la aceleración y desaceleración promedio de los buses en función de la operadora a la cual pertenecen, tanto para los días entre semana, sábado y domingo.

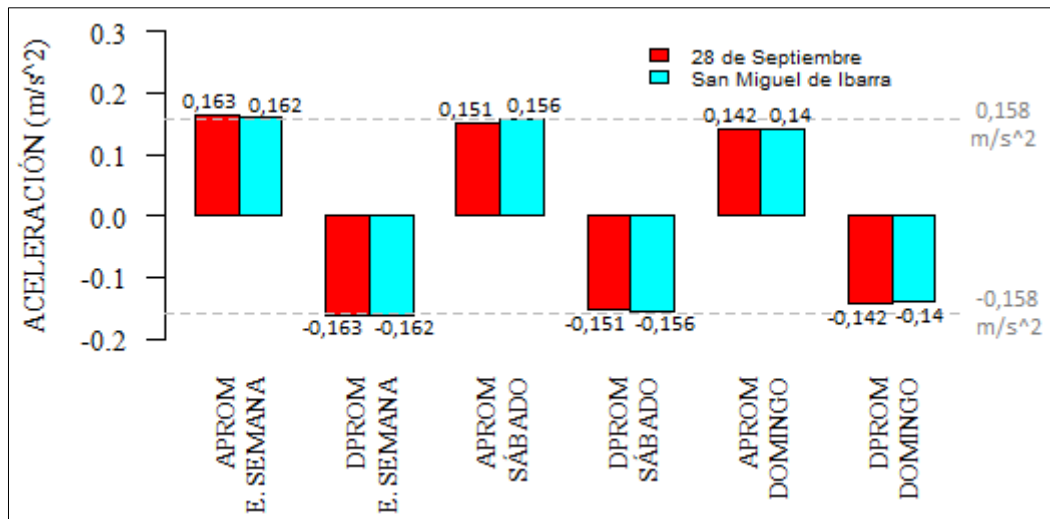


Figura 3.39 Aceleración y desaceleración promedio por operadora

Tanto los buses de la Cooperativa “28 de Septiembre” como los buses de la Cooperativa “San Miguel de Ibarra” alcanzaron iguales aceleraciones y desaceleraciones promedios con una diferencia mínima de 0,01 %; tanto para los días de entre semana, sábado y domingo, así como se observa en la Figura 3.39. Esto quiere decir que desde el punto de vista de acelerones y frenados bruscos ambas operadoras consumen igual combustible.

3.5.3. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO POR RUTA

La aceleración y desaceleración promedio en función de las rutas de los buses de Ibarra, tanto para los días entre semana, sábado y domingo se da a conocer a continuación:

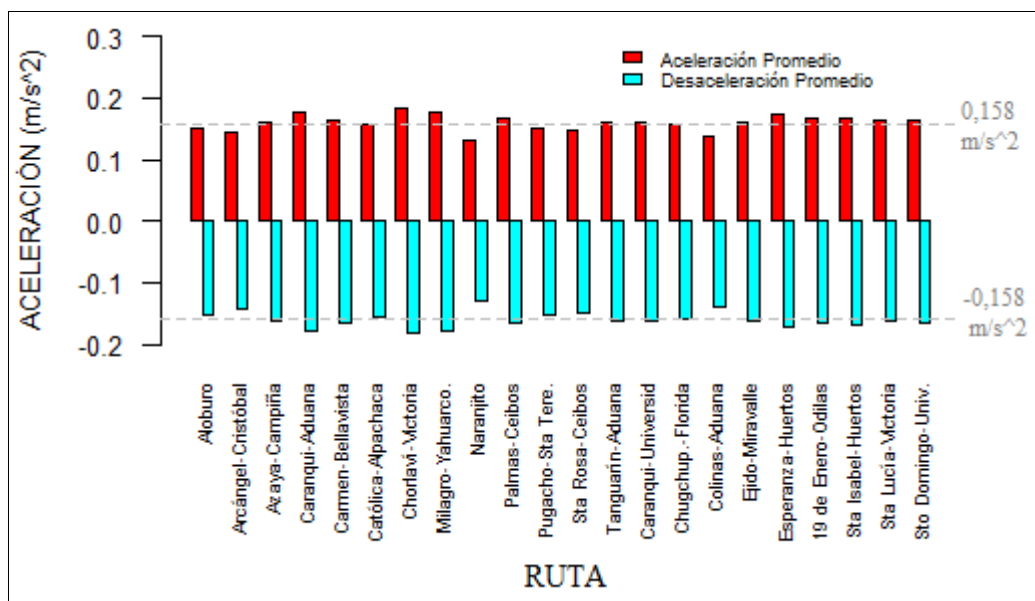


Figura 3.40 Aceleración y desaceleración promedio por ruta - Entre semana

En la Figura 3.40 se observa que entre semana las tres rutas con mayor índice de aceleración y desaceleración promedio fueron Chorlaví-La Victoria con $0,182 \text{ m/s}^2$ y $-0,182 \text{ m/s}^2$, en segundo estuvo Caranqui-Aduana con $0,178 \text{ m/s}^2$ y $-0,178 \text{ m/s}^2$ y en tercero se tuvo a Milagro-Yahuarcocha con $0,178 \text{ m/s}^2$ y $-0,178 \text{ m/s}^2$; mientras que la ruta que presentó menor aceleración y desaceleración promedio fue Naranjito con $0,13 \text{ m/s}^2$ y $-0,13 \text{ m/s}^2$, cuya diferencia con la primera fue de 40 %. Dichas rutas presentan mayores índices de aceleración, debido a que parte de sus tramos se encuentran en la panamericana.

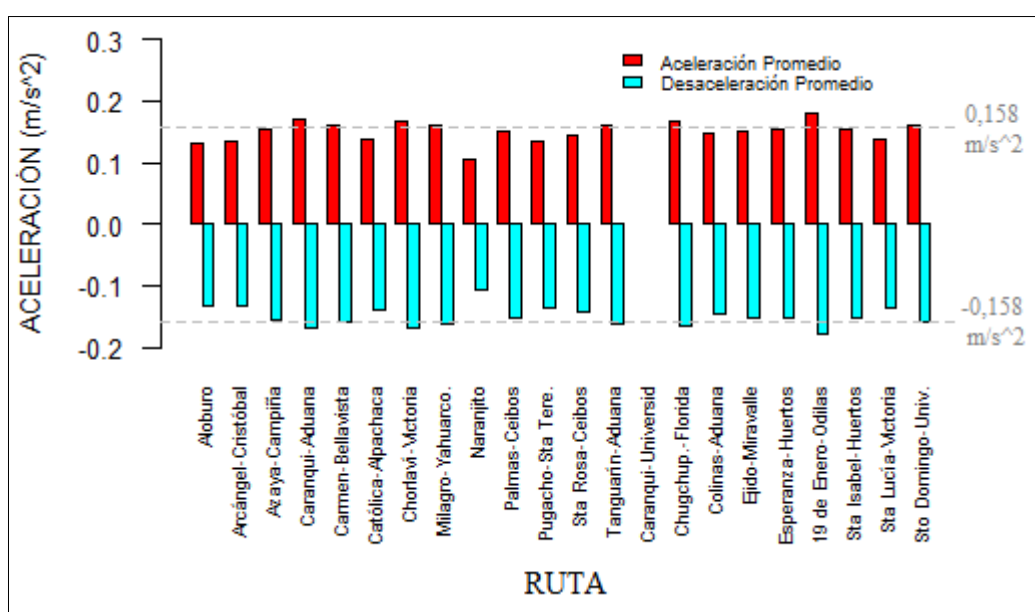


Figura 3.41 Aceleración y desaceleración promedio por ruta - Sábado

Para los sábados, se observa en la Figura 3.41 que, las tres rutas con más aceleración y desaceleración promedio fueron 19 de Enero-Odilas con $0,179 \text{ m/s}^2$ y $-0,179 \text{ m/s}^2$, seguido Caranqui-Aduana con $0,169 \text{ m/s}^2$ y $-0,169 \text{ m/s}^2$ y luego Chorlaví-La Victoria con $0,168 \text{ m/s}^2$ y $-0,168 \text{ m/s}^2$; mientras que la ruta de menor aceleración y desaceleración promedio fue Naranjito con $0,106 \text{ m/s}^2$ y $-0,106 \text{ m/s}^2$, cuya diferencia con la primera fue de 41 %.

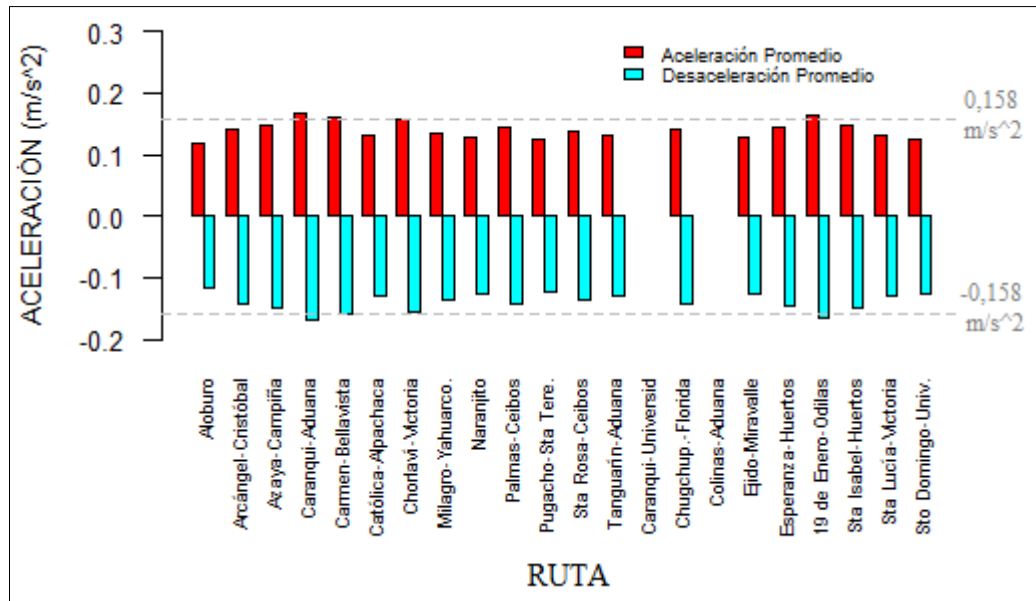


Figura 3.42 Aceleración y desaceleración promedio por ruta - Domingo

En la Figura 3.42 se observa que, en los domingos, las rutas con mayor índice de aceleración y desaceleración promedio fueron Caranqui-Aduana con $0,168 \text{ m/s}^2$ y $-0,169 \text{ m/s}^2$, luego estuvo 19 de Enero-Odilas con $0,164 \text{ m/s}^2$ y $-0,164 \text{ m/s}^2$ y en tercero se presentó Carmen-Bellavista con $0,159 \text{ m/s}^2$ y $-0,159 \text{ m/s}^2$; la ruta de menor aceleración y desaceleración promedio fue Aloburo con $0,118 \text{ m/s}^2$ y $-0,118 \text{ m/s}^2$, difirió con la primera en 42 %. Los índices de aceleración y desaceleración promedio se redujeron en un 3 %, en comparación con los obtenidos entre semana.

3.5.4. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO POR MODELO DEL VEHÍCULO

La aceleración y desaceleración promedio que se obtuvieron en los autobuses urbanos de Ibarra en base a su marca y modelo se presenta en la siguiente parte.

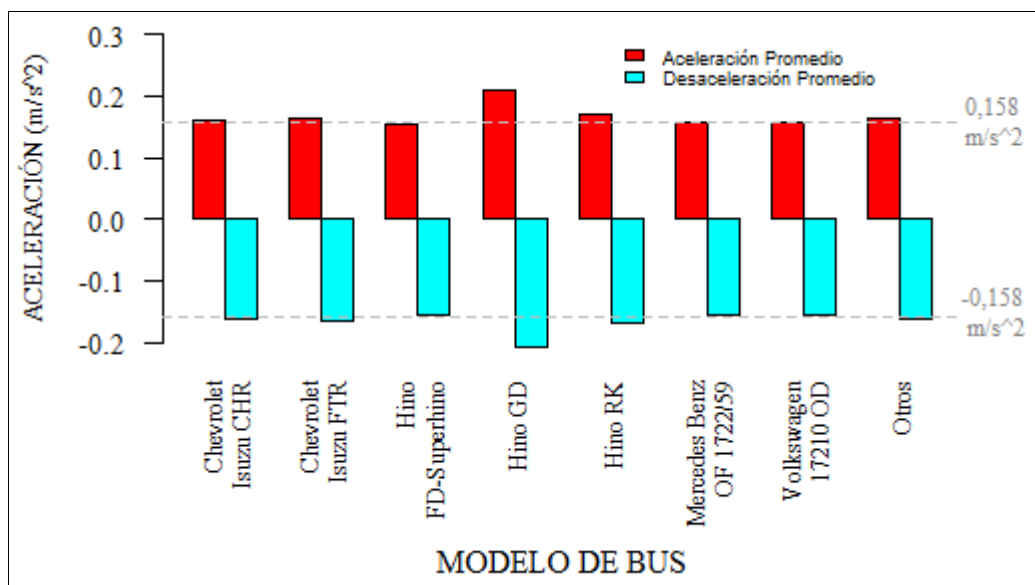


Figura 3.43 Aceleración y desaceleración promedio por modelo - Entre semana

Se muestra en la Figura 3.43 que entre semana los buses Hino GD e Hino RK alcanzaron la mayor aceleración y desaceleración promedio, con una diferencia del 26 % en comparación a los demás modelos, esto significa que los buses de este tipo trabajan en perfectas condiciones, ya que aceleran y desaceleran uniformemente sin esforzar exageradamente el motor.

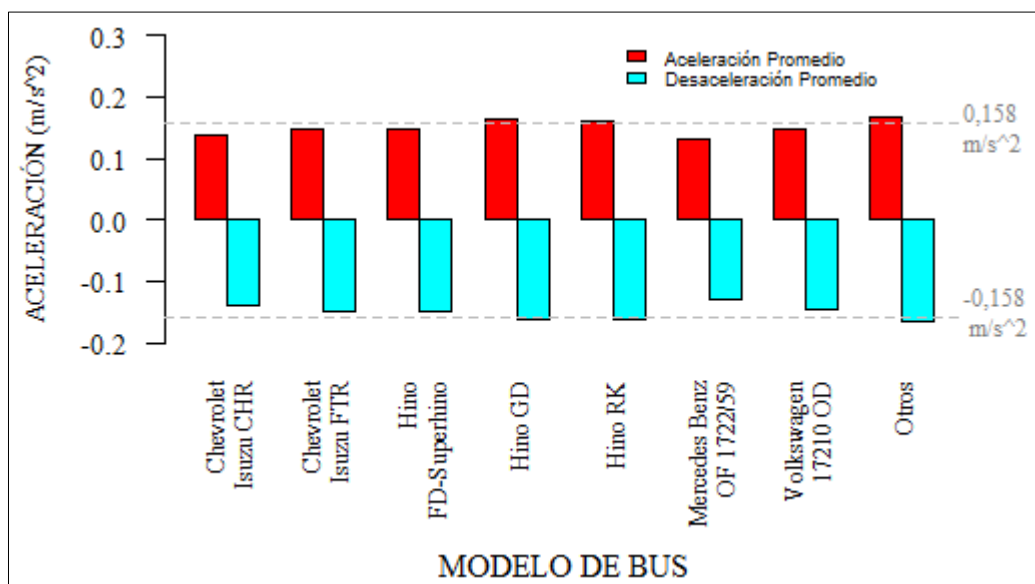


Figura 3.44 Aceleración y desaceleración promedio por modelo - Sábado

Durante los sábados, se analiza en la Figura 3.44 que al igual que entre semana, los buses Hino GD e Hino RK son los que adquirieron mayor aceleración y desaceleración promedio;

su diferencia en comparación al resto fue de 15 %; este valor fue menor al análisis de lunes a viernes, debido a que en los fines de semana existe menor tráfico vehicular, por lo tanto, el consumo de combustible y la contaminación ambiental disminuye.

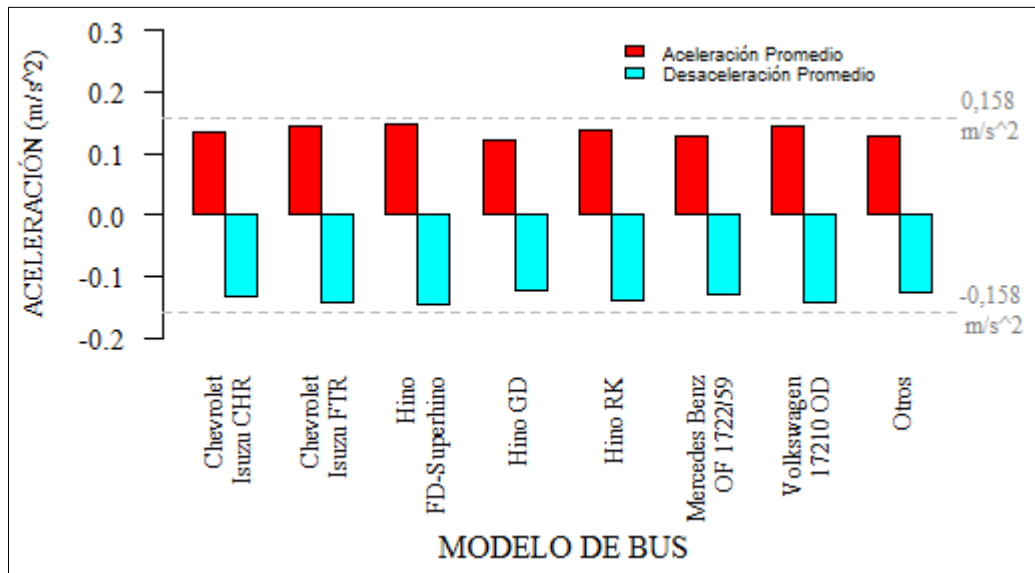


Figura 3.45 Aceleración y desaceleración promedio por modelo - Domingo

A partir de la Figura 3.45 se dice que, en los domingos, las aceleraciones y desaceleraciones promedio se redujeron en un 13 % en comparación a los días entre semana; y en un 11 % en comparación a los sábados; esto se da porque en los domingos existe menos tráfico que en los sábados y los buses no necesita producir acelerones y frenones bruscos. La marca Hino sigue encabezando con los buses de modelo FD o Superhino con una diferencia en comparación al resto del 10 %.

3.5.5. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO POR SECTOR

A continuación, se detalla el análisis de la aceleración y desaceleración promedio que consiguieron los buses en función del sector en el cual se encontraron operando, tanto entre semana, sábado y domingo.

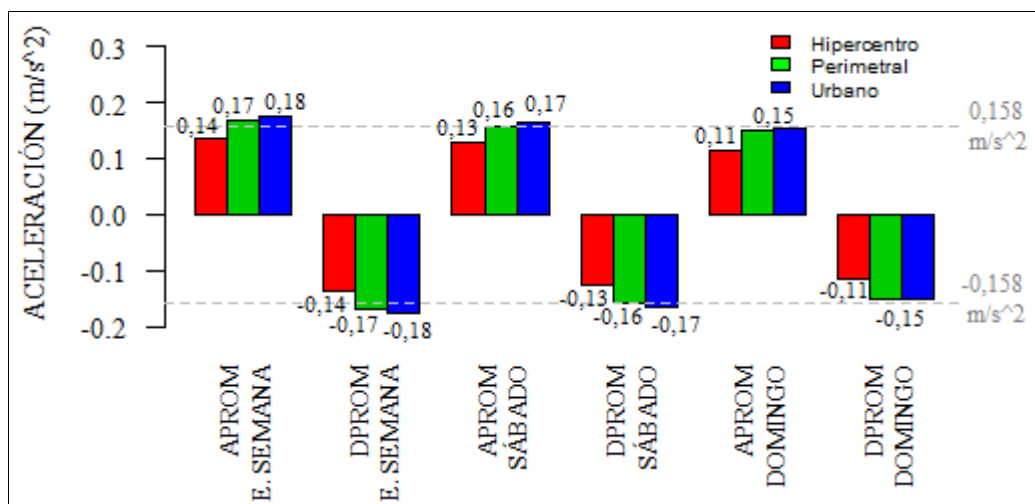


Figura 3.46 Aceleración y desaceleración promedio por sector

En la Figura 3.46 se aprecia que tanto entre semana, sábado y domingo; los conductores de los buses produjeron mayor aceleración y desaceleración promedio cuando se trasladaban por el sector urbano, seguido estuvo el sector perimetral, y finalmente se obtuvo al hipercentro. Entre semana, la parte urbana sacó una diferencia al sector perimetral e hipercentro del 4 % y 22 %, respectivamente; para sábados la diferencia del sector urbano con respecto al perimetral e hipercentro fue del 5 % y 23 %, respectivamente; y en cuanto a los domingos el urbano difirió del perimetral e hipercentro en 2 % y 24 %, respectivamente.

3.5.6. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO POR EDAD DEL CONDUCTOR

El análisis de la aceleración y desaceleración promedio en función de la edad de los conductores se detalla a continuación, con la finalidad de saber que rango de edades lograron mayor aceleración y desaceleración promedio durante los días entre semana, sábado y domingo.

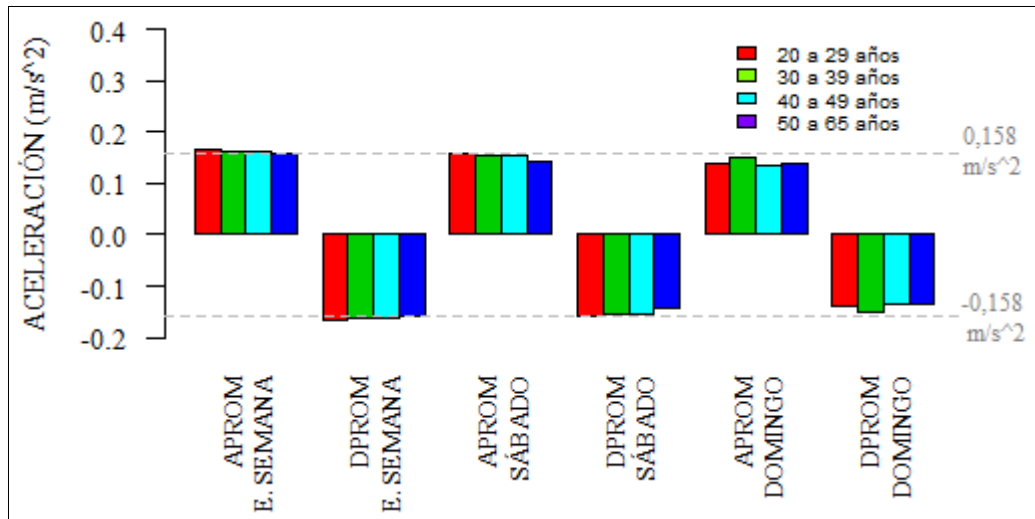


Figura 3.47 Aceleración y desaceleración promedio por edad del conductor

Tomando como base la Figura 3.47 se dice que el estilo de conducción de los conductores de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra en función de las aceleraciones y desaceleraciones promedio en los días entre semana, sábado y domingo con respecto a las edades de los conductores fue similar con una diferencia mínima de 1 %. Se dice que en función de las aceleraciones y desaceleraciones promedio que se adquirieron con respecto a las edades de los conductores, todos consumieron el mismo combustible.

3.5.7. ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN PROMEDIO POR FRANJA HORARIA

Para el análisis de la aceleración y desaceleración promedio por franja horaria, se presenta un análisis, donde se detalla los resultados obtenidos de lunes a viernes, sábado y domingo.

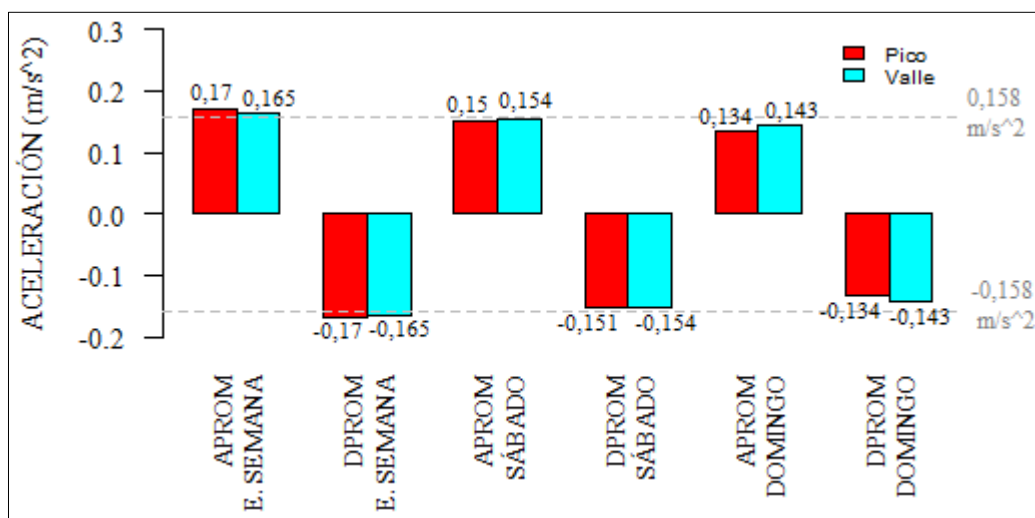


Figura 3.48 Aceleración y desaceleración promedio por franja horaria

Se observa que el estilo de conducción de los conductores de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra en función de las aceleraciones y desaceleraciones promedio en los días entresemana, sábado y domingo con respecto a la franja horaria fue similar con una diferencia mínima de 1 %. Por lo tanto, en base a las aceleraciones y desaceleraciones promedio que se lograron con respecto a la franja horaria, se consumió igual combustible en horas valle y horas pico.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se implementó sofisticadamente 10 dispositivos GPS GL-770, de montaje superficial para la obtención de muestreo de datos de posición, trayectoria, velocidad y aceleración de rutas de los autobuses de Ibarra, con una frecuencia de muestreo de 1 Hz con rangos de grabación de hasta 14 horas diarias.
- Para el levantamiento de los datos cinemáticos se monitorearon en total 168 autobuses durante 832 viajes. Se aplicó a las 22 rutas de la ciudad de Ibarra durante toda la jornada de trabajo. De lunes a viernes en promedio se monitorearon 5 buses por ruta y el fin de semana un promedio de dos buses por ruta.
- La grabación de los datos cinemáticos se realizó segundo a segundo, por lo tanto, cada hora de grabación almacenaba 3 600 registros, con aproximadamente 50 000 datos. Se obtuvieron un total de 1 531 horas y 36 minutos de grabación con 5 513 866 registros válidos. Mediante el software libre estadístico R y RStudio se logró la limpieza, el tratamiento e interpretación de esta base de datos.
- Los porcentajes de permanencia promedio de la flota de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra fueron de 30,9 % en aceleración; 29,6 % en ralentí; 24,2 % en desaceleración y 15,2 % en velocidad cruceo. Los porcentajes de permanencia de los estados de conducción no varían en función de la operadora, del modelo de vehículo, de la edad de los conductores y de la franja horaria.
- Los factores que tuvieron incidencia en los porcentajes de permanencia de los estados de conducción fueron la ruta y el sector de la ciudad. La ruta Católica-Alpachaca presentó la mayor permanencia en ralentí con 38,3 % los días entre semana; la ruta Naranjito tubo mayor permanencia en cruceo con 28,5 % los sábados; la ruta Carmen-Bellavista permaneció más en aceleración y desaceleración con 34,2 y 31,5 % respectivamente los domingos. En el hipercentro fue donde se presentó más tráfico

vehicular para todos los días debido a su mayor permanencia en ralentí de 44 %; mientras que en el sector urbano y perimetral se obtuvieron estilos de conducción similares.

- La velocidad promedio general de los autobuses fue de 13,35 km/h y no tuvo mayor variación en función de la operadora, del día, del modelo de vehículo, de la edad de los conductores y de la franja horaria. Los factores que presentaron incidencia fueron la ruta y el sector de la ciudad; Carmen-Bellavista fue la ruta que obtuvo mayor velocidad promedio con 19,5 km/h y el sector perimetral presentó la mayor velocidad promedio de 16,9 %. La velocidad máxima registrada fue de 108,6 km/h en un bus Chevrolet FTR de la ruta Tanguarín-Aduana, en un día entre semana a una hora pico y operado por un conductor de edad entre 30 y 39 años.
- La aceleración y desaceleración promedio general de la flota de autobuses fue de 0,158 m/s² y -0,158 m/s² respectivamente y no existió variación en función de la operadora, del día y de la edad del conductor. Las mayores variaciones de aceleración y desaceleración promedio se identificaron en base a la ruta, al modelo del vehículo y al sector de la ciudad. Entre semana, la ruta Chorlaví-La Victoria en el sector urbano obtuvo la mayor aceleración y desaceleración promedio de 0,18 m/s² y -0,18 m/s² respectivamente; el Hino GD fue el modelo de bus que adquirió mayor aceleración y desaceleración promedio de 0,21 m/s² y -0,21 m/s² respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

- En futuros estudios relacionados a la cinemática del automóvil se recomienda la utilización del GPS GL-770 ya que es un dispositivo fiable, robusto y económico. Tiene una duración de la batería de hasta 35 horas de funcionamiento; es manipulable y de uso fácil, cuenta con una memoria de 64 Mbit para garantizar la grabación de más de 250 000 datos.
- Para estudios similares es importante seleccionar el período para el levantamiento de datos; en este caso se recomienda hacerlo en meses en los cuales las actividades educativas, comerciales, laborales sean normales, lo cual garantiza tener datos reales en función de las condiciones cotidianas de tráfico de la ciudad.
- Para futuros estudios donde se maneje grandes bases de datos (Big Data) se recomienda el uso del software estadístico R, ya que es una herramienta de uso libre con programación propia para manipular, ordenar, limpiar, graficar y analizar datos, tablas, matrices, etc.
- Es importante que las operadoras modifiquen los tiempos de viaje en cada ruta de modo que no sean muy permisibles, para que los conductores experimenten un estilo de conducción más adecuado y los usuarios del sistema de transporte público puedan tener menores tiempos de viaje y evitar de esta forma acelerones y frenados bruscos que puedan ocasionar accidentes en la vía.
- Se recomienda la ubicación de radares especialmente en zonas urbanas y perimetrales para evitar que los buses sobrepasen los límites de velocidad que estipula la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y seguridad vial.
- Para futuros trabajos en temáticas de cinemática del vehículo, se puede utilizar la base de datos del presente estudio para el desarrollo de los ciclos de conducción del transporte público de la ciudad de Ibarra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Achour, H., & Olabi, A. (2015). Driving Cycle Developments And Their Impacts On Energy Consumption Of Transportation. *Cleaner Production*, 1-25.
2. APNEYS. (14 de Diciembre de 2012). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica*. Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/actualidad/los-trabajos-tramo-la-v%C3%ADa-rumichaca-riobamba-iniciaron-el-norte-ecuador.html>
3. Astudillo, R. (2016). *Obtención de Ciclos de Conducción para la Flota de Buses Urbanos del Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
4. Beer, F. P., Johnston, E., & Cornwell, P. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros - Dinámica*. México D.F, México: McGRAW-HILL
5. Caballero, M. (2011). *Análisis de Emisiones de Vehículos Livianos Según Ciclos de Conducción Específicos para la Región Metropolitana*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Santiago de Chile.
6. Castellanos, R. (10 de Marzo de 2015). *Algoritmos y programación: Introducción a Matlab*. Obtenido de <http://ruthcastellanosrodriguez.blogspot.com/2015/03/>
7. Cevallos, J. (2016). Estimating road transport fuel consumption in Ecuador. *Energy Policy*, 359-368.
8. Clavijo, C. (Marzo de 2016). *Física y Química 4° E.S.O: Cinemática*. Obtenido de <https://sites.google.com/a/iesitaca.org/fisica-y-quimica-4o-e-s-o/fisica-y-quimica-4o-e-s-o/cinemática>
9. Davari, M., Jerrelind, J., & Trigell, A. (2017). Energy efficiency analyses of a vehicle in modal and transient driving cycles including longitudinal and vertical dynamics. *Transportation Research Part D*, 263-275.
10. Escudero, S., Gonzáles, J., Rivas, J. L., & Suárez, A. (2009). *Motores*. España: Macmillan Iberia, S.A.
11. Fallas, J. (2002). *Sistema de posicionamiento global*. Costa Rica: Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.
12. Ferdinand, B., Russell, J., & Phillip, C. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros. Dinámica*. México D.F, México: McGRAW-HILL
13. Follos, F. (2012). *Lenguaje R aplicado al análisis de datos de Calidad del Aire - Manual de uso de R y Openair*. Toledo, España: Environmental Risk Management.

14. Giménez, T., & Ros, M. (2010). *Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*. Gravitación y Astrofísica.
15. González, R. (2005). *Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte*. México D.F, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
16. Hongjie, M., Hui, X., Denggao, H., & Shuo, X. (2015). Effects of driving style on the fuel consumption of city buses under different road conditions and vehicle masses. *Transportation Research Part D*, 205-216.
17. Huang, D., Xie, H., Ma, H., & Sun, Q. (2017). Driving cycle prediction model based on bus route features. *Transportation Research Part D*, 99-113.
18. Hurtado Gómez, A. (2014). *Desarrollo de Ciclos de Conducción para el Área Metropolitana Centro Occidente - AMCO*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
19. Ibañez Asencio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (23 de Junio de 2009). *Coordenadas geográficas*. (H. Moreno Ramón, Intérprete) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
20. IDAE. (2006). *Manual de Conducción Eficiente*. Sevilla - España: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
21. Jeteo, L. (23 de Febrero de 2009). *AI and Social Science - Brendan O'Connor: Comparison of data analysis packages: R, Matlab, SciPy, Excel, SAS, SPSS, Stata*. Obtenido de <https://brenocon.com/blog/2009/02/comparison-of-data-analysis-packages-r-matlab-scipy-excel-sas-spss-stata/>
22. Jing, Z., Wang, G., Zhang, S., & Qiu, C. (2017). Building Tianjin driving cycle based on linear discriminant. *Transportation Research Part D*, 78-87.
23. Kates, E., & Luck, W. (2003). *MOTORES DIESEL Y DE GAS DE ALTA COMPRESIÓN*. España: Reverté, SA.
24. Lara, M. (2017). *Propuesta de Modificación de los Valores Estipulados de Norma Boliviana °62002 en Niveles de Opacidad en Base a Sistema DPF*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Universidad para el Desarrollo y la Innovación.
25. Lima, B., & Gálvez, E. (2016). *Análisis del Consumo de Combustible de los Vehículos de Categoría M1 que Circulan en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca en Horas de Máxima Demanda en Función de Ciclos de Conducción*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede MATRIZ Cuenca.

26. LOTTTSV. (2012). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*.
27. Luna, P., & Mier, J. (2014). *Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel*. Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador.
28. Metin, R., Saka, M. H., Ozulu, M., & İlçi, V. (2017). Kinematic precise point positioning using GPS and GLONASS measurements in marine environments. *Measurement*, 36-43.
29. Mundo. (12 de Octubre de 2017). *Mundo: Cómo funciona GLONASS y por qué el sistema de navegación ruso no tiene el éxito del GPS estadounidense*. Obtenido de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-41596292>
30. Netto, R. (2000-2018). *FISICANET: Conceptos básicos de cinemática, tipos de movimientos*. Obtenido de https://www.fisicanet.com.ar/fisica/GO/ap01_cinematica.php
31. Ochoa, E., & Salazar, H. (2018). *Estudio para la optimización del combustible en la operación de taxis de la ciudad de San Miguel de Ibarra*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
32. OPS, & OMS. (2013). *Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud: Contaminación del Aire y Salud*. Obtenido de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2727%3A2010-contaminacion-aire-salud-fact-sheet-urban-health&catid=8867%3Awhd&Itemid=42091&lang=es
33. Oxley, A. (2017). Introduction to GPS. *Uncertainties in GPS Positioning*, 19-38.
34. Palomo Ferrer, E. J. (2012). *Introducción a MATLAB. Modelos Computacionales*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
35. Peñafiel, J., & Zayas, J. (Septiembre de 2001). *Fundamentos del Sistema GPD y aplicaciones en la topografía*. Madrid, España: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Obtenido de <http://www.rutasnavarra.com/GPS/Teoria/GPSavanzado.pdf>
36. Pérez, C., & Colebrook, M. (2014). *Curso introductorio de introducción a la Interfaz RStudio*. Obtenido de [http://mcolebrook.github.io/CursoRStudio/RStudio.html#\(1\)](http://mcolebrook.github.io/CursoRStudio/RStudio.html#(1))
37. Quilumba, J. (2015). *Diseño de Mapas de Ruta y Señalética para la Cooperativa 28 de Septiembre en la Ciudad de Ibarra durante el año 2015*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

38. Reglamento-General-de-LOTTTSV. (2012). *Reglamento general de aplicación a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial*. Quito: LOTTTSV.
39. Rodríguez, R., Virguez, E., Rodríguez, P., & Behrentz, E. (2016). Influence of driving patterns on vehicle emissions: A case study for Latin American cities. *Transportation Research Part D*, 192-206.
40. Rosero, F., León, C., Mera, Z., & Rosero, C. (2017). Análisis del Consumo de Combustible en Autobuses Urbanos por Efecto de las Intersecciones SemafORIZADAS. Caso de Estudio Ciudad de Ibarra. *Desarrollo Local Sostenible DELOS*, 1-22.
41. Sanabria Sandí, R. F. (2012). *Desarrollo de un Ciclo de Conducción para la Ciudad de San José de Costa Rica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
42. STATA. (2018). *STATA*. Obtenido de <https://www.stata.com/stata14/quick-starts/>
43. Sucari, J. (9 de Marzo de 2012). *SlideShare: Guía introductoria para usar SPSS*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/mersuk/guia-spss-20>
44. Taringa. (5 de Octubre de 2015). *Taringa: Gps de Usa o Glonass de Rusia*. Obtenido de <https://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18989819/Gps-de-Usa-o-Glonass-de-Rusia.html>
45. Tong, H., Hung, W., & Cheung, C. (2014). On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 37-41.
46. Torres, A., & Valladares, E. (12 de Julio de 2013). *Estudio de Factibilidad para la creación de un centro de revisión vehicular y control de emisión de gases de escape, previa a la matriculación y prevención de la contaminación ambiental*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
47. TRANSYSTEM. (2015). *GL-770 GPS Recorder*. Alemania: TRANSYSTEM INC.
48. Treatise. (2005). *La Conducción Eficiente*. España: SenterNovem.
49. Vieira da Rocha, T., Can, A., Parzani, C., Jeanneret, B., Trigui, R., & Leclercq, L. (2013). Are vehicle trajectories simulated by dynamic traffic models relevant for estimating fuel consumption? *Transportation Research Part D*, 17-26.
50. Zamboni, G., André, M., Roveda, A., & Capobianco, M. (2015). Experimental evaluation of Heavy Duty Vehicle speed patterns in urban and port areas and estimation of their fuel consumption and exhaust emissions. *Transportation Research Part D*, 1-10.

ANEXOS

ANEXO I

INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS GPS GL-770 EN UN BUS

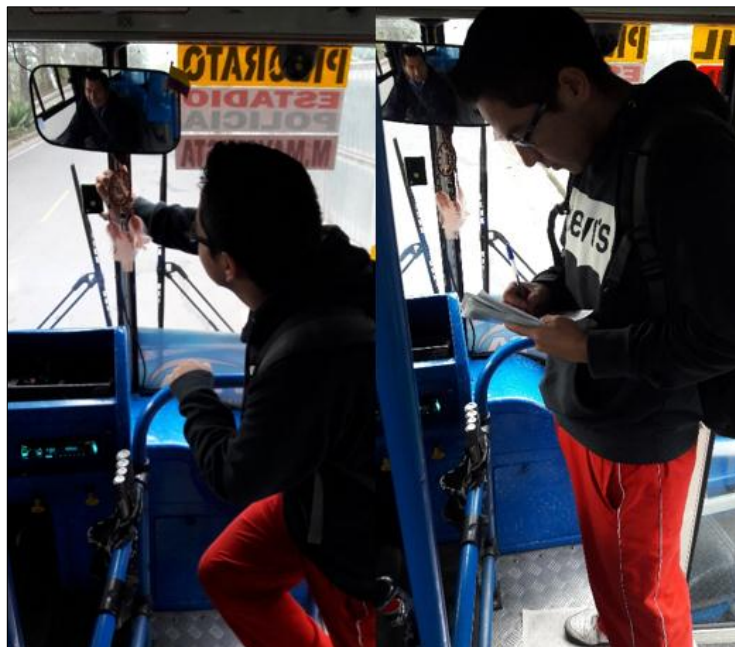


Figura AI.1 Colocación del GPS y toma de datos



Figura AI.2 Dispositivos GPS GL-770

ANEXO III
TABLAS DE RESULTADOS

GENERAL

Tabla AIII.1 Características cinemáticas generales.

CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS	ENTRE SEMANA	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO GENERAL (5*Entre Semana + Sábado + Domingo)
Ralentí (%)	29,9	29,2	28,5	29,6
Crucero (%)	14,5	16,2	18,0	15,2
Aceleración (%)	31,3	30,3	29,7	30,9
Desaceleración (%)	24,3	24,3	23,8	24,2
Velocidad Máxima (km/h)	108,583	96,156	86,396	103,638
Velocidad Promedio (km/h)	13,314	13,436	13,462	13,353
Aceleración Máxima (m/s ²)	16,617	10,644	9,363	14,727
Aceleración Promedio (m/s ²)	0,163	0,153	0,141	0,158
Desaceleración Máxima (m/s ²)	-11,524	-8,555	-8,293	-10,638
Desaceleración Promedio (m/s ²)	-0,163	-0,153	-0,141	-0,158

POR OPERADORA

Tabla AIII.2 Características cinemáticas por operadora en entre semana.

OPERADORA	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
28 de Septiembre	30,4	14,3	30,9	24,4	108,583	13,20	16,617	0,163	-11,524	-0,163
San Miguel de Ibarra	29,3	14,7	31,8	24,2	91,211	13,45	8,077	0,162	-7,115	-0,162

Tabla AIII.3 Características cinemáticas por operadora en los sábados.

OPERADORA	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
28 de Septiembre	29,3	16,4	30,1	24,2	96,156	13,363	10,644	0,151	-8,555	-0,151
San Miguel de Ibarra	29,0	15,9	30,7	24,5	91,433	13,545	8,154	0,156	-6,050	-0,156

Tabla AIII.4 Características cinemáticas por operadora en los domingos.

OPERADORA	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
28 de Septiembre	28,2	17,9	30,0	23,9	86,396	13,478	9,363	0,142	-8,293	-0,142
San Miguel de Ibarra	28,9	18,1	29,3	23,7	76,877	13,436	5,006	0,140	-5,433	-0,14

POR RUTA

Tabla AIII.5 Características cinemáticas por ruta en entre semana.

RUTA	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
Aloburo	30,3	16,0	29,1	24,6	96,73	16,402	2,917	0,151	-4,285	-0,151
Arcángel-San Cristóbal	26,7	17,4	30,1	25,7	57,375	13,572	3,627	0,143	-4,723	-0,143
Azaya-Campiña	29,6	15,0	30,5	24,9	59,764	11,043	2,963	0,161	-5,175	-0,161
Caranqui-Aduana	27,9	13,7	32,7	25,6	76,210	14,872	3,586	0,178	-5,170	-0,178
Carmen-Bellavista	18,9	17,5	33,6	30,1	62,709	19,287	2,449	0,164	-3,627	-0,164
Católica-Alpachaca	38,3	11,1	27,7	23,0	79,543	10,979	16,617	0,156	-11,524	-0,156
Chorlaví-La Victoria	28,8	13,3	33,1	24,9	82,247	14,886	3,308	0,182	-4,285	-0,182
Milagro-Yahuarcocha	28,2	14,5	32,7	24,6	86,062	16,384	4,856	0,178	-4,049	-0,178
Naranjito	26,0	20,6	28,3	25,1	54,301	13,210	2,289	0,130	-2,408	-0,130
Palmas-Ceibos	35,5	11,2	30,1	23,2	64,005	11,442	6,482	0,166	-8,977	-0,166
Pugacho-Santa Teresita	32,1	13,5	30,4	23,9	61,338	11,083	3,591	0,152	-5,839	-0,152
Santa Rosa-Los Ceibos	28,6	17,3	30,4	23,7	67,098	12,056	3,133	0,148	-6,626	-0,148
Tanguarín-Aduana	28,3	16,3	31,1	24,2	108,583	14,532	4,007	0,162	-7,058	-0,162
Caranqui-Universidades	30,2	13,4	31,0	25,5	55,301	13,967	2,371	0,161	-3,133	-0,161
Chugchupungo-La Florida	31,8	14,3	30,6	23,3	72,784	13,018	2,824	0,158	-3,889	-0,158
Colinas Del Sur-Aduana	30,9	17,2	28,5	23,4	71,395	13,476	2,948	0,138	-4,219	-0,138
Ejido De Caranqui-Miravalle	28,0	15,2	32,8	24,0	58,931	13,120	3,184	0,161	-3,539	-0,161
La Esperanza-Huertos Familiares	26,2	14,8	33,0	26,1	54,838	12,698	5,777	0,172	-4,440	-0,172
19 de Enero-Odilas	29,9	13,7	32,1	24,2	68,894	13,106	7,110	0,167	-7,115	-0,167
Santa Isabel-Huertos Familiares	28,3	15,5	32,2	24,0	91,211	14,693	2,984	0,168	-5,998	-0,168
Santa Lucía-La Victoria	29,6	14,2	32,0	24,2	73,858	13,097	8,077	0,163	-6,914	-0,163
Santo Domingo-Universidades	30,7	13,1	32,4	23,8	76,728	14,319	3,241	0,165	-4,959	-0,165

Tabla AIII.6 Características cinemáticas por ruta en los sábados.

RUTA	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s²)	Aceleración Promedio (m/s²)	Desaceleración Máxima (m/s²)	Desaceleración Promedio (m/s²)
Aloburo	25,7	18,4	31,1	24,8	54,690	14,327	3,719	0,132	-3,663	-0,132
Arcángel-San Cristóbal	25,2	20,9	29,2	24,7	54,949	13,903	6,333	0,134	-3,143	-0,134
Azaya-Campiña	28,8	15,2	30,8	25,3	57,356	11,154	3,452	0,155	-4,316	-0,155
Caranqui-Aduana	29,5	14,3	32,6	23,5	73,469	14,830	9,728	0,169	-3,221	-0,169
Carmen-Bellavista	26,2	17,5	29,8	26,5	96,156	19,078	2,824	0,160	-3,586	-0,160
Católica-Alpachaca	37,9	12,3	28,2	21,6	73,802	10,841	2,835	0,139	-6,451	-0,139
Chorlaví-La Victoria	25,4	16,1	32,5	25,9	71,117	15,317	2,953	0,168	-6,209	-0,168
Milagro-Yahuarcocha	26,3	17,3	31,3	25,1	90,137	16,258	5,921	0,161	-8,087	-0,161
Naranjito	22,3	28,5	25,6	23,6	40,133	12,421	1,986	0,106	-1,939	-0,106
Palmas-Ceibos	33,8	14,5	28,8	22,9	59,171	11,521	3,097	0,152	-3,329	-0,152
Pugacho-Santa Teresita	32,1	16,4	28,3	23,2	52,875	10,948	3,488	0,136	-7,717	-0,136
Santa Rosa-Los Ceibos	30,1	17,1	29,6	23,3	58,171	12,091	3,606	0,144	-4,470	-0,144
Tangará-Aduana	27,1	16,1	31,2	25,6	76,951	14,953	10,644	0,161	-8,555	-0,161
Caranqui-Universidades	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chugchupungo-La Florida	32,0	13,3	30,6	24,0	66,450	12,987	8,154	0,167	-4,003	-0,167
Colinas Del Sur-Aduana	29,7	17,6	28,7	24,0	63,783	13,977	2,613	0,146	-2,968	-0,146
Ejido De Caranqui-Miravalle	27,4	17,7	30,1	24,7	74,562	13,230	6,204	0,151	-4,496	-0,151
La Esperanza-Huertos Familiares	25,8	17,6	31,0	25,6	56,004	12,932	4,111	0,153	-4,841	-0,153
19 de Enero-Odilas	31,4	12,6	31,0	25,0	72,802	13,358	3,359	0,179	-4,687	-0,179
Santa Isabel-Huertos Familiares	27,9	17,7	30,3	24,1	70,858	14,872	5,016	0,153	-5,993	-0,153
Santa Lucía-La Victoria	28,8	17,2	29,9	24,1	64,024	13,172	2,938	0,137	-3,164	-0,137
Santo Domingo-Universidades	29,8	13,9	32,1	24,2	91,433	13,931	3,565	0,159	-6,050	-0,159

Tabla AIII.7 Características cinemáticas por ruta en los domingos.

RUTA	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s²)	Aceleración Promedio (m/s²)	Desaceleración Máxima (m/s²)	Desaceleración Promedio (m/s²)
Aloburo	16,2	27,9	29,1	26,8	64,894	15,276	1,574	0,118	-1,976	-0,118
Arcángel-San Cristóbal	26,0	18,2	30,4	25,4	57,616	14,850	3,586	0,142	-6,112	-0,142
Azaya-Campiña	26,8	16,7	32,2	24,4	54,301	11,161	4,249	0,148	-6,564	-0,148
Caranqui-Aduana	27,4	14,8	33,0	24,8	69,246	15,331	2,130	0,168	-3,359	-0,169
Carmen-Bellavista	16,1	18,2	34,2	31,5	76,691	19,538	2,629	0,159	-3,004	-0,159
Católica-Alpachaca	35,2	15,2	28,3	21,4	64,598	11,240	3,205	0,131	-3,544	-0,130
Chorlaví-La Victoria	27,3	16,2	31,8	24,7	79,062	14,752	2,320	0,156	-6,868	-0,156
Milagro-Yahuarcocha	28,8	18,4	28,7	24,1	73,784	16,086	7,706	0,135	-4,923	-0,135
Naranjito	19,4	22,6	30,7	27,4	46,948	13,572	2,274	0,127	-2,685	-0,127
Palmas-Ceibos	32,7	17,2	27,9	22,2	61,246	11,439	2,366	0,143	-4,203	-0,143
Pugacho-Santa Teresita	30,2	19,8	26,9	23,1	57,282	11,287	9,363	0,124	-8,293	-0,124
Santa Rosa-Los Ceibos	28,2	18,4	29,9	23,5	49,152	12,143	2,356	0,137	-4,718	-0,137
Tangará-Aduana	25,3	22,8	29,3	22,5	86,396	14,783	2,531	0,131	-4,059	-0,131
Caranqui-Universidades	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chugchupungo-La Florida	31,3	14,8	30,0	23,9	51,282	12,881	3,493	0,142	-3,724	-0,142
Colinas Del Sur-Aduana	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ejido De Caranqui-Miravalle	25,2	23,6	28,2	22,9	59,431	12,749	3,915	0,127	-4,223	-0,127
La Esperanza-Huertos Familiares	25,6	19,1	29,5	25,8	52,782	12,708	3,123	0,145	-3,184	-0,145
19 de Enero-Odilas	33,0	13,3	30,7	23,1	76,877	13,343	5,006	0,164	-4,738	-0,164
Santa Isabel-Huertos Familiares	24,9	18,3	31,6	25,2	72,969	15,809	3,442	0,149	-4,177	-0,149
Santa Lucía-La Victoria	25,0	21,2	30,2	23,6	56,616	13,941	3,133	0,131	-5,433	-0,131
Santo Domingo-Universidades	34,0	17,5	26,6	22,0	74,024	12,882	2,598	0,125	-3,457	-0,125

POR MODELO DEL VEHÍCULO

Tabla AIII.8 Características cinemáticas por modelo de bus en entre semana.

MODELO DE BUS	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
Chevrolet Isuzu CHR	29,1	14,9	30,9	25,1	59,820	12,422	16,617	0,161	-11,524	-0,161
Chevrolet Isuzu FTR	30,2	14,3	31,1	24,5	108,583	13,503	8,077	0,164	-6,914	-0,164
Hino FD-Superhino	31,8	14,1	30,6	23,6	64,598	11,866	3,658	0,155	-8,977	-0,155
Hino GD	31,9	09,2	32,7	26,3	76,210	14,816	3,586	0,209	-3,714	-0,209
Hino RK	26,9	14,4	32,0	26,7	51,189	12,773	3,658	0,169	-4,440	-0,169
Mercedes Benz OF 1722/59	28,8	15,6	31,4	24,3	71,395	13,322	3,591	0,156	-5,839	-0,156
Volkswagen 17210 OD	30,4	14,5	33,1	22,0	91,211	13,400	5,777	0,156	-5,998	-0,156
Otros	28,8	15,6	31,2	24,4	84,803	13,772	6,482	0,163	-2,845	-0,163

Tabla AIII.9 Características cinemáticas por modelo de bus en los sábados.

MODELO DE BUS	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
Chevrolet Isuzu CHR	34,3	14,7	28,9	22,1	73,228	11,462	2,871	0,139	-6,451	-0,139
Chevrolet Isuzu FTR	28,1	17,4	30,2	24,2	91,433	13,725	10,644	0,148	-8,555	-0,148
Hino FD-Superhino	25,7	18,1	30,5	25,7	64,690	13,378	5,016	0,148	-5,993	-0,148
Hino GD	29,7	14,4	30,7	25,1	96,156	13,884	8,154	0,163	-6,209	-0,163
Hino RK	28,5	15,6	30,6	25,3	68,913	13,182	4,111	0,161	-4,841	-0,161
Mercedes Benz OF 1722/59	31,8	17,8	28,2	22,2	52,819	10,891	3,488	0,130	-3,498	-0,13
Volkswagen 17210 OD	32,3	15,1	30,8	21,8	64,727	12,889	2,207	0,147	-3,575	-0,147
Otros	30,1	14,4	30,8	24,7	90,137	13,918	6,204	0,166	-3,329	-0,166

Tabla AIII.10 Características cinemáticas por modelo del bus en los domingos.

MODELO DE BUS	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s²)	Aceleración Promedio (m/s²)	Desaceleración Máxima (m/s²)	Desaceleración Promedio (m/s²)
Chevrolet Isuzu CHR	28,6	19,5	28,0	23,9	57,616	13,165	9,363	0,134	-8,293	-0,134
Chevrolet Isuzu FTR	28,9	17,2	30,0	23,9	86,396	13,454	5,006	0,144	-6,868	-0,144
Hino FD-Superhino	26,6	17,7	30,4	25,4	57,894	14,724	7,706	0,147	-4,563	-0,147
Hino GD	22,2	25,9	29,3	22,6	61,542	14,744	1,934	0,122	-3,071	-0,122
Hino RK	25,6	20,9	28,1	25,3	52,782	12,879	2,526	0,138	-2,737	-0,138
Mercedes Benz OF 1722/59	33,1	18,7	27,8	20,5	61,598	11,275	2,366	0,129	-4,203	-0,129
Volkswagen 17210 OD	28,4	17,2	30,0	24,3	79,062	14,598	2,202	0,143	-5,052	-0,143
Otros	26,2	22,0	29,5	22,3	59,431	12,579	3,915	0,128	-3,328	-0,128

POR SECTOR

Tabla AIII.11 Características cinemáticas por sector en entre semana.

SECTOR	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
Hipercentro	43,4	10,0	25,4	21,2	64,264	8,660	7,110	0,137	-7,115	-0,137
Perimetral	21,4	18,7	34,0	25,8	108,583	16,842	8,077	0,168	-4,183	-0,169
Urbano	22,4	17,3	34,3	26,1	68,894	14,139	16,617	0,175	-3,539	-0,175

Tabla AIII.12 Características cinemáticas por sector en los sábados.

SECTOR	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
Hipercentro	44,3	11,0	24,2	20,5	63,561	8,493	6,333	0,127	-4,687	-0,126
Perimetral	20,7	20,7	32,8	25,8	96,156	16,921	10,644	0,158	-3,107	-0,158
Urbano	20,5	19,2	33,7	26,5	73,469	14,362	9,728	0,166	-3,215	-0,167

Tabla AIII.13 Características cinemáticas por sector en los domingos.

SECTOR	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
Hipercentro	44,3	12,6	23,2	19,9	64,598	8,51	4,249	0,115	-6,564	-0,114
Perimetral	19,5	21,9	32,7	25,9	86,396	17,008	5,006	0,149	-2,824	-0,150
Urbano	20,4	21,2	32,7	25,7	74,599	14,122	9,363	0,152	-2,968	-0,152

POR EDAD DE LOS CONDUCTORES

Tabla AIII.14 Características cinemáticas por edad del conductor en entre semana.

EDAD DEL CONDUCTOR	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
20 a 29 años	31,1	13,8	30,6	24,6	96,730	12,606	3,658	0,165	-5,175	-0,165
30 a 39 años	30,6	14,2	31,5	23,8	108,583	13,398	16,617	0,164	-11,524	-0,164
40 a 49 años	29,0	15,0	31,5	24,5	84,803	14,005	3,591	0,162	-5,839	-0,162
50 a 65 años	29,1	14,8	31,3	24,8	64,227	12,613	7,110	0,159	-8,977	-0,159

Tabla AIII.15 Características cinemáticas por edad del conductor en los sábados.

EDAD DEL CONDUCTOR	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
20 a 29 años	27,0	17,3	30,7	25,0	74,562	13,913	6,204	0,158	-6,209	-0,158
30 a 39 años	29,4	15,7	30,4	24,5	96,156	13,798	5,921	0,154	-7,717	-0,154
40 a 49 años	28,0	16,7	30,6	24,7	90,137	13,380	10,644	0,154	-8,555	-0,154
50 a 65 años	32,5	15,8	29,2	22,5	73,802	12,563	9,728	0,144	-6,451	-0,144

Tabla AIII.16 Características cinemáticas por edad del conductor en los domingos.

EDAD DEL CONDUCTOR	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s ²)	Aceleración Promedio (m/s ²)	Desaceleración Máxima (m/s ²)	Desaceleración Promedio (m/s ²)
20 a 29 años	26,2	19,4	30,0	24,4	76,691	12,754	4,249	0,140	-6,564	-0,140
30 a 39 años	29,5	16,1	30,2	24,2	86,396	13,760	3,205	0,151	-6,868	-0,151
40 a 49 años	28,5	18,6	29,5	23,4	72,969	13,540	9,363	0,136	-8,293	-0,136
50 a 65 años	30,2	17,7	28,9	23,1	73,784	13,946	7,706	0,137	-4,923	-0,137

POR FRANJA HORARIA

Tabla AIII.17 Características cinemáticas por franja horaria en entre semana.

HORARIO	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s²)	Aceleración Promedio (m/s²)	Desaceleración Máxima (m/s²)	Desaceleración Promedio (m/s²)
Hora Pico	31,0	13,1	31,6	24,3	108,583	13,203	8,077	0,170	-4,398	-0,170
Hora Valle	30,1	14,3	31,4	24,2	91,211	13,350	16,617	0,165	-5,427	-0,165

Tabla AIII.18 Características cinemáticas por franja horaria en los sábados.

HORARIO	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s²)	Aceleración Promedio (m/s²)	Desaceleración Máxima (m/s²)	Desaceleración Promedio (m/s²)
Hora Pico	30,6	15,7	29,8	24,0	90,137	13,058	9,728	0,150	-5,458	-0,151
Hora Valle	28,1	16,7	30,8	24,4	96,156	13,686	10,644	0,154	-3,318	-0,154

Tabla AIII.19 Características cinemáticas por franja horaria en los domingos.

HORARIO	Ralentí (%)	Crucero (%)	Aceleración (%)	Desaceleración (%)	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad Promedio (km/h)	Aceleración Máxima (m/s²)	Aceleración Promedio (m/s²)	Desaceleración Máxima (m/s²)	Desaceleración Promedio (m/s²)
Hora Pico	30,1	18,3	28,5	23,1	76,525	12,892	5,006	0,134	-3,359	-0,134
Hora Valle	24,4	21,4	30,4	23,9	86,396	14,493	9,363	0,143	-2,675	-0,143