

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN CIUDAD,
CARRETERA Y COMBINADO PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO
REAL DEL COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE
CICLO OTTO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA MECÁNICA
MENCION SISTEMAS DE TRANSPORTES**

Ing. FREDDY EDUARDO QUINCHIMBLA PISUÑA
edu_freddy@hotmail.com

Ing. JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA
jsms@hotmail.es

DIRECTOR: M.Sc. ÁNGEL ADALBERTO PORTILLA AGUILAR
angel.portilla@epn.edu.ec

Quito, Enero 2017

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los ingenieros FREDDY EDUARDO QUINCHIMBLA PISUÑA Y JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA, bajo mi supervisión.

M.Sc. Ángel Portilla
DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, **Freddy Eduardo Quinchimbla Pisuña y Javier Milton Solís Santamaría**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ing. Freddy Eduardo Quinchimbla Pisuña

Ing. Javier Milton Solís Santamaría

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico, a DIOS, por darme la sabiduría y haberme guiado en las dificultades presentadas en el trayecto de la carrera.

A mis queridos padres Humberto Quinchimbla y Rosa Pisuña por todo el cariño, comprensión y confianza que han depositado en mí a lo largo de la carrera, su ejemplo de amor, lucha y trabajo han sido clave para mi desarrollo como persona.

A mis hermanos, porque siempre han sido mis compañeros de aventuras además que ellos siempre han sido un ejemplo para mí.

Para todos ellos va dedicado este proyecto con el amor, cariño y la humildad que siempre me ha caracterizado, pero muy feliz de haber alcanzado una meta en mi vida profesional.

Freddy.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mi esposa Jenny, por ser parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Javier

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Facultad de Ingeniería Mecánica, porque me dio la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa Institución Educativa y formarme en la profesión que tanto anhelaba, por forjar mi pensamiento crítico, constructivo y analítico a temas de interés social.

Agradezco a mis profesores de todos los años de carrera por su gentileza, cooperación y por su constante apoyo en esta investigación.

Agradezco a mi tutor M.Sc. Ángel Portilla por ser un guía eficiente en la realización de este proyecto.

Freddy

AGRADECIMIENTO

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Le doy gracias mis padres José y Mariana por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos Tannia y Santiago por estar siempre presentes, apoyarme en aquellos momentos de necesidad y acompañándome para poderme realizar.

Al Ing. Ángel Portilla por todo el apoyo brindado en el presente trabajo, su colaboración ha hecho posible el desarrollo del mismo.

A todos ellos, muchas gracias.

Javier

CONTENIDO

Certificación.....	i
Declaración.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	v
Resumen.....	xviii
Abstract.....	xix
Presentación.....	xx
1. Marco teórico.....	1
1.1. Ciclos de conducción.....	1
1.2. Ciclos de conducción en el mundo y en Ecuador.....	2
1.2.1. Ciclos de conducción en Estados Unidos.....	3
1.2.1.1. Evolución del ciclo FTP (Federal Test Procedure).....	3
1.2.1.2. Ciclo para evaluar el consumo de combustible en carretera (HWFEC).....	5
1.2.1.3. Ciclo LA-92 de California.....	5
1.2.2. Ciclo de conducción en Hong Kong.....	6
1.2.3. Ciclos de conducción europeos.....	6
1.2.3.1. Ciclo de conducción NEDC.....	7
1.2.3.2. Ciclo de conducción ARTEMIS.....	8
1.2.3.3. Estudio del Instituto de Investigación en Transporte y Seguridad de Francia.....	9
1.2.3.4. Ciclo Urbano ECE.....	10
1.2.4. Ciclos de conducción Japonés.....	10
1.2.4.1. Ciclo MODO 10-15.....	10
1.2.4.2. Ciclo JC08.....	11
1.2.5. Estudios de ciclo de conducción en el Distrito Metropolitano De Quito.....	11
1.2.5.1. Desarrollo de un método para determinar factores de Emisión en vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Quito.....	11
1.3. Metodologías para desarrollar ciclos de conducción en el mundo.....	15
1.3.1. Técnicas de levantamiento de parámetros de conducción e instrumentación.....	15
1.3.1.1. Técnica On-Board.....	15
1.3.1.2. Técnica de Persecución de Vehículo.....	17
1.3.1.3. Ventajas y limitaciones de las técnicas de levantamiento de datos.....	18

1.3.2.	Métodos de selección de las rutas representativas.....	19
1.3.3.	Criterios y procedimientos para construir ciclos de conducción.....	20
2.	Protocolo para desarrollar ciclos de conducción.....	26
2.1.	Metodología.....	26
2.1.1.	Método indirecto.....	26
2.1.2.	Método directo.....	27
2.1.2.1.	Instrumentación del vehículo.....	28
2.1.2.2.	Selección de la ruta.....	30
2.1.2.3.	Selección de criterios de evaluación.....	35
2.1.2.4.	Levantamiento de datos.....	37
2.1.2.5.	Análisis de datos.....	38
3.	Desarrollo de los ciclos de conducción.....	44
3.1.	Construcción del ciclo de conducción para ciudad en el D.M.Q.....	44
3.1.1.	Definición de las rutas representativas para ciclo ciudad.....	44
3.1.1.1.	Distancia de Ruta.....	44
3.1.1.2.	Selección de rutas con mayor flujo vehicular.....	47
3.1.2.	Definición de ruta ciudad U1.....	48
3.1.2.1.	Perfil de elevación de la ruta U1.....	48
3.1.3.	Definición de ruta ciudad U2.....	50
3.1.3.1.	Perfil de elevación de la ruta U2.....	50
3.1.4.	Recopilación de datos ruta ciudad.....	51
3.1.5.	Análisis de la información.....	52
3.1.5.1.	Obtención del ciclo de conducción de Ciudad representativo del D.M.Q....	52
3.1.5.2.	Análisis comparativo del ciclo obtenido.....	54
3.1.5.3.	Comparación con ciclos de conducción desarrollados en otros países.....	55
3.2.	Construcción del ciclo de conducción para carretera en el D.M.Q.....	57
3.2.1.	Definición de las rutas representativas para ciclo carretera.....	57
3.2.1.1.	Distancia de Ruta.....	57
3.2.1.2.	Selección de rutas con mayor flujo vehicular.....	58
3.2.2.	Definición de ruta carretera R1.....	59
3.2.2.1.	Perfil de elevación de la ruta R1.....	60
3.2.3.	Definición de ruta carretera R2.....	61
3.2.3.1.	Perfil de elevación de la ruta R2.....	61
3.2.4.	Recopilación de datos ruta carretera.....	62
3.2.5.	Análisis de la información.....	63
3.2.5.1.	Obtención del ciclo de conducción de Carretera representativo del D.M.Q	63

3.2.5.2.	Análisis comparativo del ciclo obtenido.....	65
3.2.5.3.	Comparación con ciclos de conducción desarrollados en otros países.....	66
3.3.	Construcción del ciclo de conducción combinado en el D.M.Q.....	67
3.3.1.	Definición de las rutas representativas para ciclo combinado.....	68
3.3.1.1.	Distancia de Ruta.....	68
3.3.1.2.	Selección de rutas con mayor flujo vehicular.....	69
3.3.2.	Definición de ruta combinado C1.....	70
3.3.2.1.	Perfil de elevación de la ruta C1.....	70
3.3.3.	Definición de ruta combinado C2.....	72
3.3.3.1.	Perfil de elevación de la ruta C2.....	72
3.3.4.	Recopilación de datos ruta combinado.....	73
3.3.5.	Análisis de la información.....	74
3.3.5.1.	Obtención del ciclo de conducción combinado representativo del D.M.Q..	74
3.3.5.2.	Análisis comparativo del ciclo obtenido.....	76
3.3.5.3.	Comparación con ciclos de conducción desarrollados en otros países.....	77
3.4.	Resumen de los ciclos del D.M.Q.....	78
4.	Validación de los ciclos de conducción.....	80
4.1.	Metodología.....	80
4.2.	Selección del vehículo de pruebas.....	80
4.2.1.	Número de cilindros.....	81
4.2.2.	Tipo de transmisión.....	81
4.2.3.	Sistema de alimentación de combustible.....	81
4.2.4.	Marca de vehículo.....	81
4.3.	Equipos de medición.....	83
4.3.1.	Tanque de presión de combustible (Canister).....	83
4.3.2.	Sistema de posicionamiento global (GPS).....	84
4.4.	Protocolo de pruebas.....	84
4.5.	Repetibilidad y reproductibilidad.....	84
4.5.1.	Gráficos de control de calidad.....	85
4.5.1.1.	Variación y errores en las mediciones.....	85
4.5.1.2.	Gráfico de control para la media (X).....	86
4.5.1.3.	Gráfico de control para la Dispersión (R).....	87
4.6.	Recopilación de datos.....	88
4.7.	Análisis de datos.....	89
4.7.1.	Repetibilidad y reproductibilidad en el consumo de combustible.....	89
4.7.1.1.	Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de	

combustible – Ciclo Ciudad.....	90
4.7.1.2. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de combustible – Ciclo Combinado.....	91
4.7.1.3. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de combustible – Ciclo Carretera.....	92
4.7.2. Repetibilidad y reproductibilidad en la velocidad promedio.....	94
4.7.2.1. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de la velocidad promedio – Ciclo Ciudad.....	94
4.7.2.2. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de la velocidad promedio – Ciclo Combinado.....	95
4.7.2.3. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de la velocidad promedio – Ciclo Carretera.....	96
4.8. Análisis de resultados obtenidos.....	98
4.8.1. Análisis de las gráficas de rangos y medias del consumo de combustible.....	98
4.8.2. Análisis de la velocidad promedio.....	98
4.8.3. Análisis de valores de consumo de combustible.....	98
4.8.3.1. Consumo de combustible promedio obtenido en los ciclos representativos del Distrito Metropolitano de Quito.....	98
4.8.3.2. Comparación de valores de consumo de combustible.....	99
5. Conclusiones y recomendaciones.....	101
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones.....	102
Referencias bibliográficas.....	103
Nomenclatura.....	108
Anexos.....	i

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Ciclo de conducción Modal NEDC.....	2
Figura 1.2.	Ciclo de conducción Transitorio FTP-75.....	2
Figura 1.3.	Ciclo de conducción FTP-75.....	4
Figura 1.4.	Ciclo de conducción HWFEC.....	5
Figura 1.5.	Ciclo de conducción NEDC.....	7
Figura 1.6.	Ciclo ARTEMIS Urbano.....	8
Figura 1.7.	Ciclo ARTEMIS Rural.....	8
Figura 1.8.	Ciclo ARTEMIS de autopista.....	9
Figura 1.9.	Ciclo MODO 10-15.....	10
Figura 1.10.	Ciclo JC08.....	11
Figura 1.11.	Velocidad vs. Tiempo para un recorrido a través de la ruta de pruebas (Primer tramo de 5km).....	12
Figura 1.12.	Velocidad vs. Tiempo para el recorrido a través de la ruta de prueba (Segundo tramo de 5km)	13
Figura 1.13.	Velocidad vs. Tiempo para el recorrido a través de la ruta de prueba (Tercer tramo de 10km).....	13
Figura 1.14.	Velocidad vs. Tiempo para el recorrido a través de la ruta (Cuarto tramo de 10km).....	14
Figura 1.15.	Velocidad vs. Tiempo para el recorrido a través de la ruta de prueba (Tramo de 10km).....	14
Figura 1.16.	Ciclo FPT-75.....	16
Figura 1.17.	Ciclo LA92.....	18
Figura 1.18.	Representación de un micro-ciclo (azul, verde y café) y de segmento de parada (rojo, rozado y amarillo).....	20
Figura 1.19.	Micro-ciclo.....	21
Figura 1.20.	Distribución de frecuencias velocidad-aceleración.....	21
Figura 1.21.	Análisis Clustering.....	22
Figura 2.1.	Ciclo de conducción NEDC.....	26
Figura 2.2.	Ciclo de conducción FTP- 75.....	27
Figura 2.3.	Metodología de desarrollo de ciclos de conducción.....	28
Figura 2.4.	Distribución por zonas de las vías con mayor flujo vehicular en el D.M.Q.....	32
Figura 2.5.	Vías representativas de la zona Norte del D.M.Q.....	32

Figura 2.6.	Vías representativas de la zona Centro Norte del D.M.Q.....	33
Figura 2.7.	Vías representativas de la zona Centro del D.M.Q.....	33
Figura 2.8.	Vías representativas de la zona Centro Sur del D.M.Q.....	33
Figura 2.9.	Vías representativas de la zona Sur del D.M.Q.....	34
Figura 2.10.	Vías representativas de la zona Periférica del D.M.Q.....	34
Figura 2.11.	Representatividad de criterios de evaluación.....	36
Figura 2.12.	Diagrama para la obtención de los ciclos D.M.Q.....	38
Figura 2.13.	Curva experimental del recorrido 1.....	41
Figura 2.14.	Curva experimental del recorrido 2.....	41
Figura 2.15.	Curva experimental del recorrido 3.....	41
Figura 2.16.	Recorrido 3 como representativo del ejemplar de curvas experimentales.....	43
Figura 3.1.	Margen de distancias de los ciclos de conducción urbanos.....	47
Figura 3.2.	Ruta Ciclo Ciudad U1.....	48
Figura 3.3.	Perfil de elevación de la Ruta U1.....	49
Figura 3.4.	Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta U1.....	49
Figura 3.5.	Ruta Ciclo Ciudad U2.....	50
Figura 3.6.	Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta U2.....	51
Figura 3.7.	Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta U2.....	51
Figura 3.8.	Ciclo de conducción de Ciudad representativo del D.M.Q.....	54
Figura 3.9.	Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos.....	55
Figura 3.10.	Comparación de parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. ciudad y ciclos internacionales urbanos.....	56
Figura 3.11.	Margen de distancias de los ciclos de conducción de carretera.....	58
Figura 3.12.	Ruta Ciclo Carretera R1.....	59
Figura 3.13.	Perfil de elevación de la Ruta R1.....	60
Figura 3.14.	Porcentajes de Distribución de pendientes de la Ruta R1.....	60
Figura 3.15.	Ruta Ciclo Carretera R2.....	61
Figura 3.16.	Perfil de elevación de la Ruta R2.....	62
Figura 3.17.	Porcentajes de Distribución de pendientes de la Ruta R2.....	62
Figura 3.18.	Ciclo de conducción de Carretera representativo del D.M.Q.....	65
Figura 3.19.	Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos.....	66
Figura 3.20.	Comparación de parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. carretera y ciclos internacionales.....	67

Figura 3.21.	Margen de distancias de los ciclos de conducción combinado.....	69
Figura 3.22.	Ruta Ciclo Combinado C1.....	70
Figura 3.23.	Perfil de elevación de la Ruta C1.....	71
Figura 3.24.	Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta C1.....	71
Figura 3.25.	Ruta Ciclo Combinado C2.....	72
Figura 3.26.	Perfil de elevación de la Ruta C2.....	73
Figura 3.27.	Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta C2.....	73
Figura 3.28.	Ciclo de conducción Combinado representativo del D.M.Q.....	76
Figura 3.29.	Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos.....	77
Figura 3.30.	Comparación de parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. combinado y ciclos internacionales.....	78
Figura 4.1.	Tanque de presión de combustible.....	83
Figura 4.2.	Ejemplo de Gráfico de control para la Media.....	86
Figura 4.3.	Ejemplo de Gráfico de control para la Dispersión.....	87
Figura 4.4.	Gráfica de control para medias muestrales de consumo de combustible-Ciclo ciudad.....	90
Figura 4.5.	Gráfica de control para rangos muestrales de consumo de combustible-Ciclo ciudad.....	91
Figura 4.6.	Gráfica de control para medias muestrales de consumo de combustible-Ciclo combinado.....	92
Figura 4.7.	Gráfica de control para rangos muestrales de consumo de combustible-Ciclo combinado.....	92
Figura 4.8.	Gráfica de control para medias muestrales de consumo de combustible-Ciclo carretera.....	93
Figura 4.9.	Gráfica de control para rangos muestrales de consumo de combustible-Ciclo carretera.....	93
Figura 4.10.	Gráfica de control para medias muestrales de velocidad promedio-Ciclo ciudad.....	94
Figura 4.11.	Gráfica de control para rangos muestrales de velocidad promedio-Ciclo ciudad.....	95
Figura 4.12.	Gráfica de control para medias muestrales de velocidad promedio-Ciclo combinado.....	96
Figura 4.13.	Gráfica de control para rangos muestrales de velocidad promedio-Ciclo combinado.....	96
Figura 4.14.	Gráfica de control para medias muestrales de velocidad promedio-	

	Ciclo carretera.....	97
Figura 4.15.	Gráfica de control para rangos muestrales de velocidad promedio- Ciclo carretera.....	97
Figura 4.16.	Consumo de combustible promedio de cada ciclo de conducción.....	99
Figura 4.17.	Comparación de valores consumo de combustible.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Características del ciclo FTP-75.....	4
Tabla 1.2.	Características del ciclo HWFEC.....	5
Tabla 1.3.	Características del ciclo NEDC.....	8
Tabla 1.4.	Características de los ciclos del proyecto ARTEMIS.....	9
Tabla 1.5.	Características del ciclo MODO 10-15.....	10
Tabla 1.6.	Características del ciclo JC08.....	11
Tabla 1.7.	Distribución gráfica de los tramos recorridos.....	12
Tabla 1.8.	Características del ciclo Quito.....	15
Tabla 1.9.	Características del ciclo FTP-75.....	16
Tabla 1.10.	Características del ciclo LA92.....	18
Tabla 1.11.	Ventajas y limitaciones de las técnicas para levantamiento de datos...	19
Tabla 1.12.	Resumen de las metodologías de desarrollo de ciclos de conducción.	23
Tabla 2.1.	Ventajas y desventajas de los instrumentos para evaluar vehículos mediante pruebas en ruta.....	29
Tabla 2.2.	Conteos de vehículos en corredores principales en horas pico.....	30
Tabla 2.3.	Criterios de evaluación empleados por diferentes ciclos.....	35
Tabla 2.4.	Número de recorridos en el D.M.Q.....	38
Tabla 2.5.	Pesos de ponderación.....	39
Tabla 2.6.	Ejemplar de curvas experimentales.....	42
Tabla 2.7.	Promedio del parámetro i	42
Tabla 2.8.	Desviación respecto a la media.....	42
Tabla 2.9.	Desviación respecto a la media en términos adimensionales.....	43
Tabla 2.10.	Resultado de valores de Y de los tres recorridos.....	43
Tabla 3.1.	Longitud de ciclos de conducción desarrollados en área Urbana.....	45
Tabla 3.2.	Valores estadísticos de las longitudes de ciclo ciudad.....	46
Tabla 3.3.	Resultado de los parámetros de conducción obtenidos en la Ruta U1 y U2.....	52
Tabla 3.4.	Resultado estadístico de los datos obtenidos de la Ruta U1 y Ruta U2	53
Tabla 3.5.	Parámetros de conducción del ciclo ciudad representativo del D.M.Q..	54
Tabla 3.6.	Parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. ciudad y de ciclos internacionales urbanos.....	56
Tabla 3.7.	Longitud de ciclos de conducción desarrollados para carretera.....	57
Tabla 3.8.	Valores estadísticos de las longitudes de ciclo carretera.....	58

Tabla 3.9.	Resultado de los parámetros de conducción obtenidos en la Ruta R1 y R2.....	63
Tabla 3.10.	Resultado estadístico de los datos obtenidos de la Ruta R1 y Ruta R2	64
Tabla 3.11.	Parámetros de conducción del ciclo carretera representativo del D.M.Q.....	65
Tabla 3.12.	Parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. carretera y de ciclos de carretera internacionales.....	66
Tabla 3.13.	Longitud de ciclos de conducción desarrollados para ciclo combinado	68
Tabla 3.14.	Valores estadísticos de las longitudes de ciclo combinado.....	68
Tabla 3.15.	Resultado de los parámetros de conducción obtenidos en la Ruta C1 y C2.....	74
Tabla 3.16.	Resultado estadístico de los datos obtenidos de la Ruta C1 y Ruta C2	75
Tabla 3.17.	Parámetros de conducción del ciclo combinado representativo del D.M.Q.....	76
Tabla 3.18.	Parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. combinado y de ciclos de tipo combinado internacionales.....	77
Tabla 3.19.	Resumen de los ciclos representativos del D.M.Q.....	79
Tabla 4.1.	Número de cilindros del motor de los vehículos en porcentaje.....	81
Tabla 4.2.	Tipo de transmisión de los vehículos en porcentaje.....	81
Tabla 4.3.	Sistema de alimentación de combustible de los vehículos en porcentaje.....	81
Tabla 4.4.	Número de vehículos motorizados matriculados hasta el 2015.....	82
Tabla 4.5.	Número de vehículos matriculados, por clase, por marca.....	82
Tabla 4.6.	Características del vehículo de pruebas.....	83
Tabla 4.7.	Consumo de combustible y velocidad promedio obtenido en los ciclos D.M.Q.....	88
Tabla 4.8.	Valores de consumo de combustible del ciclo ciudad.....	89
Tabla 4.9.	Medias muestrales de consumo de combustible del ciclo ciudad.....	89
Tabla 4.10.	Rangos muestrales de consumo de combustible del ciclo ciudad.....	89
Tabla 4.11.	Límites de control de consumo de combustible del ciclo ciudad.....	90
Tabla 4.12.	Consumo de combustible del ciclo combinado utilizado en las gráficas de control.....	91
Tabla 4.13.	Consumo de combustible del ciclo carretera utilizado en las gráficas de control.....	93
Tabla 4.14.	Velocidad promedio del ciclo ciudad utilizado en las gráficas de control.....	94

Tabla 4.15.	Velocidad promedio del ciclo combinado utilizado en las gráficas de control.....	95
Tabla 4.16.	Velocidad promedio del ciclo carretera utilizado en las gráficas de control.....	97
Tabla 4.17.	Consumo de combustible promedio obtenido en los ciclos representativos del D.M.Q.....	99
Tabla 4.18.	Consumo de combustible de los ciclos D.M.Q. y ficha técnica del fabricante.....	99
Tabla IV.1	Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del ciclo D.M.Q Ciudad.....	iii
Tabla V.1	Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del ciclo D.M.Q Carretera....	xv
Tabla VI.1	Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del ciclo D.M.Q Combinado..	xxi
Tabla VII.1	Ficha de revisión técnica vehicular.....	xxxii
Tabla VIII.1	Factores para el cálculo de gráficas de control por variables.....	xxxiii

RESUMEN

En este trabajo se propone desarrollar ciclos de conducción para obtener valores reales de consumo de combustible en el Distrito Metropolitano de Quito, aplicando un protocolo de pruebas y teniendo en cuenta la orografía del terreno, densidad del tráfico e infraestructura vial del Distrito. El vehículo utilizado fue instrumentado con un sistema de posicionamiento global y un canister con el fin de recorrer en forma sistemática un conjunto de vías previamente seleccionadas y obtener información de distancia recorrida, tiempo de recorrido, velocidad promedio, entre otros; estos datos fueron procesados mediante un análisis estadístico por minimización de promedios ponderados, obteniendo como resultado los ciclos representativos para el D.M.Q. Los ciclos de conducción obtenidos fueron validados mediante pruebas en tres escenarios reales con diferentes condiciones de tráfico, demostrando ser estadísticamente repetible y reproducible, además de tener una alta confiabilidad del 99,7% de las mediciones obtenidas en cada procedimiento. Los resultados muestran que el consumo en ciudad es mayor (11,287 L/100 km), en comparación con el ciclo combinado (9,769 L/100 km) y el ciclo carretera (7,524 L/100 km). Por otra parte, para realizar este estudio se desarrolló una comparación del consumo de combustible obtenido en los ciclos D.M.Q y los indicados por el fabricante del vehículo, obteniendo como resultado diferencias marcadas entre ambos, en promedio los valores de los ciclos D.M.Q son mayores en 36 %.

Palabras clave: Ciclo de conducción, consumo de combustible, minimización de promedios ponderados, parámetros de conducción, sistema de posicionamiento global.

ABSTRACT

This paper proposes the development of driving cycles for obtaining real values of fuel consumption in the Metropolitan District of Quito, applying a test protocol and taking into account the terrain orography, traffic density and road infrastructure of the District. The vehicle used was instrumented with a global positioning system and a canister in order to systematically navigate a set of previously selected tracks and to obtain information about distance travelled, travel time, average speed, among others; this information was processed through statistical analysis by the minimization of weighted averages, resulting in representative cycles for the Metropolitan District of Quito. The driving cycles obtained were validated by tests in three real scenarios with different traffic conditions, proving to be statistically repeatable and reproducible, as well as having a high reliability of 99.7% of the measurements taken during each procedure. The results show that city fuel consumption is higher (20,84 MPG), compared to the combined cycle (24,08 MPG) and the extra urban cycle (31,26 MPG). On the other hand, to carry out this study a comparison was performed between the fuel consumption obtained in the cycles of the Metropolitan District of Quito and those indicated by the vehicle manufacturer, resulting in marked differences between the two. On average, the values of the Metropolitan District of Quito cycles are greater in a 36 %.

Keywords: Driving cycle, driving parameters, fuel consumption, global positioning system, minimization of weighted averages

PRESENTACIÓN

Un ciclo de conducción es la herramienta más extendida a la hora de hacer ensayos de homologación de consumos de combustible y emisiones contaminantes (CO₂, HC, NO_x), en un método normalizado, de este modo, diferentes vehículos pueden ser comparados. El ciclo de conducción puede ser reproducido en un dinamómetro donde se recopila y se analiza las emisiones en el tubo de escape del vehículo para después evaluar el porcentaje de emisiones del mismo.

El presente proyecto de titulación consta de cinco capítulos, cuyos contenidos se describen a continuación:

En el Capítulo 1 se detalla la definición, los tipos y las metodologías de elaboración de los ciclos de conducción con particular atención al método de recolección de datos, selección de la ruta representativa, ventajas y limitaciones de las técnicas de levantamiento de datos en ruta.

En el Capítulo 2 se detallan la metodología empleada para desarrollar ciclos de conducción que representan un patrón típico de conducción de la población del D.M.Q.

En el Capítulo 3 se detalla el desarrollo experimental para la obtención de los ciclos de conducción representativos del D.M.Q.

En el Capítulo 4 se detalla la validación de los ciclos obtenidos mediante pruebas de consumo de combustible, las mismas que después de un estudio de confiabilidad a fin de establecer la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de medición, permite validar los ciclos de conducción representativos del D.M.Q.

En el Capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones relevantes obtenidas del desarrollo de los ciclos de conducción.

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se detalla la definición, los tipos y el desarrollo de los ciclos de conducción que incluye la historia y revisión de la metodología de elaboración de cada ciclo de conducción con particular atención al método de recolección de datos, selección de la ruta representativa y el método de construcción del ciclo; también se discute las ventajas y limitaciones de las metodologías de desarrollo de ciclos de conducción.

1.1. Ciclos de conducción

Un ciclo de conducción es la herramienta más extendida a la hora de hacer ensayos de homologación de consumos de combustible y emisiones contaminantes (CO₂, HC, NO_x) Los resultados obtenidos de estos ciclos de conducción, suponen una gran influencia sobre las ventas de un determinado vehículo (Martínez, 2014).

Un ciclo de conducción representa un conjunto de puntos de velocidad del vehículo versus el tiempo. Este es utilizado para evaluar el consumo de combustible y emisiones contaminantes de un vehículo en un método normalizado, de este modo, diferentes vehículos pueden ser comparados. El ciclo de conducción puede ser reproducido en un dinamómetro donde se recopila y se analiza las emisiones en el tubo de escape del vehículo para después evaluar el porcentaje de emisiones del mismo (Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007).

Los ciclos de conducción se pueden dividir en dos tipos: modales y transitorios. Los modales o poligonales son aquellos donde hay lapsos de tiempo prolongado a velocidad constante y los transitorios o ciclos reales muestran perfiles más complejos donde la velocidad puede variar en cada segundo. El ciclo modal se compone de secuencias poligonales teóricas como el ciclo europeo NEDC, figura 1.1, o el ciclo japonés 10-15 MODE; mientras que el ciclo transitorio refleja una variación de velocidad cada segundo como el ciclo FTP-75, figura 1.2, o el ciclo ARTEMIS. La principal diferencia es que en el ciclo modal los trayectos tomados de la ruta hacen que exista aceleración lineal con periodos de velocidad constante y no representa el comportamiento real del conductor, mientras que en el ciclo transitorio se aprecia mejor los cambios de las aceleraciones, representativo de las condiciones reales de conducción durante el recorrido. (Fotouhi, 2012).

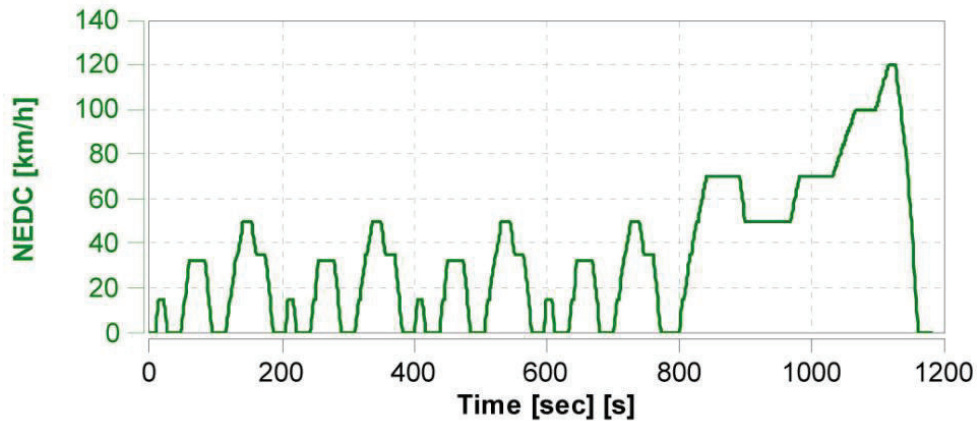


Figura 1.1. Ciclo de conducción Modal NEDC
(Fuente: Bielaczyc, Woodburn, & Szczotka, 2016)

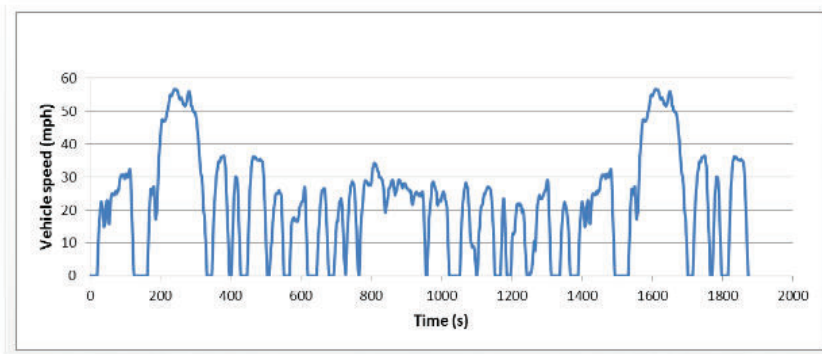


Figura 1.2. Ciclo de conducción Transitorio FTP-75
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Los ciclos de conducción, de acuerdo a su uso, pueden clasificarse en legislativos y en no legislativos. Los legislativos indican las condiciones de referencia para el control de las emisiones vehiculares. Ejemplos de ciclos legislativos son: US 75 Cycle (Estados Unidos), ECE Cycle (Europa) y Japón 10-15 Cycle. Mientras que los ciclos de conducción no legislativos se utilizan para controlar el consumo de combustibles, un ejemplo es el ciclo de Hong Kong y Sídney. En la actualidad se estudian preferentemente los ciclos reales. Estos ciclos dependen de las características del lugar, ya sean zonas urbanas o rurales (Tong, 2011).

1.2. Ciclos de conducción en el mundo y en Ecuador

Las organizaciones más importantes que han desarrollado técnicas de evaluación para el control y la reducción de las emisiones son: la Comunidad Europea (Europe Community; CE) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica, (Environment Protection Agency; EPA-US), así como también el Gobierno Japonés. Estas organizaciones en colaboración con las empresas automotrices y asociaciones

internacionales de esta misma rama, como SAE (Society of Automotive Engineers), han establecido diversas pruebas y procedimientos de evaluación de emisiones de los motores, bajo una normatividad que establece los niveles de emisión aceptables. Dichas normas explican los métodos usados, el equipo requerido, las condiciones de prueba y las técnicas para la medición de las emisiones contaminantes (Ramírez, 1997).

La velocidad y la temperatura de operación son factores muy importantes para determinar el valor de consumo de combustible, pero uno de los factores que más influye es la velocidad ya que, cuando la velocidad es muy baja hay un mayor consumo del combustible, y por lo tanto un aumento en la emisión de los contaminantes. La principal prueba de evaluación de consumo de combustible y emisiones que se realiza para la certificación de vehículos nuevos, es una prueba dinámica o prueba de manejo; ésta se desarrolla sobre un dinamómetro de chasis, el cual permite aplicar una carga al vehículo probado, ejerciendo una fuerza extra que es igual al peso de inercia más la potencia efectiva estimada del vehículo, con lo cual se simulan las condiciones de desplazamiento normal, durante el ciclo de conducción (Valdéz, 2004).

1.2.1. Ciclos de conducción en Estados Unidos

1.2.1.1. Evolución del ciclo FTP (Federal Test Procedure)

Este procedimiento emplea un ciclo de conducción que se obtuvo en la Ciudad de los Ángeles California, en un recorrido típico de casa al trabajo por la mañana. Se desarrolló a mediados del año 1960. En esa época el vehículo instrumentado fue un Chevrolet 1964, los parámetros medidos fueron: velocidad del vehículo, presión en el múltiple de admisión y régimen de giro del motor. La ruta seleccionada fue de 12 millas y se llamó “LA4” (SEMARNAT, s.f.).

Posteriormente se instaló en un Chevrolet 1969 otro sistema de adquisición de datos que almacenaba los valores de: distribución de velocidades, presión de vacío en el múltiple de admisión y rangos de régimen de giro del motor. Mediante un diseño de experimento se determinó la velocidad promedio y máxima de recorrido, así como de paradas efectuadas por 6 conductores diferentes. Basándose en los resultados de este experimento, se estimó que la longitud de recorrido podía ser reducida a 7,5 millas, debido a que algunas pendientes y porciones del recorrido podían ser eliminadas, de tal forma que se mantuviera el valor promedio original de la velocidad. La ruta recortada se denominó “LA4-S3”, la cual se caracteriza por tener una distancia de 7,486 millas, con una velocidad promedio de 19,8 mph. A esta ruta se le hicieron ligeras modificaciones, de tal forma que no excediera la tasa de aceleración más de 3,3 mph/s, debido a limitaciones

constructivas de los dinamómetros de chasis. Posteriormente se realizó una correlación de emisiones obtenidas entre el recorrido original y la versión corta, de tal forma que fue necesario hacer otras modificaciones hasta que finalmente se llegó a la versión denominada LA4-S4 con una longitud de 7,46 millas y velocidad promedio de 19,6 mph. Actualmente, este ciclo se conoce como LA4 o Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS), y se utilizó como referencia para certificar los valores de las emisiones de vehículos y camiones ligeros de modelo 1972 y posteriores. A partir de 1975, el ciclo utilizado sufre algunas modificaciones, como lo muestra la curva presentada en la figura 1.3, de tal forma que se repite una etapa inicial que dura 505 segundos, seguida de un período de 10 minutos de reposo del vehículo y este ha sido utilizado como procedimiento de prueba FTP 75 (EPA, 1998).

Desde el año 2002, el ciclo de prueba FTP 75 ha sido adoptado en Ecuador en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2002).

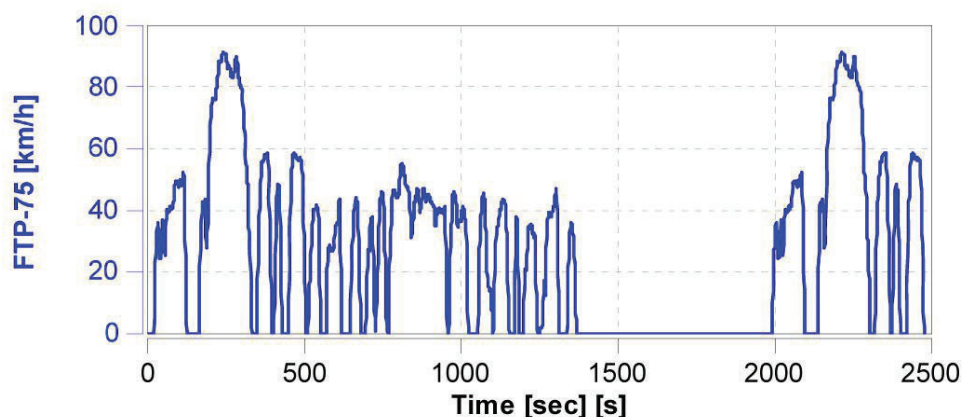


Figura 1.3. Ciclo de conducción FTP-75
(Fuente: Bielaczyc, Woodburn, & Szczotka, 2016)

Este ciclo fue creado por la agencia Environmental Protection Agency (EPA) para representar un ciclo de viajes diarios de casa a trabajo con una parte de conducción urbana incluyendo paradas frecuentes y una parte de conducción en autopista, conforme lo muestran las características del ciclo presentado en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Características del ciclo FTP-75

Distancia	11,04 millas (17,77 km)
Duración	1 874 s
Velocidad promedio	21,2 mph (34,1 km/h)

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.1.2. Ciclo para evaluar el consumo de combustible en carretera (HWFEC)

El ciclo de ensayo Highway Fuel Economy Cycle (HWFEC), figura 1.4, es utilizado para evaluar el consumo de combustible durante el ciclo de conducción en carretera (Charlie & Romain, 2013).

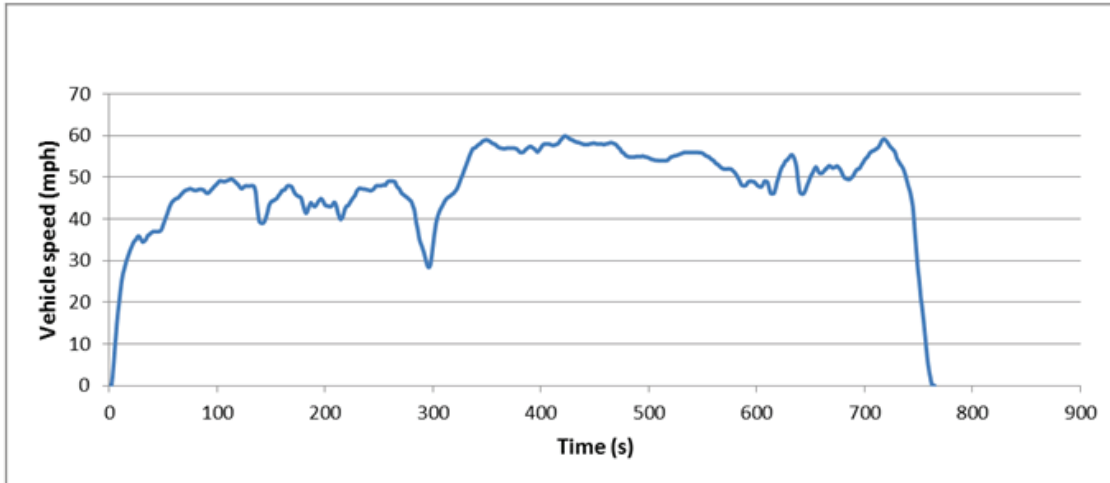


Figura 1.4. Ciclo de conducción HWFEC
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

En la tabla 1.2 se presentan los resultados de las características principales del ciclo HWFEC.

Tabla 1.2. Características del ciclo HWFEC

Distancia	10,25 millas (16,503 km)
Duración	765 s
Velocidad promedio	48,3 mph (77,7 km/h)

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.1.3. Ciclo LA-92 de California

El ciclo LA-92 fue desarrollado como herramienta de la mejora del inventario de las emisiones, y se espera que desempeñe un papel importante en esfuerzos actuales y futuros de la mejora del inventario de las emisiones. Un coche siguió a los vehículos de poca potencia sobre 102 diversas rutas en el lado del sur de la costa. Las rutas fueron seleccionadas usando datos de la asociación meridional de California del modelo de sistema urbano de planeación del transporte de los gobiernos. La distancia uniforme fue mantenida entre el vehículo de persecución y el vehículo sujeto con un láser del buscador de la gama desarrollado para este estudio. El vehículo de la persecución recogió datos

sobre velocidad del coche de persecución, la presión de aire múltiple, y la aceleración, la velocidad y la gama sujeta del vehículo, y otros parámetros, montado en un representante del ciclo (el "LA-92"). El ciclo en este estudio se diseña para ser más representativo de todos los modos de la operación del vehículo (aceleraciones, entre otros). Comparando al FTP 75 y el ciclo LA-92, este último tiene una velocidad superior más alta (107,8 km/h contra 91,2 km/h), una velocidad media más alta (39,9 km/h contra 31,5 km/h), menos tiempo ralenti (16,4 por ciento contra 19,0 por ciento), pocas paradas por la milla (1,52 contra 2,41), y una aceleración máxima (3,02 m/s² contra 1,48 m/s²). El LA-92 tiene 15,9 km de largo; la longitud del FTP es 12 km (Austin, y otros, 1993).

1.2.2. Ciclo de conducción en Hong Kong

En Hong Kong desarrollaron un ciclo de conducción estándar en el área urbana, la toma de datos se llevó a cabo instrumentando un vehículo a diésel realizando recorridos por dos rutas fijas localizadas en dos distritos urbanos de Hong Kong. Los datos obtenidos fueron analizados y comparados con otros ciclos de conducción de otras partes del mundo (Tong, Hung, & Cheung, 1999).

Los autores de este estudio en Hong Kong, mencionan el trabajo realizado por (Kruse & Huls, 1973) quienes produjeron 10 minutos del ciclo mediante toma aleatoria de segmentos que fueron cortados de los recorridos realizados. Tomando en cuenta 9 parámetros como son la velocidad promedio, velocidad promedio de corrido, promedio de la aceleración, promedio de la desaceleración, longitud, paradas, número promedio de aceleración y desaceleración. Utilizaron un vehículo de marca Toyota Hiace con transmisión manual y motor a Diésel. Un sensor infrarrojo fue usado para medir la velocidad del motor, la rotación de la transmisión, y un microcomputador Pentium para guardar los datos. Los datos se obtuvieron en el horario de 8:00 am a 11:00 am en los meses de septiembre a diciembre de 1997. El resultado de estos, fueron 12 recorridos en total, 6 del área de la península Kowloon (KLN) y las 6 restantes de la isla de Hong Kong (HKI). Posteriormente con los parámetros mencionados se hace un promedio para ambas áreas y un promedio para cada una de las áreas. Los valores para obtener el ciclo de conducción no deben de tener un 5% de diferencia con los valores promedio para ser aceptados en el ciclo. El tiempo de recorrido de los periodos es de 1 min y la composición de 20 periodos forma un ciclo de 20 minutos (Tong, Hung, & Cheung, 1999).

1.2.3. Ciclos de conducción europeos

Investigadores Europeos de Volkswagen analizaron la opción de adaptar el ciclo FTP 75 a las condiciones de tráfico en Europa. Por lo que se realizó una comparación entre las

situaciones del europeo y el americano, instrumentando vehículos para hacer mediciones de forma real en siete lugares, en Torino Italia, Versalles Francia, Londres Inglaterra, Stuttgart en Alemania. Los datos fueron analizados y permiten una comparación de los parámetros como son frecuencia de paros, duración y longitud del trayecto. Para esta investigación los autores concluyen que el ciclo americano fue considerado inadecuado para casi todos los parámetros observados. La velocidad constante es también alta y la combinación de periodos de conducción en relación al total de los ciclos no son parecidos a los resultados obtenidos con los datos reales. No obstante el FTP 72 parece tener una similitud del tráfico promedio con las condiciones de las ciudades Europeas. Las frecuencias de la aceleración y desaceleración son modos que tienen una pésima descripción de los parámetros de todos los ciclos analizados, obteniendo valores inferiores observados en la realidad (Booth, Muneer, Kubie, & Kirby, 2002).

1.2.3.1. Ciclo de conducción NEDC

El ciclo NEDC (New European Driving Cycle), figura 1.5, es utilizado como un ciclo de referencia para homologar vehículos hasta norma Euro6 en Europa y otros países. Este es hecho de una parte urbana llamada ECE, el cual se repite cuatro veces, y una parte extra-urbana llamada EUDC (Charlie & Romain, 2013).

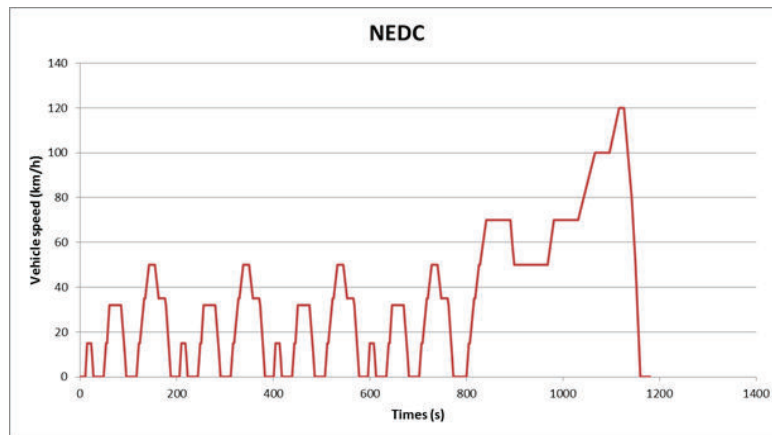


Figura 1.5. Ciclo de conducción NEDC
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Este ciclo es criticado por los expertos, ya que no representa las condiciones reales de conducción. De hecho, las aceleraciones son muy suaves; hay una gran cantidad de cruceros de velocidad constante y una gran cantidad de eventos de inactividad. Esto hace imposible obtener valores certificados al conducir con el vehículo en condiciones reales. Por estas razones, las autoridades europeas están buscando una solución para reemplazar el ciclo NEDC, cuyas características principales se muestran en la tabla 1.3.

El nuevo ciclo denominado Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (WLTP) probablemente aparecerá para la siguiente norma Euro7 (Charlie & Romain, 2013).

Tabla 1.3. Características del ciclo NEDC

Distancia	11,023 km
Duración	1 180 s
Velocidad promedio	33,6 km/h

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.3.2. Ciclo de conducción ARTEMIS

Este ciclo se basa en un estudio de datos estadísticos realizado en Europa dentro del proyecto llamado ARTEMIS. Este está hecho de tres configuraciones diferentes, más una variante adicional, como lo muestran las curvas de velocidad versus tiempo en las figuras 1.6, 1.7 y 1.8: el ciclo urbano, ciclo rural, de autopista a 130 km/h y autopista a 150 km/h respectivamente (Charlie & Romain, 2013).

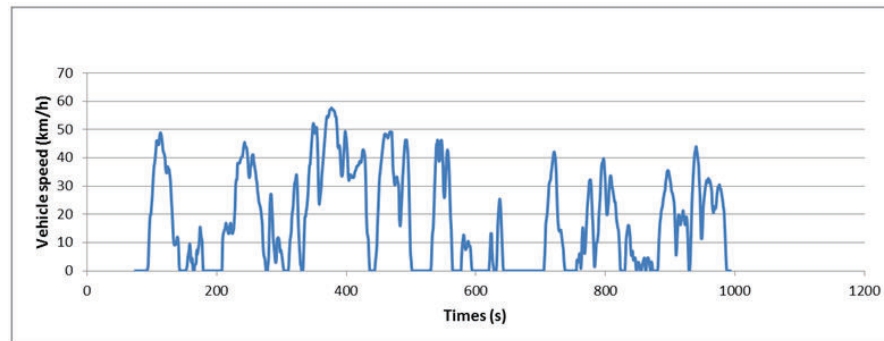


Figura 1.6. Ciclo ARTEMIS Urbano
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

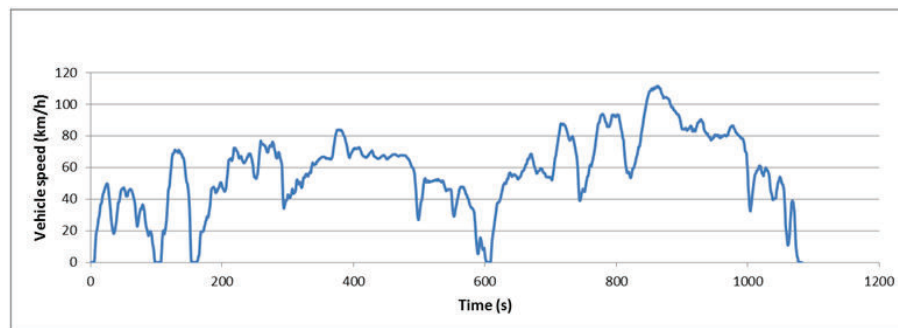


Figura 1.7. Ciclo ARTEMIS Rural
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

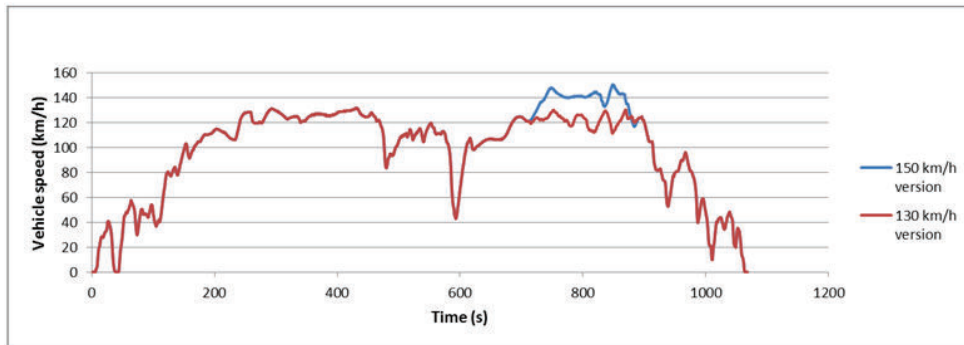


Figura 1.8. Ciclo ARTEMIS de autopista
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Los ciclos de conducción ARTEMIS, como se muestran los resultados en la tabla 1.4, no son utilizados para certificación de contaminantes o consumo de combustible. Sin embargo, los fabricantes de vehículos utilizan este tipo de ciclos para entender mejor las condiciones reales de conducción y para evaluar el desarrollo real de sus vehículos (Charlie & Romain, 2013).

Tabla 1.4. Características de los ciclos del proyecto ARTEMIS

	Urbano	Rural	Autopista 150 km/h	Autopista 130 km/h
Distancia	4,870 km	17,272 km	29,545 km	28,735 km
Duración	993 s	1 082 s	1 068 s	1 068 s
Velocidad promedio	17,6 km/h	57,5 km/h	99,6 km/h	96,9 km/h

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.3.3. Estudio del Instituto de Investigación en Transporte y Seguridad de Francia

Han sido diversos los métodos que se han empleado para la obtención de ciclos de conducción. Por ejemplo, en Francia, en el año de 1983 el Instituto Nacional de Investigaciones en Transporte y Seguridad (INRETS) realizó un experimento instrumentando 35 vehículos, empleando tan sólo un diseño de experimento, que implicaba que los vehículos fueran manejados única y exclusivamente por sus dueños. En el estudio del INRETS se efectuaron 3300 recorridos de 23,3 Km cada vehículo, pero muestra una carencia en la información del uso vehicular ya que fueron viajes cortos, con pocos límites de rangos de conducción, con baja temperatura de operación, debido a que no fueron siempre usados en condiciones normales de operación. Del análisis de los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que la mayoría de los viajes eran

realmente cortos y de poca duración, lo que implica que las temperaturas nominales de operación del motor no siempre se alcanzaron (SEMARNAT, s.f.).

1.2.3.4. Ciclo Urbano ECE

Este ciclo fue desarrollado en 1962 por la UTAC (Union Technique de l'Automobile et du Cycle) y está basado sobre las condiciones de tráfico de Paris, que son completamente diferentes a las condiciones de California usado como el primero en la base de ciclos de conducción. Este fue adoptado en 1960 en Ginebra por el ECE (Economic Comision for Europe) como un ciclo Europeo. Este ciclo está representado en cuatro tiempos, con una distancia de 4,052 km. El ciclo ECE fue corregido con una fase que representa el tráfico extra-urbano, con altas velocidades (mayores a 120 km/h). Tiene un tiempo de 400 s cubriendo una distancia de 6,955 km a una velocidad promedio de 62,6 km/h (Degobert, s.f.).

1.2.4. Ciclos de conducción Japonés

1.2.4.1. Ciclo MODO 10-15

El ciclo japonés MODO 10-15, figura 1.9, se está utilizando para certificación de emisiones y consumo de combustible en Japón. Este simula el ciclo urbano y carretera, incluyendo tiempo en ralentí, aceleraciones, desaceleraciones, entre otros. Se desarrolla la medición mientras el motor está caliente, después de un procedimiento de calentamiento estándar (Charlie & Romain, 2013).

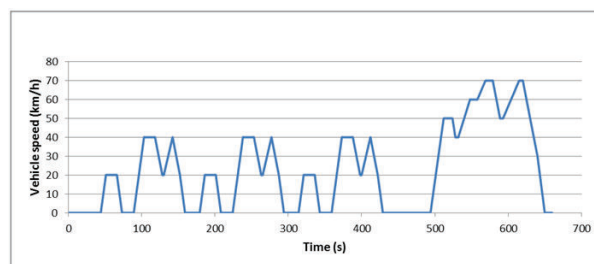


Figura 1.9. Ciclo MODO 10-15
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Al finalizar el procedimiento de desarrollo del ciclo MODO10-15, se obtuvieron varios resultados importantes para evaluar vehículos en Japón, como se muestran los datos presentados en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Características del ciclo MODO 10-15

Distancia	4,16 km
Duración	660 s
Velocidad promedio	22,7 km/h

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.4.2. Ciclo JC08

El ciclo JC08, figura 1.10, es un ciclo transitorio el cual es mucho más demandado que el ciclo MODO 10-15. El procedimiento de este ciclo se desarrolla con arranque en frío y caliente y representa la conducción en condición de tráfico congestionado, con aceleraciones y desaceleraciones fuertes (Charlie & Romain, 2013).

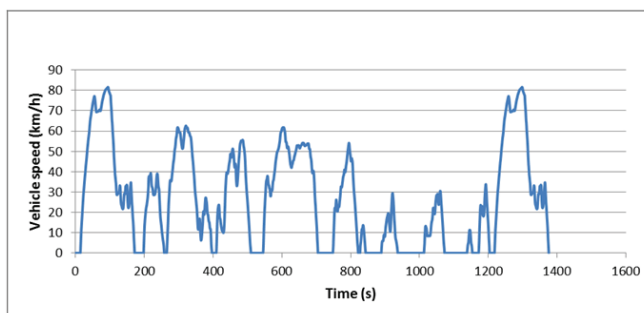


Figura 1.10. Ciclo JC08
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Durante el desarrollo del ciclo JC08 se obtuvieron los siguientes resultados, como se muestran en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Características del ciclo JC08

Distancia	8,17 km
Duración	1 204 s
Velocidad promedio	24,4 km/h

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.5. Estudios de ciclo de conducción en el Distrito Metropolitano De Quito

En Ecuador existe un estudio sobre los ciclos de conducción, este es “Desarrollo de un método para determinar factores de Emisión en vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Quito” una tesis de Molina M. y Muñoz E. para obtener el título de Ingeniero Mecánico en 2006 en la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional (Molina & Muñoz, 2006).

1.2.5.1. Desarrollo de un método para determinar factores de Emisión en vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Quito

Tiene como objetivo específico dar una propuesta de desarrollo de una metodología para estimar los factores de emisión de contaminantes como el NO_x, CO₂, CO y HC generados por el parque automotor de la ciudad de Quito formado por vehículos livianos a gasolina ya que este sector es el más representativo del parque automotor total que circula en el Distrito Metropolitano de Quito. El estudio permitió determinar que la velocidad promedio en el D.M.Q es aproximadamente 26,1 km/h, valor que es 5,6 km/h

menor que el patrón estandarizado FTP- 75 (31,7 km/h). La ruta seleccionada fue el resultado del análisis de entre varias posibles rutas, basándose en datos de afluencia vehicular, importancia de las vías principales y la distribución de pendientes, los mismos que son representativos de la realidad del D.M.Q según datos estadísticos proporcionados por la Red Metropolitana de Monitoreo del Aire (REMMAQ). Considerando las características geográficas de la ciudad de Quito, los investigadores seleccionaron el método de medición de emisiones en ruta con equipo a bordo para la estimación de factores de emisión. El recorrido de la ruta se realizó en la hora pico de la mañana, esto es de 7h30 a 10h00.

La distribución de los gráficos, conforme se presenta los resultados en las figuras 1.11, 1.12, 1.13, 1.14 y 1.15 es de cada 10 km de recorrido aproximadamente a excepción de los 10km primeros, debido a que en este tramo existe un mayor número de datos recopilados razón por la cual se lo dividió en dos tramos de 5km cada uno, como lo muestran la distribución de cada recorrido presentados en la tabla 1.7.

Tabla 1.7. Distribución gráfica de los tramos recorridos

Figura	Inicio	Final
1.11	Av. Maldonado y calle Balzar	Gral. Necochea y calle Bahía de Caráquez
1.12	Gral. Necochea y calle Bahía de Caráquez	Av. Occidental y calle Bartolomé de las Casas
1.13	Av. Occidental y calle Bartolomé de las Casas	Av. Galo Plaza y calle Sebastián Moreno
1.14	Av. Galo Plaza y calle Sebastián Moreno	Av. 6 de diciembre y calle Whimper
1.15	Av. 6 de diciembre y calle Whimper	Calle Solano y Luciano A. Marín.

(Fuente: Molina & Muñoz, 2006)

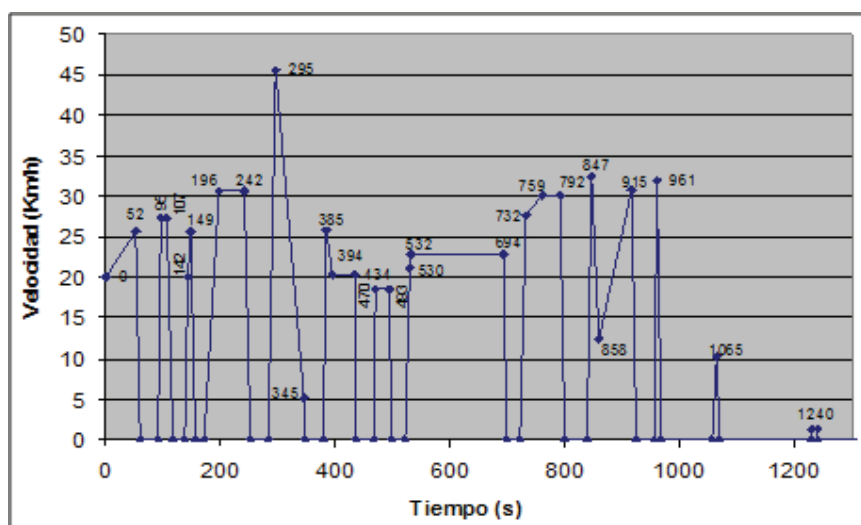


Figura 1.11. Velocidad vs. Tiempo para un recorrido a través de la ruta de pruebas. (Primer tramo de 5 km)

(Fuente: Molina & Muñoz, 2006)

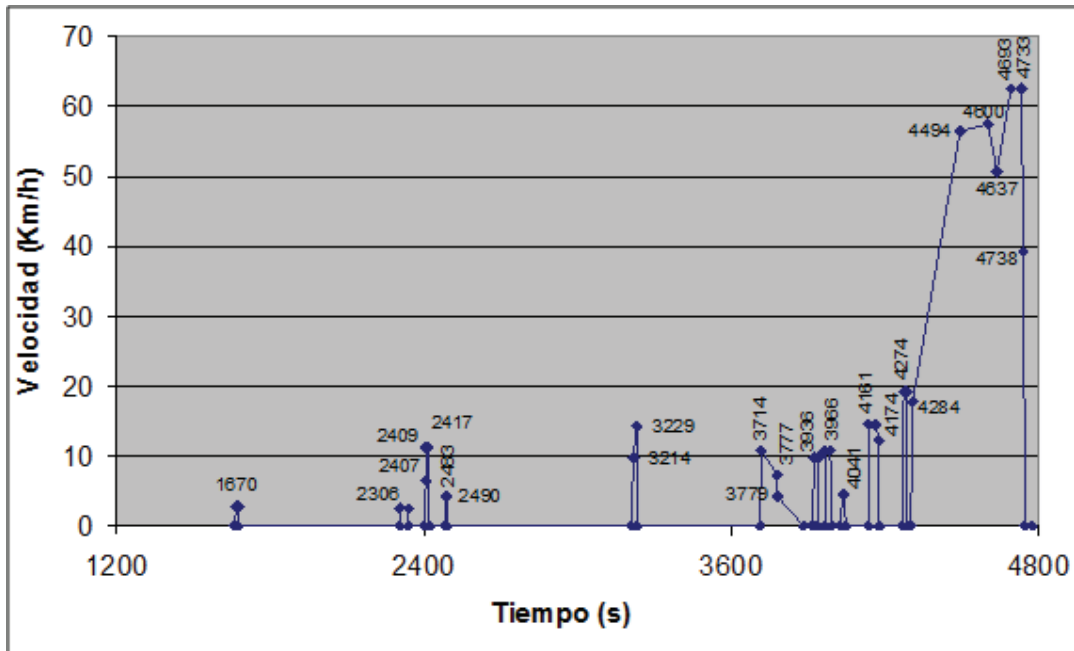


Figura 1.12. Velocidad vs. Tiempo para el recorrido a través de la ruta de prueba (Segundo tramo de 5 km)
(Fuente: Molina & Muñoz, 2006)

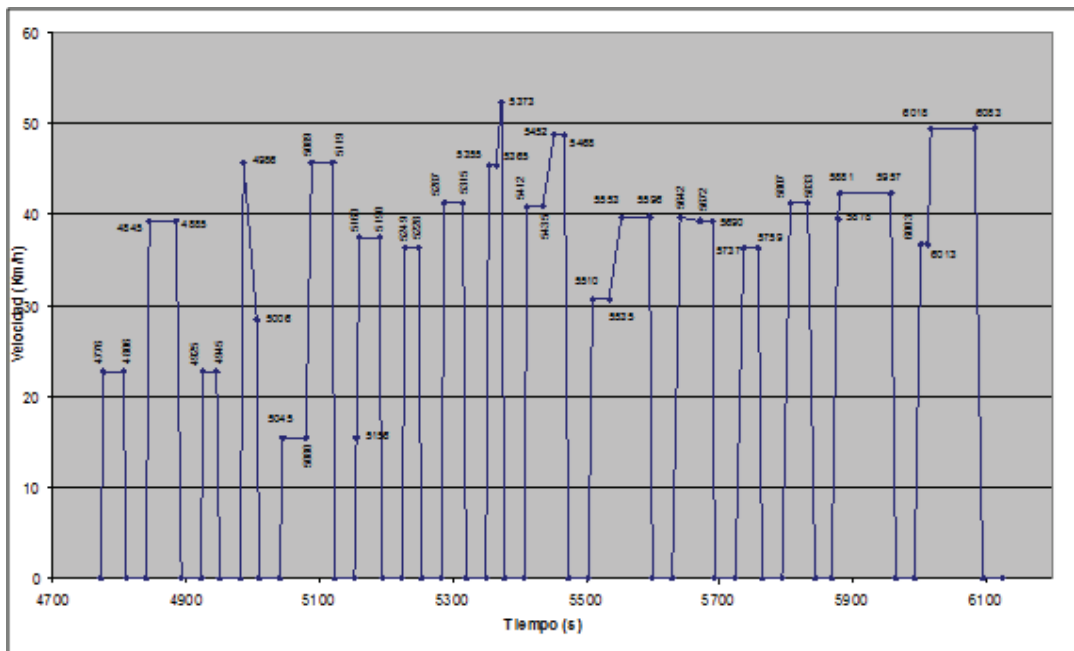
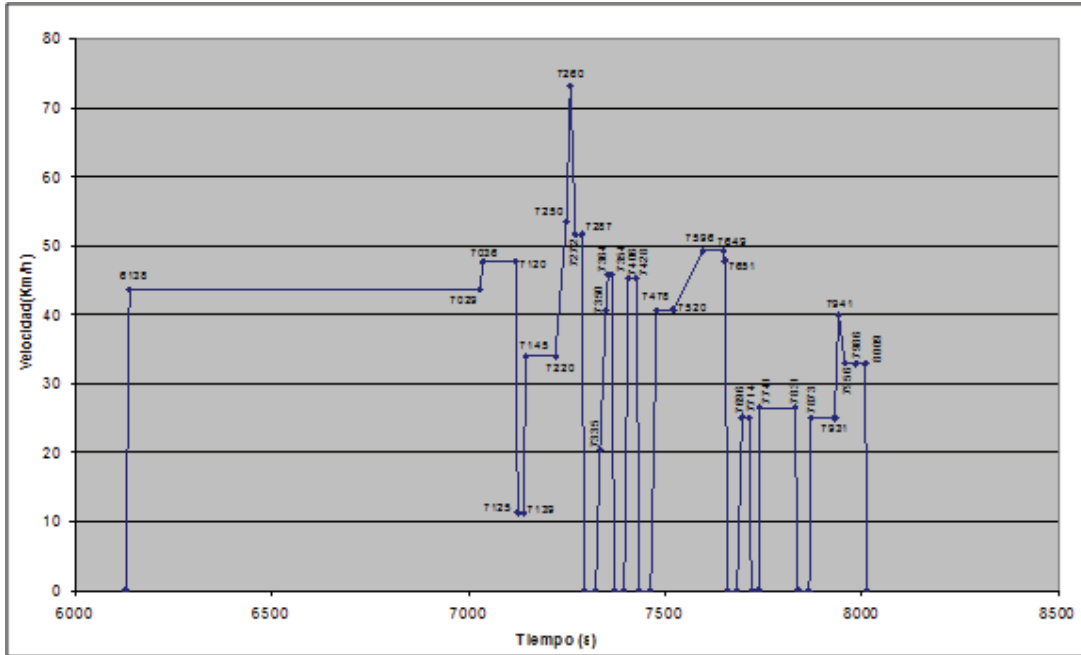


Figura 1.13. Velocidad vs. Tiempo para el recorrido a través de la ruta de prueba (Tercer tramo de 10 km)
(Fuente: Molina & Muñoz, 2006)



La distancia, duración y velocidad promedio del desarrollo del ciclo Quito se presenta en la tabla 1.8.

Tabla 1.8. Características del ciclo Quito

Distancia	40,13 km
Duración	7 200 s
Velocidad promedio	26,1 km/h

(Fuente: Molina & Muñoz, 2006)

1.3. Metodologías para desarrollar ciclos de conducción en el mundo

Con base en la literatura de desarrollo de ciclos de conducción, a nivel internacional existen varias metodologías para elaborarlos, por tal razón en esta apartado se presenta un análisis de los métodos de levantamiento de datos, las técnicas de selección de la ruta representativa y los métodos de construcción de un ciclo.

1.3.1. Técnicas de levantamiento de parámetros de conducción e instrumentación

Las técnicas empleadas por los diferentes estudios de ciclos de conducción a nivel mundial consideran las variables más importantes que representan la dinámica de conducción, las cuales son: porcentaje del tiempo detenido; porcentaje del tiempo en operación; velocidad media (*km/h*); aceleración media (*m/s²*); desaceleración media (*m/s²*), entre otros. (Acevedo, Benalcazar, & Osses, 2012)

Para la recolección de datos experimentales de estos parámetros representativos se emplean técnicas como:

- Técnica On-Board
- Técnica de Persecución de vehículo.

1.3.1.1. Técnica On-Board

Este tipo de técnica provee un medio para recolectar información de operación del vehículo dentro de parámetros reales de funcionamiento y consiste en equipar un automotor, para que circule entre el flujo vehicular característico de la localidad de estudio, con instrumentos que permitan medir y almacenar datos tales como la velocidad y la aceleración del vehículo, tiempo de parada, distancia recorrida, etc. Este tipo de instrumentos pueden ser Datalogger, GPS, scanner vehiculares, sensores o algún otro

equipo destinado para este tipo de estudio, como la denominada Quinta Rueda (Huertas, García, & Díaz, 2004).

Por ejemplo el ciclo FTP (Federal Test Procedure), figura 1.16, creado por EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos, utilizó esta metodología On-Board, para representar el ciclo de conducción, con una parte de ruta urbana (incluyendo paradas frecuentes) y una parte de la ruta en carretera. Para realizar este ciclo se empleó un vehículo Chevrolet de dos puertas del año 1962 característico de la región, el cual fue equipado con instrumentos de medición denominada la quinta rueda, la cual tiene como función de medir y registrar, distancia recorrida, velocidad media, tiempo de parada del vehículo. La prueba fue realiza en la zona centro de la ciudad de Los Ángeles, que consistía en hacer circular el vehículo de prueba en diferentes rutas de mayor flujo vehicular y empleando diferentes conductores, con el fin de obtener información real de los patrones de conducción. (Kruse & Huls, 1973). Los datos obtenidos de este ciclo se presentan en la tabla 1.9

Tabla 1.9. Características del ciclo FTP-75

Distancia	11,04 millas (17,77 km)
Duración	1874 s
Velocidad Media	21,2 mph (34,1 km/h)

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

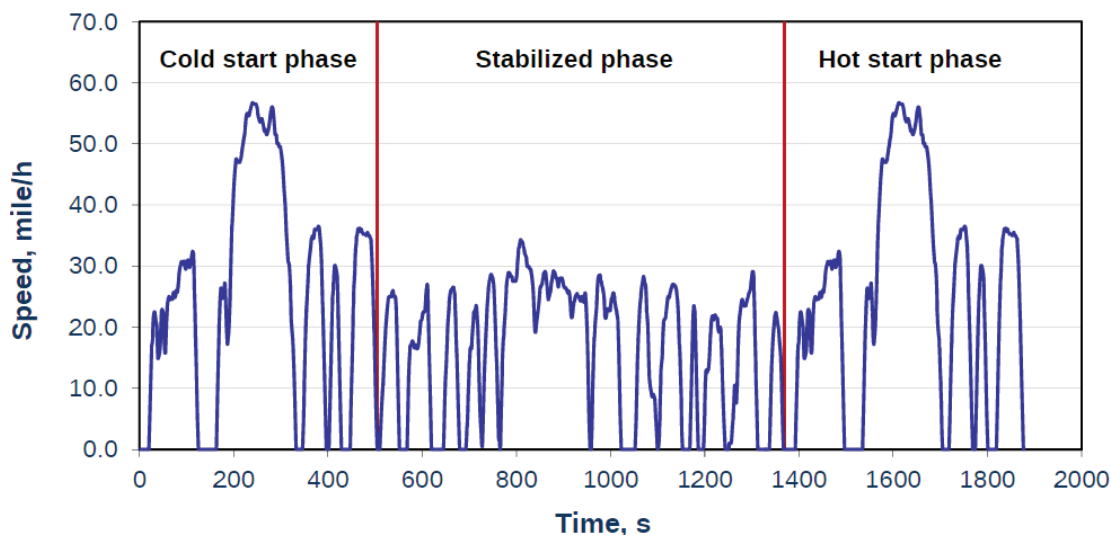


Figura 1.16. Ciclo FPT-75
(Fuente: DIESELNET, 2005)

Otros ciclos de conducción que emplearon esta técnica On-Board son:

- Ciclo HHDDT
- Ciclo Turkey UDC
- Ciclo inglés para medir el consumo de combustible
- Ciclo MODEM HYZEM
- Ciclo ARTEMIS

1.3.1.2. Técnica de Persecución de Vehículo

La técnica de persecución de vehículo es un método que utiliza un vehículo denominado “caza”, automotor que tiene la función de seguir aleatoriamente a otro vehículo denominado “objetivo”. En este método, el conductor del “caza” sigue el flujo vehicular mediante la selección aleatoria de un solo automotor del conjunto de vehículos en circulación y lo persigue por el mayor tiempo posible, si el “objetivo” se sale de la ruta trazada, el “caza” selecciona otro “objetivo” al azar e inicia otro seguimiento; este procedimiento se repite hasta completar la ruta determinada de estudio. Para ello el “caza” utiliza un radar o un telémetro láser para medir la velocidad del “objetivo” desde el “caza”, simulando su comportamiento y recopilando información como velocidad del automotor, distancia y tiempo de recorrido; esta técnica tiene mayor acogida en zonas rurales donde el flujo vehicular es mayor. Con base al estudio realizado por (Johnson, Formenti, Gray, & Peterson, 1975), recomienda perseguir solo a automotores particulares y evitar seguir a vehículos de servicio público como buses, taxis y vehículos de servicio pesado. De esta manera se puede estudiar las características de conducción de diferentes conductores en condiciones reales, obteniendo información para diferentes estudios. (Stern, 2009).

Por ejemplo el ciclo LA92, figura 1.17, emplea la técnica de persecución de vehículo, con procedimientos previamente desarrollados por General Motors y por la Agencia de protección Ambiental de EE.UU. EPA. El estudio consistía en equipar un vehículo con un telémetro láser diseñado para medir la distancia relativa entre el vehículo caza y el vehículo objetivo, el protocolo encaminó al conductor del vehículo “caza” a recoger perfiles de velocidad versus tiempo cada segundo de varios vehículos muestreados. El vehículo “caza” siguió rutas predefinidas, enlazándose mediante el láser al vehículo de muestreo para recopilar los datos de forma simultánea en variables tales como la velocidad y la aceleración. Esta prueba se llevó a cabo en la ciudad de Los Ángeles con

el objetivo de estudiar el comportamiento de los conductores. (Morey, Limanond, & Niemeier, 2000). En el ciclo LA92 se estudiaron en 249 rutas con 102 vehículos dando como resultado los datos mostrados en la tabla 1.10

Tabla 1.10. Características del ciclo LA92

Distancia	9,8 millas (15,7 km)
Duración	1435 s
Velocidad Media	24,6 mph (39,6 km/h)

(Fuente: Lee, 2006)

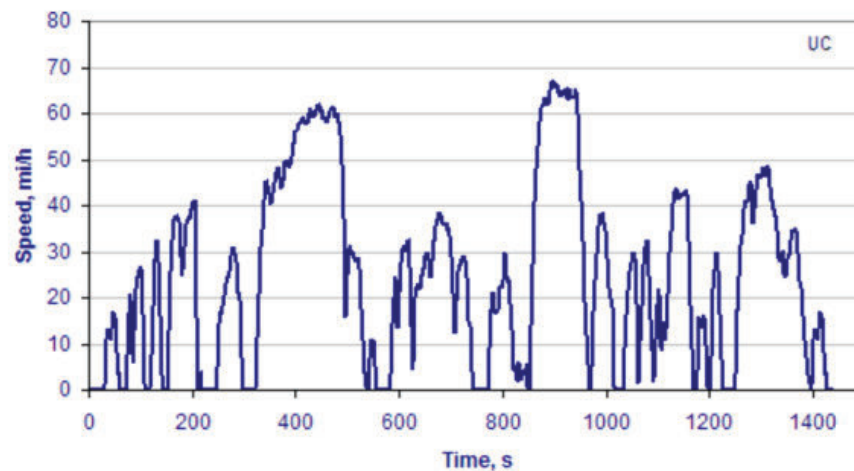


Figura 1.17. Ciclo LA92
(Fuente: Lee, 2006)

Otros estudios de desarrollo de ciclos de conducción que emplearon esta técnica son:

- Ciclo HWFEC
- Ciclo Melbourne Peak
- Ciclo Sídney
- Ciclo Perth
- Ciclo Edinburgh Driving Cycle EDC
- Ciclo URB

1.3.1.3. Ventajas y limitaciones de las técnicas de levantamiento de datos

La revisión de metodologías de recolección de datos permite mostrar que ambos métodos tiene sus ventajas y desventajas, tabla 1.11, sin embargo, los investigadores deberían escoger el método adecuado de acuerdo a sus requerimientos y limitaciones.

Tabla 1.11. Ventajas y limitaciones de las técnicas para levantamiento de datos

TÉCNICA	VENTAJAS	LIMITACIONES
ON-BOARD	Recolección directa de datos de conducción.	Elevado costo de instrumentación (Equipo de adquisición de datos por cada vehículo).
	Desarrollo de perfiles de conducción representativo.	Estudio de las características de conducción de un solo conductor.
	Adecuado para países donde el comportamiento de conducción es irregular y agresivo.	Requiere de una muestra grande para asegurar la representatividad de la base de datos.
	Este método se puede mantener económicamente si se seleccionan las rutas representativas utilizando una base de datos de tráfico disponible.	Demanda de mucho tiempo para el levantamiento de datos
PERSECUCIÓN DE VEHÍCULO	Estudio de las características de conducción de diferentes conductores en un solo recorrido.	Violación de límites de velocidad.
	Bajo Costo de instrumentación (Un equipo de recolección de datos para registrar datos de varios vehículos).	Percepción por parte del conductor del vehículo objetivo.
	Recopilación de patrones de conducción de algunos vehículos en un solo recorrido.	Recolección indirecta de datos y con margen de error alto.
	Representatividad de la muestra.	Los equipos laser pierden su efectividad al pasar por baches , pendientes y curvas
	Se emplea un solo vehículo (caza) para levantar datos de conducción.	Diferencias en los datos de comportamiento de conducción entre el vehículo caza y el vehículo estudiado El vehículo caza puede perder con facilidad al vehículo estudiado cuando su comportamiento de conducción es agresivo.

(Fuente: Esteves-Booth, Muneer, Kubie, & Kirbi, 2002)

1.3.2. Métodos de selección de las rutas representativas

Existen varias diferencias en las características de los patrones de conducción al recorrer el vehículo entre varios usos de terreno, planificación de tráfico e infraestructura vial. Por lo tanto, es crucial definir las rutas que muestren los patrones de conducción típicos antes de conducir un vehículo de estudio para recopilar la velocidad del mismo.

Según la literatura de las investigaciones realizadas a nivel mundial, muestran que el ciclo Melbourne, ciclo inglés, ciclo EDC, ciclos MODEM, ciclos MODEM HYZEM y ciclo URB (Chen, y otros, 2003) fueron desarrollados identificando las rutas representativas como los recorridos de casa a trabajo durante diferentes periodos de tiempo, mientras que, los investigadores del ciclo HWFEC, ciclo de alemán German Motorway y ciclo Sídney (Kent, Allen, & Rule, 1978) introdujeron los tipos de vía como el criterio principal para seleccionar las rutas representativas. Sin embargo, los métodos de selección de rutas más avanzados son los que aplican estadísticas de tráfico y el ciclo LA 92, (Austin, Carlson, & Dulla, 1995) definió las rutas utilizando los datos de análisis de tráfico proporcionado por el sistema Urban Transportation Planning System (UTPS), mientras que el ciclo de conducción de Taipéi realizó las rutas representativas basadas en la base de datos de estadísticas de tráfico facilitado por el Instituto de Transportes de Taipéi.

Estos métodos de selección de rutas son más científicos y proporciona posibles alternativas para definir las rutas representativas en estudios futuros (Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007).

1.3.3. Criterios y procedimientos para construir ciclos de conducción

En este apartado, se presenta una revisión de los procedimientos para construir ciclos de conducción. Los investigadores hasta el momento han introducido varios métodos para construirlos y es un gran desafío para ellos desarrollar un ciclo de conducción con una duración razonable en una base de datos extensa.

El ciclo UDDS (Austin, Carlson, & Dulla, 1995) y el ciclo URB (Chen, y otros, 2003) fueron desarrollados mediante la selección de un solo recorrido mediante la comparación de la distancia euclidiana de los parámetros característicos de conducción. La minimización de la distancia euclidiana busca minimizar las varianzas de cada variable dentro de cada grupo con el fin obtener grupos más homogéneos (Borja, 2011).

Otro método común utilizado es el método de construcción mediante micro-ciclos. Un micro-ciclo, figura 1.18, es una secuencia cinemática entre dos periodos de tiempo en ralentí (Borja, 2011).

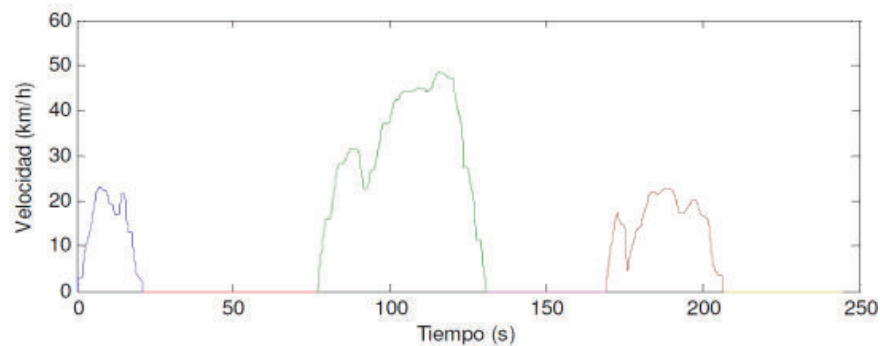


Figura 1.18. Representación de un micro-ciclo (azul, verde y café) y de segmento de parada (rojo, rozado y amarillo)
(Fuente: Borja, 2011)

Primero se coloca el micro-ciclo de color azul según una serie de criterios, a continuación se coloca un segmento de parada (segmento rojo), y así sucesivamente hasta formar un ciclo de conducción completo. (Borja, 2011). Los investigadores aplicaron el método de construcción de micro-ciclos en el desarrollo del ciclo Melbourne y el ciclo Sídney (Kent, Allen, & Rule, 1978).

Algunos investigadores no solo consideraron los parámetros de conducción, sino también la distribución de frecuencias de velocidad y aceleración en un determinado porcentaje de tiempo, un ejemplo es el desarrollo del ciclo de conducción Turco UDC. (DIESELNET,

2005). La distribución de frecuencias velocidad-aceleración refleja cuánto porcentaje de tiempo ha estado un micro-ciclo en un intervalo de velocidad y aceleración determinado (Borja, 2011). En la figura 1.20 se puede observar gráficamente el aspecto que tiene esta distribución de frecuencias para el micro-ciclo indicado en la figura 1.19.

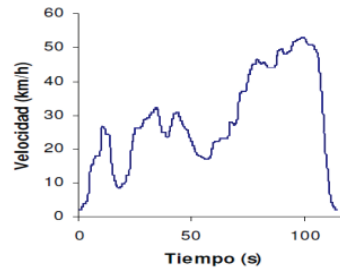


Figura 1.19. Micro-ciclo
(Fuente: Borja, 2011)

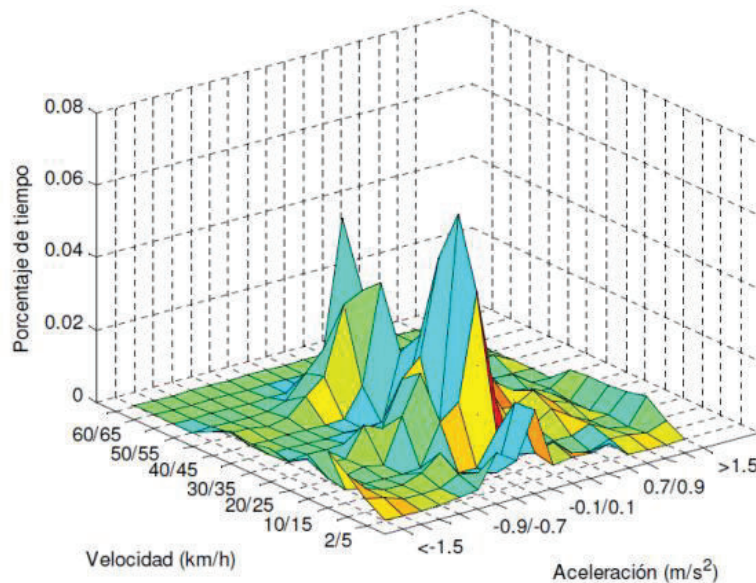


Figura 1.20. Distribución de frecuencias velocidad-aceleración
(Fuente: Borja, 2011)

Otros investigadores aplicaron el análisis de clasificación Clustering para clasificar por categorías los recorridos registrados antes de construir el ciclo de conducción en una categoría específica, un ejemplo de aplicación de esta metodología es el ciclo HHDDT (Gautam, y otros, 2002b). El análisis Clustering es una técnica estadística que tiene como función dividir al conjunto de datos en grupos de manera que los datos que pertenecen a un mismo grupo sean similares pero los datos que pertenecen a grupos diferentes sean heterogéneos. En la figura 1.21 se muestra el resultado tras hacer un análisis Clustering a un conjunto de datos.

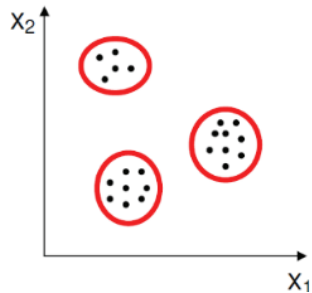


Figura 1.21. Análisis Clustering
(Fuente: Borja, 2011)

En la figura 1.21 se han realizado 3 grupos teniendo en cuenta dos variables (X_1 , X_2). Como se observa, los grupos que se forman se caracterizan por ser lo más homogéneos posible, mientras que la variabilidad entre los grupos es alta. (Borja, 2011)

En Europa, los investigadores utilizaron el análisis estadístico, tales como análisis de componentes principales PCA y el análisis de cronología del ciclo de acuerdo a la probabilidad observada para cada clase de recorrido realizado. El ciclo MODEM se construyó con base en estos análisis estadísticos. (Andre, Hickman, Hassel, & Joumard, 1995). La finalidad del análisis PCA es reducir el número de variables del experimento perdiendo la menor cantidad de información posible, además, busca hacer un cambio de la base de datos (es decir, utilizar otras variables diferentes a las iniciales) de tal manera que la primera variable maximice la varianza de los datos, la segunda variable sea la que más maximice la variabilidad de los datos, y así sucesivamente. Por ejemplo, si se mide 10 variables a través de sensores, puede darse el caso de que tras cambiar de base a las variables, con solamente las 4 primeras variables de esta nueva base se explique más del 90% de la variabilidad de los datos (Borja, 2011).

También se desarrollaron algunas técnicas especiales en la construcción del ciclo representativo, tales como TRAFIX (Índice de Flujo de Tráfico) para el desarrollo del ciclo EDC y el método Monte Carlo para el desarrollo del ciclo de autopista alemán German Motorway Cycle. El Método TRAFIX clasifica el flujo de tráfico mediante la asignación de un código por cada conjunto de datos, identificando la velocidad del vehículo por cada segundo del recorrido. La agrupación se realiza en 5 intervalos: 0 km/h, 0-24 km/h, 24-32 km/h, 32-40 km/h y 40-48 km/h (Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007). El método de simulación de Monte Carlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales dinámicos (Valdéz, 2004).

La revisión de metodologías desarrolladas para construir los principales ciclos de conducción se pueden resumir en la información presentada en la tabla 1.12

Tabla 1.12. Resumen de las metodologías de desarrollo de ciclos de conducción

	REGIÓN	CICLO DE CONDUCCIÓN	LEVANTAMIENTO DE DATOS	SELECCIÓN DE LA RUTA/REGIÓN	MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL CICLO.
1	EEUU	UDDS	On-board, conducción instruida	--	Selección del recorrido con el tiempo más cercano al promedio de duración de los recorridos. Agrupación de micro-ciclos con parámetros de características similares para reducir la longitud del recorrido.
2	EEUU	FTP75	Misma base datos de UDDS	Destinos de casa a trabajo, área urbana congestionada.	Mismo método del ciclo UDDS, se añadió los primeros 505 segundos del ciclo UDDS en el final de este ciclo.
3	EEUU	HHDDT	On-board	Regiones definidas en función de las similitudes geográficas y la población de vehículos.	Con Base en micro-ciclos, comparación de parámetros característicos de conducción, análisis de clasificación clúster de los recorridos.
4	EEUU	LA 92	Persecución de vehículo	Rutas dentro de las zonas de análisis de tráfico (TAZs)	Con base en micro-ciclos, comparación de la distribución de frecuencia de la velocidad y aceleración Speed-Aceleration Frequency Distribution (SAFD).
5	EEUU	UCC	Utiliza la misma base de datos del ciclo LA 92	Lo mismo que la ruta del ciclo LA 92	Con base en micro-ciclos, agrupación de recorridos en diferentes intervalos de velocidad, comparación de parámetros característicos de conducción para cada grupo.
6	EEUU	HWFEC	Persecución de vehículo, flujo a lo largo del tráfico	Rutas comprendidas en la arteria principal y secundaria, vía de acumulación (vías que mueven el tráfico desde la vía local a las arterias) y vía local (vías para acceder a zonas residenciales).	Con base en segmentos del perfil de velocidades, obtención de una mezcla de recorridos sobre cuatro tipos de caminos no urbanos, comparación de parámetros característicos de conducción.
7	EEUU	LA 01	Utiliza la misma base de datos del ciclo LA 92	Lo mismo que la ruta del ciclo LA 92	Con base en segmentos del perfil de velocidades y comparación de parámetros característicos de conducción.

(Continuación...)

	REGIÓN	CICLO DE CONDUCCIÓN	LEVANTAMIENTO DE DATOS	SELECCIÓN DE LA RUTA/REGIÓN	MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL CICLO.
8	Australia	UEDC	On-board, persecución de vehículo	--	Con base en micro-ciclos, conjunto de micro-ciclos con tipos de carretera, comparación de parámetros característicos de conducción, comparación de la distribución de frecuencia de la velocidad y aceleración Speed-Aceleration Frequency Distribution (SAFD).
9	Australia	SCUEDC	Utiliza la misma base de datos del ciclo UEDC	--	Utiliza el mismo método del ciclo UEDC
10	Australia	Perth	Persecución de vehículo	Ciudad identificada en seis áreas típicas por características urbanas, tipos de carretera proporcional a los datos estadísticos del área.	Con base en micro-ciclos, comparación de parámetros característicos de conducción.
11	Australia	Melbourne Peak	Persecución de vehículo	--	Con base en micro-ciclos, comparación de parámetros característicos de conducción, ponderación relativa de acuerdo al tipo de ruta y dirección de recorrido, comparación de la distribución de frecuencia de la velocidad y aceleración Speed-Aceleration Frequency Distribution (SAFD).
12	Australia	Sídney	Persecución de vehículo	De acuerdo a la clasificación de las carreteras, y densidad de tráfico en el área de altas emisiones.	Con base en micro-ciclos, comparación de parámetros característicos de conducción.
13	Europa	Ciclo inglés para medir el consumo de combustible	On-board, flujo a lo largo del tráfico	--	Con base en micro-ciclos, División del conjunto de datos en nueve sub-grupos con similares características en cinco niveles de límites de velocidad y tres áreas geográficas urbana, rural y autopista
14	Europa	Ciclo de utopista alemán (German Motorway Cycle)	On-board, conducción instruida, persecución de vehículo	Autopista alemana	Método Monte-Carlo (distribución acumulativa de aceleración para cada nivel de velocidad)

(Continuación...)

	REGIÓN	CICLO DE CONDUCCIÓN	LEVANTAMIENTO DE DATOS	SELECCIÓN DE LA RUTA/REGIÓN	MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL CICLO.
15	Europa	MODEM	On-board	De acuerdo a la representación de las condiciones de tráfico urbano de Europa de 6 ciudades europeas.	Con base en micro-ciclos, análisis de componentes principales (PCA) de micro-ciclos, análisis de clasificación cluster de micro-ciclos, cronología del ciclo de acuerdo a la probabilidad observada para cada clase de recorrido.
16	Europa	MODEM HYZEM	On-board	Utiliza el mismo criterio del ciclo MODEM con adición de dos ciudades europeas extras.	Con base en segmentos homogéneos del perfil de velocidades, análisis de equivalencia de segmentos y recorridos homogéneos.
17	Europa	ARTEMIS	Utiliza la misma base de datos del ciclo MODEM HYZEM, conducción instruida para recopilar datos complementarios.	Utiliza la misma base de datos del ciclo MODEM HYZEM con la unión de la recopilación de datos complementarios de 2 ciudades europeas para propósito de validación.	Utiliza el mismo método del ciclo MODEM HYZEM, adición de ciclos que representan las condiciones de tráfico rural y autopista, cronología del ciclo de acuerdo a la probabilidad observada para cada clase de recorrido.
18	Europa	Edinburgh	Persecución de vehículo	Recorridos de casa a trabajo en el centro de la ciudad Edinburgh	Método TRAFIX (clasificación del flujo de tráfico mediante la asignación de un código por cada conjunto de datos, identificando la velocidad del vehículo por cada segundo del recorrido. Agrupación en 5 intervalos: 0 km/h, 0-24 km/h, 24-32 km/h, 32-40 km/h y 40-48 km/h)
19	Europa	Ciclo de conducción Turco urbano	Persecución de vehículo	Rutas de mucho tráfico para representar la situación del tráfico en esta ciudad.	Comparación de matrices de velocidad, aceleración y duración, comparación de parámetros característicos de conducción.
20	Asia	TMDC	Persecución de vehículo	División de la ciudad Taipéi en 14 áreas de tráfico grande y 172 pequeñas.	Selección de un solo recorrido mediante la comparación de la distancia euclidiana de los parámetros característicos de conducción.
21	Asia	URB	Persecución de vehículo	De acuerdo al uso de área, es decir área comercial a área residencial, zona centro a área sub-urbana, área comercial a área industrial.	Selección de un solo recorrido mediante la comparación de la distancia euclidiana de los parámetros característicos de conducción. (Excluyendo la duración y distancia de recorrido).

(Fuente: Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)

2. PROTOCOLO PARA DESARROLLAR CICLOS DE CONDUCCIÓN

El presente capítulo contiene una descripción del método empleado para desarrollar ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado, que representan un patrón típico de conducción de la población del Distrito Metropolitano de Quito, permitiendo ensayar determinados vehículos y obtener datos reales del consumo de combustible

2.1. Metodología

Para determinar un ciclo de conducción, existen dos metodologías denominadas el método indirecto y el método directo.

2.1.1. Método indirecto

El método indirecto se basa en el procesamiento inicial de los datos. Con este procesamiento se busca obtener la información necesaria para construir un ciclo de conducción representativo. Por tanto, la recolección de curvas experimentales es utilizada para realizar sobre ellas un análisis de conglomerados (clusterig) que tiene como función dividir al conjunto de datos en grupos de manera que los datos que pertenecen a un mismo grupo sean similares pero los datos que pertenecen a grupos diferentes sean heterogéneos, con el fin de determinar patrones de conducción, que se yuxtaponen para formar el ciclo representativo. La cronología de yuxtaposición se determina en base a la probabilidad observada. En este método no se involucra todos los datos que conforma una curva experimental debido a que aplica un procesamiento inicial de los datos. (Pintos Gómez de las Heras, 2011). Un ejemplo de este método es el ciclo NEDC, figura 2.1, utilizado para la certificación de vehículos europeos en cuanto a emisiones vehiculares.

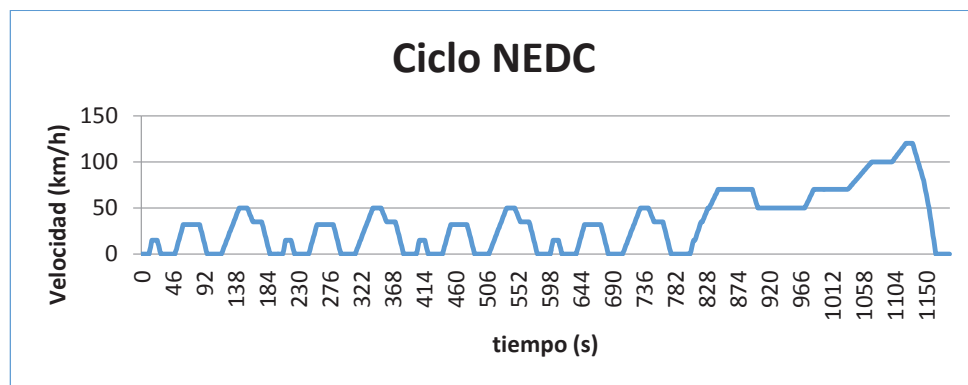


Figura 2.1. Ciclo de conducción NEDC
(Fuente: Environmental Protection Agency, 2016)

2.1.2. Método directo

El método directo consiste en seleccionar un recorrido de tráfico real representativo de las curvas experimentales obtenidas bajo diferentes condiciones de circulación de algún lugar específico. En este método la adquisición de valores de variación de velocidad en el tiempo forma las curvas experimentales de cada viaje realizado sobre rutas previamente definidas y del total de viajes se selecciona uno que represente a todos los viajes realizados mediante un análisis estadístico previo. (Pintos Gómez de las Heras, 2011; Van de Weijer, Van der Graaf, Hendriksen, & Verbeek, 1993). Un ejemplo de este tipo de metodología es el ciclo de conducción FTP 75, figura 2.2, mismo que seleccionó un recorrido de tráfico real.

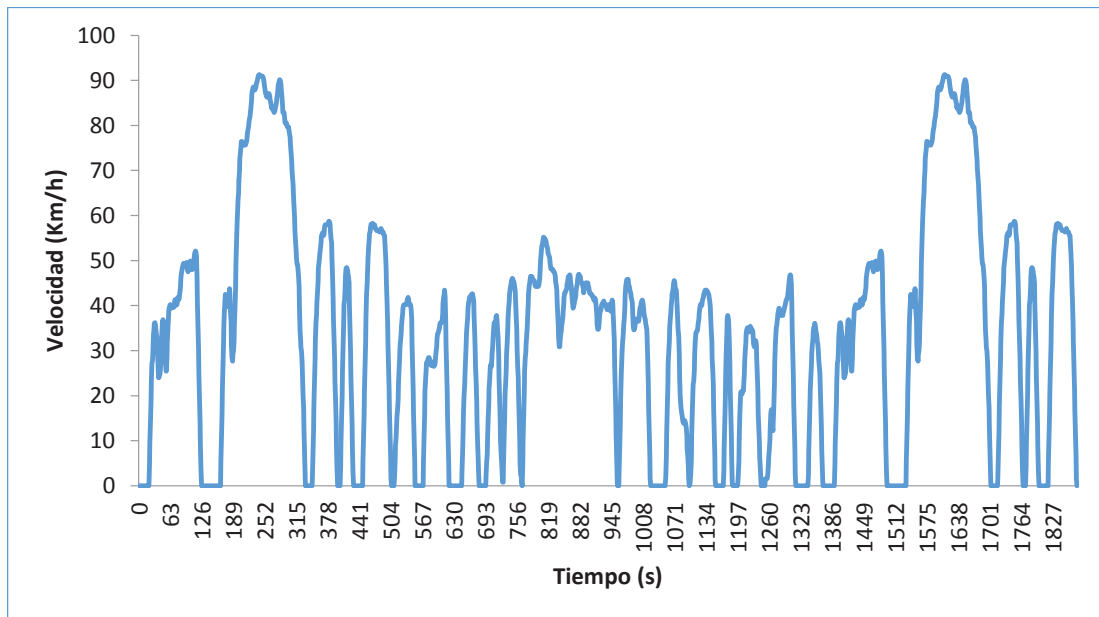


Figura 2.2. Ciclo de conducción FTP 75
(Fuente: Environmental Protection Agency, 2016)

Para el presente estudio se propone emplear el método directo en base a una estimación por promedios ponderados, ya que los ciclos de conducción son una herramienta para estimar la demanda de consumo de combustible y es conveniente involucrar todos los datos que conformen una curva experimental en la figura 2.3 se muestra los pasos a seguir.

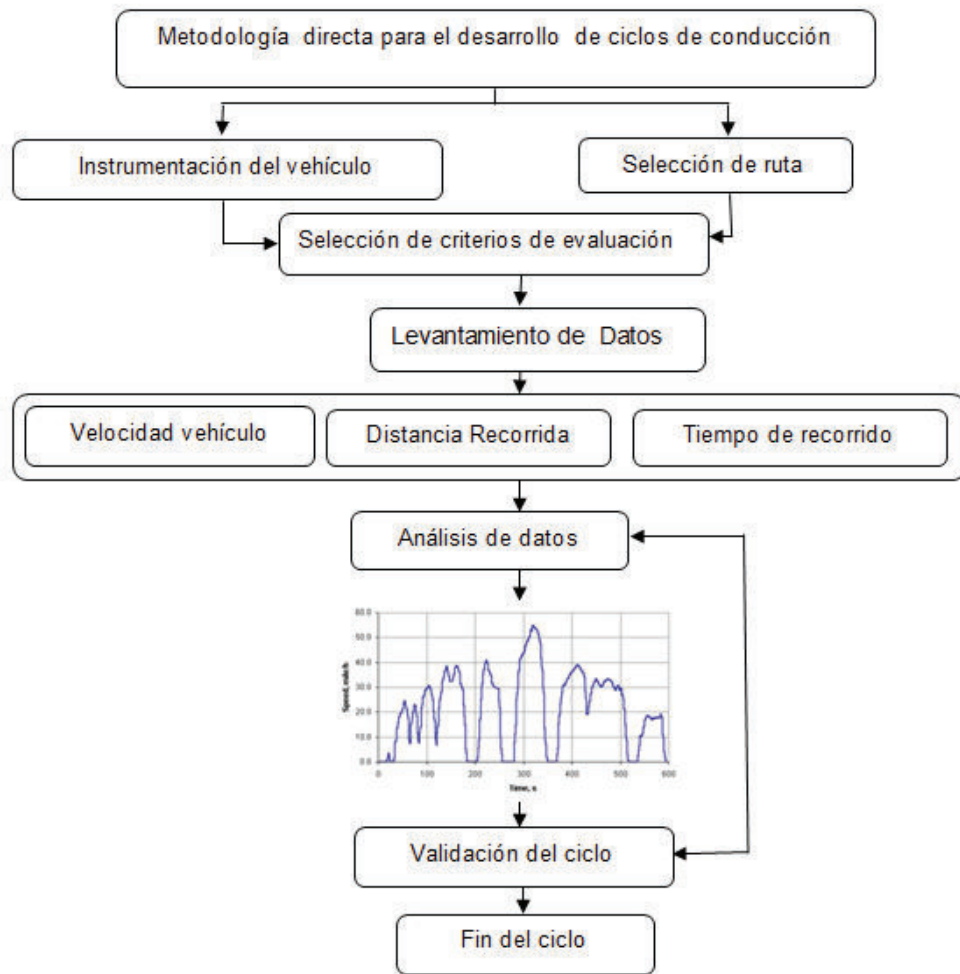


Figura 2.3. Metodología de desarrollo de ciclos de conducción
(Fuente: Sachin , Prashant , Mukesh , M , & Biswajit , 2012)

2.1.2.1. Instrumentación del vehículo

En el anterior capítulo se detalló las técnicas de levantamiento de datos con sus respectivas ventajas y desventajas (tabla 1.11), como resultado a este análisis se obtuvo la técnica On-Board como idónea para este estudio, por tal motivo, se considera utilizar la misma. Empleando esta técnica se debe realizar muestreos con equipos que permitan obtener datos de parámetros (velocidad, distancia, tiempo), con los cuales se desarrolla el estudio.

Los datos se deben tomar de una forma continua para conocer el comportamiento del vehículo en las condiciones de trabajo. Para ello es recomendable hacer muestreos con equipo que capture segundo a segundo los parámetros necesarios, permita almacenar información en archivos fáciles de manipular para su procesamiento estadístico, soportar las condiciones de uso en recorridos reales como golpes, movimientos bruscos, no

perder señal y problemas climatológicos (lluvia, sol, altas y bajas temperaturas) con el fin de proteger el equipo y la información almacenada (Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007).

Considerando lo antes expuesto en la tabla 2.1 se muestra los equipos que tienen mayor acogida para el levantamiento de datos.

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas de los instrumentos para evaluar vehículos mediante pruebas en ruta

Instrumentos	Ventajas	Desventajas
GPS	Puede mostrar diversa información detallada en determinados intervalos de tiempo, el camino recorrido la distancia que falta, la velocidad del vehículo, tiempo de viaje, el horario de llegada aproximado, etc.	Es necesario siempre tener el GPS actualizado para evitar problemas de nuevas rotondas, calles cortadas, obras en la carretera, etc.
	Permite el almacenamiento y acceso a los datos recogidos	Pierde la señal en túneles de gran longitud
	Facilidad para manipular el sistema de operación	Genera un alto consumo eléctrico La autonomía de las baterías del GPS es variable entre 7 a 8 horas en promedio
	Al instalarse al interior del vehículo no sufre daños climatológicos, o físicos	
	Suelen ser de bajo costo	
Quinta rueda	No existen errores en información recopilada y almacenada	Genera problemas cuando el vehículo realiza giros pronunciados o pasa sobre baches por cuanto la quinta rueda se desliza o desprende del piso produciendo datos erróneos
	Bajo consumo eléctrico	
	Puede almacenar 1000 horas de datos de conducción.	Elevado costo de diseño y construcción
	Almacena información segundo a segundo, velocidad del vehículo, distancia recorrida, tiempo recorrido, aceleración y desaceleración del vehículo.	Difícil montaje en el vehículo de prueba
	Fácil acceso a los datos almacenados	Error menor en la medición cuando la altura del chasis varía.
		Error en la medición cuando el vehículo frena trabando la llanta.
Receptor electrónico de datos Turbo gauge	Acumula hasta 300 horas de tiempo de conducción	Los datos son adquiridos del ordenador del vehículo por lo que existe limitaciones
	Almacena datos como : velocidad del vehículo, velocidad máxima, número de veces de aceleración extrema, consumo de combustible	La información posee un margen de error
		Funciona en vehículos con tecnología OBD II

(Fuente: Huertas, García, & Díaz, 2004; López, 2013)

De la tabla 2.1, se desprende que el equipo idóneo para el levantamiento de datos de este estudio es el sistema de posicionamiento global (GPS).

Por tal razón se emplea un GPS NEO-6, que ofrece alto rendimiento de posicionamiento. Este tipo de receptor es flexible y rentable, ofrece numerosas opciones de conectividad en un paquete compacto (16 x 12,2 x 2,4 mm). Su arquitectura compacta, opciones de energía y de memoria hacen NEO-6 ideal para que funcionen en dispositivos móviles con muy estrictas limitaciones de coste y espacio. El motor de posicionamiento u-blox 6, cuenta con 50 canales y con un Time-To-First-Fix (TTFF) de menos de 1 segundo. El motor de adquisición, con 2 millones de correladores, es capaz de búsquedas espacio de tiempo / frecuencia de manera paralela, lo que le permite encontrar los satélites al instante. El diseño y tecnología innovadora suprime las fuentes de interferencia y mitiga los efectos de trayectoria múltiple, dando a los receptores GPS NEO-6 un excelente rendimiento de navegación incluso en el más los entornos más exigentes (U-blox AG, 2015).

2.1.2.2. Selección de la ruta

La selección de la ruta es importante determinar las características de conducción el cual depende del tipo de vía e intensidad de flujo vehicular a lo largo de la ruta. Esta rutas debe ser comúnmente utilizadas por las personas en sus actividades diarias, tales como desplazamientos casa-trabajo, compras y vida social (Hung, Tam, Lee, Chan, & Cheung, 2005).

En la tabla 2.2 se puede observar las principales vías registradas dentro del D.M.Q con su respectivo conteo vehicular proporcionado por (Secretaría de Movilidad-DPPM, 2016), mismas que servirán como guía para trazar las rutas.

Tabla 2.2. Conteos de vehículos en corredores principales en horas pico

MACRO ZONAS DE QUITO	CALLE CONTABILIZADA	PARROQUIA	Flujo Vehicular en Hora Pico
Norte	Mariana de Jesús	Rumipamba	1463
Norte-anillo urbano	Mariscal Sucre	San Gabriel	3737
Norte	Manuel Córdova Galarza	Pomasqui	1713
Norte	Simón Bolívar	Nayón	3058
Norte	6 de Diciembre	El Batán	848
Norte	Gaspar Villarroel	El Batán	769
Norte	Naciones Unidas	Iñaquito	2036
Norte	Shyris	Iñaquito	2090
Norte-anillo urbano	Simón Bolívar	Calderón	2031
Norte	La Prensa	Cotocollao	1688
Norte	Catón Cárdenas	Condado	981
Norte	12 de Octubre	Plaza Artigas	799
Norte	10 de Agosto	Jipijapa	1372

(Continuación...)

MACRO ZONAS DE QUITO	CALLE CONTABILIZADA	PARROQUIA	Flujo Vehicular en Hora Pico
Norte	Pananorte	Carapungo	2719
Norte	Galo Plaza Lasso	Ponceano	2483
Norte	Rumiurco	El Condado	636
Norte	Eloy Alfaro	Carapungo	174
Norte	Amazonas	Kennedy	1540
Norte	El Inca	El Inca	1250
Centro norte-anillo urbano	Mariscal Sucre	Rumipamba	2453
Centro norte	Amazonas	Iñaquito	2396
Centro norte	Shyris	Iñaquito	2743
Centro norte	6 de Diciembre	Iñaquito	2212
Centro norte	Gonzales Suárez	Iñaquito	1848
Centro norte	Universitaria	Miraflores	1685
Centro norte	Naciones Unidas	Iñaquito	2065
Centro norte	10 de Agosto	Jipijapa	3069
Centro norte	América	Miraflores	1829
Centro norte	Colón	Belisario Quevedo	1009
Centro norte	República	San Juan	1037
Centro norte	Galo Plaza Lasso	Labrador	2372
Centro norte	12 de Octubre	Mariscal Sucre	1597
Centro norte	Eloy Alfaro	Iñaquito	2200
Centro norte	F. Orellana	La Pradera	1365
Centro norte	Coruña	Plaza Artigas	1507
Centro norte	El Inca	Iñaquito	1469
Centro norte	Versalles	S. Clara de Milán	1159
Centro norte	Las Palmeras	Jipijapa	1446
Centro norte	Mariana de Jesús	M. Jesús	1381
Centro norte	Ladrón de Guevara	La Floresta	1271
Centro norte	Patria	Mariscal	1981
Centro	Pichincha	San Blas	1516
Centro - anillo urbano	Mariscal Sucre	Centro Histórico	2703
Centro	Patria	Mariscal Sucre	2037
Centro	El Sena	La Recolecta	1143
Centro	24 de Mayo	Centro Histórico	789
Centro	Velasco Ibarra	Centro Histórico	2672
Centro	10 de Agosto	Parque el Ejido	1470
Centro	Necochea	San Diego	2431
Centro	Túnel de San Juan	Miraflores	2372
Centro	Venezuela	Centro Histórico	1661
Centro Histórico-anillo urbano	Mariscal Sucre	Centro Histórico	460
Centro sur-anillo urbano	Simón Bolívar	Argelia	2692
Centro sur	Cardenal de la Torre	Solanda	1573
Centro sur	Tnte. Hugo Ortiz	San Bartolo	1466
Centro sur	Maldonado	San Bartolo	1234
Centro sur	Cusubamba	Cusubamba	329
Centro sur	Morán Valverde	Quitumbe	1681
Sur	Morán Valverde	Quitumbe	1882
Sur-anillo urbano	Simón Bolívar	Lucha de los Pobres	2650
Sur-anillo urbano	Mariscal Sucre	Guamani	311
Sur	Maldonado	Guamani	1711
Sur	Rumichaca	Quitumbe	751

(Continuación...)

MACRO ZONAS DE QUITO	CALLE CONTABILIZADA	PARROQUIA	Flujo Vehicular en Hora Pico
Sur	Quitumbe Ñan	Quitumbe	1327
Sur	Guayanay Ñan	Quitumbe	727
Sur	Lira Ñan	Quiicentro sur	1085
Periferia	Interoceánica	Cumbayá	1493
Periferia	Autopista general Rumiñahi	Valle de los Chillos	3443
Periferia	Tababela	Tababela	490
Periferia	Vía Sangolqui - Papallaca	Pifo	502
Periferia	Ruta Viva	Tumbaco	1753
Periferia-anillo urbano	Simón Bolívar	Calderón	4740

(Fuente: Secretaría de Movilidad-DPPM, 2016)

A partir del procesamiento de los datos indicados en la tabla 2.2, se obtiene la figura 2.4 que representa el porcentaje de acuerdo a cada zona del D.M.Q, se puede observar que las vías con mayor flujo vehicular se encuentran en el centro norte del D.M.Q.

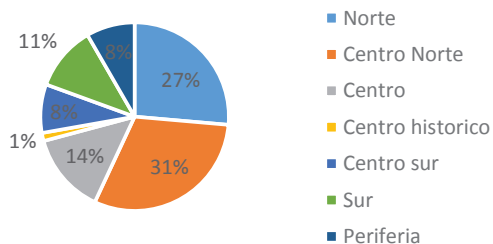


Figura 2.4. Distribución por zonas de las vías con mayor flujo vehicular en el D.M.Q. (Fuente: Propia)

Los datos de la tabla 2.2 se representa en las la figuras 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10 con las vías de mayor flujo vehicular, lo que facilita el análisis de la información.

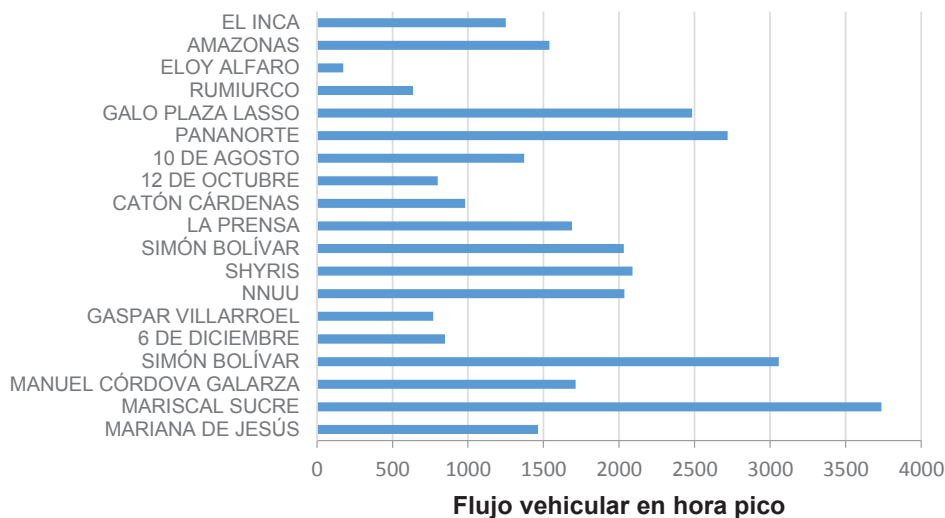


Figura 2.5. Vías representativas de la zona Norte del D.M.Q. (Fuente: Propia)

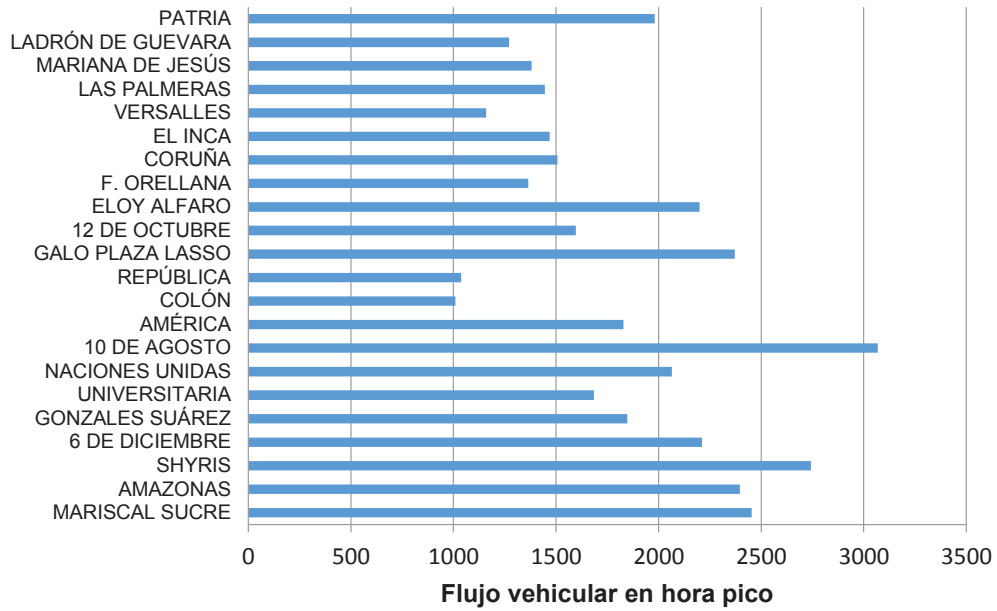


Figura 2.6. Vías representativas de la zona Centro Norte del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

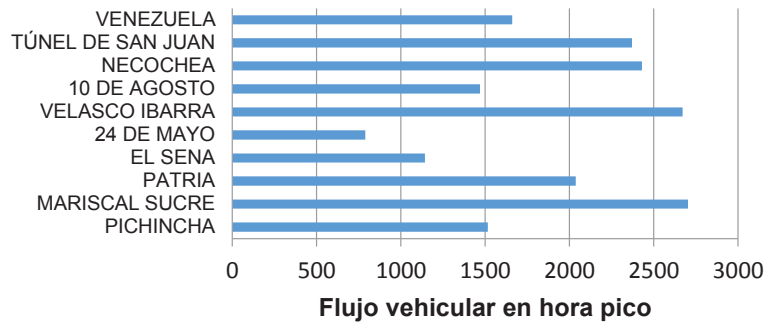


Figura 2.7. Vías representativas de la zona Centro del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

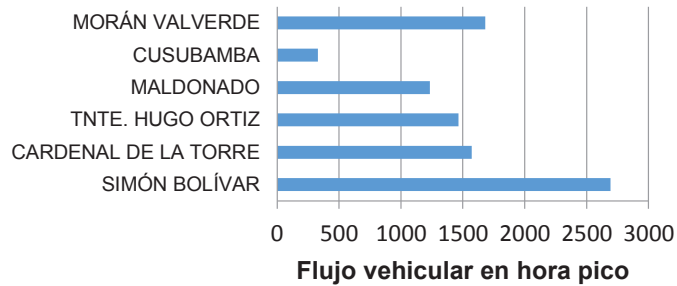


Figura 2.8. Vías representativas de la zona Centro Sur del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

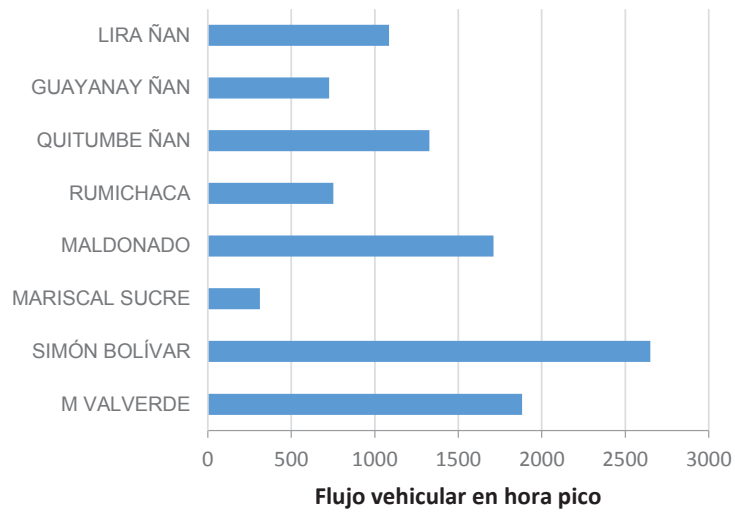


Figura 2.9. Vías representativas de la zona Sur del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

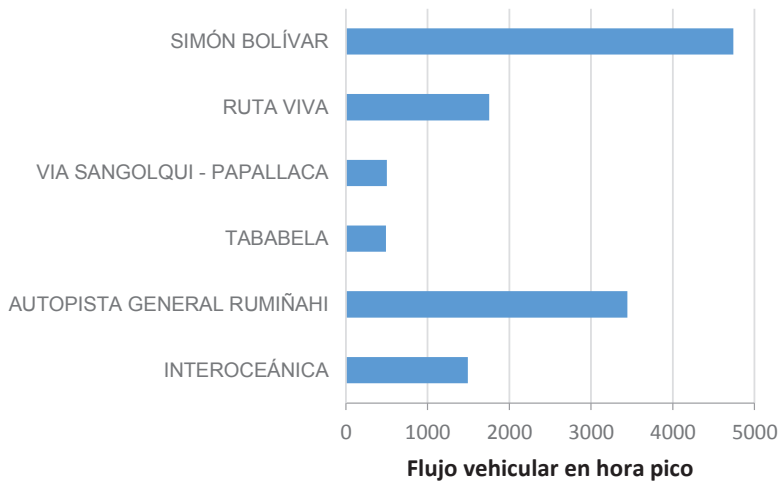


Figura 2.10. Vías representativas de la zona Periférica del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

Para este estudio, por la cantidad de vías, se considera adecuada la selección de dos rutas tentativas por cada escenario de manejo, es decir dos para ciudad, dos para carretera y dos para el ciclo combinado, las cuales serán presentadas en forma ordenada en el capítulo 3.

2.1.2.3. Selección de criterios de evaluación

Los criterios de evaluación son necesarias para tres propósitos: (1) extraer las características de conducción; (2) construcción de ciclos de conducción; y (3) determinación de la representatividad estadística y selección de los ciclos. Es importante definir un conjunto de criterios de evaluación para la síntesis del ciclo. (Tong & Hung, 2010). Con base a la literatura de construcción de ciclos de conducción se puede resumir los parámetros de evaluación en la tabla 2.3

Tabla 2.3. Criterios de evaluación empleados por diferentes ciclos

Nro.	Ciclo de Conducción	Velocidad promedio	Velocidad promedio de corrido	Aceleración promedio	Desaceleración promedio	Número promedio de paradas	% de tiempo en ralentí	% de tiempo a velocidad baja (menor a 5km/h)	% Aceleración	% Desaceleración	Aceleración media cuadrática RMS	Aceleración Positiva de Energía Cinética PKE	Distribución de aceleración/ velocidad	Velocidad máxima	Velocidad mínima
1	FTP72, FTP75	✓				✓								✓	
2	LA92												✓		
3	HHDDT Cycle	✓					✓	✓	✓	✓				✓	
4	Arterial Cycle						✓		✓	✓			✓		
5	Edinburgh Cycle												✓		
6	IEC	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓					
7	ARTEMIS Cycle	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓	
8	TRL Cycle	✓		✓										✓	✓
9	Sídney Cycle	✓					✓				✓		✓		
10	CUEDC Cycles	✓					✓		✓					✓	
11	Perth Cycle	✓				✓	✓				✓	✓	✓		
12	TMDC		✓	✓	✓		✓		✓				✓		
13	KHM	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓				

(Fuente: Tong & Hung, 2010)

Se puede apreciar que los parámetros de conducción que más se utilizan, figura 2.11, son la velocidad promedio, porcentaje de tiempo en ralentí, aceleración y distribución de aceleración/velocidad. Estos parámetros son de gran importancia en la estimación del consumo de combustible. (Chen, y otros, 2007)

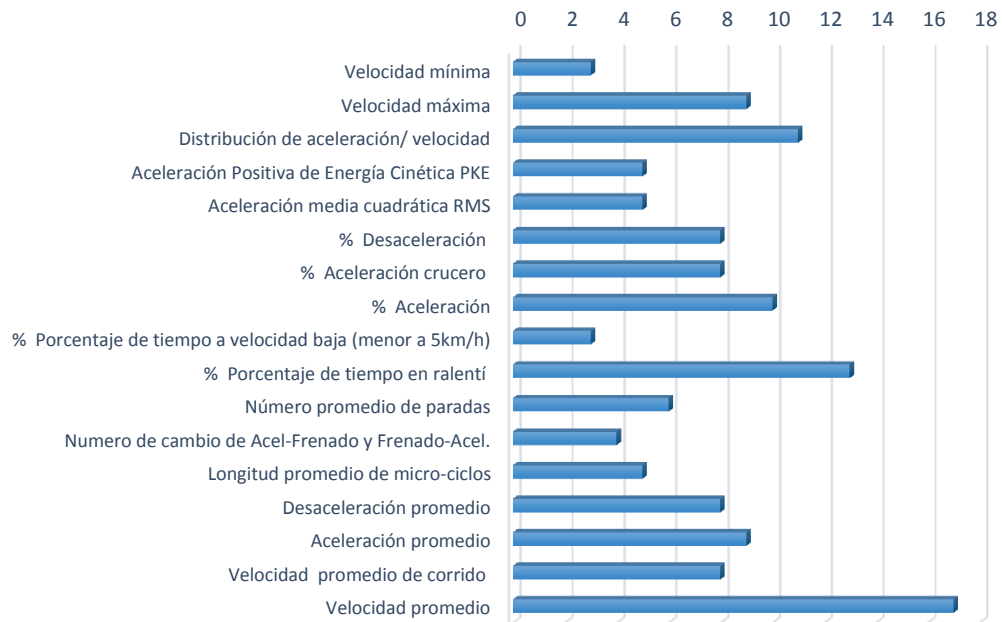


Figura 2.11. Representatividad de criterios de evaluación
(Fuente: Chen, y otros, 2007)

De lo expuesto en la figura 2.11 y en la información que se obtuvo en la bibliografía consultada y trabajos realizados en el mundo para la construcción de ciclos de conducción (Esteves-Booth, Muneer, Kubie, & Kirbi, 2002; Andre & M, 1996; Gammriello & Long, 1996), se propone utilizar nueve parámetros detallados a continuación:

- Velocidad promedio
- Velocidad máxima
- Tiempo ralentí
- Número de paradas
- Tiempo total de recorrido
- Distancia recorrida
- Aceleración promedio Positiva
- Aceleración positiva máxima
- Tiempo con aceleración positiva

2.1.2.4. Levantamiento de datos

Las rutas seleccionadas para desarrollar el ciclo de conducción son rutas en ciudad, carretera y combinadas representativas del Distrito Metropolitano de Quito de manera que las trazas velocidad-tiempo obtenidas representen la circulación real en el mismo

Seleccionadas las vías a estudiar y con el vehículo instrumentado, se obtiene los datos que se van a utilizar para desarrollar el ciclo de conducción. Para esto se deben realizar recorridos de forma sistemática, partiendo a la misma hora y del mismo lugar (ciudad, carretera, combinado), durante varios días.

La recolección de datos, se realizará durante una semana con el fin obtener un perfil de comportamiento real de la vía, de la misma forma para la selección de las horas de los recorridos se debe tener en cuenta el flujo vehicular.

Dentro de la zona de estudio, el comportamiento del conductor en términos de agresividad, velocidad y rebase, está en función al flujo vehicular que presenta la vía, por lo que el conductor no es un factor importante. Esto es válido siempre y cuando se estén considerando vías congestionadas, como es el caso de la mayoría de las vías del Distrito Metropolitano de Quito. (Aguilera, 2004). Considerando lo anterior se puede emplear uno o más conductores sin que se afecten los resultados. En caso contrario es importante considerar y/o controlar el carril que es recomendable para realizar las mediciones, así como establecer una velocidad máxima o promedio.

Cuando se observe un acontecimiento irregular en la vía (Trabajos en la vía, accidentes, protestas) que modifique el flujo vehicular normal, se debe suspender la toma de datos y realizar esta en otra ocasión con las condiciones en que se estaban tomando éstas. Los fines de semana y días festivos no se tendrán en consideración en el momento de realizar la toma de datos, debido a la gran cantidad de vehículos que llegan y dejan la ciudad, en estas fechas como consecuencia del turismo y otras actividades (Aguilera, 2004).

En la figura 2.12 se puede apreciar el cronograma que se ha elaborado para la recolección de datos y las horas en que mayor flujo vehicular existe en el DMQ. (Secretaría de Movilidad-DPPM, 2016).

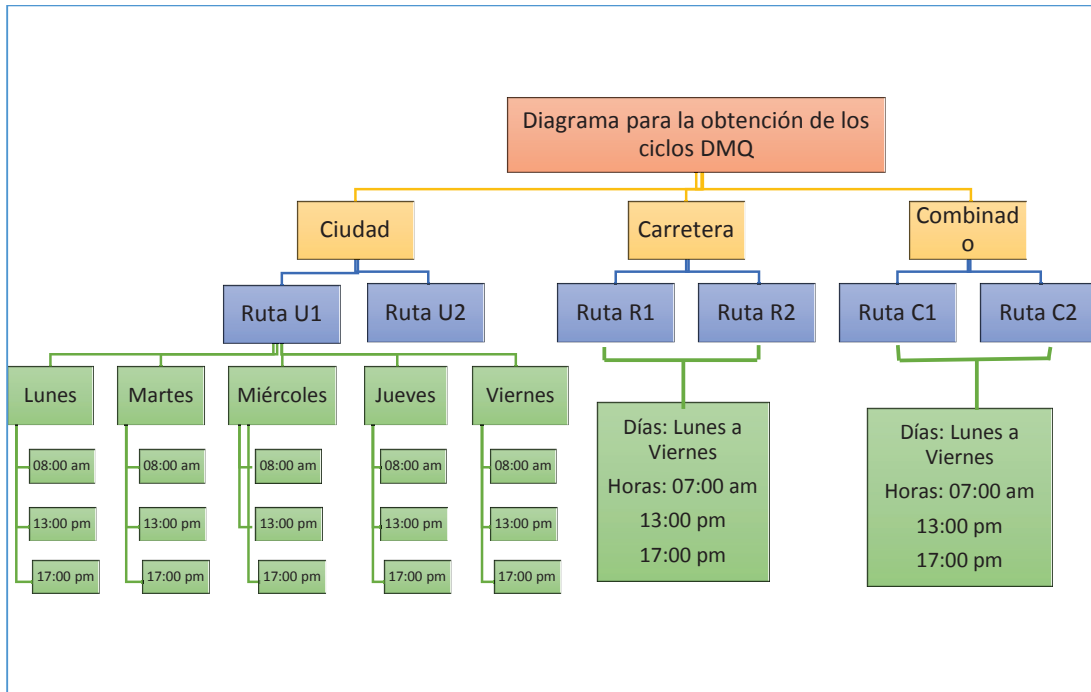


Figura 2.12. Diagrama para la obtención de los ciclos D.M.Q.
(Fuente: Propia)

Los recorridos se realizarán en el Distrito Metropolitano de Quito durante cuatro días de la semana debido a que en la presente ciudad existe la legislación denominada pico y placa que impide realizar las pruebas durante los cinco días de la semana. En la tabla 2.4 se puede apreciar el número de recorridos que se realizara para cada ciclo.

Tabla 2.4. Número de recorridos en el D.M.Q.

Ciclo	CIUDAD		CARRETERA		COMBINADO	
	Ruta U1	Ruta U2	Ruta R1	Ruta R2	Ruta C1	Ruta C2
Recorridos	12	12	12	12	12	12
Subtotal	24		24		24	
Total	72					

(Fuente: Propia)

2.1.2.5. Análisis de datos

Análisis por promedios ponderados

La metodología para determinar ciclos de conducción por promedios ponderados ha sido ya realizada con anterioridad y su aplicación se registra en países como: Colombia, México, Australia, Francia, y Estados Unidos. (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007). La

obtención del ciclo de conducción resultante de una muestra de curvas experimentales se realiza al comparar las variables representativas de mayor influencia de cada curva experimental con respecto al promedio de dichas variables en todas las curvas experimentales con la asignación previa de una ponderación.

Las variables en cuestión se denominan parámetros i , el valor asignado a cada uno de estos corresponde a la importancia de cada uno de ellos. Para éste caso los pesos de ponderación se escogen acorde a la importancia del parámetro asignado en valores múltiplos de 0,25. El mayor valor es el número 1 y se asigna a parámetros como la velocidad promedio, tiempo total de recorrido, distancia total recorrida, aceleración promedio positiva y tiempo con aceleración positiva. En segundo lugar con un valor de 0,75 se tiene el tiempo en ralentí y la aceleración positiva máxima. Y en tercer lugar se tienen los parámetros restantes indicados en la tabla 2.5. La ponderación se realizó basándose en la relevancia observada de cada uno de los parámetros en otros estudios (Valdéz, 2004; Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007).

Tabla 2.5. Pesos de ponderación

Parámetro	Peso de la ponderación
Velocidad promedio	1
Velocidad máxima	0,25
Tiempo ralentí	0,75
Número de paradas	0,25
Tiempo total de recorrido	1
Distancia recorrida	1
Aceleración promedio Positiva	1
Aceleración positiva máxima	0,75
Tiempo con aceleración positiva	1
Total	7

(Fuente: Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007)

La metodología propone que para determinar un ciclo de conducción que represente a todas las curvas experimentales recolectadas se debe escoger el recorrido que más se aproxime a la media de dichos recorridos en sus parámetros i . Esto se realiza al minimizar los promedios ponderados de la diferencia de cada parámetro con respecto a la media como se muestra en la ecuación 2.1

$$Y = \frac{\sum_i W_i \cdot |P_{i,j} - \bar{P}|}{\text{Total de las ponderaciones}} \quad \text{Ec.(2.1)}$$

Donde :

Y : Promedio ponderado de los valores absolutos de las desviaciones de todos los datos respecto a la media aritmética

- W_i : Factor de ponderación para cada parámetro
 P_{ij} : Valor del parámetro i , para la curva experimental j
 \bar{P} : Promedio del parámetro i de las curvas registradas
 $|P_{i,j} - \bar{P}|$: Desviación respecto a la media con valor absoluto

Debido a que las unidades resultantes en estos cálculos no se pueden comparar, se hace necesario modificar la ecuación 2.1 para obtener resultados adimensionales. Así es posible comparar los diferentes resultados entre sí mediante la ecuación 2.2

$$Y = \frac{\sum_i W_i \cdot \frac{|P_{ij} - \bar{P}|}{\bar{P}}}{\text{Total de las ponderaciones}} \quad \text{Ec.(2.2)}$$

Donde :

- Y : Valor del promedio ponderado
 W_i : Peso de la ponderación del parámetro i
 P_{ij} : Valor del parámetro i , para la curva experimental j
 \bar{P} : Promedio del parámetro i de las curvas registradas
 $\frac{|P_{ij} - \bar{P}|}{\bar{P}}$: Desviación respecto a la media en términos adimensionales

Por medio de la ecuación 2.2 se le da un puntaje a cada recorrido (curva experimental) seleccionando el valor mínimo, ya que este representa la menor desviación de todos los parámetros con respecto a la media.

Procedimiento para la obtención del ciclo representativo

A manera de ejemplo se considera tres curvas experimentales obtenidas en ruta urbana, las cuales se presentan en el anexo I digital y luego de graficar la velocidad cada segundo, el resultado se muestra en la figura 2.13, 2.14 y 2.15.

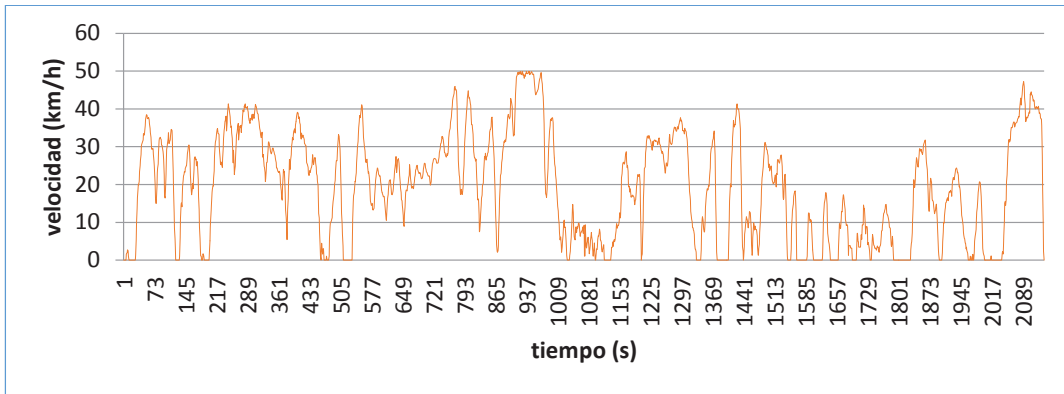


Figura 2.13. Curva experimental del recorrido 1
(Fuente: Propia)

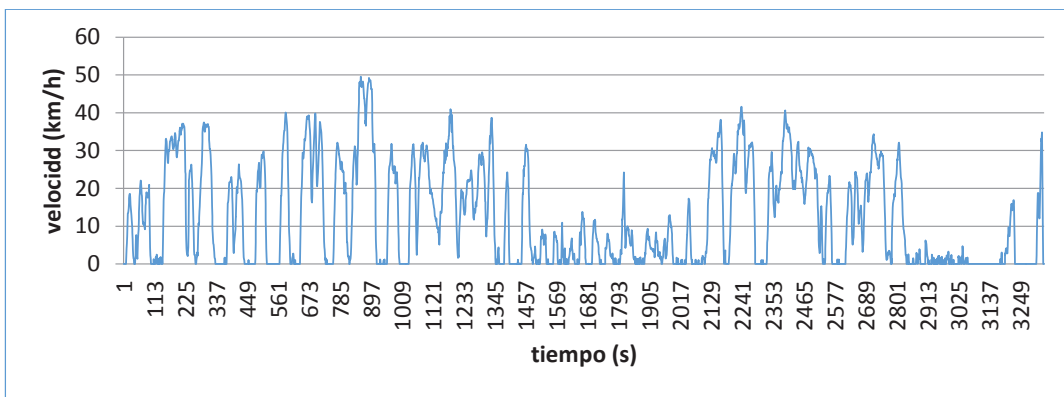


Figura 2.14. Curva experimental del recorrido 2
(Fuente: Propia)

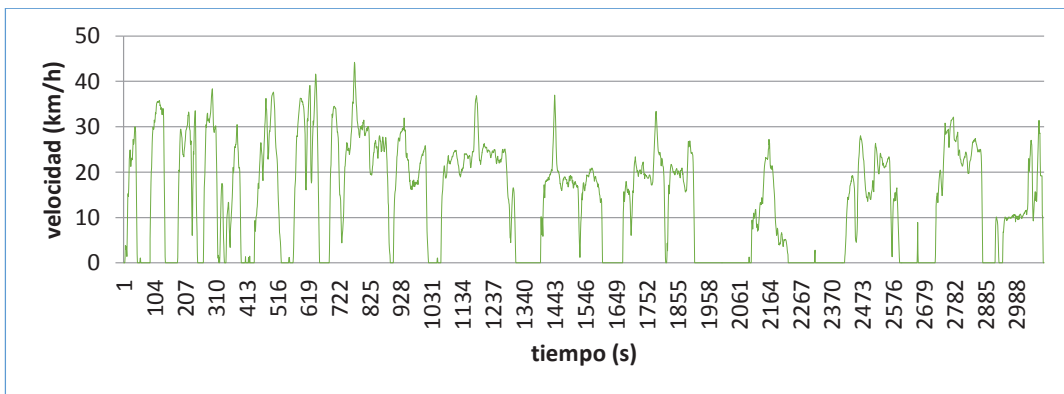


Figura 2.15. Curva experimental del recorrido 3
(Fuente: Propia)

Realizando el procesamiento de la información de cada curva experimental y con ayuda del software Excel se obtiene los valores de los parámetros de conducción indicados en la tabla 2.6

Tabla 2.6. Ejemplar de curvas experimentales

PARÁMETROS	Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Aceleración Promedio Positiva (m/s^2)	Aceleración Positiva Máxima (m/s^2)	Tiempo con Aceleración Positiva (s)
Recorrido 1	19,275	49,968	376	30	2138	11.913,757	0,368	2,113	945
Recorrido 2	12,222	49,539	1307	65	3335	11.912,974	0,312	2,776	1270
Recorrido3	13,773	44,225	1017	25	3082	11.915,431	0,281	1,972	1169

(Fuente: Propia)

Para obtener la curva experimental representativa se cumple el siguiente procedimiento:

- 1 Se halla el promedio de cada uno de los 9 parámetros, tabla 2.7, esto se realiza promediando los valores del parámetro i de las 3 curvas experimentales consideradas.

Tabla 2.7. Promedio del parámetro i

PARÁMETROS	Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Aceleración Promedio Positiva (m/s^2)	Aceleración Positiva Máxima (m/s^2)	Tiempo con Aceleración Positiva (s)
\bar{P}	15,090	47,911	900	40	2851,666	11.914,054	0,320	2,287	1128
Recorrido 1	19,275	49,968	376	30	2138	11.913,757	0,368	2,113	945
Recorrido 2	12,222	49,539	1307	65	3335	11.912,974	0,312	2,776	1270
Recorrido3	13,773	44,225	1017	25	3082	11.915,431	0,281	1,972	1169

(Fuente: Propia)

- 2 Se obtiene la desviación respecto a la media, valor absoluto de la ecuación 2.1, los valores obtenidos se registran en la tabla 2.8

Tabla 2.8. Desviación respecto a la media

PARÁMETROS	Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Aceleración Promedio Positiva (m/s^2)	Aceleración Positiva Máxima (m/s^2)	Tiempo con Aceleración Positiva (s)
\bar{P}	15,090	47,911	900	40	2851,666	11.914,054	0,320	2,287	1128
$P_{i,recorrido1}$	19,275	49,968	376	30	2138	11.913,757	0,368	2,113	945
$ P_{i,recorrido1} - \bar{P} $	4,185	2,057	524,000	10	713,667	0,297	0,048	0,174	183

(Fuente: Propia)

- 3 Se obtiene la desviación respecto a la media en términos adimensionales, ecuación 2.2 y el resultado de estos cálculos se registra en la tabla 2.9

Tabla 2.9. Desviación respecto a la media en términos adimensionales

PARÁMETROS	Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Aceleración Promedio Positiva (m/s ²)	Aceleración Positiva Máxima (m/s ²)	Tiempo con Aceleración Positiva (s)
\bar{P}	15,090	47,911	900	40	2851,666	11.914,054	0,320	2,287	1128
$P_{i,recorrido1}$	19,275	49,968	376	30	2138	11.913,757	0,368	2,113	945
$ P_{i,recorrido1} - \bar{P} $	4,185	2,057	524,000	10	713,667	0,297	0,048	0,174	183
$\frac{ P_{i,recorrido1} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,27734	0,04294	0,58222	0,25000	0,25026	0,00002	0,14880	0,07608	0,16223

(Fuente: Propia)

- 4 Se calcula el valor de Y mediante la ecuación 2.2, con lo que se obtiene:

$$Y = 0,2008$$

- 5 Se repite los pasos 1 al 4 para hallar el resultado de valor de Y del resto de curvas experimentales y finalmente para seleccionar el ciclo de conducción que represente a todas las curvas experimentales analizadas, se determina el mínimo valor de Y de los calculados. Como se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Resultado de valores de Y de los tres recorridos

Y Recorrido 1	0,2008
Y Recorrido 2	0,1680
Y Recorrido 3	0,0916

(Fuente: Propia)

El resultado de este ejemplo es el recorrido 3 como ciclo de conducción representativo de las curvas experimentales debido a que este tiene la menor puntuación 0,0916 y representa la menor desviación de todos los parámetros con respecto a la media. La curva representativa se muestra en la figura 2.16

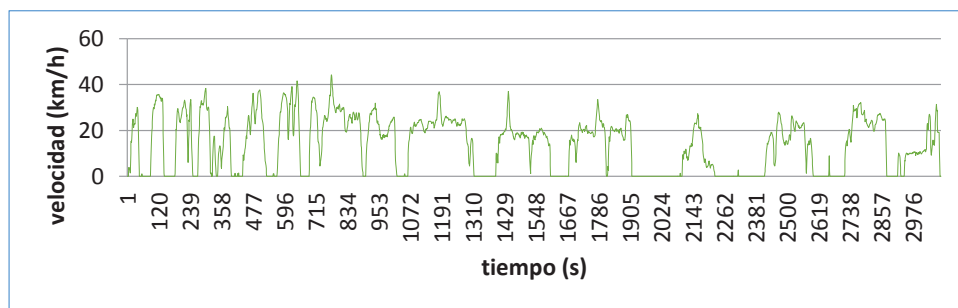


Figura 2.16. Recorrido 3 como representativo del ejemplar de curvas experimentales (Fuente: Propia)

3. DESARROLLO DE LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN

El presente capítulo contiene el desarrollo experimental de los ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado, que representan un patrón típico de conducción de la población del Distrito Metropolitano de Quito.

3.1. Construcción del ciclo de conducción para ciudad en el D.M.Q.

Considerando la metodología propuesta en el anterior capítulo se procede a la elaboración del ciclo de conducción para ciudad representativo del Distrito Metropolitano de Quito

3.1.1. Definición de las rutas representativas para ciclo ciudad

Con el objetivo de obtener un ciclo de conducción que se asemeje a las características reales de conducción en ciudad, se procede a seleccionar vías con tráfico dominante, ya que hasta la actualidad, las investigaciones realizadas nivel mundial no han establecido un método normalizado para seleccionar una ruta apropiada. (Tamsanya, Chungpaibulpatan, & Limmeechokchai, 2009)

Según (Sachin , Prashant , Mukesh , M , & Biswajit , 2012) la mayoría de rutas en el mundo, seleccionadas por los investigadores se realizaron por medio de juicios tales como:

- Trayectos hogar - trabajo (Ciclos FTP 72 y 75 y Ciclo de Edimburgo)
- Mezcla de rutas por tipos de vías y áreas (LA 92 / Ciclo Unificado)
- Densidad del tráfico y contaminación (Ciclo Sidney)
- Planificación de la zona geográfica y Densidad poblacional (Ciclo Perth, Melbourne)

3.1.1.1. Distancia de Ruta

En los estudios realizados a nivel mundial, no existe una distancia de ruta determinada para la elaboración de un ciclo de conducción. Por tal motivo se hace un análisis a los ciclos de conducción urbanos realizados en varios países, los cuales se muestran en la tabla 3.1

Tabla 3.1. Longitud de ciclos de conducción desarrollados en área Urbana

Región	Ciclo de conducción para vehículos livianos		Distancia (m)	Referencia
Asia	Taipei Motorcycle Driving Cycle	TMDC	5109	(Tzeng & Chen, 1998)
	Kaohsiung Driving Cycle	KHM	6568	(Tsai, Chiang, Hsu, Peng, & Hung, 2005)
	Hong Kong Urban Cycle		10330	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
Europa	The common Artemis driving cycle	CADC	4500	(Brandenbergera, Mohra, Grobb, & Neukom, 2005)
	Real-world driving cycle	R4	4900	(Brandenbergera, Mohra, Grobb, & Neukom, 2005)
	INRETS urban fluide court driving cycle	IUFC 15	5000	(Brandenbergera, Mohra, Grobb, & Neukom, 2005)
USA	FTP72		11997	(Barlow, Latham, Mccrae, & Boulter, 2009)
	FTP75		17770	
	New York City Cycle		1903	
	LA92		15802	
	Supplemental Federal Test Procedure	SC03	5766	
	IM240		3154	
Japón	10-Mode Cycle		663	(Barlow, Latham, Mccrae, & Boulter, 2009)
	10-15 Mode Cycle		4165	
	JC08 Cycle		8171	(DIESELNET, 2005)
PROMEDIO			7053,2	

(Fuente: Propia)

Para determinar la longitud representativa para cada ciclo de conducción, se realiza el análisis en base a conocer, la media, el límite superior e inferior con una desviación

estándar. La desviación estándar (S) mide cuanto se separan los datos (Rodríguez Ojeda, 2007) y se obtiene mediante la ecuación 3.1

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Ec.(3.1)}$$

Donde :

n : Tamaño de la muestra

\bar{x} : Media aritmética de la muestra

Reemplazando los datos de la tabla 3.1 en la ecuación 3.1 se obtiene la desviación estándar, seguidamente se obtiene el límite superior e inferior mediante la ecuación 3.2 y 3.3 como resultado de estos cálculos se obtiene los datos indicados en la tabla 3.2

$$\text{Límite Sup.} = \bar{x} + S \quad \text{Ec.(3.2)}$$

$$\text{Límite Inf.} = \bar{x} - S \quad \text{Ec.(3.3)}$$

Donde :

\bar{x} : Media aritmética de la muestra

S : Desviación estándar

Tabla 3.2. Valores estadísticos de las longitudes de ciclo ciudad

Desviación estándar	4926,364
Límite Superior	11979,564
Límite inferior	2126,835

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 3.2 junto con los valores de la tabla 3.1, y el resultado se muestra en la figura 3.1

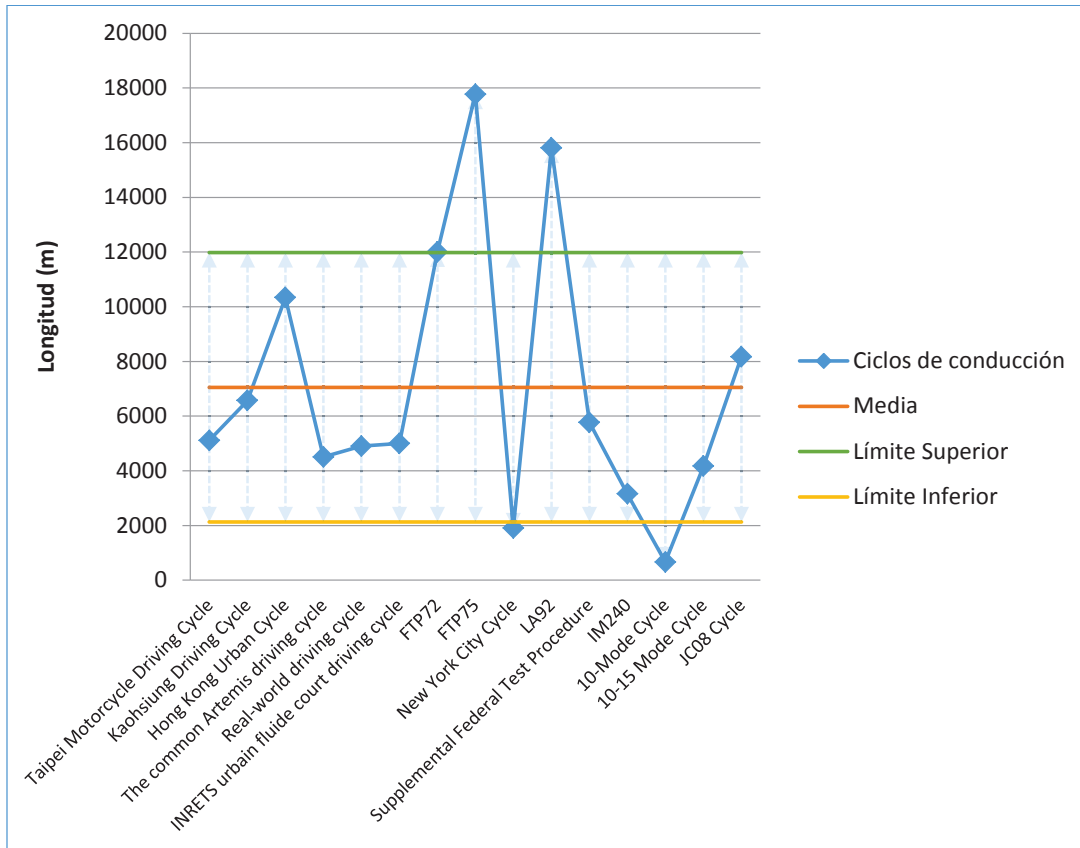


Figura 3.1. Margen de distancias de los ciclos de conducción urbanos
(Fuente: Propia)

Con referencia a la figura 3.1 se puede observar que los ciclos FTP 75 y LA92 son extra largos y los ciclos New York City y 10-Mode son extra pequeños, mientras que el resto de ciclos tiene longitudes dentro del intervalo de estudio.

Para que el ciclo de conducción de ciudad representativo del D.M.Q este dentro del grupo de los ciclos de conducción con longitud en el intervalo de estudio, este debe estar comprendido en el margen de 2126,835 metros a 11979,564 metros.

3.1.1.2. Selección de rutas con mayor flujo vehicular

En la selección de la ruta ciudad se toma en consideración el diagrama para la obtención de ciclos D.M.Q. mostrado en la figura 2.12, la cual indica establecer 2 rutas con mayor flujo vehicular y con condiciones de manejo en ciudad dentro del D.M.Q. a fin de realizar 12 recorridos en cada ruta, obteniendo como resultado 24 curvas experimentales y luego de un procedimiento estadístico seleccionar el recorrido representativo de las curvas experimentales obtenidas. Por medio de la información que se muestra en la tabla 2.2 y las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, se puede definir las rutas de ciudad con mayor flujo vehicular.

La ruta ciudad se considera desde las principales vías de ingreso hacia el centro de la ciudad con una longitud que va desde 2126,835 m hasta 11979,564 m. La mayor parte de las rutas posee límites de velocidad de 50 Km/h, (Asamblea Nacional Constituyente, 2016), con 2 carriles en cada dirección del flujo de tráfico. Además, existen algunas señalizaciones de tránsito y segmentos de recorrido entre las intersecciones.

3.1.2. Definición de ruta ciudad U1

Para definir las rutas para ciudad representativas del D.M.Q. se utiliza la información proporcionada por las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, las cuales indican las vías con mayor flujo vehicular, a través de esta información se enlaza las vías hasta obtener una distancia acorde con lo establecido en el literal 3.1.1.1, obteniendo como resultado la ruta que inicia en el redondel Atahualpa para después continuar a través de Av. Alonso de Angulo, Napo, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas; recorriendo una distancia de 11910 m. En la figura 3.2 se puede apreciar la ruta U1

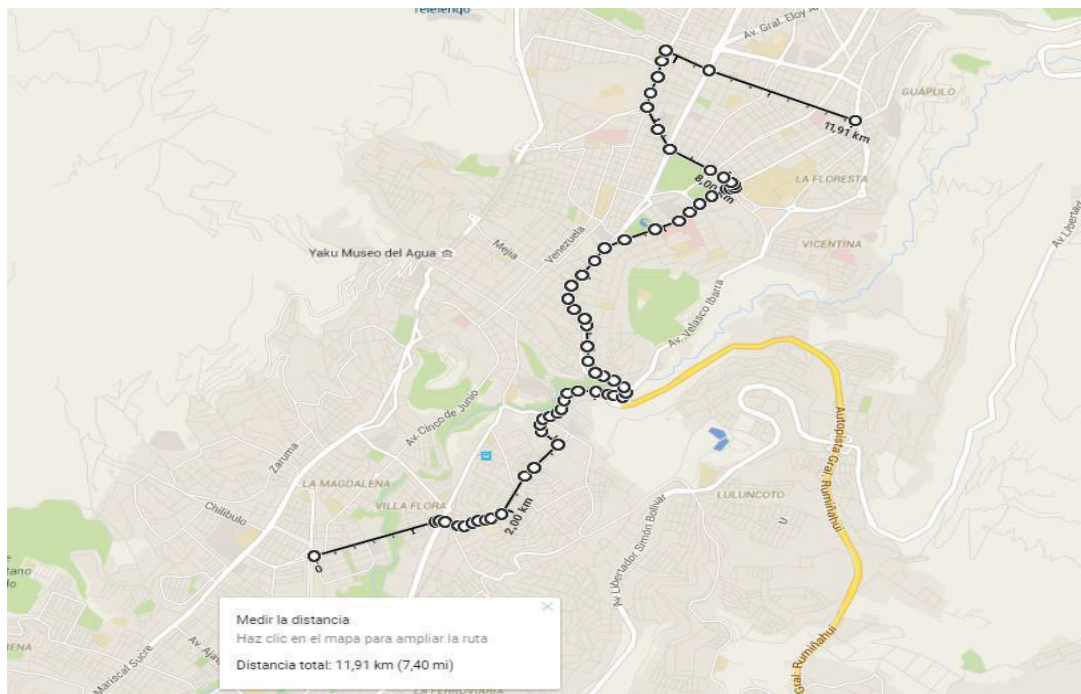


Figura 3.2. Ruta Ciclo Ciudad U1
(Fuente: Google Maps, 2016)

3.1.2.1. Perfil de elevación de la ruta U1

Mediante el software Google Earth, se pudo hallar el perfil de elevación del recorrido de la presente ruta, figura 3.3, y se encontró que los puntos más altos de elevación están ubicados en la Av. Napo (altura de Chimbacalle, 2841 m) y en la Av. Gran Colombia

(altura del Parque la Alameda, 2827 m); mientras que los puntos con menor altura se encuentra en el sector el Trébol (2744 m) y en la Av. Colón (altura del Hospital Baca Ortiz, 2786 m).

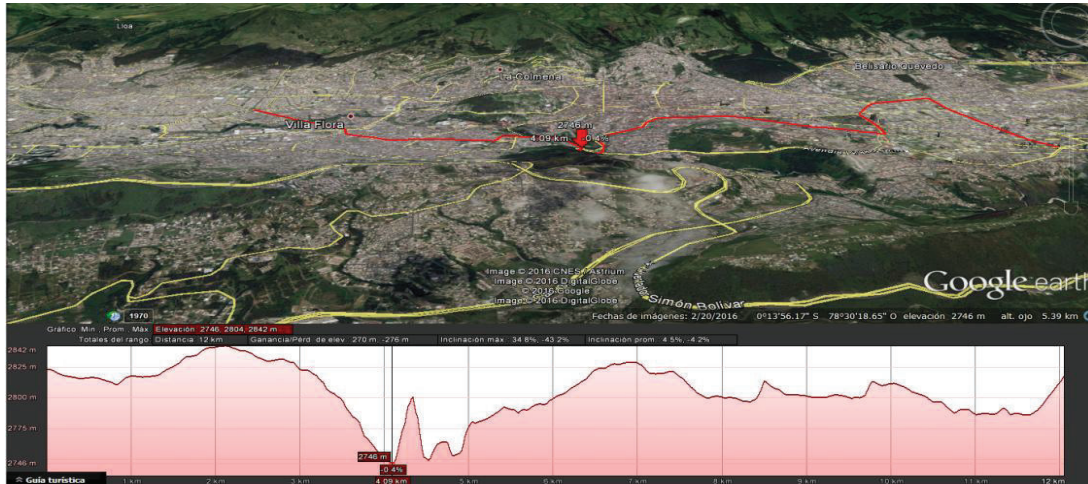


Figura 3.3. Perfil de elevación de la Ruta U1
(Fuente: Google Earth, 2016)

A través de los datos obtenidos del software Google Earth, se puede apreciar que la topografía que presenta la ruta Ciudad U1 con una longitud de 11910 m, se distribuye de la siguiente manera: el 59% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 16% del total contiene pendientes de grado 4, el 6% del total contiene pendientes de grado 6, el 10% del total contiene pendientes de grado -4, el 9% del total contiene pendientes de grado -6; estos mismos datos están en la figura 3.4

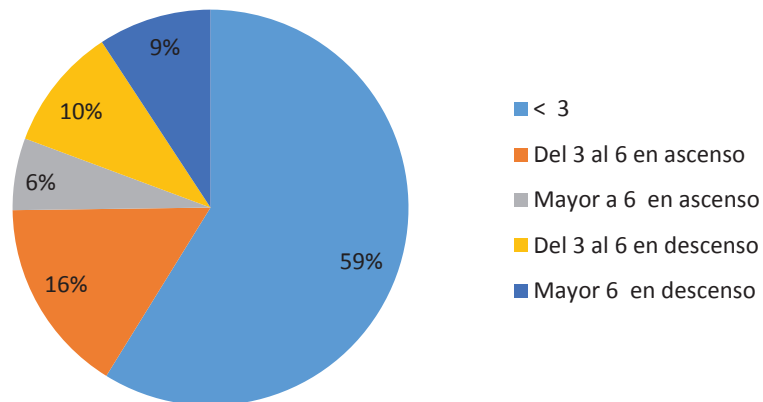


Figura 3.4. Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta U1
(Fuente: Propia)

3.1.3. Definición de ruta ciudad U2

Para la selección de esta ruta se utiliza la misma metodología que en la ruta U1, obteniendo la ruta que inicia en la intersección Av. De la Prensa y José Fernández Salvador para después continuar a través de Av. De la Prensa, El Inca, 6 de Diciembre, Shyris, 6 de Diciembre, Francisco de Orellana, Coruña, 12 de Octubre y finaliza en la Universidad Católica (intersección 12 de Octubre y Jorge Washington); recorriendo una distancia de 11800 m. . En la figura 3.5 se puede observar la ruta U2

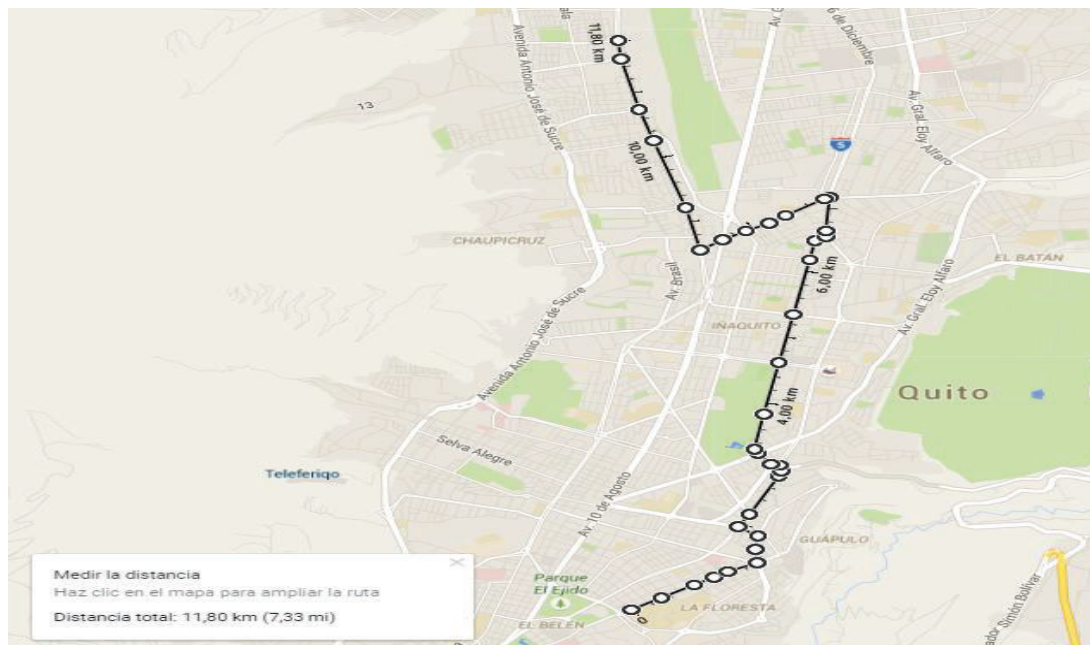


Figura 3.5. Ruta Ciclo Ciudad U2
(Fuente: Google Maps, 2016)

3.1.3.1. Perfil de elevación de la ruta U2

En base al perfil de elevación del recorrido de la presente ruta, figura 3.6, se puede establecer que los puntos más altos de elevación están ubicados en la Av. De la Prensa (altura de Instituto Espacial Ecuatoriano, 2825 m) y en la Av. Coruña (altura del Redondel de la Plaza Artigas, 2824 m); mientras que los puntos de elevación con menos altura se encuentra en la Av. De los Shyris (altura del parque la Carolina, 2773 m) y en la Av. 6 de Diciembre (altura de la gasolinera Primax, 2781 m).

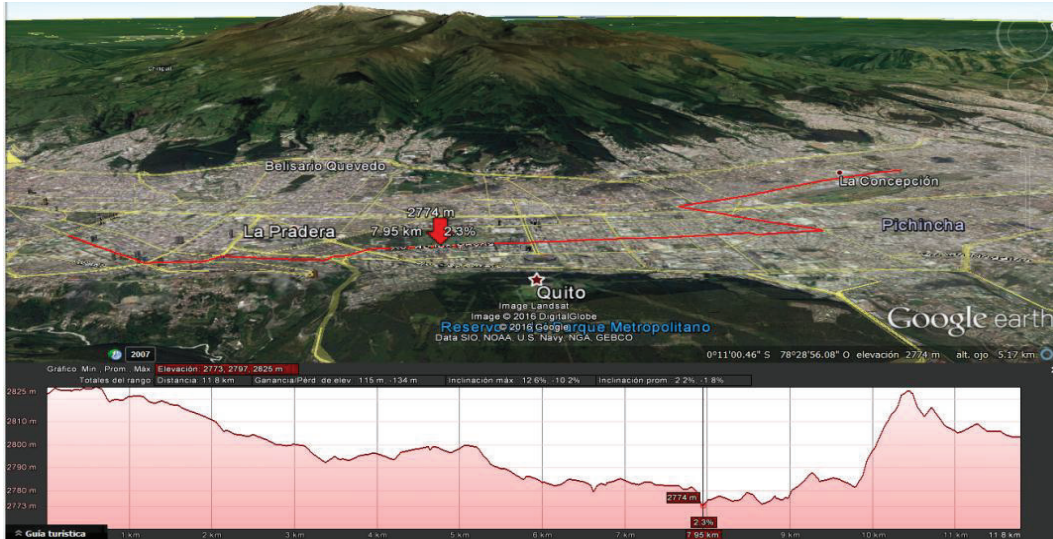


Figura 3.6. Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta U2
 (Fuente: Google Earth, 2016)

Analizando los datos obtenidos a través del software Google Earth, se puede establecer que la topografía que presenta la ruta U2 con una longitud total de 11800 m, se distribuye de la siguiente manera: el 81% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 3% contiene pendientes de grado 4, el 5% contiene pendientes de grado 6, el 8% del total contiene pendientes de grado -4, el 3% contiene pendientes de grado -6; porcentajes indicados en la figura 3,7

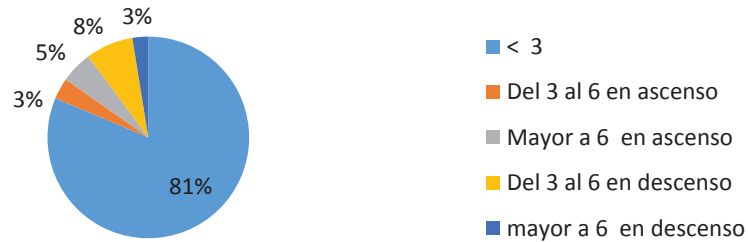


Figura 3.7. Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta U2
 (Fuente: Propia)

3.1.4. Recopilación de datos ruta ciudad

Los recorridos se realizaron en cada una de las rutas indicadas en los literales 3.1.2 y 3.1.3, a las horas y días definidos en el literal 2.1.2.4. Se buscó capturar el comportamiento vehicular en la ruta a lo largo de cuatro días de la semana, se tomaron datos durante 20 horas efectivas y se recorrió una distancia total de 284,52 Km. Los datos obtenidos durante estos recorridos se presentan en el anexo I digital y el resumen del procesamiento de la información de la base de datos se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Resultado de los parámetros de conducción obtenidos en la Ruta U1 y U2

RUTA	DÍA	RECORRIDO	HORA	SENTIDO	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
RUTA U1	DÍA 1	1	8:00	S-N	19,275	49,968	376	30	2138	11.913,757	0,368	2,113	945
		2	13:00	N-S	12,222	49,539	1307	65	3335	11.912,974	0,312	2,776	1270
		3	17:00	N-S	13,773	44,225	1017	25	3082	11.915,431	0,281	1,972	1169
	DÍA 2	4	8:00	S-N	11,6	44,922	1368	75	3586	11.917,469	0,313	2,431	1263
		5	13:00	N-S	13,072	44,523	1053	68	3087	11.907,698	0,309	3,140	1268
		6	17:00	N-S	11,156	49,744	1491	104	3563	11.914,783	0,455	2,866	1277
	DÍA 3	7	8:00	S-N	12,524	42,819	1119	56	3316	11.910,984	0,323	1,938	1268
		8	13:00	N-S	12,521	45,47	1318	54	2768	11.922,075	0,317	1,885	1267
		9	17:00	N-S	11,433	49,7	1265	56	2983	11.909,697	0,321	2,936	1358
	DÍA 4	10	8:00	S-N	13,261	45,771	1060	58	3169	11.914,472	0,348	1,891	1266
		11	13:00	N-S	12,518	44,77	1048	45	3170	11.911,279	0,315	1,887	1259
		12	17:00	N-S	8,401	48,344	2215	148	4192	11.910,892	0,430	2,838	1559
RUTA U2	DÍA 1	1	8:00	N-S	17,01	49,991	1033	33	2393	11.818,322	0,688	2,979	684
		2	13:00	S-N	20,347	49,999	673	34	1996	11.812,382	0,631	2,847	707
		3	17:00	S-N	15,659	49,976	1058	49	2751	11.813,572	0,319	1,889	754
	DÍA 2	4	8:00	N-S	17,154	49,972	1022	37	2406	11.825,247	0,740	2,762	738
		5	13:00	S-N	12,519	49,968	1428	49	2888	11.826,939	0,661	3,210	803
		6	17:00	S-N	15,263	49,886	980	41	2748	11.810,970	0,646	1,886	724
	DÍA 3	7	8:00	N-S	17,909	49,97	922	30	2336	11.820,061	0,547	2,873	735
		8	13:00	S-N	15,802	49,91	1078	44	2710	11.815,973	0,657	3,023	750
		9	17:00	S-N	11,083	49,95	1935	65	3759	11.812,384	0,698	2,883	907
	DÍA 4	10	8:00	N-S	16,845	49,994	944	36	2470	11.811,363	0,591	2,338	823
		11	13:00	S-N	13,259	49,96	1312	65	3319	11.808,439	0,655	1,889	736
		12	17:00	S-N	12,767	49,913	1557	58	3271	11.826,698	0,638	2,187	758

(Fuente: Propia)

3.1.5. Análisis de la información

3.1.5.1. Obtención del ciclo de conducción de Ciudad representativo del D.M.Q.

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 2.1.2.5 se presentan en la tabla 3.4.

De la tabla 3.4 se desprende que la curva experimental con menor valor de Y (0,1342) pertenece al recorrido 10 de la ruta U1, que corresponde a la ruta que inicia en el redondel Atahualpa para después continuar a través de Av. Alonso de Angulo, Napo, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colon y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas; en la dirección Sur-Norte a las 8h00.

Tabla 3.4. Resultado estadístico de los datos obtenidos de la Ruta U1 y Ruta U2

		Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Acelerac. Prom. Positiva (m/s ²)	Acelerac. Positiva Máxima (m/s ²)	Tiempo con Acel Posit (s)	TOTAL		
		W	1	0,25	0,75	0,25	1	1	0,75	1	7		
		\bar{P}	14,057	48,304	1190,79167	55,20833	2976,5	11.865,161	0,482	2,477	1012		
Ruta U1	Recorrido 1 S-N 08H00 22-08-2016	P_{ij}	19,275	49,968	376	30	2138	11.913,757	0,368	2,113	945		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,053026	0,001231	0,073312	0,016307	0,040244	0,000585	0,033741	0,015731	0,009458	0,2436	Y Recorrido 1
	Recorrido 2 N-S 13H00 22-08-2016	P_{ij}	12,222	49,539	1307	65	3335	11.912,974	0,312	2,776	1270		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,018650	0,000913	0,010456	0,006334	0,017206	0,000576	0,050345	0,012951	0,036420	0,1539	Y Recorrido 2
	Recorrido 3 N-S 17H00 22-08-2016	P_{ij}	13,773	44,225	1017	25	3082	11.915,431	0,281	1,972	1169		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,002888	0,003016	0,015637	0,019542	0,005063	0,000605	0,059537	0,021831	0,022163	0,1503	Y Recorrido 3
	Recorrido 4 S-N 08H00 23-08-2016	P_{ij}	11,6	44,922	1368	75	3586	11.917,469	0,313	2,431	1263		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,024972	0,002500	0,015945	0,012803	0,029253	0,000630	0,050049	0,001974	0,035432	0,1736	Y Recorrido 4
	Recorrido 5 N-S 13H00 23-08-2016	P_{ij}	13,072	44,523	1053	68	3087	11.907,698	0,309	3,140	1268		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,010012	0,002795	0,012398	0,008275	0,005303	0,000512	0,051235	0,028698	0,036138	0,1554	Y Recorrido 5
	Recorrido 6 N-S 17H00 23-08-2016	P_{ij}	11,156	49,744	1491	104	3563	11.914,783	0,455	2,866	1277		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,029484	0,001065	0,027012	0,031563	0,028149	0,000597	0,007944	0,016844	0,037408	0,1801	Y Recorrido 6
Recorrido 7 S-N 08H00 24-08-2016	P_{ij}	12,524	42,819	1119	56	3316	11.910,984	0,323	1,938	1268			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,015581	0,004055	0,006460	0,000512	0,016294	0,000552	0,047084	0,023302	0,036138	0,1500	Y Recorrido 7	
Recorrido 8 N-S 13H00 24-08-2016	P_{ij}	12,521	45,47	1318	54	2768	11.922,075	0,317	1,885	1267			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,015612	0,002095	0,011446	0,000782	0,010007	0,000685	0,048863	0,025595	0,035997	0,1511	Y Recorrido 8	
Recorrido 9 N-S 17H00 24-08-2016	P_{ij}	11,433	49,7	1265	56	2983	11.909,697	0,321	2,936	1358			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,026669	0,001033	0,006677	0,000512	0,000312	0,000536	0,047677	0,019873	0,048842	0,1521	Y Recorrido 9	
Recorrido 10 S-N 08H00 25-08-2016	P_{ij}	13,261	45,771	1060	58	3169	11.914,472	0,348	1,891	1266			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,008092	0,001872	0,011768	0,001806	0,009239	0,000594	0,039671	0,025336	0,035855	0,1342	Y Recorrido 10	
Recorrido 11 N-S 13H00 25-08-2016	P_{ij}	12,518	44,77	1048	45	3170	11.911,279	0,315	1,887	1259			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,015642	0,002613	0,012848	0,006604	0,009287	0,000555	0,049456	0,025509	0,034867	0,1574	Y Recorrido 11	
Recorrido 12 N-S 17H00 25-08-2016	P_{ij}	8,401	48,344	2215	148	4192	11.910,892	0,430	2,838	1559			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,057482	0,000030	0,092154	0,060027	0,058338	0,000551	0,015357	0,015633	0,077216	0,3768	Y Recorrido 12	
Ruta U2	Recorrido 1 N-S 08H00 22-08-2016	P_{ij}	17,01	49,991	1033	33	2393	11.818,322	0,688	2,979	684		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,030008	0,001248	0,014197	0,014367	0,028005	0,000564	0,061143	0,021733	0,046302	0,2176	Y Recorrido 1
	Recorrido 2 S-N 13H00 22-08-2016	P_{ij}	20,347	49,999	673	34	1996	11.812,382	0,631	2,847	707		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,063920	0,001254	0,046589	0,013720	0,047059	0,000635	0,044242	0,016022	0,043055	0,2765	Y Recorrido 2
	Recorrido 3 S-N 17H00 22-08-2016	P_{ij}	15,659	49,976	1058	49	2751	11.813,572	0,319	1,889	754		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,016278	0,001237	0,011948	0,004016	0,010823	0,000621	0,048270	0,025422	0,036420	0,1550	Y Recorrido 3
	Recorrido 4 N-S 08H00 23-08-2016	P_{ij}	17,154	49,972	1022	37	2406	11.825,247	0,740	2,762	738		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,031471	0,001234	0,015187	0,011779	0,027381	0,000481	0,076562	0,012345	0,038679	0,2151	Y Recorrido 4
	Recorrido 5 S-N 13H00 23-08-2016	P_{ij}	12,519	49,968	1428	49	2888	11.826,939	0,661	3,210	803		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,015632	0,001231	0,021343	0,004016	0,004248	0,000460	0,053137	0,031726	0,029503	0,1613	Y Recorrido 5
	Recorrido 6 S-N 17H00 23-08-2016	P_{ij}	15,263	49,886	980	41	2748	11.810,970	0,646	1,886	724		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,012254	0,001170	0,018966	0,009191	0,010967	0,000652	0,048690	0,025552	0,040655	0,1681	Y Recorrido 6
Recorrido 7 N-S 08H00 24-08-2016	P_{ij}	17,909	49,97	922	30	2336	11.820,061	0,547	2,873	735			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,039144	0,001232	0,024185	0,016307	0,030741	0,000543	0,019335	0,017147	0,039102	0,1877	Y Recorrido 7	
Recorrido 8 S-N 13H00 24-08-2016	P_{ij}	15,802	49,91	1078	44	2710	11.815,973	0,657	3,023	750			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,017732	0,001188	0,010149	0,007251	0,012791	0,000592	0,051951	0,023649	0,036985	0,1623	Y Recorrido 8	
Recorrido 9 S-N 17H00 24-08-2016	P_{ij}	11,083	49,95	1935	65	3759	11.812,384	0,698	2,883	907			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,030226	0,001217	0,066961	0,006334	0,037556	0,000635	0,064108	0,017580	0,014822	0,2394	Y Recorrido 9	
Recorrido 10 N-S 08H00 26-08-2016	P_{ij}	16,845	49,994	944	36	2470	11.811,363	0,591	2,338	823			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,028331	0,001250	0,022205	0,012426	0,024309	0,000648	0,032382	0,005998	0,026680	0,1542	Y Recorrido 10	
Recorrido 11 S-N 13H00 26-08-2016	P_{ij}	13,259	49,96	1312	65	3319	11.808,439	0,655	1,889	736			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,008112	0,001225	0,010906	0,006334	0,016438	0,000683	0,051358	0,025422	0,038961	0,1594	Y Recorrido 11	
Recorrido 12 S-N 17H00 26-08-2016	P_{ij}	12,767	49,913	1557	58	3271	11.826,698	0,638	2,187	758			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,013112	0,001190	0,032950	0,001806	0,014135	0,000463	0,046318	0,012530	0,035855	0,1584	Y Recorrido 12	

(Fuente: Propia)

$Y = 0,1342$ representa la menor desviación de todos los parámetros con respecto a la media.

De los resultados obtenidos, el ciclo de conducción de ciudad representativo del D.M.Q. se muestra en la figura 3.8, cuyos datos de velocidad cada segundo se encuentran en el anexo IV.

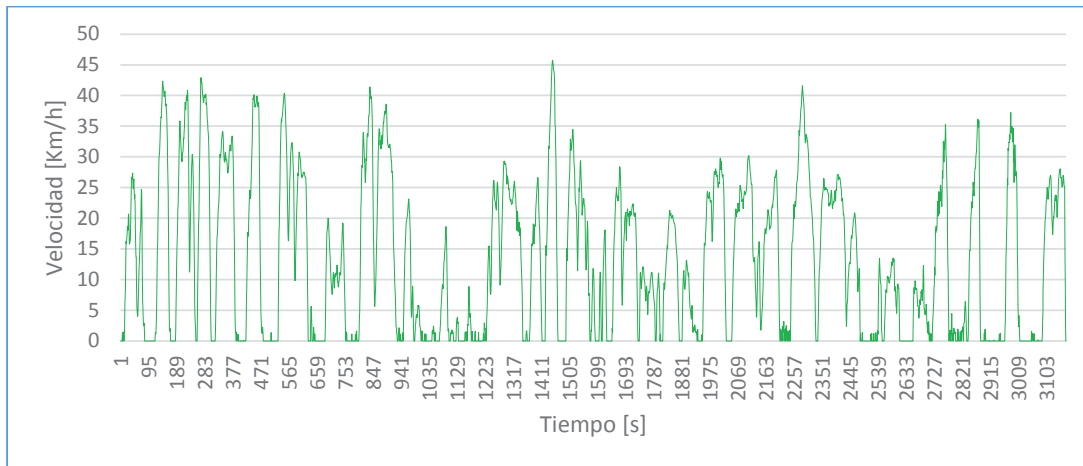


Figura 3.8. Ciclo de conducción de Ciudad representativo del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

En la tabla 3.5 se muestra el resultado de los parámetros de conducción del ciclo ciudad representativo del D.M.Q.

Tabla 3.5. Parámetros de conducción del ciclo ciudad representativo del D.M.Q

Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s^2)	Aceleración positiva máxima (m/s^2)	Tiempo con aceleración positiva (s)
13,261	45,771	1060	58	3169	11914,472	0,348	1,891	1266

(Fuente: Propia)

3.1.5.2. Análisis comparativo del ciclo obtenido

Para confirmar que el método de los promedios ponderados selecciona el ciclo más representativo de la muestra de ciclos obtenidos, se realiza una comparación del ciclo representativo obtenido con los ciclos más cercanos a este.

Los dos ciclos que le siguen al ciclo obtenido son el recorrido 7 de la ruta U1 y el recorrido 3 de la ruta U1, cuyos valores de Y son 0,1500 y 0,1503 respectivamente. El ciclo representativo se identifica como el “Ciclo U1” mientras que los que se le acerca por su puntuación se representan como “Ciclo U1.1” y “Ciclo U1.2” respectivamente.

Mediante un análisis de frecuencias de velocidades, figura 3.9, se realiza una comparación para conocer el comportamiento de cada uno de ellos durante sus recorridos.

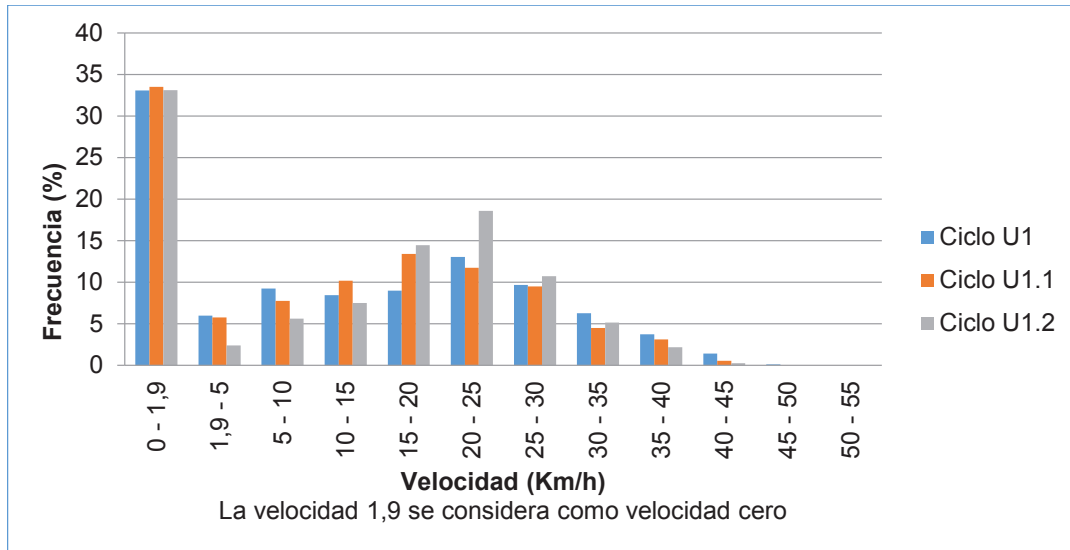


Figura 3.9. Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos (Fuente: Propia)

La figura 3.9 presenta el número de velocidades agrupadas por su intensidad en cada uno de los casos analizados. Por medio de este análisis se puede concluir que el ciclo de conducción de ciudad es representativo del D.M.Q. ya que existe un comportamiento patrón entre los recorridos que más se acercan al promedio de todos ellos.

A través de esta metodología no es necesario depurar el ciclo representativo mediante alguna técnica de suavizamiento como spline cúbica, regresiones polinómicas por secciones, etc. ya que el ciclo resultante es un ciclo con las condiciones reales de conducción, sin que se haya modificado en lo más mínimo, por lo que representa el comportamiento regular de conducción para el D.M.Q.

3.1.5.3. Comparación con ciclos de conducción desarrollados en otros países

Si se compara el ciclo desarrollado para el D.M.Q. Ciudad con otros ciclos urbanos, se puede diferenciar el resultado de los parámetros de conducción de cada uno de ellos; los cuales se encuentran detallados en la tabla 3.6

Tabla 3.6. Parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. ciudad y de ciclos internacionales urbanos

CICLO DE CONDUCCIÓN	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralenti (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
D.M.Q. Ciudad	13,261	45,771	1060	58	3169	11914,472	0,348	1,891	1266
FTP 75	34,1	91,3	335	22	1874	17700	0,607	1,437	607
LA 92	39,6	108,2	218	16	1436	15800	0,673	1,981	548
ECE 15	18,4	50	60	3	195	990	0,642	0,806	42
10-15 MODE	22,7	70	207	7	660	4170	0,569	0,802	166

(Fuente: Lee, 2006)

Debido a que las unidades resultantes en este análisis no se pueden comparar, se hace necesario modificar los datos de la tabla 3.6 para obtener resultados en porcentajes, figura 3.10, así es posible comparar los diferentes resultados entre sí.

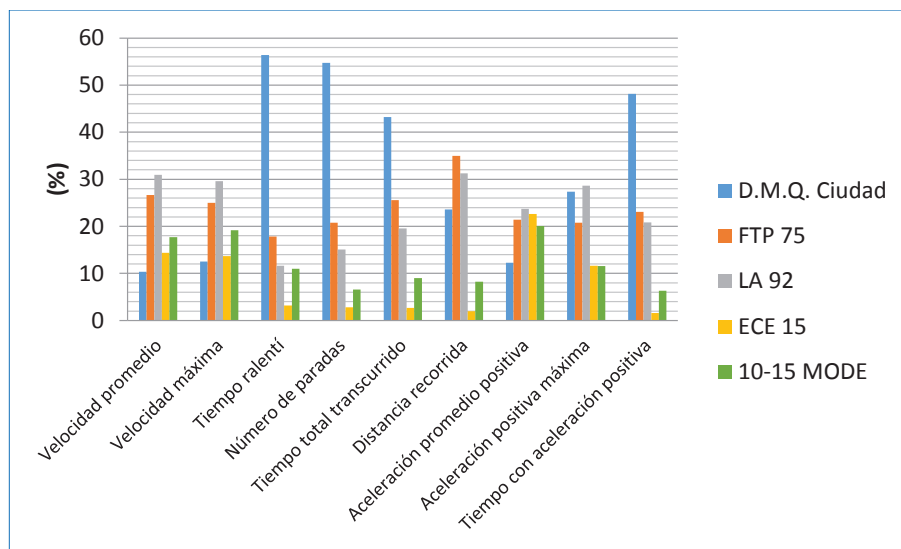


Figura 3.10. Comparación de parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. ciudad y ciclos internacionales urbanos
(Fuente: Propia)

A partir de la figura 3.10, se desprende que no existe semejanzas entre el ciclo D.M.Q. ciudad y los ciclos internaciones urbanos. Esto se debe a que hay factores como la orografía del terreno, la densidad del tráfico e infraestructura vial del lugar de estudio que influyen de forma significativa en el resultado de los parámetros de conducción. Adicionalmente este resultado confirma la necesidad de obtener ciclos de conducción propios para cada lugar geográfico de interés.

3.2. Construcción del ciclo de conducción para carretera en el D.M.Q.

Por medio de este ciclo se representará la forma típica de conducir en una carretera tomando en consideración, las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas y geográficas (altitud, entre la más importante) y también características de los mismos conductores.

3.2.1. Definición de las rutas representativas para ciclo carretera

Empleando el criterio construcción del ciclo de conducción para ciudad, se procede a construir el ciclo de conducción para carretera del Distrito Metropolitano de Quito.

3.2.1.1. Distancia de Ruta

Al igual que en el ciclo ciudad, para seleccionar la distancia que debe poseer la ruta carretera se deberá realizar un análisis a estudios realizados en otros países, como se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Longitud de ciclos de conducción desarrollados para carretera

Región	Ciclo de conducción vehículos livianos	Distancia (m)	Referencia
Asia	Hong Kong Highway Cycle	14900	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
Europa	The common Artemis driving cycle CADC	25000	(Brandenbergera, Mohra, Grobb, & Neukom, 2005)
	German highway cycle	33000	(Brandenbergera, Mohra, Grobb, & Neukom, 2005)
	Extra-urban driving cycle EUDC	6950	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
USA	Highway Fuel Economy Driving Schedule HWFEC	16503	(Barlow, Latham, Mccrae, & Boulter, 2009)
	Supplemental Federal Test Procedure US06	12890	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
PROMEDIO		18207,166	

(Fuente: Propia)

Reemplazando los datos de la tabla 3.7 en la ecuación 3.1 se obtiene la desviación estándar, seguidamente se obtiene el límite superior e inferior mediante la ecuación 3.2 y 3.3, como resultado de estos cálculos se obtiene los datos indicados en la tabla 3.8

Tabla 3.8. Valores estadísticos de las longitudes de ciclo carretera

Desviación estándar	9314,591
Límite Superior	27521,758
Límite Inferior	8892,574

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 3.8 junto con los valores de la tabla 3.7, y el resultado se muestra en la figura 3.11

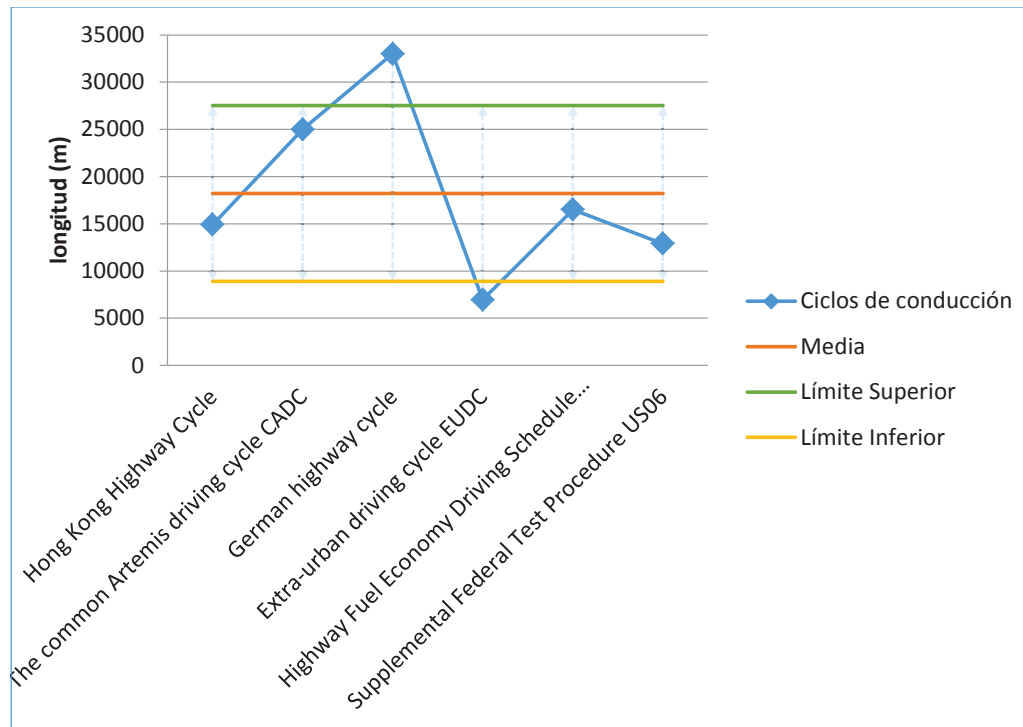


Figura 3.11. Margen de distancias de los ciclos de conducción de carretera
(Fuente: Propia)

Con referencia a la figura 3.11 se puede observar que los ciclos German Highway y el ciclo EUDC están fuera del rango de estudio.

Para que el ciclo de conducción de carretera representativo del D.M.Q este dentro del grupo de los ciclos de conducción con longitud en el intervalo de estudio, este debe estar comprendido en el margen de 8892,574 metros a 27521,758 metros.

3.2.1.2. Selección de rutas con mayor flujo vehicular

En la selección de la ruta carretera se toma en consideración el diagrama para la obtención de ciclos D.M.Q. mostrado en la figura 2.12, la cual indica establecer 2 rutas con mayor flujo vehicular y con condiciones de manejo en carretera dentro del D.M.Q. a fin de realizar 12 recorridos en cada ruta, obteniendo como resultado 24 curvas

experimentales y luego de un procedimiento estadístico seleccionar el recorrido representativo de las curvas experimentales obtenidas. Por medio de la información que se muestra en la tabla 2.2 y las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, se puede definir las rutas de carretera con mayor flujo vehicular.

Las vías seleccionadas forman el anillo urbano de la ciudad y estas son la Av. Mariscal Sucre y la Av. Simón Bolívar, las mismas que llevan el flujo vehicular por la periferia de la ciudad. Estas rutas poseen límites de velocidad de 90 Km/h debido a que comprende perimetrales con 2 y 3 carriles en cada dirección del flujo de tráfico.

3.2.2. Definición de ruta carretera R1

Para definir las rutas para carretera representativas del D.M.Q. se utiliza la información proporcionada por las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, las cuales indican las vías con mayor flujo vehicular, a través de esta información se enlaza las vías hasta obtener una distancia acorde con lo establecido en el literal 3.2.1.1, obteniendo como resultado la ruta que inicia en el Terminal de Quitumbe (intersección de la Av. Mariscal Sucre y Guayanay Ñan) para después continuar a través de toda la Av. Mariscal Sucre y finalizar en el redondel del Condado (intersección de la Av. Mariscal Sucre con Manuel Córdova Galarza); recorriendo una distancia de 25710 m. En la figura 3.12 se puede apreciar la ruta R1

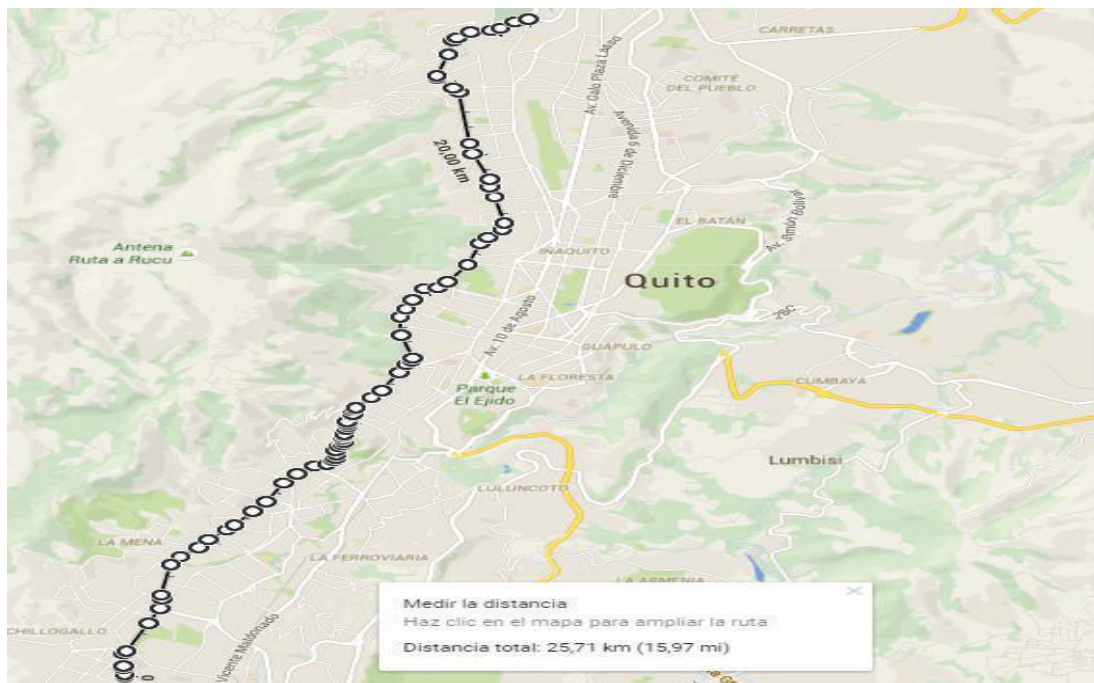


Figura 3.12. Ruta Ciclo Carretera R1
(Fuente: Google Maps, 2016)

3.2.2.1. Perfil de elevación de la ruta R1

Conforme lo muestra el perfil de elevación de la presente ruta, figura 3.13, se puede establecer que el punto más alto de elevación está ubicado cerca de la Universidad Tecnológica Equinoccial (2982 m), mientras que el punto con menos altura está en el redondel del Condado (2701 m); los dos puntos ubicados en la Av. Mariscal Sucre.

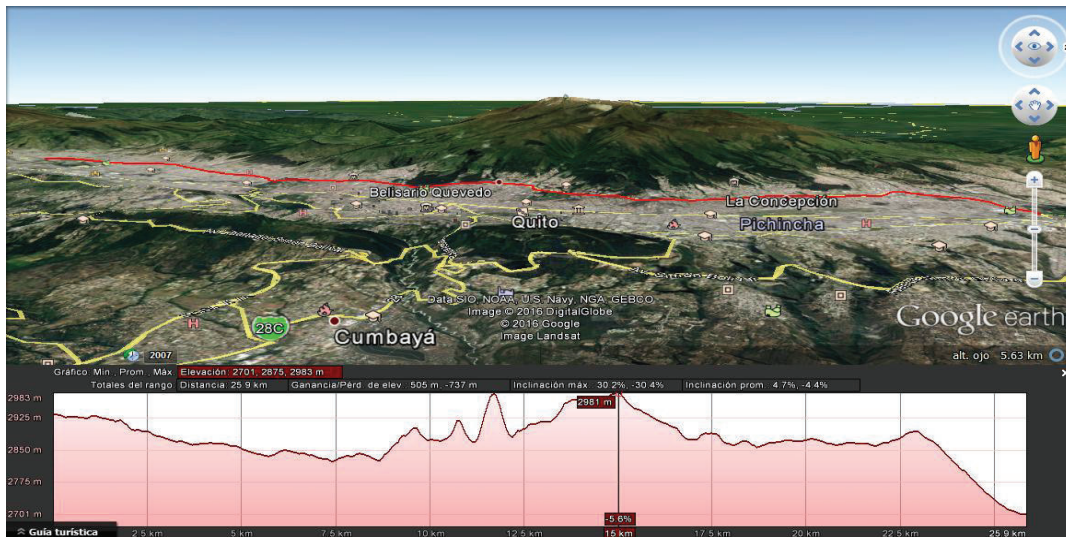


Figura 3.13. Perfil de elevación de la Ruta R1
(Fuente: Google Earth, 2016)

Con los datos obtenidos a través del software Google Earth, se puede distribuir la longitud de la ruta de la siguiente manera: el 55% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 12% contiene pendientes de grado 4, el 5% contiene pendientes de grado 6, el 15% del total contiene pendientes de grado -4, el 13% contiene pendientes de grado -6, tal como indica la figura 3.14

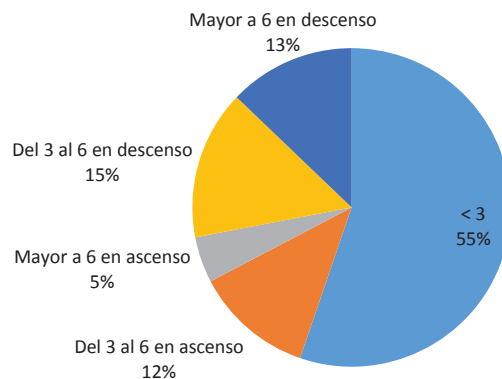


Figura 3.14. Porcentajes de Distribución de pendientes de la Ruta R1
(Fuente: Propia)

3.2.3. Definición de ruta carretera R2

Para definir la ruta para carretera R2, se utiliza la información proporcionada por las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, las cuales indican las vías con mayor flujo vehicular, a través de esta información se enlaza las vías hasta obtener una distancia acorde con lo establecido en el literal 3.2.1.1 obteniendo como resultado la ruta que inicia en la Forestal (intersección de la Av. Simón Bolívar y Pompeya) para después continuar a través de toda la Av. Simón Bolívar y finalizar en el Supermercado Santamaría de Carapungo (intersección de la Av. Simón Bolívar con Panamericana Norte); recorriendo una distancia de 27410 m. En la figura 3.15 se puede apreciar la ruta R2.

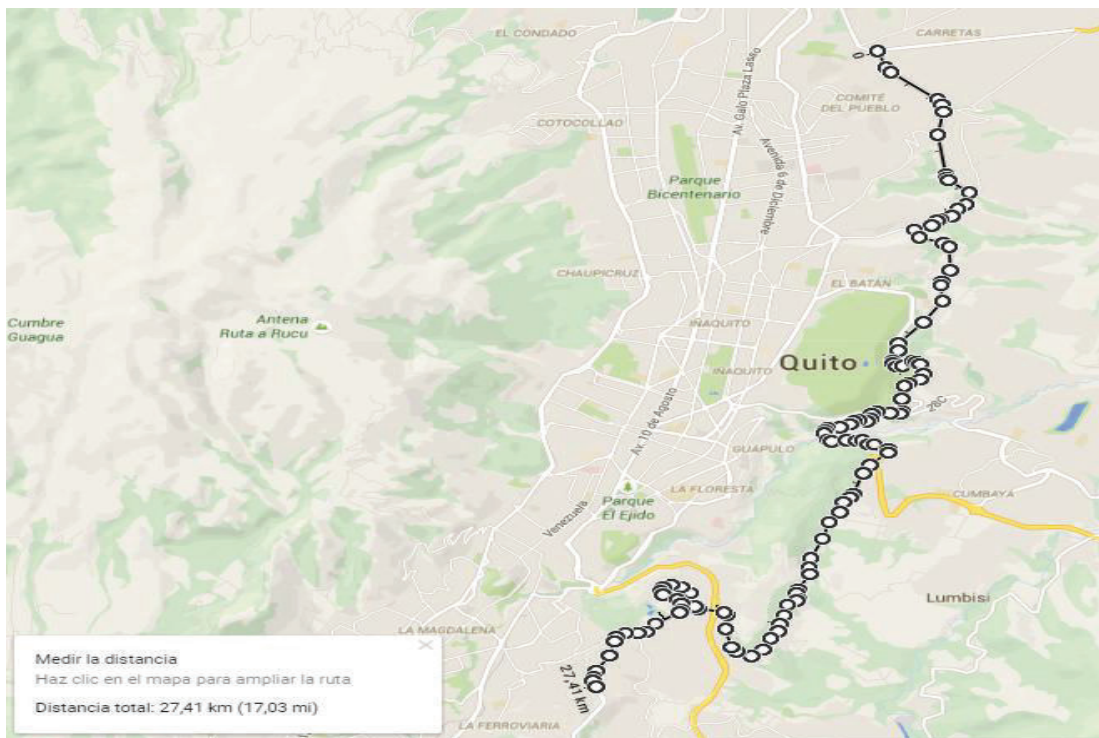


Figura 3.15. Ruta Ciclo Carretera R2
(Fuente: Google Maps, 2016)

3.2.3.1. Perfil de elevación de la ruta R2

Conforme lo muestra el perfil de elevación de la presente ruta, figura 3.16, se puede establecer que el punto más alto de elevación está ubicado a la altura de la Forestal (3064 m), mientras que el punto con menos altura está en el Puente del Rio Machangara (2525 m); los dos puntos se encuentran ubicados en la Av. Simón Bolívar.

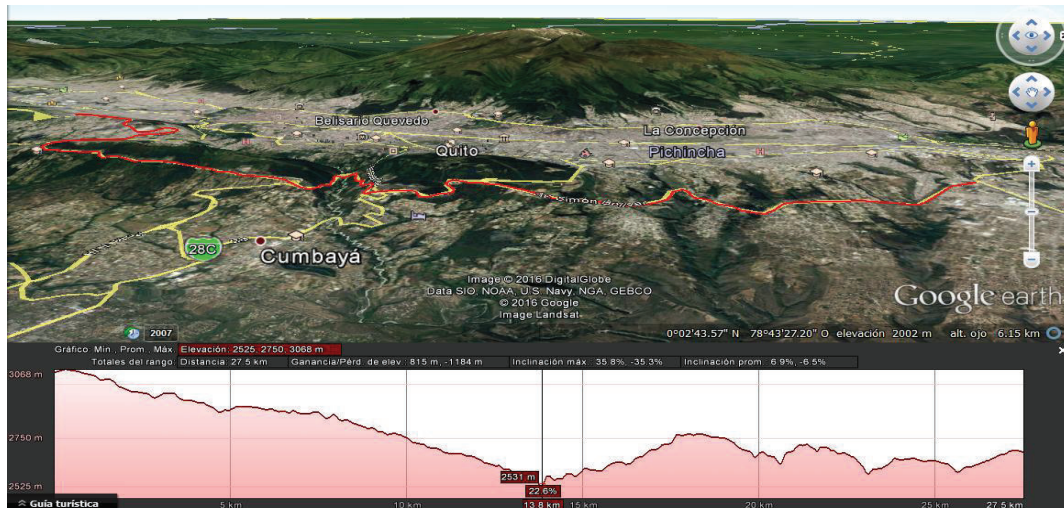


Figura 3.16. Perfil de elevación de la Ruta R2
 (Fuente: Google Earth, 2016)

Mediante los datos obtenidos a través del software Google Earth, se puede distribuir la longitud de la ruta de la siguiente manera: el 30% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 10% del total contiene pendientes de grado 4, el 16% contiene pendientes de grado 6, el 18% contiene pendientes de grado -4, el 26% contiene pendientes de grado -6 tal como se indica la figura 3.17

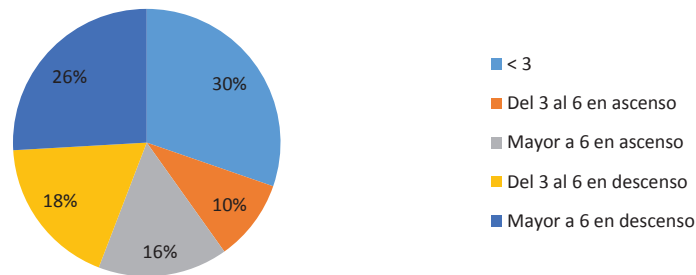


Figura 3.17. Porcentajes de Distribución de pendientes de la Ruta R2
 (Fuente: Propia)

3.2.4. Recopilación de datos ruta carretera

Los recorridos se realizaron en cada una de las rutas indicadas en los literales 3.2.2 y 3.2.3, a las horas y días definidos en el literal 2.1.2.4. Se buscó capturar el comportamiento vehicular en la ruta a lo largo de cuatro días de la semana, se tomaron datos durante 17 horas efectivas y se recorrió una distancia total de 636,164 Km. Los datos obtenidos durante estos recorridos se presentan en el anexo II digital y el resumen del procesamiento de la información de la base de datos se muestra en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Resultado de los parámetros de conducción obtenidos en la Ruta R1 y R2

RUTA	DÍA	RECORRIDO	HORA	SENTIDO	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
RUTA R1	DÍA 1	1	7:00	N-S	26,502	81,994	803	33	3351	25710,744	0,299	2,980	1317
		2	13:00	S-N	25,163	82,721	975	54	3715	25710,459	0,421	1,768	1341
		3	17:00	N-S	26,124	63,731	805	59	3355	25710,260	0,381	1,689	1321
	DÍA 2	4	7:00	N-S	27,012	87,65	698	37	3434	25710,290	0,400	1,354	1405
		5	13:00	S-N	25,941	79,273	925	31	3505	25710,252	0,377	1,672	1328
		6	17:00	N-S	29,033	70,524	1090	55	4030	25710,127	0,382	1,664	1520
	DÍA 3	7	7:00	N-S	25,898	81,87	950	40	3627	25710,129	0,416	1,688	1333
		8	13:00	S-N	25,719	86,198	936	47	3532	25710,638	0,492	2,341	1327
		9	17:00	N-S	27,086	86,242	886	36	3361	25710,226	0,413	1,769	1298
	DÍA 4	10	7:00	N-S	27,315	72,365	711	41	3436	25710,666	0,412	1,559	1440
		11	13:00	S-N	27,342	86,371	930	20	3290	25710,436	0,298	1,278	1315
		12	17:00	N-S	25,935	86,126	802	39	3360	25710,376	0,420	1,676	1315
RUTA R2	DÍA 1	1	7:00	N-S	65,983	89,91	10	2	1493	27463,792	0,357	2,087	791
		2	13:00	S-N	66,369	89,449	27	3	1474	27299,301	0,297	1,849	734
		3	17:00	N-S	68,241	89,631	13	2	1442	27685,585	0,346	2,319	772
	DÍA 2	4	7:00	N-S	70,471	87,279	11	2	1397	27399,774	0,325	2,652	748
		5	13:00	S-N	70,432	89,778	14	2	1380	27127,721	0,329	2,339	740
		6	17:00	N-S	72,869	89,471	14	2	1334	27098,180	0,317	2,706	679
	DÍA 3	7	7:00	N-S	65,331	89,499	15	2	1506	27415,958	0,323	2,356	873
		8	13:00	S-N	70,661	89,972	14	2	1377	27094,741	0,286	1,979	672
		9	17:00	N-S	70,453	87,465	12	2	1380	27101,713	0,313	2,318	712
	DÍA 4	10	7:00	N-S	69,799	88,834	20	3	1410	27453,538	0,302	3,273	763
		11	13:00	S-N	69,766	89,9	13	2	1393	27109,277	0,328	2,714	708
		12	17:00	N-S	69,579	88,032	13	2	1415	27390,415	0,277	3,167	763

(Fuente: Propia)

3.2.5. Análisis de la información

3.2.5.1. Obtención del ciclo de conducción de Carretera representativo del D.M.Q

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 2.1.2.5 se presentan en la tabla 3.10 y a partir de la misma se desprende que la curva experimental con menor valor de Y (0,2932) pertenece al recorrido 1 de la ruta R2, que corresponde a la ruta que inicia en el Supermercado Santamaría de Carapungo para después continuar a través de toda la Av. Simón Bolívar y finalizar en la Forestal (intersección de la Av. Simón Bolívar y Pompeya); en la dirección Norte- Sur a la 07h00.

Tabla 3.10. Resultado estadístico de los datos obtenidos de la Ruta R1 y Ruta R2

		Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Acelerac. Prom. Positiva (m/s ²)	Acelera. Positiva Máxima (m/s ²)	Tiempo con Acel Posit (s)	TOTAL		
W		1	0,25	0,75	0,25	1	1	1	0,75	1	7		
\bar{P}		47,876	84,762	445,291667	21,58333	2458,208333	26.506,858	0,355	2,133	1050,625			
Ruta R1	Recorrido 1 N-S 07h00 05-09-2016	P_{ij}	26,502	81,994	803	33	3351	25.710,744	0,299	2,980	1317		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,063778	0,001166	0,086069	0,018891	0,051884	0,004291	0,022408	0,042531	0,036220	0,3272	Y Recorrido 1
	Recorrido 2 S-N 13h00 05-09-2016	P_{ij}	25,163	82,721	975	54	3715	25.710,459	0,421	1,768	1341		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,067773	0,000860	0,127455	0,053640	0,073038	0,004292	0,026739	0,018343	0,039483	0,4116	Y Recorrido 2
	Recorrido 3 N-S 17h00 05-09-2016	P_{ij}	26,124	63,731	805	59	3355	25.710,260	0,381	1,689	1321		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,064906	0,008861	0,086550	0,061914	0,052116	0,004293	0,010625	0,022311	0,036764	0,3483	Y Recorrido 3
	Recorrido 4 N-S 07h00 06-09-2016	P_{ij}	27,012	87,65	698	37	3434	25.710,290	0,400	1,354	1405		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,062256	0,001217	0,060805	0,025510	0,056707	0,004293	0,018279	0,039137	0,048186	0,3164	Y Recorrido 4
	Recorrido 5 S-N 13h00 06-09-2016	P_{ij}	25,941	79,273	925	31	3505	25.710,252	0,377	1,672	1328		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,065452	0,002313	0,115424	0,015582	0,060834	0,004293	0,009014	0,023165	0,037716	0,3338	Y Recorrido 5
	Recorrido 6 N-S 17h00 06-09-2016	P_{ij}	29,033	70,524	1090	55	4030	25.710,127	0,382	1,664	1520		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,056226	0,005999	0,155125	0,055295	0,091344	0,004294	0,011028	0,023567	0,063823	0,4667	Y Recorrido 6
Recorrido 7 N-S 07h00 07-09-2016	P_{ij}	25,898	81,87	950	40	3627	25.710,129	0,416	1,688	1333			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,065580	0,001218	0,121439	0,030474	0,067924	0,004294	0,024724	0,022361	0,038396	0,3764	Y Recorrido 7	
Recorrido 8 S-N 13h00 07-09-2016	P_{ij}	25,719	86,198	936	47	3532	25.710,638	0,492	2,341	1327			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,066114	0,000605	0,118071	0,042057	0,062403	0,004291	0,055340	0,010437	0,037580	0,3969	Y Recorrido 8	
Recorrido 9 N-S 17h00 07-09-2016	P_{ij}	27,086	86,242	886	36	3361	25.710,226	0,413	1,769	1298			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,062035	0,000624	0,106040	0,023855	0,052465	0,004293	0,023516	0,018293	0,033636	0,3248	Y Recorrido 9	
Recorrido 10 N-S 07h00 08-09-2016	P_{ij}	27,315	72,365	711	41	3436	25.710,666	0,412	1,559	1440			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,061352	0,005223	0,063933	0,032129	0,056824	0,004291	0,023113	0,028840	0,052945	0,3286	Y Recorrido 10	
Recorrido 11 S-N 13h00 08-09-2016	P_{ij}	27,342	86,371	930	20	3290	25.710,436	0,298	1,278	1315			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,061271	0,000678	0,116627	0,002620	0,048339	0,004292	0,022811	0,042954	0,035948	0,3355	Y Recorrido 11	
Recorrido 12 N-S 17h00 08-09-2016	P_{ij}	25,935	86,126	802	39	3360	25.710,376	0,420	1,676	1315			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,065470	0,000575	0,085829	0,028820	0,052407	0,004293	0,026336	0,022964	0,035948	0,3226	Y Recorrido 12	
Ruta R2	Recorrido 1 N-S 07h00 05-09-2016	P_{ij}	65,983	89,91	10	2	1493	27.463,792	0,357	2,087	791		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,054029	0,002169	0,104737	0,032405	0,056092	0,005157	0,000957	0,002321	0,035302	0,2932	Y Recorrido 1
	Recorrido 2 S-N 13h00 05-09-2016	P_{ij}	66,369	89,449	27	3	1474	27.299,301	0,297	1,849	734		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,055181	0,001975	0,100646	0,030750	0,057197	0,004271	0,023214	0,014275	0,043053	0,3306	Y Recorrido 2
	Recorrido 3 N-S 17h00 05-09-2016	P_{ij}	68,241	89,631	13	2	1442	27.685,585	0,346	2,319	772		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,060767	0,002052	0,104015	0,032405	0,059056	0,006353	0,003474	0,009332	0,037886	0,3153	Y Recorrido 3
	Recorrido 4 N-S 07h00 06-09-2016	P_{ij}	70,471	87,279	11	2	1397	27.399,774	0,325	2,652	748		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,067421	0,001061	0,104496	0,032405	0,061671	0,004812	0,011934	0,026057	0,041149	0,3510	Y Recorrido 4
	Recorrido 5 S-N 13h00 06-09-2016	P_{ij}	70,432	89,778	14	2	1380	27.127,721	0,329	2,339	740		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,067305	0,002114	0,103774	0,032405	0,062659	0,003346	0,010323	0,010336	0,042237	0,3345	Y Recorrido 5
	Recorrido 6 N-S 17h00 06-09-2016	P_{ij}	72,869	89,471	14	2	1334	27.098,180	0,317	2,706	679		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,074577	0,001984	0,103774	0,032405	0,065333	0,003187	0,015157	0,028769	0,050531	0,3757	Y Recorrido 6
Recorrido 7 N-S 07h00 07-09-2016	P_{ij}	65,331	89,499	15	2	1506	27.415,958	0,323	2,356	873			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,052084	0,001996	0,103534	0,032405	0,055337	0,004900	0,012740	0,011190	0,024152	0,2983	Y Recorrido 7	
Recorrido 8 S-N 13h00 07-09-2016	P_{ij}	70,661	89,972	14	2	1377	27.094,741	0,286	1,979	672			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,067988	0,002195	0,103774	0,032405	0,062834	0,003168	0,027645	0,007745	0,051483	0,3592	Y Recorrido 8	
Recorrido 9 N-S 17h00 07-09-2016	P_{ij}	70,453	87,465	12	2	1380	27.101,713	0,313	2,318	712			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,067367	0,001139	0,104256	0,032405	0,062659	0,003206	0,016768	0,009281	0,046044	0,3431	Y Recorrido 9	
Recorrido 10 N-S 07h00 09-09-2016	P_{ij}	69,799	88,834	20	3	1410	27.453,538	0,302	3,273	763			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,065416	0,001716	0,102331	0,030750	0,060916	0,005102	0,021199	0,057247	0,039109	0,3838	Y Recorrido 10	
Recorrido 11 S-N 13h00 09-09-2016	P_{ij}	69,766	89,9	13	2	1393	27.109,277	0,328	2,714	708			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,065318	0,002165	0,104015	0,032405	0,061904	0,003247	0,010726	0,029171	0,046588	0,3555	Y Recorrido 11	
Recorrido 12 N-S 17h00 09-09-2016	P_{ij}	69,579	88,032	13	2	1415	27.390,415	0,277	3,167	763			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij} - \bar{P} }{\bar{P}}$	0,064760	0,001378	0,104015	0,032405	0,060625	0,004762	0,031270	0,051923	0,039109	0,3902	Y Recorrido 12	

(Fuente: Propia)

$Y = 0,2932$ representa la menor desviación de todos los parámetros con respecto a la media.

De los resultados obtenidos, el ciclo de conducción de carretera representativo del D.M.Q. se muestra en la figura 3.18, cuyos datos de velocidad cada segundo se encuentran en el anexo V.

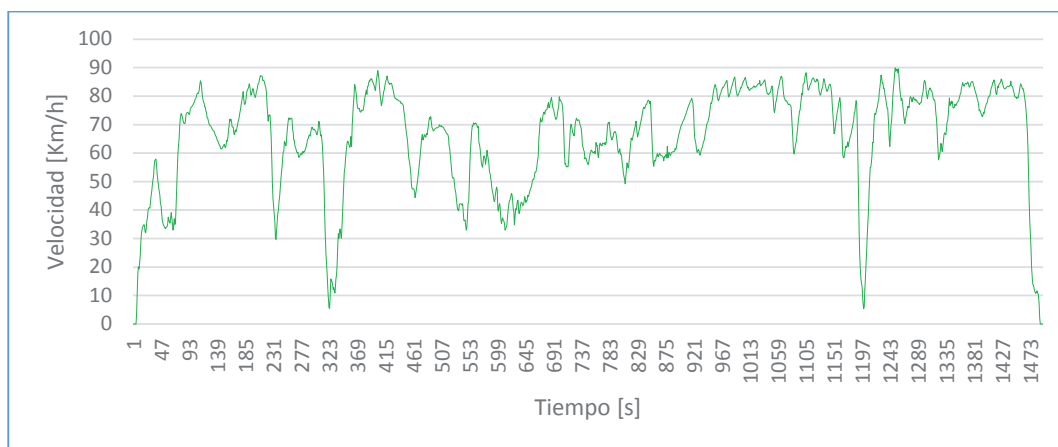


Figura 3.18. Ciclo de conducción de Carretera representativo del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

En la tabla 3.11 se muestra el resultado de los parámetros de conducción del ciclo carretera representativo del D.M.Q.

Tabla 3.11. Parámetros de conducción del ciclo carretera representativo del D.M.Q

Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
65,983	89,91	10	2	1493	27463,792	0,357	2,087	791

(Fuente: Propia)

3.2.5.2. Análisis comparativo del ciclo obtenido

Los dos ciclos que le siguen al ciclo obtenido son el recorrido 7 de la ruta R2 y el recorrido 3 de la ruta R2, cuyos valores de Y son 0,2983 y 0,3153 respectivamente. El ciclo representativo se identifica como el “Ciclo R1” mientras que los que se le acerca por su puntuación se representan como “Ciclo R1.1” y “Ciclo R1.2” respectivamente.

Mediante un análisis de frecuencias de velocidades, figura 3.19, se realiza una comparación para conocer el comportamiento de cada uno de ellos durante sus recorridos

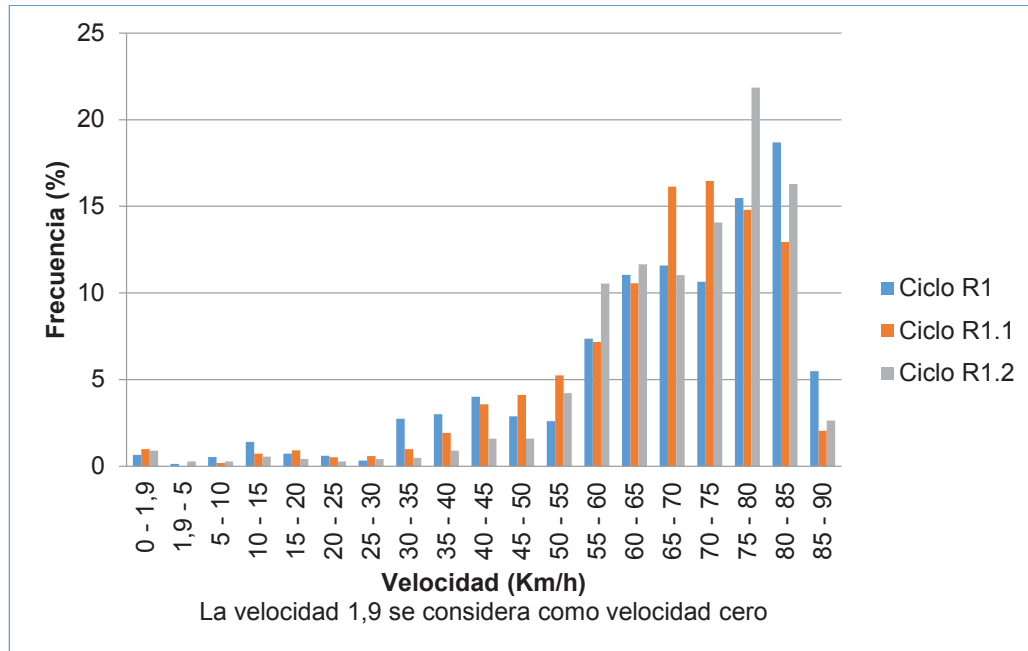


Figura 3.19. Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos
(Fuente: Propia)

Como resultado de este análisis se desprende que el ciclo de conducción de carretera es representativo del D.M.Q. ya que existe un comportamiento patrón entre los recorridos que más se acercan al promedio de todos ellos.

3.2.5.3. Comparación con ciclos de conducción desarrollados en otros países

Se realiza una comparación del ciclo de carretera desarrollado para el D.M.Q. y otros ciclos de carretera internacionales, tabla 3.12, con el fin de diferenciar el resultado de parámetros de conducción de cada uno de ellos.

Tabla 3.12. Parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. carretera y de ciclos de carretera internacionales

CICLO DE CONDUCCIÓN	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
D.M.Q. Carretera	65,983	89,91	10	2	1493	27463,792	0,357	2,087	791
EUDC	62,6	120	40	2	400	6950	0,378	0,833	103
SFTP-US06	77,8	129,2	35	5	596	12890	0,797	3,21	227
HWFEC	77,6	96,4	5	2	766	16510	0,288	1,431	200

(Fuente: Lee, 2006)

Como las unidades resultantes en este análisis no se pueden comparar, se hace necesario modificar los datos de la tabla 3.12 para obtener resultados en porcentajes, como se observa en la figura 3.20

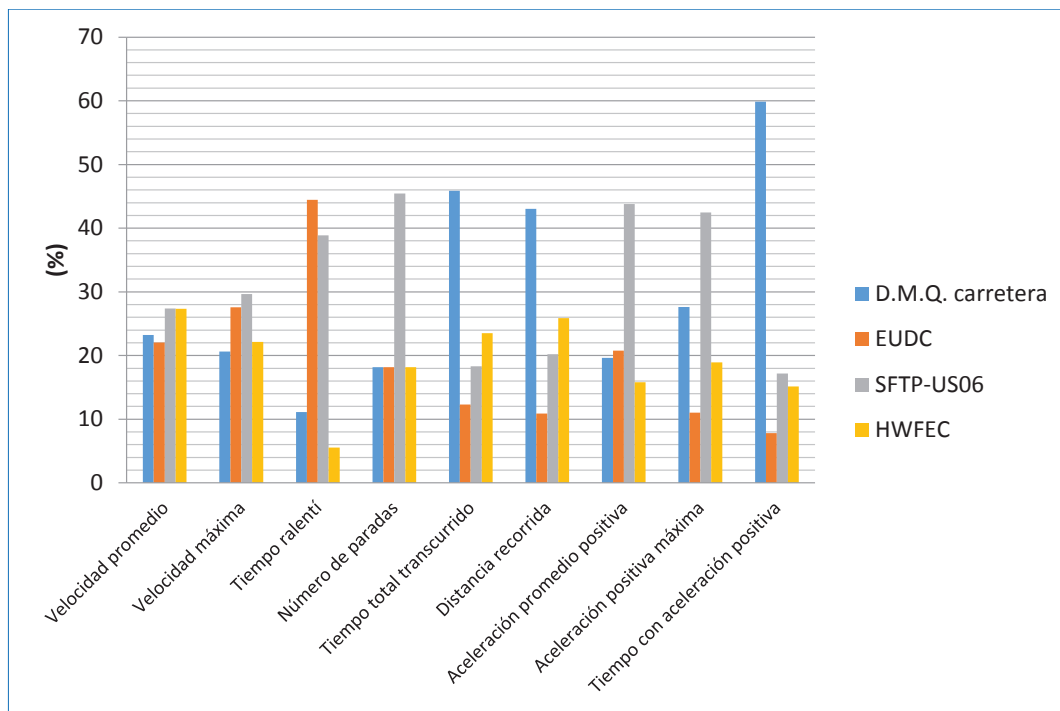


Figura 3.20. Comparación de parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. carretera y ciclos internacionales
(Fuente: Propia)

En la figura 3.20 se observa que los parámetros de conducción no tienen semejanza y la causa de la diferencia en el resultado es porque hay factores como la densidad del tráfico, orografía del terreno y la infraestructura vial que influyen en el comportamiento de cada uno de los ciclos de conducción durante sus recorridos.

3.3. Construcción del ciclo de conducción combinado en el D.M.Q.

Este ciclo representará la forma típica de conducir de la mayoría de personas que ingresan diariamente de regiones fuera de la ciudad (valles, otras ciudades) en un ciclo combinado, es decir 50% ciudad y el otro 50% restante en carretera tomando en consideración las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas y geográficas (altitud, entre la más importante) y también características de los mismos conductores.

3.3.1. Definición de las rutas representativas para ciclo combinado

Empleando los criterios anteriores para construcción del ciclo de conducción para ciudad y carretera, se procede a construir el ciclo de conducción combinado del Distrito Metropolitano de Quito.

3.3.1.1. Distancia de Ruta

Para seleccionar la distancia que debe poseer la ruta combinado se debe realizar un análisis a estudios realizados en otros países, como se muestra en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Longitud de ciclos de conducción desarrollados para ciclo combinado

Región	Ciclo de conducción vehículos livianos	Distancia (m)	Referencia
Asia	Beijing Cycle	30000	(Wang, Huo, He, Yao, & Zhang, 2008)
	Hong Kong Suburban Cycle	18280	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
	Zhuhai Cycle	30000	(Hung, Tam, Lee, Chan, & Cheung, 2006)
	Bangkok Driving Cycle (BDC)	5710	(Tamsanya, Chungpaibulpattana, & Atthajariyakul, 2006)
Australia	Sydney Driving Cycle	5940	(Kent, Allen, & Rule, 1978)
Europa	The common Artemis driving cycle	16000	(Brandenbergera, Mohra, Grobb, & Neukom, 2005)
	New European driving Cycle	10930	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
	NEDC Motor Vehicle Emissions Group	10930	(Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007)
PROMEDIO		15973,75	

(Fuente: Propia)

Reemplazando los datos de la tabla 3.13 en la ecuación 3.1 se obtiene la desviación estándar, seguidamente se obtiene el límite superior e inferior mediante la ecuación 3.2 y 3.3, como resultado de estos cálculos se obtiene los datos indicados en la tabla 3.14

Tabla 3.14. Valores estadísticos de las longitudes de ciclo combinado

Desviación estándar	9678,329
Límite Superior	25652,079
Límite Inferior	6295,420

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 3.14 junto con los valores de la tabla 3.13, y el resultado se muestra en la figura 3.21

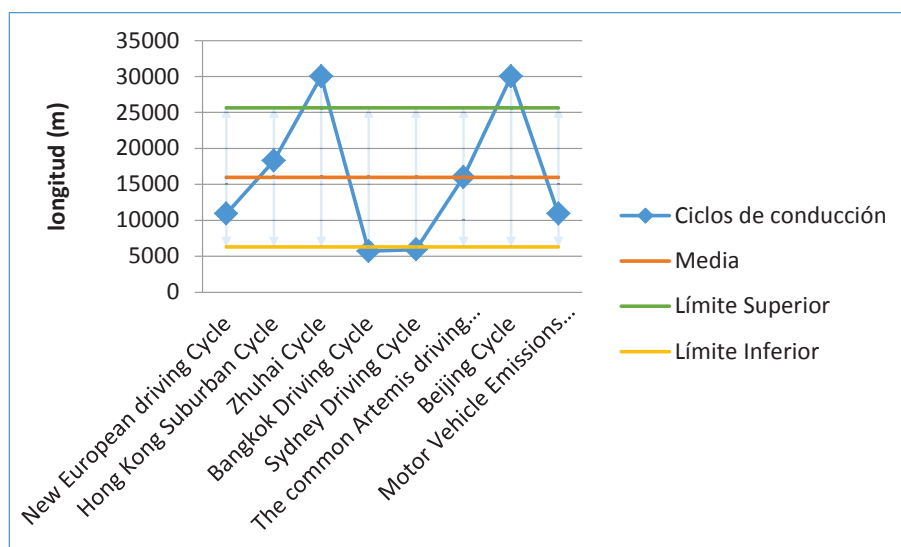


Figura 3.21. Margen de distancias de los ciclos de conducción combinado
(Fuente: Propia)

Con referencia a la figura 3.21 se puede observar que los ciclos de Zhuhai, Beijing, Bangkok y Sídney están fuera del rango de estudio.

Para que el ciclo de conducción combinado representativo del D.M.Q este dentro del grupo de los ciclos de conducción con longitud en el intervalo de estudio, este debe estar comprendido en el margen de 6295,420 metros a 25652,079 metros.

3.3.1.2. Selección de rutas con mayor flujo vehicular

En la selección de la ruta para ciclo combinado se toma en consideración el diagrama para la obtención de ciclos D.M.Q. mostrado en la figura 2.12, la cual indica establecer 2 rutas con mayor flujo vehicular y con condiciones de manejo en ciudad y carretera dentro del D.M.Q. a fin de realizar 12 recorridos en cada ruta, obteniendo como resultado 24 curvas experimentales y luego de un procedimiento estadístico seleccionar el recorrido representativo de las curvas experimentales obtenidas. Por medio de la información que se muestra en la tabla 2.2 y las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, se puede definir las rutas para ciclo combinado con mayor flujo vehicular.

La ruta Ciclo Combinado se considera desde las principales vías de ingreso hacia el centro de la ciudad con una longitud que va desde 6295 m hasta 25652 m. Estas rutas poseen límites de velocidad de 50Km/h y 90 Km/h debido a que comprende vías urbanas y perimetrales con 2 y 3 carriles en cada dirección del flujo de tráfico.

3.3.2. Definición de ruta combinado C1

Para definir las rutas para ciclo combinado representativas del D.M.Q. se utiliza la información proporcionada por las figuras 2.5 hasta la figura 2.10, las cuales indican las vías con mayor flujo vehicular, a través de esta información se enlaza las vías hasta obtener una distancia acorde con lo establecido en el literal 3.3.1.1, obteniendo como resultado la ruta que inicia en el Supermaxi de Cumbayá (Cerca del Redondel Universidad San Francisco) para después continuar a través de Av. Interoceánica, Libertador Simón Bolívar, De los Granados, Eloy Alfaro, Río Coca, Shyris, 6 de diciembre, Francisco de Orellana, Coruña, 12 de Octubre y finaliza en la Universidad Católica (intersección Av. 12 de Octubre y Jorge Washington); recorriendo una distancia de 9990 m de parte Suburbana y 8100 m de parte urbana, con una longitud total de 18090 m. En la figura 3.22 se puede apreciar la ruta C1

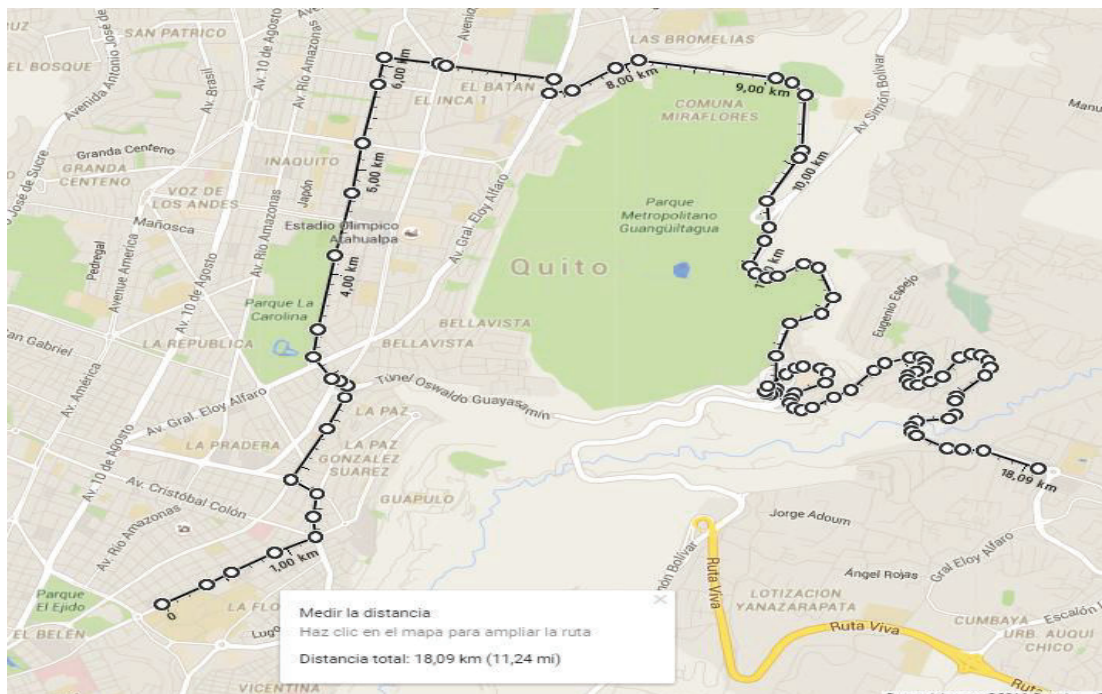


Figura 3.22. Ruta Ciclo Combinado C1
(Fuente: Google Maps, 2016)

3.3.2.1. Perfil de elevación de la ruta C1

Conforme lo muestra el perfil de elevación de la presente ruta, figura 3.23, se puede establecer que el punto más alto de elevación está ubicado en la Av. Libertador Simón Bolívar (altura del Camposanto Monteolivo, 2870 m), mientras que el punto con menos altura está en la Av. Interoceánica (altura del Supermaxi de Cumbayá, 2399 m; este

último está ubicado en el inicio del recorrido y el menor valor de altura es debido a que se encuentra al ingreso del Valle de Tumbaco.

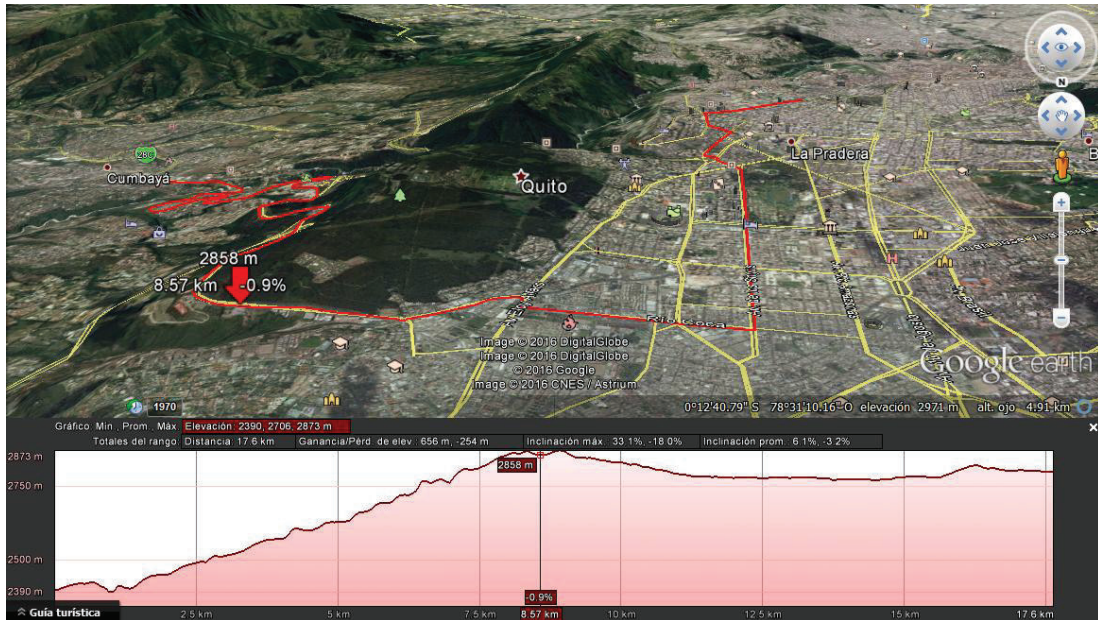


Figura 3.23. Perfil de elevación de la Ruta C1
 (Fuente: Google Earth, 2016)

Los datos obtenidos a través del software Google Earth, se puede distribuir la longitud de la ruta de la siguiente manera: el 47% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 10% contiene pendientes de grado 4, el 26% contiene pendientes de grado 6, el 12% contiene pendientes de grado -4, el 5% contiene pendientes de grado -6 tal como se muestra en la figura 3.24

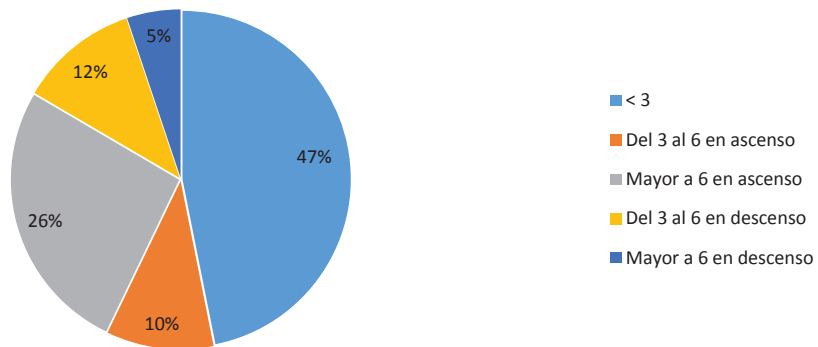


Figura 3.24. Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta C1
 (Fuente: Propia)

3.3.3. Definición de ruta combinado C2

Esta ruta inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av. Colón con la 12 de Octubre); recorriendo una distancia de 7993 m de parte Suburbana y 7680 m de parte urbana, con una longitud total de 15673 m. La figura 3.25 muestra la ruta seleccionada en base a flujo vehicular.

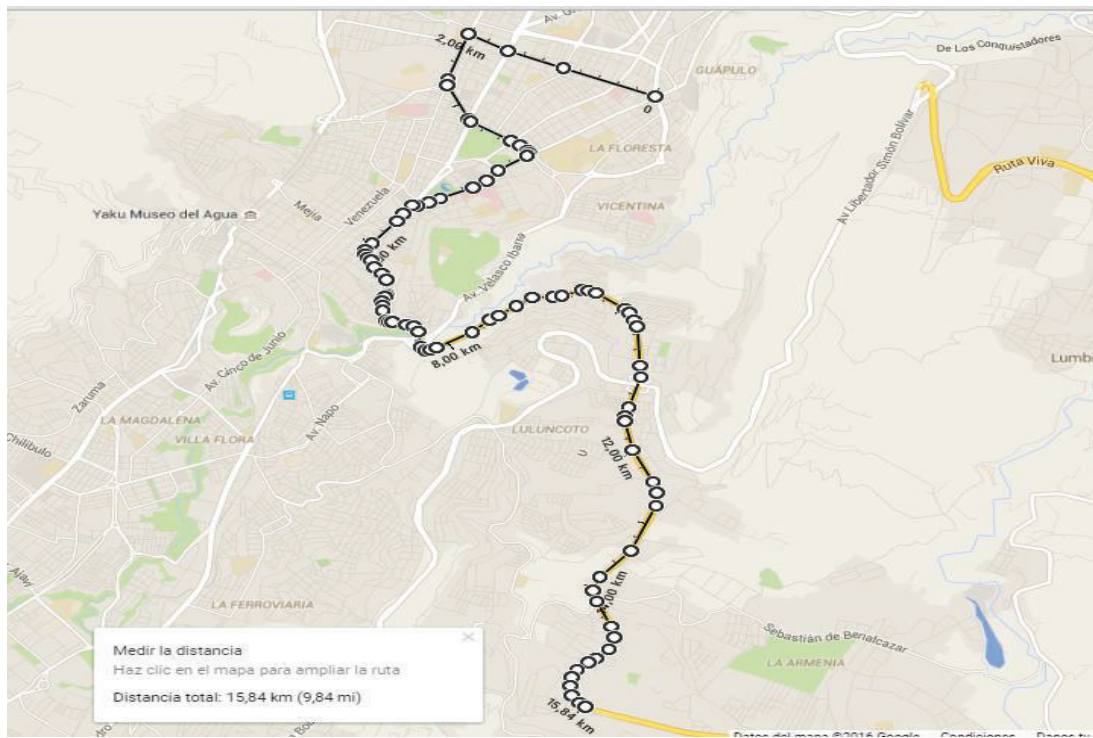


Figura 3.25. Ruta Ciclo Combinado C2
(Fuente: Google Maps, 2016)

3.3.3.1. Perfil de elevación de la ruta C2

Conforme lo muestra el perfil de elevación de la presente ruta, figura 3.26, se puede establecer que el punto más alto está en la Av. Rumiñahui (altura del Puente que cruza la Av. Simón Bolívar sobre la Av. Rumiñahui, 2877 m), mientras que los puntos con menos altura está en el sector El Trébol, 2755 m y en la Av. Rumiñahui (altura del Puente 5, 2619 m); el menor valor de altura es debido a que se encuentran ubicados sobre la Quebrada Machángara y al ingreso del Valle de los Chillos respectivamente.



Figura 3.26. Perfil de elevación de la Ruta C2
(Fuente: Google Earth, 2016)

Con referencia a los datos obtenidos a través del software Google Earth, se puede distribuir la longitud de la ruta de la siguiente manera: el 42% del total del recorrido es plano o con pendientes menores a grado 3, el 22% contiene pendientes de grado 4, el 17% contiene pendientes de grado 6, el 11% contiene pendientes de grado -4, el 8% contiene pendientes de grado -6 tal como se muestra en la figura 3.27

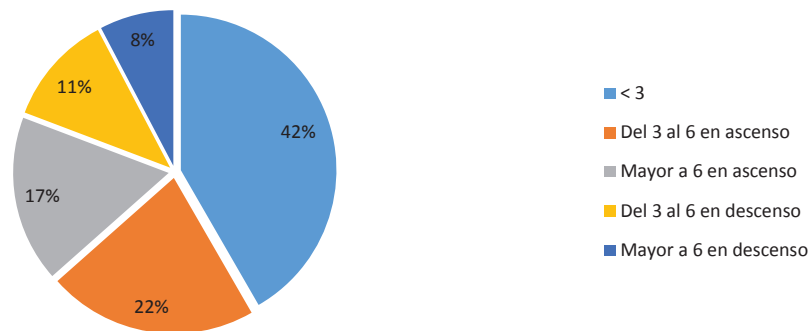


Figura 3.27. Distribución de pendientes a lo largo de la Ruta C2
(Fuente: Propia)

3.3.4. Recopilación de datos ruta combinado

Los recorridos se realizaron en cada una de las rutas indicadas en los literales 3.3.2 y 3.3.3, a las horas y días definidos en el literal 2.1.2.4. Se buscó capturar el comportamiento vehicular en la ruta a lo largo de cuatro días de la semana, se tomaron datos durante 22 horas efectivas y se recorrió una distancia total de 405,156 Km. Los

datos obtenidos durante estos recorridos se presentan en el anexo III digital y el resumen del procesamiento de la información de la base de datos se muestra en la tabla 3.15

Tabla 3.15. Resultado de los parámetros de conducción obtenidos en la Ruta C1 y C2

RUTA	DÍA	RECORRIDO	HORA	SENTIDO	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
RUTA C1	DÍA 1	1	7:00	E-O	17,054	72,433	997	61	3457	18516,228	0,402	2,746	1311
		2	13:00	O-E	23,351	75,414	915	29	2833	18567,520	0,438	3,045	1034
		3	17:00	O-E	15,806	67,663	1779	65	4195	18662,109	0,441	2,371	1333
	DÍA 2	4	7:00	E-O	16,806	75,436	1643	55	3935	18584,691	0,468	2,945	1294
		5	13:00	O-E	21,931	83,862	1129	32	3005	18535,928	0,485	2,746	1041
		6	17:00	O-E	17,994	76,235	1370	54	3657	18628,871	0,482	2,866	1231
	DÍA 3	7	7:00	E-O	17,337	89,896	1636	67	3801	18648,315	0,599	2,905	1179
		8	13:00	O-E	26,314	89,819	807	27	2501	18460,580	0,532	3,171	908
		9	17:00	O-E	13,39	84,973	2483	104	4938	18705,562	0,612	2,908	1277
	DÍA 4	10	7:00	E-O	18,242	83,286	1229	64	3500	18591,835	0,492	2,851	1237
		11	13:00	O-E	17,078	77,881	1859	59	3890	18629,669	0,519	2,594	1099
		12	17:00	O-E	17,895	82,133	1501	49	3703	18674,531	0,517	2,668	1110
RUTA C2	DÍA 1	1	7:00	E-O	14,221	46,012	1164	27	3785	15673,510	0,255	1,230	1401
		2	13:00	O-E	19,358	74,625	933	40	2861	15673,317	0,367	1,693	1030
		3	17:00	O-E	23,504	89,431	670	22	2351	15673,057	0,327	1,507	937
	DÍA 2	4	7:00	E-O	19,186	78,326	960	63	2889	15673,042	0,403	1,456	1036
		5	13:00	O-E	24,932	88,405	491	43	2225	15673,125	0,371	1,741	993
		6	17:00	O-E	22,119	84,052	690	44	2498	15673,544	0,342	1,279	993
	DÍA 3	7	7:00	E-O	14,109	82,33	1478	87	3940	15673,970	0,356	1,413	1438
		8	13:00	O-E	21,553	80,625	707	35	2533	15673,077	0,359	1,670	988
		9	17:00	O-E	16,954	72,135	989	56	3295	15673,513	0,346	1,571	1224
	DÍA 4	10	7:00	E-O	21,748	81,443	745	51	2683	15673,299	0,360	1,323	1093
		11	13:00	O-E	17,573	80,718	1051	72	3156	15673,553	0,353	1,686	1303
		12	17:00	O-E	22,901	71,627	420	21	2434	15673,563	0,304	1,325	1042

(Fuente: Propia)

3.3.5. Análisis de la información

3.3.5.1. Obtención del ciclo de conducción combinado representativo del D.M.Q.

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 2.1.2.5 se presentan en la tabla 3.16 y de la misma se desprende que la curva experimental con menor valor de Y (0,1098) pertenece al recorrido 4 de la ruta C2, que corresponde la ruta que inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas; en la dirección Este-Oeste a las 7H00.

Tabla 3.16. Resultado estadístico de los datos obtenidos de la Ruta C1 y Ruta C2

		Velocidad Media (km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Tiempo Ralentí (s)	No de Paradas	Tiempo Total de Recorrido (s)	Distancia Total (m)	Acelerac. Prom. Positiva (m/s ²)	Acelera. Positiva Máxima (m/s ²)	Tiempo con Acel Posit (s)	TOTAL		
		W	1	0,25	0,75	0,25	1	1	1	0,75	1	7	
		\bar{P}	19,223	78,698	1151,91667	51,125	3252,708333	17.136,934	0,422	2,155	1147,167		
Ruta C1	Recorrido 1 E-O 07H00 29-08-2016	P_{ij}	17,054	72,433	997	61	3457	18.516,228	0,402	2,746	1311		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,016120	0,002843	0,014409	0,006898	0,008972	0,011498	0,006799	0,029410	0,020402	0,1174	Y Recorrido 1
	Recorrido 2 O-E 13H00 29-08-2016	P_{ij}	23,351	75,414	915	29	2833	18.567,520	0,438	3,045	1034		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,030676	0,001490	0,022036	0,015456	0,018433	0,011926	0,005386	0,044279	0,014093	0,1638	Y Recorrido 2
	Recorrido 3 O-E 17H00 29-08-2016	P_{ij}	15,806	67,663	1779	65	4195	18.662,109	0,441	2,371	1333		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,025395	0,005008	0,058327	0,009693	0,041385	0,012714	0,006401	0,010762	0,023142	0,1928	Y Recorrido 3
	Recorrido 4 E-O 07H00 30-08-2016	P_{ij}	16,806	75,436	1643	55	3935	18.584,691	0,468	2,945	1294		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,017963	0,001480	0,045677	0,002707	0,029966	0,012069	0,015539	0,039306	0,018285	0,1830	Y Recorrido 4
	Recorrido 5 O-E 13H00 30-08-2016	P_{ij}	21,931	83,862	1129	32	3005	18.535,928	0,485	2,746	1041		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,020123	0,002343	0,002132	0,013360	0,010879	0,011662	0,021293	0,029410	0,013221	0,1244	Y Recorrido 5
	Recorrido 6 O-E 17H00 30-08-2016	P_{ij}	17,994	76,235	1370	54	3657	18.628,871	0,482	2,866	1231		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,009135	0,001118	0,020285	0,002008	0,017756	0,012437	0,020278	0,035377	0,010440	0,1288	Y Recorrido 6
Recorrido 7 E-O 07H00 31-08-2016	P_{ij}	17,337	89,896	1636	67	3801	18.648,315	0,599	2,905	1179			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,014017	0,005082	0,045026	0,011090	0,024081	0,012599	0,059877	0,037317	0,003964	0,2131	Y Recorrido 7	
Recorrido 8 O-E 13H00 31-08-2016	P_{ij}	26,314	89,819	807	27	2501	18.460,580	0,532	3,171	908			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,052696	0,005047	0,032082	0,016853	0,033015	0,011034	0,037200	0,050544	0,029784	0,2683	Y Recorrido 8	
Recorrido 9 O-E 17H00 31-08-2016	P_{ij}	13,39	84,973	2483	104	4938	18.705,562	0,612	2,908	1277			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,043349	0,002848	0,123808	0,036937	0,074017	0,013076	0,064277	0,037466	0,016168	0,4119	Y Recorrido 9	
Recorrido 10 E-O 07H00 02-09-2016	P_{ij}	18,242	83,286	1229	64	3500	18.591,835	0,492	2,851	1237			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,007292	0,002082	0,007170	0,008994	0,010861	0,012128	0,023662	0,034631	0,011187	0,1180	Y Recorrido 10	
Recorrido 11 O-E 13H00 02-09-2016	P_{ij}	17,078	77,881	1859	59	3890	18.629,669	0,519	2,594	1099			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,015942	0,000371	0,065768	0,005501	0,027989	0,012444	0,032800	0,021851	0,005998	0,1887	Y Recorrido 11	
Recorrido 12 O-E 17H00 02-09-2016	P_{ij}	17,895	82,133	1501	49	3703	18.674,531	0,517	2,668	1110			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,009870	0,001559	0,032469	0,001484	0,019777	0,012818	0,032157	0,025531	0,004628	0,1403	Y Recorrido 12	
Ruta C2	Recorrido 1 E-O 07H00 29-08-2016	P_{ij}	14,221	46,012	1164	27	3785	15.673,510	0,255	1,230	1401		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,037174	0,014833	0,001124	0,016853	0,023378	0,012199	0,056551	0,045978	0,031610	0,2397	Y Recorrido 1
	Recorrido 2 O-E 13H00 29-08-2016	P_{ij}	19,358	74,625	933	40	2861	15.673,317	0,367	1,693	1030		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,001002	0,001849	0,020362	0,007772	0,017204	0,012201	0,018645	0,022954	0,014591	0,1166	Y Recorrido 2
	Recorrido 3 O-E 17H00 29-08-2016	P_{ij}	23,504	89,431	670	22	2351	15.673,057	0,327	1,507	937		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,031813	0,004871	0,044824	0,020346	0,039603	0,012203	0,032183	0,032203	0,026172	0,2442	Y Recorrido 3
	Recorrido 4 E-O 07H00 30-08-2016	P_{ij}	19,186	78,326	960	63	2889	15.673,042	0,403	1,456	1036		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,000276	0,000169	0,017851	0,008295	0,015974	0,012203	0,006460	0,034739	0,013844	0,1098	Y Recorrido 4
	Recorrido 5 O-E 13H00 30-08-2016	P_{ij}	24,932	88,405	491	43	2225	15.673,125	0,371	1,741	993		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,042425	0,004405	0,061474	0,005676	0,045136	0,012203	0,017291	0,020567	0,019198	0,2284	Y Recorrido 5
	Recorrido 6 O-E 17H00 30-08-2016	P_{ij}	22,119	84,052	690	44	2498	15.673,544	0,342	1,279	993		
		$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,021520	0,002430	0,042964	0,004977	0,033146	0,012199	0,027106	0,043541	0,019198	0,2071	Y Recorrido 6
Recorrido 7 E-O 07H00 31-08-2016	P_{ij}	14,109	82,33	1478	87	3940	15.673,970	0,356	1,413	1438			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,038006	0,001648	0,030330	0,025061	0,030185	0,012196	0,022368	0,036877	0,036218	0,2329	Y Recorrido 7	
Recorrido 8 O-E 13H00 31-08-2016	P_{ij}	21,553	80,625	707	35	2533	15.673,077	0,359	1,670	988			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,017314	0,000874	0,041383	0,011264	0,031609	0,012203	0,021352	0,024097	0,019821	0,1799	Y Recorrido 8	
Recorrido 9 O-E 17H00 31-08-2016	P_{ij}	16,954	72,135	989	56	3295	15.673,513	0,346	1,571	1224			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,016863	0,002979	0,015153	0,003406	0,001857	0,012199	0,025752	0,029020	0,009568	0,1168	Y Recorrido 9	
Recorrido 10 E-O 07H00 01-09-2016	P_{ij}	21,748	81,443	745	51	2683	15.673,299	0,360	1,323	1093			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,018763	0,001246	0,037848	0,000087	0,025021	0,012201	0,021014	0,041353	0,006745	0,1643	Y Recorrido 10	
Recorrido 11 E-O 13H00 01-09-2016	P_{ij}	17,573	80,718	1051	72	3156	15.673,553	0,353	1,686	1303			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,012263	0,000917	0,009387	0,014583	0,004247	0,012199	0,023383	0,023302	0,019406	0,1197	Y Recorrido 11	
Recorrido 12 O-E 17H00 01-09-2016	P_{ij}	22,901	71,627	420	21	2434	15.673,563	0,304	1,325	1042			
	$(\frac{W}{7}) \cdot \frac{ P_{ij}-\bar{P} }{\bar{P}}$	0,027332	0,003209	0,068078	0,021044	0,035957	0,012199	0,039967	0,041253	0,013096	0,2621	Y Recorrido 12	

(Fuente: Propia)

Y = 0,1098 representa la menor desviación de todos los parámetros con respecto a la media.

De los resultados obtenidos, el ciclo de conducción combinado representativo del D.M.Q. se muestra en la figura 3.28, cuyos datos de velocidad cada segundo se encuentran en el anexo VI.

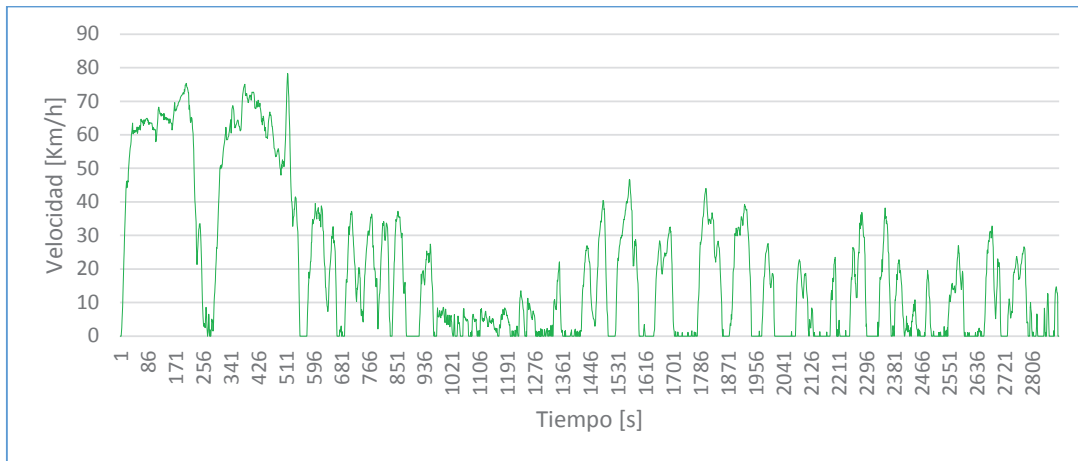


Figura 3.28. Ciclo de conducción Combinado representativo del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

En la tabla 3.17 se muestra el resultado de los parámetros de conducción del ciclo combinado representativo del D.M.Q.

Tabla 3.17. Parámetros de conducción del ciclo combinado representativo del D.M.Q.

Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
19,186	78,326	960	63	2889	15673,042	0,403	1,456	1036

(Fuente: Propia)

3.3.5.2. Análisis comparativo del ciclo obtenido

Los dos ciclos que le siguen al ciclo obtenido son el recorrido 2 de la ruta C2 y el recorrido 9 de la ruta C2, cuyos valores de Y son 0,1166 y 0,1168 respectivamente. El ciclo representativo se identifica como el “Ciclo C1” mientras que los que se le acerca por su puntuación se representan como “Ciclo C1.1” y “Ciclo C1.2” respectivamente.

Mediante un análisis de frecuencias de velocidades, figura 3.29, se realiza una comparación para conocer el comportamiento de cada uno de ellos durante sus recorridos

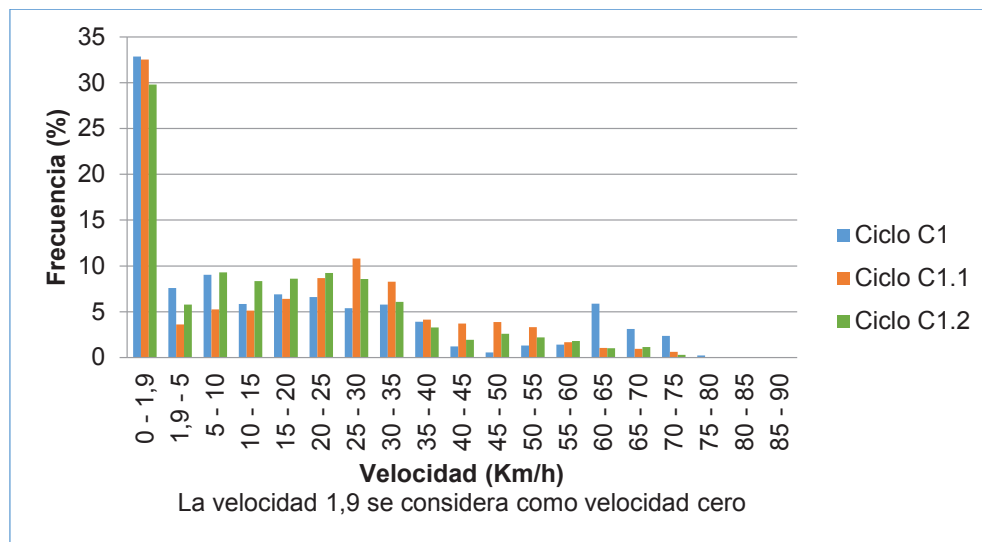


Figura 3.29. Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos (Fuente: Propia)

Del resultado obtenido en la figura 3.29, se desprende que el ciclo de conducción combinado es representativo del D.M.Q. ya que existe un comportamiento patrón entre los recorridos que más se acercan al promedio de todos ellos.

3.3.5.3. Comparación con ciclos de conducción desarrollados en otros países

Se considera importante hacer una comparación del ciclo combinado desarrollado para el D.M.Q. y otros ciclos con las mismas características desarrollados en otros países, tabla 3.18, con el fin de conocer el contraste de los parámetros de conducción de cada uno de ellos.

Tabla 3.18. Parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. combinado y de ciclos de tipo combinado internacionales

CICLO DE CONDUCCIÓN	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Aceleración positiva máxima (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)
D.M.Q. Combinado	19,186	78,326	960	63	2889	15673,042	0,403	1,456	1036
Hong Kong	44,4	106,5	66	7	1476	18280	0,555	2,132	593
NEDC	33,6	120	270	13	1170	10930	0,541	0,808	271
MVEG-A	33,4	120	280	13	1180	10930	0,541	0,808	271

(Fuente: Lee, 2006)

Se modifica los datos de la tabla 3.18 con el fin de obtener los resultados en porcentajes, figura 3.30, de este modo es posible comparar los diferentes resultados entre sí.

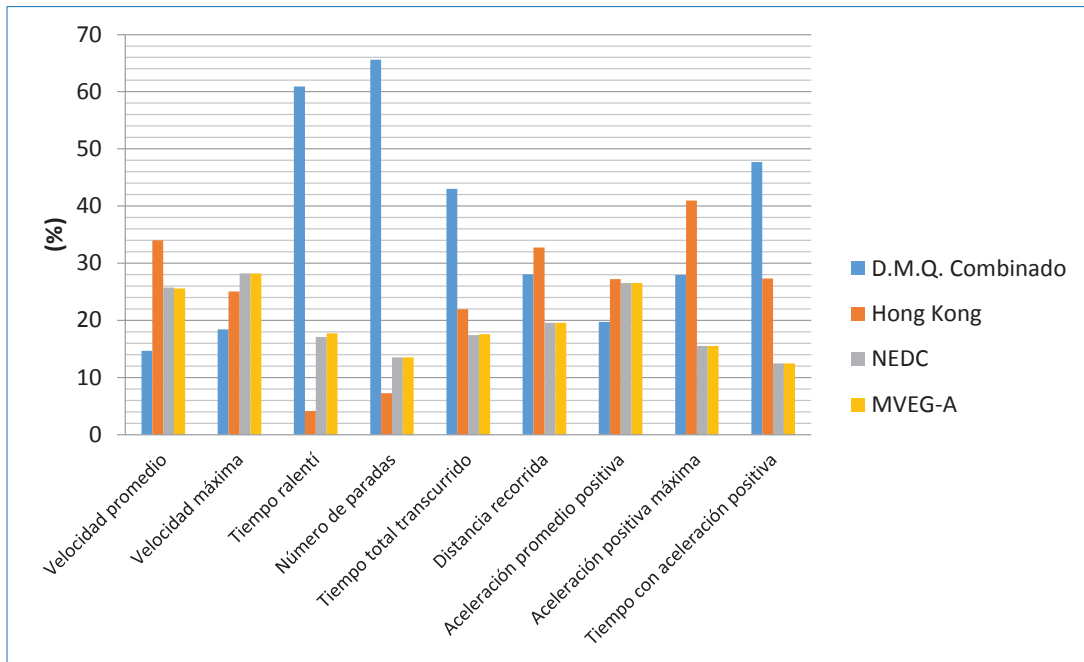


Figura 3.30. Comparación de parámetros de conducción del ciclo D.M.Q. combinado y ciclos internacionales
(Fuente: Propia)

Como se observa en la figura 3.30, los parámetros de conducción de cada ciclo considerado no tiene semejanzas, este resultado es porque hay un conjunto de factores como la densidad del tráfico, orografía del terreno y la infraestructura vial que son independientes al comportamiento del conductor y que influyen de forma significativa en los parámetros de conducción.

3.4. Resumen de los ciclos del D.M.Q.

En la tabla 3.19 se muestra el resultado de los ciclos de conducción para ciudad, carretera y combinado representativos del Distrito Metropolitano de Quito.

Tabla 3.19. Resumen de los ciclos representativos del D.M.Q.

	CICLOS DE CONDUCCIÓN DEL D.M.Q.		
	CIUDAD	CARRERTERA	COMBINADO
Trayecto	Inicia en el Redondel Atahualpa para después continuar a través de Av. Alonso de Angulo, Napo, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas	Inicia en el Supermercado Santamaría de Carapungo (intersección de la Av. Simón Bolívar con Panamericana Norte) para después continuar a través de toda la Av. Simón Bolívar y finalizar en la Forestal (intersección de la Av. Simón Bolívar y Pompeya)	Inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de Octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av. Colón con la 12 de Octubre)
Sentido	Sur - Norte	Norte - Sur	Este-Oeste
Velocidad promedio (km/h)	13,26	65,98	19,18
Velocidad máxima (km/h)	45,77	89,91	78,32
Tiempo ralenti (s)	1060	10	960
Número de paradas	58	2	63
Tiempo total transcurrido (s)	3169	1493	2889
Distancia recorrida (m)	11914	27463	15673
Aceleración promedio positiva (m/s ²)	0,348	0,357	0,403
Aceleración positiva máxima (m/s ²)	1,89	2,08	1,45
Tiempo con aceleración positiva (s)	1266	791	1036

(Fuente: Propia)

4. VALIDACIÓN DE LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN

En el presente capítulo se describe la realización de las pruebas y la forma en que se recopilaban los datos de consumo de combustible, los mismos que después de un estudio de confiabilidad a fin de establecer la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de medición aplicando gráficas de control permite validar los ciclos de conducción representativos del Distrito Metropolitano de Quito.

4.1. Metodología

La metodología que se presenta en este estudio está basada en la ejecución de pruebas dinámicas, empleando como único combustible la gasolina, con el propósito de obtener datos reales de consumo del mismo.

Este estudio se basa en las siguientes siete etapas:

- Selección del vehículo de pruebas
- Equipos de medición
- Protocolo de pruebas
- Repetibilidad y reproducibilidad
- Recopilación de datos
- Análisis de datos
- Análisis de resultados obtenidos

4.2. Selección del vehículo de pruebas

Antes de realizar las pruebas de consumo es necesario determinar las características del vehículo para este estudio.

La selección del mismo se realiza en base a las características tecnológicas de los vehículos del Distrito Metropolitano de Quito, cuyos parámetros de análisis son los siguientes:

- Número de cilindros
- Tipo de transmisión
- Sistema de alimentación de combustible

- Marca de vehículo

4.2.1. Número de cilindros

Los vehículos con motor de cuatro cilindros son los de mayor cantidad en el parque automotor del D.M.Q (Cárdenas & Kaslin , 2006). En la tabla 4.1 se visualiza el número de cilindros del motor de los vehículos en porcentaje.

Tabla 4.1. Número de cilindros del motor de los vehículos en porcentaje

Número de cilindros	3	4	5	6	8
Participación en el mercado [%]	5	83	0,12	10	2

(Fuente: Cárdenas & Kaslin , 2006)

4.2.2. Tipo de transmisión

La mayor cantidad de vehículos que circula por las calles del Distrito Metropolitano de Quito poseen cajas de cambios manuales (Cárdenas & Kaslin , 2006), como se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Tipo de transmisión de los vehículos en porcentaje

Tipo de transmisión	MANUAL	AUTOMÁTICA	SECUENCIAL
Participación en el mercado [%]	95	5	0,5

(Fuente: Cárdenas & Kaslin , 2006)

4.2.3. Sistema de alimentación de combustible

El desarrollo tecnológico en el parque automotor en el D.M.Q. ha provocado que la mayor cantidad de vehículos dispongan de un sistema de alimentación de combustible de inyección electrónica (Cárdenas & Kaslin , 2006), estos datos se observa en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Sistema de alimentación de combustible de los vehículos en porcentaje

Sistema de alimentación de combustible	Inyección electrónica	Inyección mecánica	Carburador
Participación en el mercado [%]	56	0,4	44

(Fuente: Cárdenas & Kaslin , 2006)

4.2.4. Marca de vehículo

Para determinar la marca de vehículo de pruebas, se hizo en referencia a los vehículos matriculados en el parque automotor del Ecuador, y de esta manera identificar el segmento de vehículos de mayor acogida en el país, el cual será utilizado en este estudio.

En la tabla 4.4 se muestra un extracto del Anuario de Estadísticas de Transportes 2014 con los datos más relevantes en cuanto al número de vehículos que se encuentran

matriculados y en la misma se observa la cantidad total de vehículos matriculados desde el año 2003 al 2015 es de 1752712 unidades, de las cuales 529521 unidades corresponden al segmento de automóviles.

Tabla 4.4. Número de vehículos motorizados matriculados hasta el 2015

Clase	Total	Automóvil	Autobús	Camión	Camioneta	Jeep	Tanquero	Tráiler	Volqueta
Total	1752712	529521	11300	78652	368890	260877	2511	6917	9942
2003	495897	174569	3608	29416	172638	67107	1176	2402	4180
2004	45365	17704	608	2361	10237	5532	54	92	131
2005	62357	26647	1022	3057	12627	7435	70	151	173
2006	78041	29791	722	3776	14461	9068	89	187	230
2007	86902	29578	453	4927	16334	12646	112	195	330
2008	90401	26128	505	4665	17107	12600	102	339	469
2009	115160	32765	877	4862	22987	20244	158	491	1226
2010	105290	25481	366	2433	17320	20744	101	319	481
2011	145217	42923	554	4745	21432	26307	149	329	424
2012	164196	43585	489	5029	17879	23839	171	465	604
2013	154213	38769	515	5436	20760	24586	128	530	714
2014	144868	26512	1195	4661	15739	19542	125	748	718
2015	64805	15069	386	3284	9369	11227	76	669	262

(Fuente: INEC, 2014)

En la tabla 4.5 se muestran los vehículos matriculados por segmento y a partir de la misma se puede observar la marca de vehículo que predomina en el mercado nacional es Chevrolet con 493771 unidades.

Tabla 4.5. Número de vehículos matriculados, por clase, por marca

Marca	Total	Automóvil	Autobús	Camión	Camioneta	Jeep	Tanquero	Tráiler	Volqueta
Total	1752712	529521	11300	78652	368890	260877	2511	6917	9942
Chevrolet	493771	228276	1421	22568	128153	90166	309	238	717
Suzuki	128235	21822	-	15	23	28813	-	-	-
Toyota	120589	24574	84	1938	68148	21633	17	4	19
Hyundai	107022	52830	596	5157	432	32500	75	55	127
Mazda	100956	16316	-	119	81506	1239	-	-	-
Nissan	81610	32852	66	1041	33175	11152	84	59	757
Kia	64534	30028	25	2764	546	23042	8	-	10
Ford	60390	5934	111	4013	28863	16656	367	150	772
Volkswagen	36605	29822	1449	156	3210	523	36	24	229

(Fuente: INEC, 2014)

En base al análisis de las características del vehículo, se desprende el automotor para este estudio, cuyas características se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Características del vehículo de pruebas

Número de cilindros: 4	Chevrolet Aveo activo std 1,4 del año 2008
Tipo de transmisión: manual	
Sistema de alimentación de combustible: inyección electrónica	
Marca de vehículo: Chevrolet	

(Fuente: Propia)

4.3. Equipos de medición

4.3.1. Tanque de presión de combustible (Canister)

Este equipo permite medir la cantidad de combustible consumida por el vehículo, figura 4.1 y consta de los siguientes elementos:

- Manómetro (100 psi)
- Mangueras de presión
- Válvulas de paso
- Compresor eléctrico



Figura 4.1. Tanque de presión de combustible
(Fuente: Acosta Corral, 2016)

4.3.2. Sistema de posicionamiento global (GPS)

Este equipo es el mismo que se empleó para el desarrollo de ciclos de conducción en el capítulo III y para el presente capítulo se utiliza para medir la velocidad media de recorrido de tal manera que las pruebas se realicen bajo condiciones de tráfico similares.

4.4. Protocolo de pruebas

El protocolo a utilizar es el siguiente:

1. Inspeccionar que el vehículo este en buenas condiciones mecánicas, tal como se detalla en el Anexo VII.
2. Ubicar al vehículo al inicio de la ruta.
3. Deshabilitar la bomba de combustible del vehículo.
4. Identificar los puntos de conexión para la instalación del Canister.
5. Conectar el Canister en las tomas de ingreso y retorno de gasolina del motor.
6. Llenar el Canister con una base de 5 litros de gasolina.
7. Presurizar el Canister a una presión similar a la del funcionamiento del sistema de alimentación del vehículo mediante un compresor.
8. Poner en funcionamiento el vehículo y conducir en la ruta establecida.
9. Obtener la velocidad media del recorrido mediante Sistema de posicionamiento global.
10. Finalizar el ciclo de pruebas y medir el volumen de combustible consumido mediante una probeta de medición.
11. Se repite los pasos del 1 al 10 para realizar las mediciones restantes.

Las pruebas se realizan durante tres días laborables por cada ciclo de conducción, dos veces diarias (ciclo ciudad 08h00 y 13h00, ciclo carretera 07h00 y 13h00 y ciclo combinado 07h00 y 13h00).

4.5. Repetibilidad y reproductibilidad

La confiabilidad del método se verifica procesando y analizando los valores obtenidos, éstos deben estar dentro de un rango de confianza aplicando gráficas de control para establecer la repetibilidad y reproducibilidad. La variación de las mediciones es inevitable,

los gráficos de control permiten determinar cuándo esta variación supera los límites aceptables y analizar si el proceso de medición se está realizando correctamente.

La evaluación se realiza mediante dos tipos de pruebas:

- Pruebas de Repetibilidad: Consiste en tomar mediciones de las variables de prueba en un mismo día, con el mismo vehículo y en iguales condiciones.
- Pruebas de Reproducibilidad: Consiste en realizar mediciones de las variables de prueba en diferentes días, con el mismo vehículo y en iguales condiciones.

4.5.1. Gráficos de control de calidad

El gráfico de control es una herramienta gráfica que puede utilizarse para medir la variabilidad del proceso de medición realizado. Consiste en valorar si el proceso está bajo control o fuera de control en función de unos límites de control estadísticos calculados. Si todos los puntos de la gráfica se encuentran entre los dos límites de control se considera que el proceso está controlado. Cuando un punto trazado cae fuera de los límites, lo cual se atribuye a alguna causa asignable se dice que el proceso está fuera de control en ese momento. Los gráficos de control por variables para medias y rangos (\bar{X} , R) son de importancia en procesos de medición, es decir cuando las variables que se observan son de tipo cuantitativo (no cualitativo) (Albán & López, 2010).

4.5.1.1. Variación y errores en las mediciones

Una idea básica de los gráficos de control es identificar lo antes posible cualquier variación en las mediciones de consumo de combustible (CCICEV, 2007). Dicha variación suele tener dos causas: Aleatoria (o común), que es inherente al proceso y Asignable (o especial), que causa una variación excesiva.

Variación aleatoria

Se presenta porque, básicamente, no hay elementos ni mediciones idénticas. Las mediciones de consumo de combustible pueden variar por efectos climáticos, ambientales e incluso por el azar. Toda medición de consumo lleva consigo una variación inherente. Las diferencias naturales o errores aleatorios son de esperar pero no provocan problemas reales que impidan controlar el nivel de la calidad de la medición.

Variación por causa asignable

Por el contrario, éste tipo de variación es aquella que sobrepasa la diferencia natural en las mediciones. Obedece a una causa concreta que puede y debe ser corregida. En la

medición de consumo de combustible las causas para provocar esta variación se deben a equipos mal calibrados y defectuosos, errores humanos, procedimientos inadecuados, demora en la respuesta y saturación del equipo, conducción inadecuada del vehículo, mediciones mal realizadas y/u otros factores que producen variaciones mayores a las naturales.

4.5.1.2. Gráfico de control para la media (\bar{X})

Se utiliza para medir la variación de las medias muestrales alrededor de algún nivel generalmente aceptado. Como lo indica la figura 4.2, un límite de control superior (LSC_x) e inferior (LIC_x) se establecen alrededor de una media aceptable. El valor $\bar{\bar{X}}$ sirve como estimación de μ (promedio o media). Si los datos están dentro de un rango aceptable, como se muestra en la figura 4.2, solo se dice que la variación aleatoria ocurre. Sin embargo si estos exceden el LSC_x o caen por debajo de LIC_x , el proceso de control ha detectado una variación de causa asignable (WEBSTER, 2000).

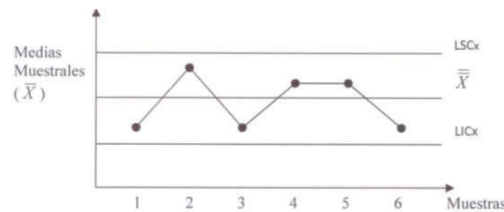


Figura 4.2. Ejemplo de Gráfico de control para la Media
(Fuente: Albán & López, 2010)

Considerando el 99.7% de confianza se tiene lo siguiente:

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_x \quad \text{Ec. (4.1)}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_x \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde :

LSC_x : límite superior para medias muestrales

LIC_x : límite inferior para medias muestrales

$\bar{\bar{X}}$: promedio de las medias muestrales

σ_x : desviación estándar en las medias muestrales

Sin embargo en la práctica, se estima:

$$3\sigma_x = A_2 * \bar{R} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Donde :

A_2 : Constante basada en el tamaño de la muestra y se encuentra en el Anexo VIII

\bar{R} : Rango promedio de los rangos muestrales

Lo que produce resultados similares y es más fácil de calcular, se tiene entonces:

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

4.5.1.3. Gráfico de control para la Dispersión (R)

Aunque la desviación estándar es una medida que depende de la dispersión, las técnicas de control de calidad generalmente confían en el rango como un indicio de la variabilidad del proceso (WEBSTER, 2000). Si los datos están dentro de un rango aceptable, como se muestra en la figura 4.3, solo se dice que la variación aleatoria ocurre.

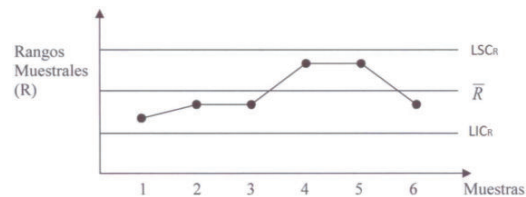


Figura 4.3. Ejemplo de Gráfico de control para la Dispersión
(Fuente: Albán & López, 2010)

Al igual que con los datos de \bar{X} , se considera tres errores estándar por encima y por debajo de la media. En principio, se determina así:

$$LSC_R = \bar{R} + 3S_R \quad \text{Ec. (4.6)}$$

$$LIC_R = \bar{R} - 3S_R \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde :

LSC_R : límite superior para rangos muestrales

LIC_R : límite inferior para rangos muestrales

\bar{R} : promedio de los rangos muestrales

S_R : desviación estándar en los rangos muestrales

Sin embargo, en la práctica es más simple de utilizar las ecuaciones 4.7 y 4.8 en donde los valores para D_4 y D_3 se encuentran en el Anexo VIII.

$$LSC_R = D_4 * \bar{R} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

$$LIC_R = D_3 * \bar{R} \quad \text{Ec. (4.9)}$$

Donde :

LSC_R : límite superior para rangos muestrales

LIC_R : límite inferior para rangos muestrales

D_4 : factor para cálculos de gráficas de control por variables

\bar{R} : promedio de los rangos muestrales

4.6. Recopilación de datos

Las mediciones se realizaron en cada uno de los ciclos de conducción representativos del D.M.Q indicados en la tabla 3.19, siguiendo el procedimiento mostrado en el literal 4.4. Se realizaron seis mediciones por cada ciclo de conducción y se recorrió una distancia total de 330,3 km. Los datos obtenidos durante estos recorridos se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Consumo de combustible y velocidad promedio obtenido en los ciclos D.M.Q

			Distancia (km)	Velocidad promedio (Km/h)	Volumen Consumido (ml)	Consumo de Combustible (Km/Litro)	Consumo de combustible (Litro/km)
Ciclo Ciudad	Día 1	Medición 1	11,914	14,291	1370	8,69635036	0,11499077
		Medición 2	11,914	13,044	1356	8,78613569	0,11381568
	Día 2	Medición 1	11,914	13,229	1321	9,01892506	0,11087796
		Medición 2	11,914	13,639	1421	8,38423645	0,11927145
	Día 3	Medición 1	11,914	17,267	1297	9,18581342	0,10886352
		Medición 2	11,914	13,198	1312	9,08079268	0,11012254
Ciclo Combinado	Día 1	Medición 1	15,673	16,246	1552	10,09858247	0,09902380
		Medición 2	15,673	17,592	1469	10,66916270	0,09372807
	Día 2	Medición 1	15,673	16,734	1537	10,19713728	0,09806674
		Medición 2	15,673	15,857	1496	10,47660428	0,09545078
	Día 3	Medición 1	15,673	21,255	1610	9,73478261	0,10272443
		Medición 2	15,673	16,372	1531	10,23709993	0,09768392
Ciclo Carretera	Día 1	Medición 1	27,463	65,903	2130	12,89342723	0,07755890
		Medición 2	27,463	63,827	2102	13,06517602	0,07653934
	Día 2	Medición 1	27,463	70,811	2056	13,35749027	0,07486436
		Medición 2	27,463	67,581	2109	13,02181128	0,07679423
	Día 3	Medición 1	27,463	67,358	1992	13,78664659	0,07253395
		Medición 2	27,463	65,803	2017	13,61576599	0,07344427

(Fuente: Propia)

4.7. Análisis de datos

4.7.1. Repetibilidad y reproducibilidad en el consumo de combustible

Para establecer la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de medición se verifica mediante las gráficas de control y para obtener las mismas se cumple el siguiente procedimiento:

1. Se registra los valores obtenidos en cada medición, tabla 4.8, en este caso se muestra los valores de consumo de combustible (C.C.) obtenido en el ciclo ciudad.

Tabla 4.8. Valores de consumo de combustible del ciclo ciudad

CC. (Km/L)	Medición 1	Medición 2
Día 1	8,69635036	8,78613569
Día 2	9,01892506	8,38423645
Día 3	9,18581342	9,08079268

(Fuente: Propia)

2. Se calcula las medias muestrales, tabla 4.9, esto realiza promediando las mediciones de cada día. Seguidamente se calcula el promedio de las medias muestrales.

Tabla 4.9. Medias muestrales de consumo de combustible del ciclo ciudad

CC. (Km/L)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})
Día 1	8,69635036	8,78613569	8,741243029
Día 2	9,01892506	8,38423645	8,701580755
Día 3	9,18581342	9,08079268	9,133303049
			$\bar{\bar{X}} = 8,859$

(Fuente: Propia)

3. Se calcula los rangos muestrales, tabla 4.10, esto realiza mediante la diferencia de las mediciones de cada día. Seguidamente se calcula el promedio de los rangos muestrales.

Tabla 4.10. Rangos muestrales de consumo de combustible del ciclo ciudad

CC. (Km/L)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})	Rango (R)
Día 1	8,69635036	8,78613569	8,741243029	0,09
Día 2	9,01892506	8,38423645	8,701580755	0,6346886
Día 3	9,18581342	9,08079268	9,133303049	0,10502073
			$\bar{\bar{X}} = 8,859$	$\bar{R} = 0,28$

(Fuente: Propia)

- Se calcula los límites de control para medias y rangos muestrales mediante las ecuaciones 4.4, 4.5, 4.8 y 4.9; como resultado de estos cálculos se obtiene los datos indicados en la tabla 4.11.

Para este estudio se obtiene que el número de muestras es $k=3$ y el tamaño muestral es $n=2$ con esta información y en base al Anexo VIII se obtienen los valores de las constantes $A_2=1,88$; $D_4 = 3,267$ y $D_3 = 0$

Tabla 4.11. Límites de control de consumo de combustible del ciclo ciudad

LSC_R	0,903 km/L
LIC_R	0 km/L
LSC_x	9,378 km/L
LIC_x	8,338 km/L

(Fuente: Propia)

- Se grafica los valores indicados en la tabla 4.11 junto con los valores de la tabla 4.10, y el resultado se muestra en las figuras 4.4 y 4.5
- Se repite los pasos 1 al 5 para obtener el resto de gráficas de control.

4.7.1.1. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de combustible – Ciclo Ciudad

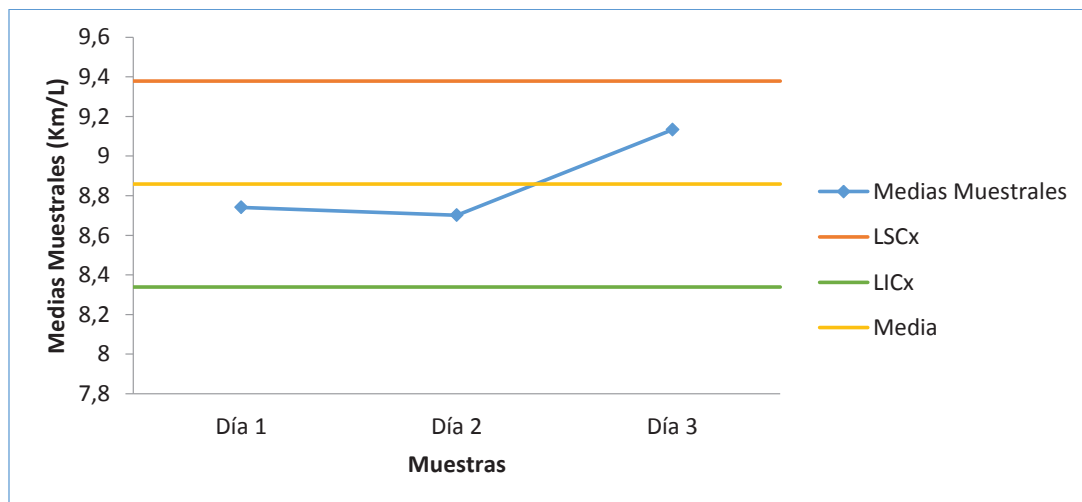


Figura 4.4. Gráfica de control para medias muestrales de consumo de combustible-Ciclo ciudad
(Fuente: Propia)

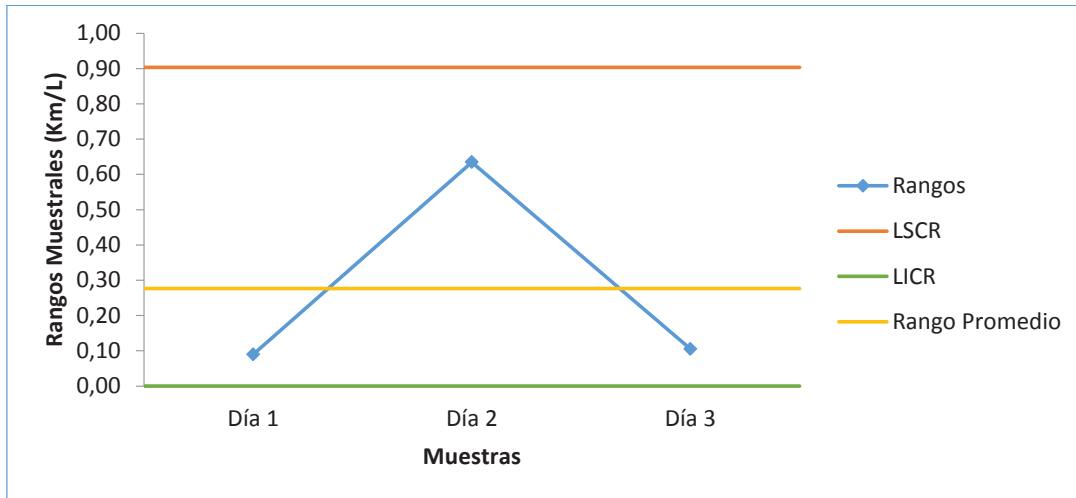


Figura 4.5. Gráfica de control para rangos muestrales de consumo de combustible-Ciclo ciudad
(Fuente: Propia)

A partir de las figuras 4.4 y 4.5 se desprende que no existe errores de causa asignable debido a que ningún promedio y rango muestral calculado sale de los límites de control, y las diferencias existentes en las mediciones de consumo de combustible entre cada uno de los días se debe a errores de tipo aleatorio.

4.7.1.2. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de combustible – Ciclo Combinado

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 4.7.1 se presentan en la tabla 4.12

Tabla 4.12. Consumo de combustible del ciclo combinado utilizado en las gráficas de control

CC. (Km/L)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})	Rango (R)
Día 1	10,0985825	10,6691627	10,38387258	0,57
Día 2	10,1971373	10,4766043	10,33687078	0,279467
Día 3	9,73478261	10,2370999	9,985941272	0,50231733
			$\bar{\bar{X}} = 10,236$	$\bar{R} = 0,45$
			$LSC_x = 11,083$	$LSC_R = 1,472$
			$LIC_x = 9,388$	$LIC_R = 0$

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.12 y el resultado se muestra en las figuras 4.6 y 4.7

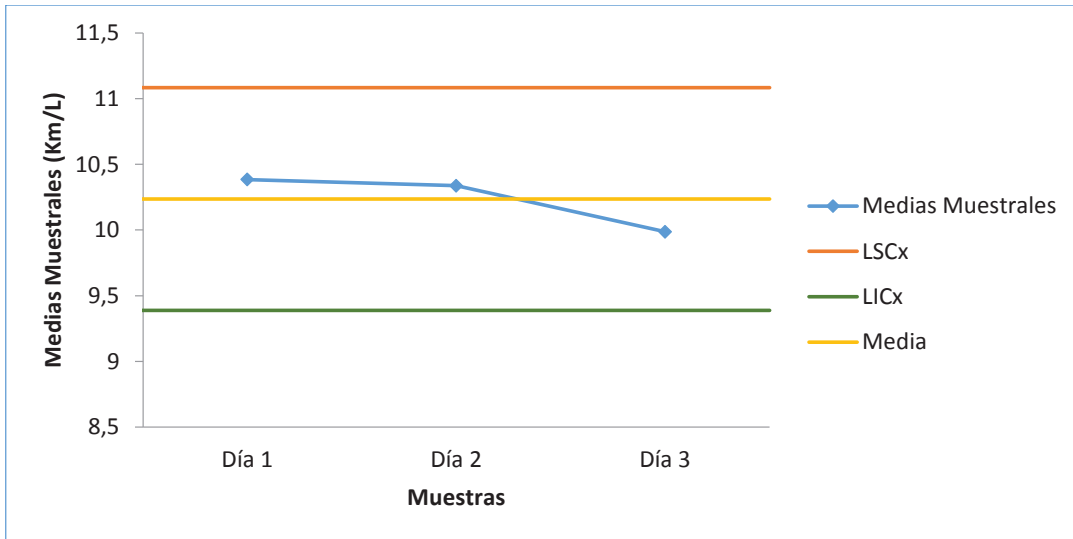


Figura 4.6. Gráfica de control para medias muestrales de consumo de combustible-Ciclo combinado (Fuente: Propia)

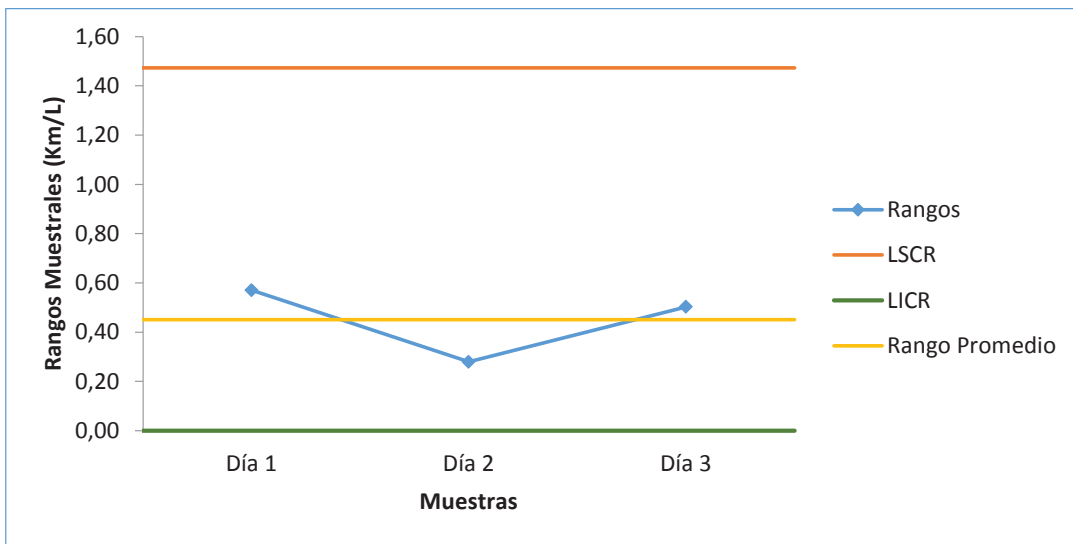


Figura 4.7. Gráfica de control para rangos muestrales de consumo de combustible-Ciclo combinado (Fuente: Propia)

Las figuras 4.6 y 4.7 no presentan errores de causa asignable puesto que ninguno de los rangos y medias muestrales calculados sale de los límites de control.

4.7.1.3. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de combustible – Ciclo Carretera

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 4.7.1 se presentan en la tabla 4.13

Tabla 4.13. Consumo de combustible del ciclo carretera utilizado en las gráficas de control

CC. (Km/L)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})	Rango (R)
Día 1	12,8934272	13,065176	12,97930163	0,17
Día 2	13,3574903	13,0218113	13,18965078	0,33567899
Día 3	13,7866466	13,615766	13,70120629	0,1708806
			$\bar{\bar{X}} = 13,290$	$\bar{R} = 0,23$
			$LSC_x = 13,715$	$LSC_R = 0,738$
			$LIC_x = 12,864$	$LIC_R = 0$

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.13 y el resultado se muestra en las figuras 4.8 y 4.9

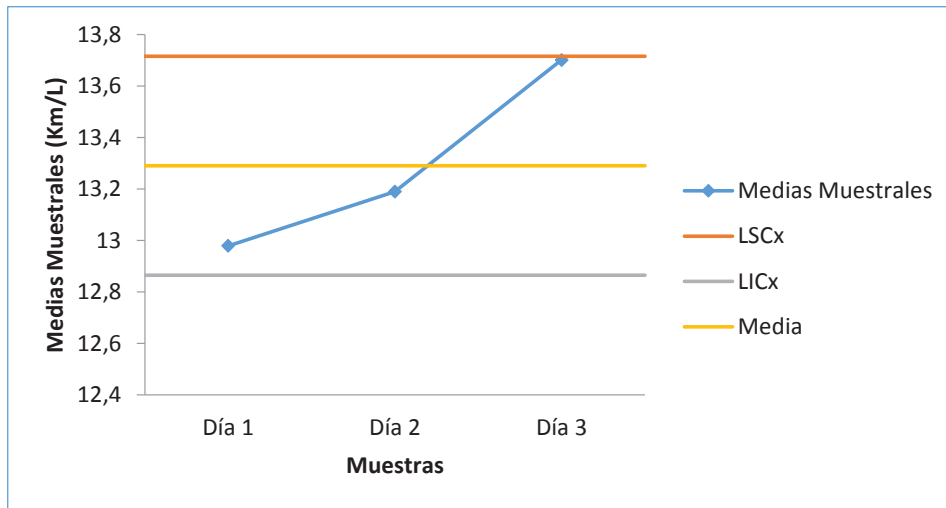


Figura 4.8. Gráfica de control para medias muestrales de consumo de combustible-Ciclo carretera (Fuente: Propia)

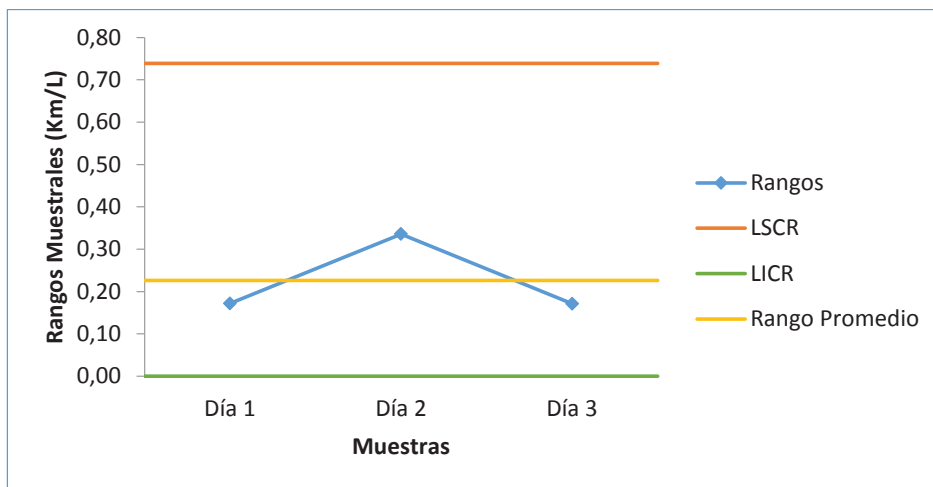


Figura 4.9. Gráfica de control para rangos muestrales de consumo de combustible-Ciclo carretera (Fuente: Propia)

A partir de las figuras 4.8 y 4.9, se desprende que no hay errores de causa asignable en las mediciones, lo cual indica, que el procedimiento de las pruebas se realizó correctamente.

4.7.2. Repetibilidad y reproductibilidad en la velocidad promedio

4.7.2.1. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de la velocidad promedio – Ciclo Ciudad

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 4.7.1 se presentan en la tabla 4.14

Tabla 4.14. Velocidad promedio del ciclo ciudad utilizado en las gráficas de control

Velocidad promedio (Km/h)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})	Rango (R)
Día 1	14,291	13,044	13,6675	1,25
Día 2	13,229	13,639	13,434	0,41
Día 3	17,267	13,198	15,2325	4,069
			$\bar{\bar{X}} = 14,111$	$\bar{R} = 1,91$
			$LSC_x = 17,699$	$LSC_R = 6,235$
			$LIC_x = 10,523$	$LIC_R = 0$

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.14 y el resultado se muestra en las figuras 4.10 y 4.11

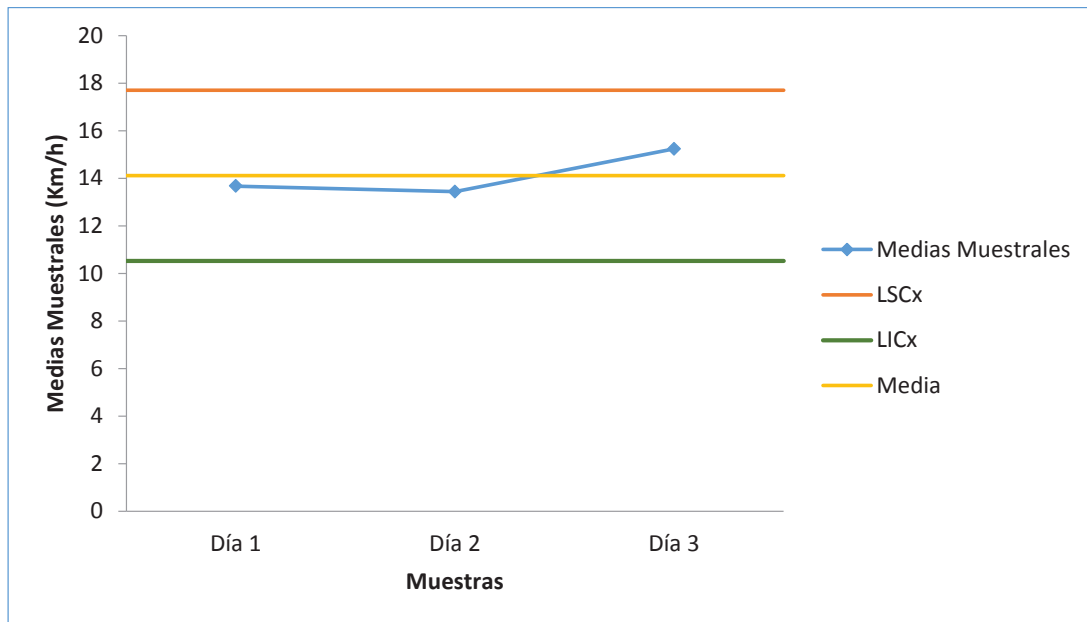


Figura 4.10. Gráfica de control para medias muestrales de velocidad promedio-Ciclo ciudad
(Fuente: Propia)



Figura 4.11. Gráfica de control para rangos muestrales de velocidad promedio-Ciclo ciudad
(Fuente: Propia)

Por medio de las figuras 4.10 y 4.11 se puede observar que ninguno de los rangos y medias muestrales calculados para la velocidad promedio sale de los límites de control, por lo tanto no existen errores de causa asignable.

4.7.2.2. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de la velocidad promedio – Ciclo Combinado

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 4.7.1 se presentan en la tabla 4.15

Tabla 4.15. Velocidad promedio del ciclo combinado utilizado en las gráficas de control

Velocidad Promedio (Km/h)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})	Rango (R)
Día 1	16,246	17,592	16,919	1,35
Día 2	16,734	15,857	16,2955	0,877
Día 3	21,255	16,372	18,8135	4,883
			$\bar{\bar{X}} = 17,343$	$\bar{R} = 2,37$
			$LSC_x = 21,795$	$LSC_R = 7,738$
			$LIC_x = 12,889$	$LIC_R = 0$

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.15 y el resultado se muestra en las figuras 4.12 y 4.13

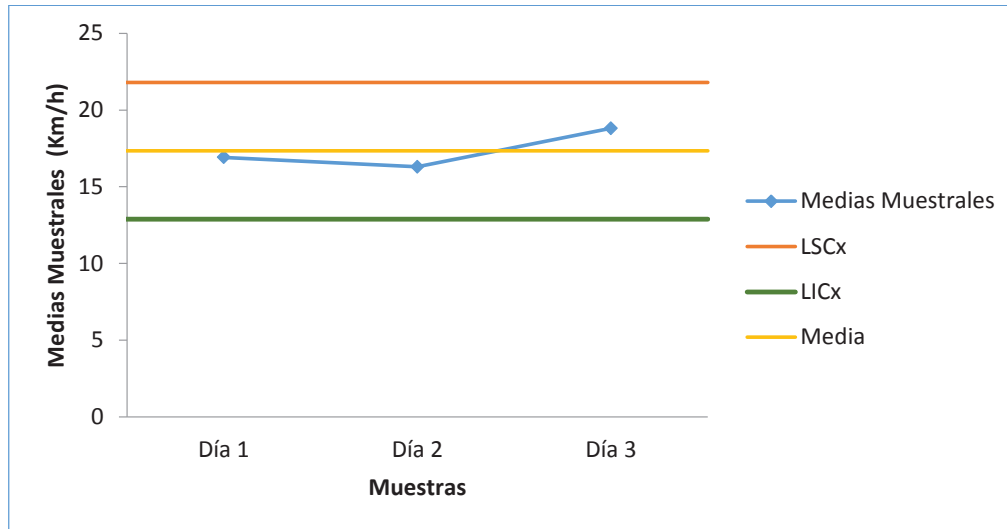


Figura 4.12. Gráfica de control para medias muestrales de velocidad promedio-Ciclo combinado
(Fuente: Propia)

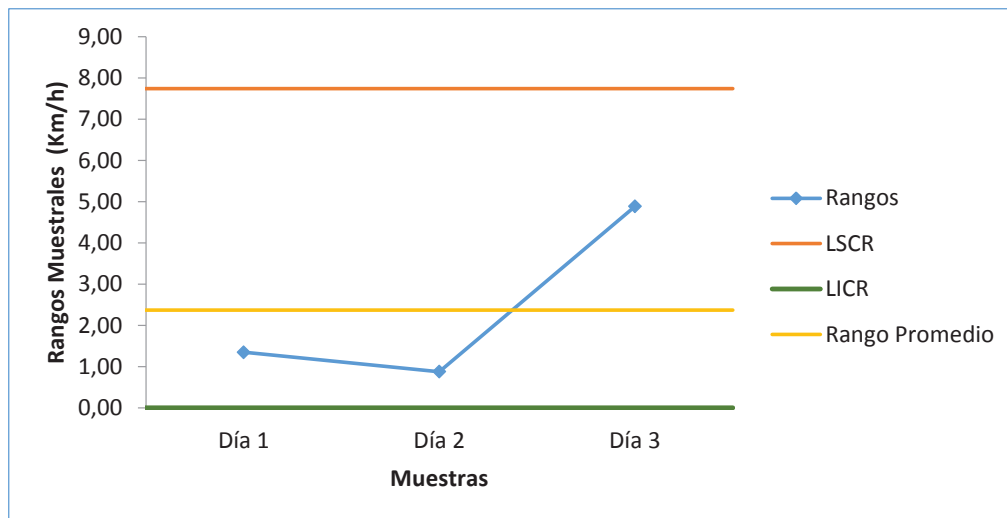


Figura 4.13. Gráfica de control para rangos muestrales de velocidad promedio-Ciclo combinado
(Fuente: Propia)

De las figuras 4.12 y 4.13 se desprende que las diferencias de las mediciones de velocidad promedio entre cada una de las pruebas se deben a errores de tipo aleatorio y no a errores de causa asignable ya que ninguno de las medias y rangos muestrales sale de los límites de control.

4.7.2.3. Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de la velocidad promedio – Ciclo Carretera

Los resultados del procesamiento de la información siguiendo el procedimiento indicado en el literal 4.7.1 se presentan en la tabla 4.16

Tabla 4.16. Velocidad promedio del ciclo carretera utilizado en las gráficas de control

Velocidad promedio (Km/h)	Medición 1	Medición 2	Promedio (\bar{X})	Rango (R)
Día 1	65,903	63,827	64,865	2,08
Día 2	70,811	67,581	69,196	3,23
Día 3	67,358	65,803	66,5805	1,555
			$\bar{\bar{X}} = 66,881$	$\bar{R} = 2,29$
			$LSC_x = 71,18$	$LSC_R = 7,471$
			$LIC_x = 62,58$	$LIC_R = 0$

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.16 y el resultado se muestra en las figuras 4.14 y 4.15

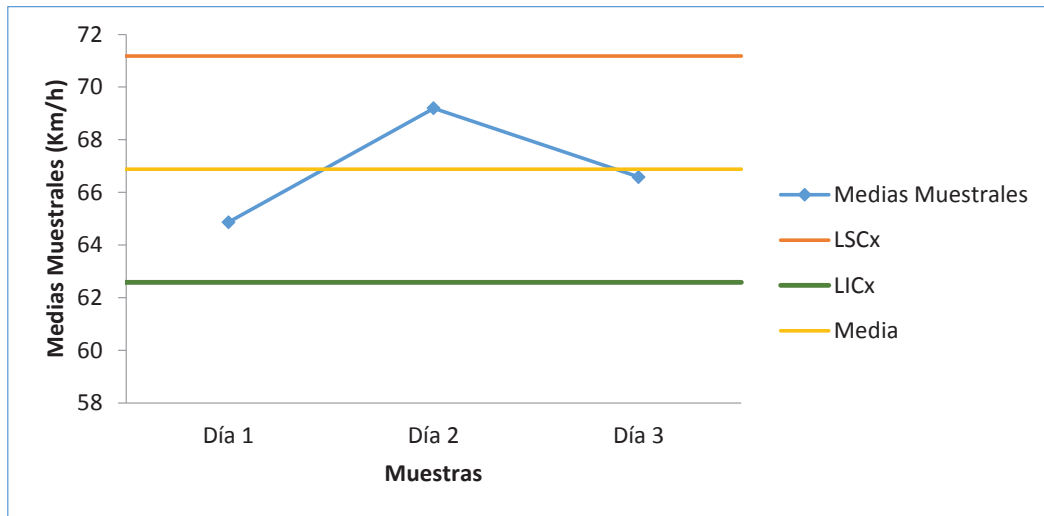


Figura 4.14. Gráfica de control para medias muestrales de velocidad promedio-Ciclo carretera (Fuente: Propia)

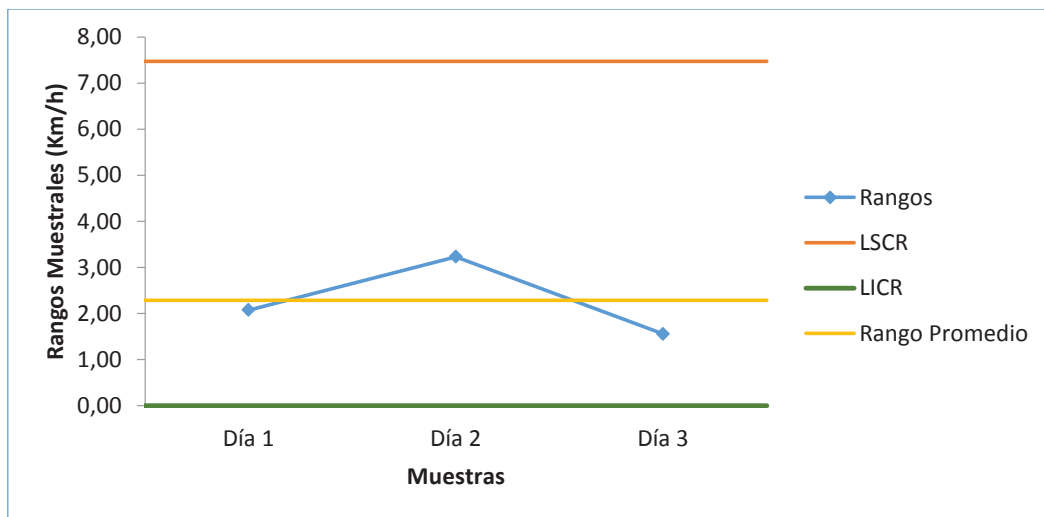


Figura 4.15. Gráfica de control para rangos muestrales de velocidad promedio-Ciclo carretera (Fuente: Propia)

Las figuras 4.14 y 4.15 muestran que no existen errores de causa asignable, ya que ninguno de los rangos y medias calculados sale de los límites de control.

4.8. Análisis de resultados obtenidos

El análisis se realiza en las gráficas de rangos y medias del consumo de combustible, en la velocidad media con la que circuló el vehículo durante las pruebas, y en los valores promedios de consumo de combustible obtenidos en los ciclos representativos del DMQ.

4.8.1. Análisis de las gráficas de rangos y medias del consumo de combustible

En las gráficas de control de las mediciones de consumo de combustible, los valores de rango y media estuvieron dentro de los límites de confianza, garantizando de esta forma que el procedimiento de medición en todas las pruebas se realizó correctamente y con ello se establece la repetibilidad y la reproducibilidad del mismo. La determinación de valores de consumo de combustible utilizando ciclos de conducción representativos del D.M.Q con el método desarrollado es confiable.

4.8.2. Análisis de la velocidad promedio

La velocidad promedio de recorrido depende de las condiciones de tráfico por ello es imposible que sus valores en cada prueba sean iguales, sin embargo, como se indica en las tablas 4.14, 4.15 y 4.16 estos son semejantes. Realizando las gráficas de control (figura 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15) se observa que las velocidades promedio se encuentran dentro de los límites de confianza por lo tanto las pruebas se realizaron bajo condiciones de tráfico similares.

4.8.3. Análisis de valores de consumo de combustible

4.8.3.1. Consumo de combustible promedio obtenido en los ciclos representativos del Distrito Metropolitano de Quito

Los valores promedios de consumo de combustible obtenidos mediante pruebas dinámicas en los ciclos representativos del D.M.Q. se indican en la tabla 4.17. En base a los datos de las tablas 4.10, 4.12 y 4.13

Tabla 4.17. Consumo de combustible promedio obtenido en los ciclos representativos del D.M.Q.

Chevrolet Aveo 1.4 del año 2008	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (km/L)			CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/100 km)		
	Ciclo Ciudad	Ciclo Combinado	Ciclo Carretera	Ciclo Ciudad	Ciclo Combinado	Ciclo Carretera
	8,859	10,236	13,29	11,287	9,769	7,524

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.17 y el resultado se muestra en la figura 4.16

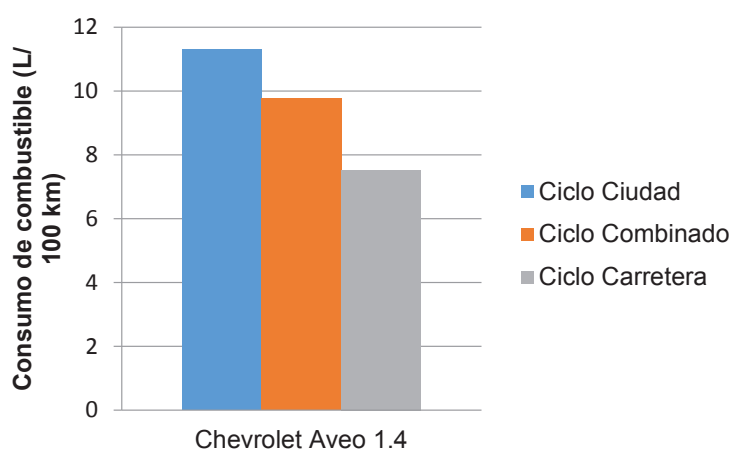


Figura 4.16. Consumo de combustible promedio de cada ciclo de conducción
(Fuente: Propia)

Tal como se presenta en otros estudios (Magaña & Organero, 2014), el consumo en ciudad es mayor, en comparación con el ciclo combinado y el ciclo carretera.

4.8.3.2. Comparación de valores de consumo de combustible

En la tabla 4.18 se muestra los valores de consumo de combustible promedio obtenidos en los ciclos representativos del D.M.Q. y los valores de consumo de combustible indicado por el fabricante del vehículo (ARPEM, 2014).

Tabla 4.18. Consumo de combustible de los ciclos D.M.Q. y ficha técnica del fabricante

Consumo de combustible Chevrolet Aveo 1.4 del año 2008			
	Ciclos D.M.Q. (L/100 km)	Ficha técnica del fabricante (L/100 km)	Variación porcentual (%)
Ciclo ciudad	11,287	7,9	30
Ciclo combinado	9,769	5,90	40
Ciclo carretera	7,524	4,70	38

(Fuente: ARPEM, 2014)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.18 y el resultado se muestra en la figura 4.17

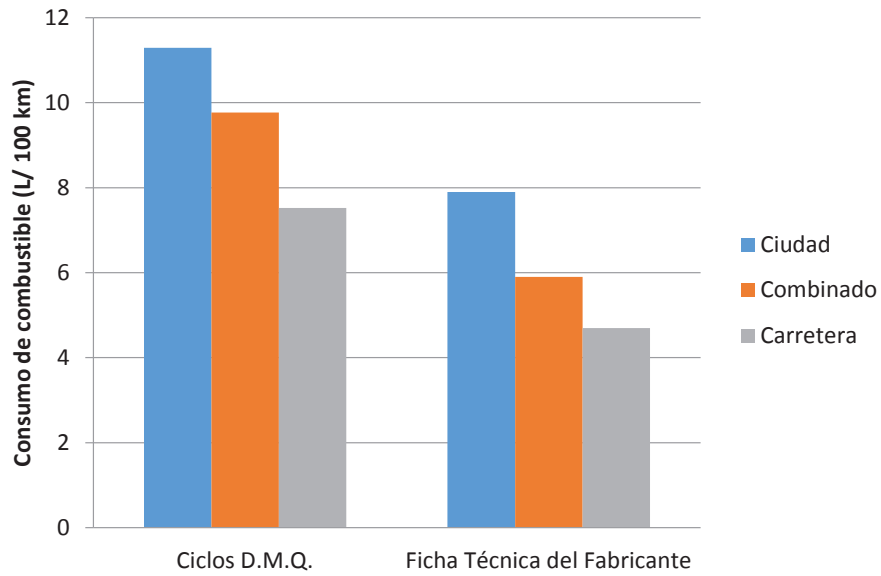


Figura 4.17. Comparación de valores consumo de combustible
(Fuente: Propia)

En referencia a la figura 4.17, se desprende que existen diferencias marcadas entre el consumo obtenido en los ciclos D.M.Q. y el indicado por el fabricante del vehículo. Los resultados muestran que el consumo en ciudad, carretera y combinado obtenidos en los ciclos del D.M.Q son mayores que los indicados por el fabricante, reflejando una variación porcentual de 30%, 40%, 38% respectivamente.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Como resultado de la presente investigación, se puede concluir que:

- El propósito de este estudio se ha cumplido, ya que se desarrolló los ciclos de conducción para ciudad, carretera y combinado dentro del D.M.Q, aplicando un protocolo de pruebas y teniendo en cuenta la orografía del terreno, densidad del tráfico e infraestructura vial del Distrito, los cuales permiten evaluar el consumo de combustible en vehículos con motor de ciclo Otto.
- La metodología empleada permite obtener ciclos representativos del área de estudio, por ruta, sentido y por determinadas horas en que el flujo vehicular varía considerablemente; permitiendo su aplicación en cualquier parte del mundo.
- Los ciclos de conducción han sido validados mediante pruebas en tres escenarios reales con diferentes condiciones de tráfico, demostrando ser estadísticamente repetible y reproducible, además de tener una alta confiabilidad del 99,7% de las mediciones obtenidas en cada procedimiento; por lo tanto, los ciclos obtenidos en este estudio son fiables.
- Los resultados muestran que el consumo en ciudad es mayor (11,287 L/100 km), en comparación con el ciclo combinado (9,769 L/100 km) y el ciclo carretera (7,524 L/100 km).
- Para realizar este estudio se desarrolló una comparación del consumo de combustible obtenido en los ciclos D.M.Q y los indicados por el fabricante del vehículo, obteniendo como resultado diferencias marcadas entre ambos. En promedio los valores de los ciclos D.M.Q son mayores en 36 %.
- Para la construcción de la base de datos se seleccionaron las rutas con mayor flujo vehicular del Distrito y mediante un sistema de posicionamiento global se procedió a levantar los registros de: tiempo, posición y velocidad de cada viaje realizado en cada segundo de recorrido, en total se registraron 72 viajes efectivos y se completaron 1325,84 km de recorrido y 59 horas de manejo.

5.2. Recomendaciones

- Conducir el vehículo de muestra con el mismo conductor y a la misma hora con el fin de conseguir repetitividad y reproducibilidad en las pruebas realizadas en los ciclos representativos del D.M.Q.
- Inspeccionar las condiciones mecánicas del vehículo, de tal manera que permita identificar elementos y piezas en mal estado, que puedan ser corregidas o reemplazadas oportunamente, previniendo la ocurrencia de accidentes.
- Seguir el protocolo de pruebas para medir el consumo de combustible con el fin de evitar errores de causa asignable en los resultados.
- Realizar las pruebas de consumo de combustible en el mismo sentido de ruta establecido en cada uno de los ciclos (ciclo ciudad Sur-Norte, ciclo carretera Norte-Sur y ciclo combinado Este-Oeste), debido a que la orografía del terreno en cada sentido es diferente.
- Ejecutar las pruebas con condiciones ambientales libre de lluvia y sin ningún acontecimiento irregular en las vías debido a la variación de las condiciones de tráfico.

Trabajos futuros:

En este estudio se ha desarrollado los ciclos de conducción representativos del D.M.Q como herramienta para medir el consumo de combustible y después de haber realizado el mismo se pudo observar que sería interesante realizar lo siguiente:

- Simular en un dinamómetro los ciclos de conducción obtenidos, con el fin de hallar el consumo de combustible para cada tipo de vehículo manteniendo estandarizado las condiciones de prueba, además de la repetición de una manera más precisa.
- Mejorar los actuales cálculos de los inventarios de emisiones teniendo en cuenta los ciclos de conducción D.M.Q con las condiciones reales del Distrito.
- Ejecutar experimentos en una flota de vehículos con el objetivo de evaluar el consumo de combustible en otras tecnologías y comparar los datos obtenidos.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, H., Benalcazar, L., & Osses, M. (2012). Construcción de ciclos de conducción de Bogotá para la Estimación de factores de Emisión Vehiculares y Consumo de Combustible. *Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá*, 96-101.
- Acosta Corral, M. A. (2016). *Estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico en la cabina de un vehículo liviano*. Quito: EPN.
- Aguilera, A. V. (2004). *Desarrollo de Ciclos de Conducción Vehicular en el Municipio de Naucalpan-Edición Única*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Albán, E., & López, J. (Octubre de 2010). Desarrollo y validación de un método para la determinación de factores de emisión vehicular mediante pruebas a bordo en la ciudad de Quito. Quito, Ecuador: Repositorio EPN.
- Andre, & M. (1996). Driving cycle development: Characterization of the methods. *SAE paper*, pp 13.
- Andre, M., Hickman, A., Hassel, D., & Joumard, R. (1995). Driving cycles for emission measurements under European conditions. *International Congress and Exposition* (págs. 193-205). Detroit, Michigan: SAE Technical Paper Series 950926.
- ARPEM. (2014). *Ficha técnica Chevrolet Aveo 1.4 16v*. Obtenido de <http://www.arpem.com/coches/coches/chevrolet/aveo/modelos-08/chevrolet-aveo-14-1s-100-3p.html>
- Asamblea Nacional Constituyente. (26 de Abril de 2016). Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Austin, T., Carlson, T., & Dulla, R. (1995). Methodology for generating driving cycles for inventory development. *Environmental Protection Agency*, p 66.
- Austin, T., Digenova, F., Carlson, T., Joy, R., Gianolini, K., & Lee, J. (1993). *Characterization of driving patterns and emissions from light-duty vehicles in California; The final report*. California Air Resources Board. United States: Sierra Research report.
- Barlow, T., Latham, S., McCrae, I., & Boulter, P. (2009). *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. Published project report PPR354 TRL Limited-Department of Transport.
- Bielaczyc, P., Woodburn, J., & Szczotka, A. (2016). Exhaust Emissions of Gaseous and Solid Pollutants Measured over the NEDC, FTP-75 and WLTC Chassis Dynamometer Driving Cycles. *SAE International*. doi:10.4271/2016-01-1008

- Booth, A., Muneer, T., Kubie, J., & Kirby, H. (2002). A review of vehicular emission model and driving cycles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, p. 777.
- Borja, G. (2011). Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos. *Tesis Universidad Politécnica de Madrid*, pp. 30-31.
- Brandenbergera, S., Mohra, M., Grobb, K., & Neukom, H. (2005). *Contribution of unburned lubricating oil and diesel fuel to particulate emission from passenger cars*. Switzerland: sciencedirect.
- Cárdenas, J., & Kaslin, J. (2006). *Caracterización tecnológica del parque automotor del Distrito Metropolitana de Quito y propuesta para la reforma de la normativa ecuatoriana de emisiones en fuentes móviles terrestres*. Quito.
- CCICEV. (2007). Propuesta para la Fiscalización Técnica de los Seis Centros de Revisión y Control Vehicular del Distrito Metropolitano de Quito Durante el Año 2007. Quito, Ecuador.
- Charlie, C., & Romain, N. (2013). *Car-Engineer*. Obtenido de <http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
- Chen, C., Huang, C., Jing, Q., Wang, H., Pan, H., Li, L., . . . Streets, D. (2007). On-road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicles in Shanghai. *Atmospheric Environment*, 5334–5344.
- Chen, K., Wang, W., Chen, H., Lin, C., Hsu, H., Kao, J., & Hu, M. (2003). Motor cycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions. *The Science of the Total Environment*, 113-122.
- Degobert, P. (s.f.). Automóviles and Pollution. (SAE) *Society of Automotive Engineers. Inc. Editions Technip*, 101-161.
- DIESELNET. (02 de Marzo de 2005). *DieselNet*. Obtenido de Emission Test Cycles: <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/>
- Environmental Protection Agency. (2016). *Dynamometer Drive Schedules*. Obtenido de <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules>
- EPA. (Marzo de 1998). Federal Test Procedure Review Project: Preliminary Technical Report. 1-207.
- Esteves-Booth, A., Muneer, T., Kubie, J., & Kirbi, H. (2002). A review of vehicular emission models and driving cycles. *Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 777-797.
- Fotouhi, A. (2012). Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*, 283-293.

- Gammriello, R., & Long, J. (1996). Development of Unified Correction Cycles. *Sixth CRC on-Road Vehicle Emissions Workshop*. San Diego.
- Gautam, M., Clark, N., Scott, W., Thompson, G., Lyons, D., Riddle, W., & Nine, R. (2002b). Qualification of the heavy heavy-duty diesel truck schedule and development of test procedures. *CRC Project No. E-55-2*.
- Google Earth. (2016). *Mapa del Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Google Maps. (2016). *Mapa del Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-0.1865944,-78.4305382,11z>
- Huertas, J., García, E., & Díaz, J. (2004). *Sistema instrumental para evaluar vehículos mediante pruebas en pista*. México.
- Hung, W., Tam, K., Lee, C., Chan, L., & Cheung, C. (2005). Comparison of driving characteristics in cities of Pearl River Delta, China. *Sciencedirect*, 615-625.
- Hung, W., Tam, K., Lee, C., Chan, L., & Cheung, C. (2006). Characterizing Driving Patterns for Zhuhai for Traffic Emissions Estimation. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 1420-1430. doi:10.1080/10473289.2006.10464550
- Hung, W., Tong, H., Lee, C., Ha, K., & Pao, L. (2007). Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong. *Elsevier Transportation Research*, 115-128.
- INEC. (2014). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2015*. Quito: ecuadorencifras.
- Johnson, T., Formenti, D., Gray, R., & Peterson, W. (1975). Measurement of motor vehicle operation pertinent to fuel economy. *SAE Paper*.
- Kent, J., Allen, G., & Rule, G. (1978). A driving cycle for Sydney. *Elsevier Transportation Research*, 147-152.
- Kruse, R., & Huls, T. (1973). Development for the federal urban driving cycle. *SAE Paper 730553*.
- Lee, C. P. (2006). Development of driving cycles for characterizing vehicular emission factors. Doctoral dissertation, The Hong Kong Polytechnic University.
- López, J. L. (2013). *Evaluación de consumo de combustible en el distrito metropolitano dE Quito*. QUITO.
- Magaña, V., & Organero, M. (2014). Algoritmo para el cálculo de la velocidad media óptima en una ruta (ASGA). *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 435-443.
- Martínez, J. (2014). Desarrollo de un ciclo de conducción en sustitución del NEDC. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI*.

- Molina, M., & Muñoz, E. (2006). Desarrollo de un método para determinar factores de Emisión en vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Quito. *Escuela Politécnica Nacional*.
- Morey, J., Limanond, T., & Niemeier, D. (2000). Validity of chase car data used in developing emissions cycles. Special issue on the Statistical Analysis and Modeling of Automotive Emissions. *Journal of Transportation and Statistics*, 15-28.
- Pintos Gómez de las Heras, B. (2011). Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos.
- Ramírez, J. (1997). Propuesta de un ciclo de manejo representativo de la ZMVM, para homologar vehículos ligeros. *Tesis de maestría UNAM*.
- Restrepo, A., Carranza, Y., & Tibaquirá, J. (2007). Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira. *Scientia et Technica*.
- Rodríguez Ojeda, L. (2007). *Probabilidad y Estadística Básica Para Ingenieros*. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral-Instituto de Ciencias Matemáticas.
- Sachin , C., Prashant , K., Mukesh , K., M , S., & Biswajit , B. (2012). Development of Delhi Driving Cycle: A Tool for Realistic Assessment of Exhaust Emissions from . *SAE International*.
- Secretaría de Movilidad-DPPM. (2016). Flujo de tráfico promediado de la semana lunes a viernes en el Distrito Metropolitano de Quito 2009 al 2015. Quito, Pichincha, Ecuador.
- SEMARNAT. (s.f.). *Determinación de los factores de emisión para fuentes vehiculares circulando en la zona metropolitana del valle de México en unidades de gramos por kilómetro*. Obtenido de [http://carpetas.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/05_Aire/5.1_Inv entario/index.shtml](http://carpetas.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/05_Aire/5.1_Inv%20entario/index.shtml)
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2002). NTE INEN 2204 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. Quito, Ecuador.
- Stern, A. (2009). *Air Pollution: Measuring, Monitoring and Surveillance of Air Pollution*. New York: Academic Press.
- Tamsanya, S., Chungpaibulpatan, S., & Limmeechokchai, B. (2009). Development of a driving cycle for the measurement of fuel consumption and exhaust emissions of

- automobiles in Bangkok during peak periods. *International Journal of Automotive Technology*, 251-264.
- Tamsanya, S., Chungpaibulpattana, S., & Atthajariyakul, S. (2006). Development of automobile Bangkok driving cycle for emissions and fuel consumption assessment. *Paper presented at the 2nd joint international conference on 'Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)'*.
- Tong. (2011). On-Road motor vehicle emissions and fuel consumption in urban driving conditions. *Journal of the air and management association*, 543-554.
- Tong, H., & Hung, W. (2010). A Framework for Developing Driving Cycles with OnRoad Driving Data. *Transport Reviews*, 589-615. doi:10.1080/01441640903286134
- Tong, H., Hung, W., & Cheung, C. (1999). Development of a driving cycle for Hong Kong. *Pergamon Atmospheric Environment*, 2323-2335.
- Tsai, J., Chiang, H., Hsu, Y., Peng, B., & Hung, R. (2005). Development of a local real world driving cycle for motorcycles for emission factor measurements. *Atmospheric Environment*, 6631-6641.
- Tzeng, G., & Chen, J. (1998). Developing a Taipei motorcycle driving cycle for emissions and fuel economy. *Transportation Research*, 19-27.
- U-blox AG. (2015). [www.u-blox.com](http://ec-mobile.ru/user_files/File/u-blox/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf). Obtenido de u-blox AG: [http://ec-mobile.ru/user_files/File/u-blox/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](http://ec-mobile.ru/user_files/File/u-blox/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf)
- Valdéz, A. (01 de 12 de 2004). Desarrollo de Ciclos de Conducción Vehicular en el Municipio de Naucalpan. *Unica*, 14. Naucalpan, México: ITESM-CEM. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11285/572354>
- Van de Weijer, C., Van der Graaf, R., Hendriksen, P., & Verbeek, R. (Junio de 1993). Urban bus driving cycle. In *4th International EAEC Conference on Vehicle and Traffic Systems Safety, Strasbourg, France*.
- Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., & Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. *ScienceDirect*, 289-297.
- WEBSTER, A. (2000). Estadística aplicada a la Empresa y a la Economía. Colombia: 3ra Edición.

Nomenclatura

ARTEMIS:	Evaluación y confiabilidad de los modelos y sistemas de inventario de las emisiones procedentes de los transportes.
CC:	Consumo de combustible.
CCICEV:	Centro de Transferencia Tecnológica Para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares.
CE:	Comunidad europea.
CO:	Monóxido de carbono.
CO ₂ :	Dióxido de carbono.
D.M.Q.	Distrito Metropolitano de Quito.
ECE:	Comisión económica para Europa.
EDC:	Ciclo de conducción de Edimburgo.
EPA:	Agencia de protección ambiental de Estados Unidos de Norteamérica.
EUDC:	Ciclo de conducción extra-urbano europeo.
FTP:	Procedimiento de prueba federal.
GPS:	Sistema de Posición Global.
HC:	Hidrocarburos.
HHDDT:	Ciclo para vehículos a diesel de servicio pesado desarrollado en California.
HWFEC:	Ciclo de rendimiento de combustible en carretera desarrollado en Michigan, Indiana y Ohio.
HYZEM:	Movilidad eficiente cero emisiones con enfoque de tecnología híbrida.
INRETS:	Instituto Nacional de Investigaciones en Transporte y Seguridad.
JC:	Ciclo de conducción japonés.
LA:	Ciclo de conducción de Los Ángeles.
MODEM:	Modelación de emisiones y consumo de combustible en áreas urbanas.
NEDC:	Nuevo ciclo de conducción europeo.
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana.
NO _x :	Óxidos de nitrógeno.
PCA:	Análisis de componentes principales.
PSI:	Presión por pulgada cuadrada.
REMAAQ:	Red Metropolitana de Monitoreo del Aire de Quito.
SAE:	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
SCUEDC:	Ciclo de conducción de emisiones urbano compuesto simplificado

	desarrollado en Sídney.
TMDC:	Ciclo de conducción para motocicletas desarrollado por Taipéi.
TRAFFIX:	Índice de flujo de tráfico.
UCC:	Ciclo de corrección unificado desarrollado por Estados Unidos.
UDC:	Ciclo de conducción urbano desarrollado por Turquía.
UDDS:	Programa de conducción urbano dinamométrico.
UEDC:	Ciclo de conducción de emisiones urbano desarrollado en Sídney.
URB:	Ciclo de conducción urbano para motocicletas desarrollado por Taiwán.
USA:	Estados Unidos de Norteamérica.
UTAC:	Ciclo de conducción de la Unión técnica del Automóvil desarrollado en París.
UTPS:	Sistema de planificación de transporte urbano.
WLTP:	Procedimiento de pruebas de vehículos ligeros coordinados a nivel mundial.

ANEXOS

ANEXOS

- I** Anexo digital de recopilación de datos ruta ciudad
- II** Anexo digital de recopilación de datos ruta carretera
- III** Anexo digital de recopilación de datos ruta combinado
- IV** Datos de velocidad cada segundo del ciclo D.M.Q Ciudad
- V** Datos de velocidad cada segundo del ciclo D.M.Q Carretera
- VI** Datos de velocidad cada segundo del ciclo D.M.Q Combinado
- VII** Ficha de revisión técnica vehicular
- VIII** Factores para cálculos de gráficas de control por variables

Anexo IV

Datos de velocidad cada segundo del ciclo D.M.Q Ciudad

Tabla IV.1. Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del Ciclo D.M.Q Ciudad

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
0	0,00												
1	0,00	46	24,36	91	0,00	136	36,49	181	0,00	226	40,38	271	42,17
2	0,00	47	23,25	92	0,00	137	36,40	182	0,00	227	38,37	272	42,08
3	0,00	48	23,87	93	0,00	138	37,82	183	0,00	228	33,06	273	42,11
4	0,00	49	22,45	94	0,00	139	38,76	184	0,00	229	29,79	274	41,17
5	0,00	50	18,23	95	0,00	140	40,37	185	0,00	230	21,81	275	40,34
6	0,00	51	15,46	96	0,00	141	42,19	186	1,60	231	14,94	276	39,91
7	1,27	52	13,67	97	0,00	142	42,34	187	5,27	232	11,23	277	39,51
8	0,00	53	13,66	98	0,00	143	41,65	188	8,67	233	12,58	278	38,89
9	1,39	54	12,19	99	0,00	144	41,17	189	12,38	234	17,20	279	38,83
10	1,18	55	8,17	100	0,00	145	40,81	190	14,87	235	20,07	280	39,53
11	1,24	56	5,53	101	0,00	146	40,09	191	16,69	236	21,92	281	40,05
12	0,00	57	4,75	102	0,00	147	39,82	192	17,98	237	24,23	282	39,74
13	1,54	58	4,07	103	0,00	148	40,31	193	21,40	238	26,44	283	39,77
14	1,36	59	4,01	104	0,00	149	40,70	194	22,15	239	28,48	284	39,69
15	5,63	60	5,52	105	0,00	150	40,19	195	24,62	240	29,47	285	40,02
16	7,15	61	7,45	106	0,00	151	39,02	196	27,18	241	30,40	286	40,22
17	8,69	62	9,30	107	0,00	152	38,29	197	30,12	242	29,96	287	39,48
18	12,90	63	11,68	108	0,00	153	38,58	198	32,51	243	29,23	288	38,55
19	16,21	64	12,66	109	0,00	154	37,44	199	35,17	244	26,72	289	38,83
20	15,82	65	13,75	110	0,00	155	36,85	200	35,87	245	23,75	290	38,42
21	16,53	66	15,64	111	0,00	156	35,02	201	34,73	246	21,47	291	37,06
22	16,99	67	17,64	112	0,00	157	33,07	202	33,12	247	16,53	292	35,83
23	18,01	68	18,08	113	0,00	158	29,11	203	32,10	248	12,23	293	35,63
24	18,61	69	19,17	114	0,00	159	26,74	204	31,17	249	6,12	294	34,40
25	18,04	70	22,41	115	0,00	160	24,05	205	30,39	250	3,82	295	33,99
26	19,03	71	24,72	116	0,00	161	17,86	206	29,60	251	2,88	296	33,00
27	20,71	72	24,31	117	1,13	162	11,32	207	29,23	252	2,02	297	31,43
28	20,38	73	19,04	118	1,31	163	5,95	208	30,12	253	0,00	298	28,25
29	18,11	74	11,31	119	1,17	164	2,31	209	30,77	254	0,00	299	24,73
30	15,89	75	6,62	120	2,22	165	1,62	210	30,78	255	0,00	300	19,78
31	15,79	76	5,52	121	3,97	166	2,06	211	31,79	256	0,00	301	14,60
32	16,21	77	3,64	122	6,90	167	1,60	212	33,08	257	0,00	302	9,70
33	16,42	78	2,48	123	11,60	168	0,00	213	32,93	258	3,72	303	4,74
34	18,26	79	2,54	124	14,82	169	0,00	214	34,17	259	9,01	304	1,90
35	21,22	80	2,90	125	15,53	170	0,00	215	34,81	260	11,86	305	0,00
36	24,11	81	1,72	126	19,19	171	0,00	216	37,14	261	15,64	306	0,00
37	26,20	82	0,00	127	21,87	172	0,00	217	38,89	262	19,25	307	0,00
38	26,65	83	0,00	128	25,91	173	0,00	218	38,92	263	20,31	308	0,00
39	26,53	84	0,00	129	28,99	174	0,00	219	37,69	264	23,76	309	0,00
40	27,08	85	0,00	130	30,32	175	0,00	220	38,55	265	28,52	310	0,00
41	27,34	86	0,00	131	30,34	176	0,00	221	39,55	266	31,24	311	0,00
42	25,69	87	0,00	132	31,59	177	0,00	222	40,00	267	34,69	312	0,00
43	24,82	88	0,00	133	33,00	178	0,00	223	39,17	268	38,84	313	0,00
44	25,96	89	0,00	134	34,88	179	0,00	224	39,54	269	42,14	314	0,00
45	26,37	90	0,00	135	35,62	180	0,00	225	40,85	270	42,94	315	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
316	0,00	361	27,58	406	0,00	451	38,12	496	0,00	541	35,71	586	9,91
317	0,00	362	28,06	407	0,00	452	38,24	497	0,00	542	36,44	587	12,64
318	0,00	363	28,61	408	0,00	453	38,17	498	0,00	543	36,63	588	15,15
319	1,49	364	30,08	409	0,00	454	38,49	499	0,00	544	37,22	589	17,60
320	4,28	365	31,12	410	0,00	455	38,72	500	0,00	545	37,79	590	19,46
321	7,62	366	31,14	411	0,00	456	39,12	501	0,00	546	38,52	591	21,33
322	11,32	367	31,84	412	0,00	457	39,42	502	0,00	547	38,87	592	22,89
323	14,39	368	31,90	413	0,00	458	39,93	503	0,00	548	39,88	593	24,24
324	16,71	369	31,48	414	0,10	459	39,23	504	0,00	549	40,24	594	25,69
325	17,19	370	30,95	415	0,00	460	38,76	505	1,34	550	40,36	595	27,32
326	18,01	371	31,61	416	0,00	461	38,21	506	0,00	551	40,06	596	26,90
327	19,78	372	32,52	417	0,00	462	38,88	507	0,00	552	39,31	597	28,16
328	21,30	373	33,15	418	0,00	463	38,38	508	0,00	553	38,03	598	29,93
329	21,93	374	33,42	419	0,00	464	38,27	509	0,00	554	36,71	599	30,79
330	22,44	375	33,35	420	0,00	465	34,63	510	0,00	555	34,85	600	30,55
331	23,35	376	32,73	421	0,00	466	29,11	511	0,00	556	33,49	601	30,16
332	25,44	377	31,04	422	2,57	467	22,61	512	0,00	557	31,88	602	29,80
333	27,80	378	29,49	423	6,90	468	17,54	513	0,00	558	29,88	603	29,60
334	30,41	379	26,29	424	8,61	469	12,59	514	0,00	559	27,05	604	28,81
335	30,01	380	22,67	425	11,87	470	8,73	515	0,00	560	23,95	605	27,84
336	29,87	381	18,75	426	14,55	471	4,65	516	0,00	561	20,72	606	27,29
337	30,53	382	15,50	427	17,70	472	3,42	517	0,00	562	17,55	607	27,02
338	31,12	383	9,96	428	17,35	473	1,94	518	0,00	563	16,31	608	26,65
339	32,36	384	4,45	429	17,08	474	1,58	519	0,00	564	16,34	609	26,71
340	33,10	385	1,94	430	18,55	475	1,20	520	0,00	565	18,73	610	27,02
341	33,48	386	1,24	431	20,74	476	2,23	521	0,00	566	21,39	611	26,89
342	33,98	387	1,09	432	22,36	477	2,04	522	0,00	567	23,85	612	27,23
343	34,14	388	0,00	433	23,60	478	1,28	523	0,00	568	26,26	613	27,53
344	33,92	389	1,44	434	24,54	479	0,00	524	0,00	569	27,16	614	27,36
345	32,94	390	1,03	435	24,35	480	0,00	525	0,00	570	29,29	615	27,47
346	31,23	391	0,11	436	23,20	481	0,00	526	0,00	571	30,49	616	27,45
347	30,25	392	1,07	437	23,38	482	0,00	527	0,00	572	31,22	617	27,22
348	29,44	393	0,00	438	25,17	483	0,00	528	0,00	573	31,90	618	26,94
349	29,25	394	1,07	439	26,89	484	0,00	529	0,00	574	32,08	619	26,68
350	29,15	395	0,00	440	28,97	485	0,00	530	6,54	575	32,31	620	26,66
351	30,26	396	0,00	441	30,65	486	0,00	531	12,42	576	32,13	621	26,62
352	30,70	397	0,00	442	32,39	487	0,00	532	17,50	577	31,32	622	25,40
353	30,21	398	0,00	443	35,38	488	0,00	533	18,93	578	30,24	623	22,78
354	29,47	399	0,00	444	38,38	489	0,00	534	22,17	579	28,85	624	20,00
355	29,58	400	0,00	445	39,57	490	0,00	535	24,38	580	27,28	625	17,42
356	29,63	401	0,00	446	39,36	491	0,00	536	28,54	581	26,06	626	13,40
357	29,24	402	0,00	447	39,77	492	0,00	537	31,54	582	21,20	627	8,45
358	28,66	403	0,00	448	40,10	493	0,00	538	33,47	583	16,10	628	5,06
359	27,91	404	0,00	449	39,63	494	0,00	539	35,41	584	11,76	629	0,00
360	27,37	405	0,00	450	38,67	495	0,00	540	36,15	585	9,79	630	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
631	0,00	676	0,00	721	10,45	766	0,00	811	28,28	856	10,41	901	31,88
632	0,00	677	0,00	722	11,06	767	0,00	812	30,34	857	12,70	902	31,48
633	0,00	678	0,00	723	10,72	768	0,00	813	32,98	858	15,19	903	32,06
634	0,00	679	0,00	724	11,01	769	0,00	814	34,00	859	17,09	904	31,52
635	0,00	680	0,00	725	10,86	770	0,00	815	33,53	860	19,57	905	31,44
636	0,00	681	0,00	726	12,34	771	0,00	816	31,97	861	22,35	906	30,95
637	0,00	682	0,00	727	10,45	772	0,00	817	30,91	862	24,65	907	30,27
638	2,57	683	0,00	728	9,57	773	0,00	818	29,10	863	28,50	908	29,39
639	4,61	684	0,00	729	9,42	774	0,00	819	29,68	864	30,97	909	29,36
640	5,63	685	0,00	730	8,78	775	0,00	820	26,68	865	32,67	910	27,51
641	4,40	686	0,00	731	8,83	776	1,10	821	25,79	866	33,99	911	27,59
642	2,65	687	2,21	732	9,80	777	0,00	822	27,22	867	34,60	912	26,91
643	0,00	688	6,01	733	9,82	778	0,00	823	28,24	868	34,18	913	25,74
644	0,00	689	10,07	734	11,05	779	0,00	824	29,84	869	34,05	914	20,99
645	0,00	690	12,63	735	11,13	780	0,00	825	29,42	870	31,88	915	17,06
646	0,00	691	15,04	736	11,18	781	0,00	826	32,32	871	32,70	916	15,12
647	0,00	692	17,49	737	10,76	782	0,00	827	33,73	872	32,15	917	14,04
648	2,23	693	18,10	738	10,75	783	0,00	828	33,80	873	31,66	918	12,52
649	1,41	694	18,17	739	12,15	784	0,00	829	33,29	874	31,31	919	10,42
650	1,02	695	19,18	740	13,59	785	0,00	830	33,59	875	31,80	920	8,98
651	0,00	696	20,02	741	14,21	786	0,00	831	35,44	876	32,92	921	8,05
652	1,10	697	19,88	742	15,75	787	0,00	832	36,68	877	33,48	922	6,81
653	0,00	698	19,13	743	17,55	788	1,05	833	36,67	878	32,38	923	3,91
654	0,00	699	17,74	744	18,31	789	0,00	834	37,12	879	32,05	924	2,40
655	0,00	700	16,61	745	19,21	790	0,00	835	39,55	880	33,61	925	2,02
656	0,00	701	15,38	746	18,87	791	1,59	836	41,38	881	34,98	926	1,17
657	0,00	702	14,41	747	16,74	792	1,59	837	40,68	882	35,67	927	1,17
658	0,00	703	13,82	748	15,20	793	0,00	838	40,17	883	35,57	928	0,00
659	0,00	704	12,00	749	12,95	794	0,00	839	39,52	884	36,33	929	0,00
660	0,00	705	11,03	750	10,06	795	0,00	840	39,80	885	36,84	930	0,00
661	0,00	706	9,75	751	8,37	796	0,00	841	39,51	886	37,40	931	0,00
662	0,00	707	9,25	752	6,26	797	0,00	842	39,02	887	36,92	932	1,14
663	0,00	708	8,41	753	3,59	798	0,00	843	37,70	888	37,33	933	1,63
664	0,00	709	7,78	754	1,38	799	0,00	844	35,73	889	37,27	934	2,13
665	0,00	710	7,60	755	0,00	800	1,02	845	31,62	890	38,03	935	1,45
666	0,00	711	8,41	756	0,00	801	3,44	846	26,12	891	38,59	936	0,00
667	0,00	712	9,55	757	1,46	802	4,56	847	21,31	892	37,78	937	0,00
668	0,00	713	10,81	758	1,44	803	7,60	848	16,94	893	37,07	938	0,00
669	0,00	714	11,12	759	1,36	804	11,07	849	14,22	894	34,82	939	1,11
670	0,00	715	10,48	760	0,00	805	15,81	850	10,97	895	33,06	940	0,00
671	0,00	716	9,73	761	0,00	806	21,44	851	7,05	896	32,25	941	0,00
672	0,00	717	8,63	762	0,00	807	22,75	852	5,62	897	31,95	942	0,00
673	0,00	718	9,69	763	0,00	808	25,96	853	6,30	898	31,73	943	0,00
674	0,00	719	10,78	764	0,00	809	28,08	854	7,69	899	31,57	944	0,00
675	0,00	720	10,90	765	0,00	810	28,63	855	8,68	900	31,55	945	0,12

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
946	1,31	991	3,43	1036	0,00	1081	8,53	1126	1,75	1171	3,86
947	0,00	992	4,19	1037	0,00	1082	9,82	1127	2,97	1172	4,47
948	1,02	993	4,34	1038	0,00	1083	11,43	1128	3,57	1173	3,21
949	3,60	994	4,03	1039	0,00	1084	12,82	1129	3,76	1174	3,05
950	6,27	995	3,80	1040	0,00	1085	13,14	1130	3,88	1175	1,81
951	8,68	996	4,47	1041	0,00	1086	14,35	1131	2,88	1176	0,00
952	11,21	997	5,15	1042	0,00	1087	14,63	1132	3,03	1177	0,00
953	14,04	998	5,83	1043	0,00	1088	15,54	1133	0,00	1178	1,19
954	15,08	999	5,52	1044	0,15	1089	17,29	1134	0,00	1179	1,54
955	15,91	1000	5,74	1045	1,57	1090	18,39	1135	0,00	1180	0,12
956	17,24	1001	5,69	1046	1,74	1091	18,66	1136	0,00	1181	0,00
957	18,71	1002	4,91	1047	1,19	1092	17,37	1137	0,00	1182	0,00
958	19,46	1003	3,57	1048	1,32	1093	15,80	1138	0,00	1183	0,00
959	19,52	1004	2,46	1049	2,43	1094	12,30	1139	0,00	1184	0,00
960	20,03	1005	2,23	1050	2,16	1095	8,67	1140	0,00	1185	0,00
961	20,27	1006	1,96	1051	1,35	1096	5,97	1141	0,00	1186	0,00
962	20,56	1007	1,20	1052	0,00	1097	2,29	1142	0,00	1187	0,00
963	21,35	1008	0,00	1053	0,00	1098	1,61	1143	0,00	1188	1,24
964	22,11	1009	0,00	1054	1,34	1099	1,95	1144	0,00	1189	1,56
965	22,73	1010	0,13	1055	1,26	1100	1,63	1145	0,00	1190	0,00
966	23,17	1011	1,64	1056	0,00	1101	0,00	1146	0,00	1191	0,00
967	22,55	1012	1,03	1057	0,00	1102	0,00	1147	0,00	1192	0,00
968	21,04	1013	0,00	1058	0,00	1103	0,00	1148	0,00	1193	0,00
969	21,15	1014	0,00	1059	0,00	1104	0,00	1149	0,00	1194	0,00
970	19,20	1015	0,00	1060	0,00	1105	0,00	1150	0,00	1195	0,00
971	17,79	1016	0,00	1061	0,00	1106	0,00	1151	0,00	1196	0,00
972	14,66	1017	0,00	1062	0,00	1107	1,31	1152	0,00	1197	0,00
973	10,46	1018	0,00	1063	0,00	1108	1,04	1153	0,00	1198	0,00
974	5,21	1019	0,00	1064	0,00	1109	1,38	1154	0,00	1199	0,00
975	3,85	1020	0,00	1065	0,00	1110	1,48	1155	1,42	1200	1,34
976	4,22	1021	1,18	1066	0,00	1111	1,82	1156	1,45	1201	0,00
977	6,10	1022	0,00	1067	0,00	1112	1,82	1157	1,23	1202	0,00
978	7,59	1023	0,00	1068	0,00	1113	1,20	1158	1,40	1203	0,00
979	8,93	1024	1,10	1069	0,00	1114	1,57	1159	0,00	1204	0,00
980	7,73	1025	0,00	1070	1,30	1115	1,45	1160	1,13	1205	0,00
981	4,13	1026	0,00	1071	1,55	1116	1,29	1161	1,50	1206	0,00
982	2,05	1027	0,00	1072	2,51	1117	0,00	1162	0,00	1207	0,00
983	0,00	1028	0,00	1073	3,31	1118	0,00	1163	1,62	1208	0,00
984	0,00	1029	0,00	1074	5,09	1119	0,00	1164	2,67	1209	0,00
985	0,00	1030	0,00	1075	5,86	1120	0,00	1165	2,54	1210	0,00
986	0,00	1031	0,00	1076	6,60	1121	0,00	1166	4,25	1211	0,00
987	1,20	1032	0,00	1077	7,68	1122	0,00	1167	7,92	1212	0,00
988	1,96	1033	0,00	1078	8,62	1123	0,00	1168	8,88	1213	0,00
989	2,52	1034	0,00	1079	9,14	1124	0,00	1169	8,12	1214	0,00
990	2,80	1035	0,00	1080	9,03	1125	0,00	1170	5,90	1215	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1216	1,17	1261	23,01	1306	23,06	1351	0,10	1396	24,89	1441	37,66
1217	1,16	1262	24,64	1307	22,69	1352	0,00	1397	25,67	1442	38,74
1218	0,00	1263	25,70	1308	23,08	1353	0,00	1398	26,17	1443	40,41
1219	2,94	1264	25,91	1309	22,91	1354	0,00	1399	26,63	1444	42,40
1220	2,48	1265	25,01	1310	22,25	1355	0,00	1400	26,20	1445	43,61
1221	2,08	1266	23,67	1311	22,30	1356	0,00	1401	24,45	1446	44,78
1222	1,94	1267	22,64	1312	22,33	1357	0,00	1402	21,83	1447	45,58
1223	2,06	1268	20,85	1313	22,41	1358	0,00	1403	20,09	1448	45,77
1224	1,29	1269	18,65	1314	22,50	1359	0,00	1404	18,84	1449	45,32
1225	0,00	1270	15,65	1315	23,21	1360	1,08	1405	18,19	1450	45,05
1226	1,10	1271	12,63	1316	23,55	1361	1,64	1406	15,96	1451	44,21
1227	0,00	1272	9,13	1317	24,48	1362	1,63	1407	13,96	1452	44,06
1228	3,54	1273	9,17	1318	25,18	1363	1,05	1408	11,20	1453	43,81
1229	4,49	1274	10,52	1319	25,62	1364	0,00	1409	9,00	1454	42,95
1230	6,00	1275	11,80	1320	26,06	1365	0,00	1410	6,36	1455	41,17
1231	9,33	1276	13,25	1321	25,53	1366	0,00	1411	3,92	1456	40,24
1232	11,26	1277	14,98	1322	24,71	1367	0,00	1412	1,43	1457	35,38
1233	13,19	1278	16,85	1323	24,09	1368	0,00	1413	0,00	1458	34,86
1234	14,10	1279	18,74	1324	23,93	1369	0,00	1414	0,00	1459	32,01
1235	15,31	1280	21,14	1325	22,55	1370	0,00	1415	0,00	1460	29,63
1236	15,50	1281	23,19	1326	21,77	1371	0,00	1416	0,00	1461	25,60
1237	13,98	1282	25,02	1327	20,71	1372	1,45	1417	0,00	1462	19,30
1238	12,64	1283	26,66	1328	18,31	1373	2,20	1418	0,00	1463	14,03
1239	10,34	1284	28,23	1329	18,00	1374	4,74	1419	0,00	1464	10,82
1240	7,78	1285	29,13	1330	21,14	1375	7,39	1420	0,00	1465	6,70
1241	7,59	1286	29,31	1331	20,84	1376	9,75	1421	0,00	1466	1,92
1242	7,82	1287	29,05	1332	19,36	1377	12,62	1422	0,00	1467	0,00
1243	9,83	1288	28,81	1333	17,77	1378	14,91	1423	0,00	1468	0,00
1244	13,36	1289	28,83	1334	17,89	1379	15,82	1424	4,61	1469	0,00
1245	17,58	1290	28,99	1335	18,49	1380	15,66	1425	11,38	1470	0,00
1246	19,33	1291	29,00	1336	19,38	1381	15,47	1426	15,54	1471	0,00
1247	21,04	1292	28,46	1337	17,99	1382	16,31	1427	13,96	1472	0,00
1248	22,85	1293	28,11	1338	17,14	1383	17,83	1428	14,52	1473	0,00
1249	23,80	1294	26,81	1339	18,48	1384	19,06	1429	16,53	1474	0,00
1250	25,42	1295	25,56	1340	18,37	1385	17,67	1430	18,58	1475	0,00
1251	26,17	1296	26,94	1341	17,40	1386	15,80	1431	21,29	1476	0,00
1252	26,11	1297	26,78	1342	16,16	1387	17,31	1432	23,63	1477	0,00
1253	25,64	1298	26,57	1343	13,51	1388	18,55	1433	26,11	1478	0,00
1254	23,30	1299	26,25	1344	12,22	1389	18,90	1434	28,92	1479	0,00
1255	22,93	1300	25,66	1345	11,15	1390	18,70	1435	31,72	1480	0,00
1256	22,73	1301	24,70	1346	9,46	1391	19,07	1436	31,35	1481	0,00
1257	22,60	1302	24,85	1347	7,37	1392	21,39	1437	32,15	1482	0,00
1258	21,88	1303	24,33	1348	4,30	1393	22,22	1438	33,56	1483	0,00
1259	21,79	1304	23,63	1349	0,00	1394	23,16	1439	34,86	1484	0,00
1260	21,34	1305	23,16	1350	0,00	1395	23,91	1440	36,44	1485	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1486	0,00	1531	14,22	1576	0,00	1621	16,05	1666	23,57	1711	20,71
1487	0,00	1532	11,40	1577	0,00	1622	17,08	1667	22,82	1712	20,53
1488	0,00	1533	13,64	1578	1,79	1623	17,47	1668	23,07	1713	20,89
1489	0,00	1534	16,71	1579	1,60	1624	18,11	1669	23,21	1714	21,38
1490	0,00	1535	19,31	1580	2,78	1625	16,90	1670	24,57	1715	21,89
1491	0,00	1536	21,50	1581	6,19	1626	13,54	1671	25,49	1716	22,14
1492	0,00	1537	24,91	1582	7,82	1627	9,80	1672	27,19	1717	21,97
1493	0,00	1538	24,35	1583	10,38	1628	5,90	1673	28,38	1718	22,38
1494	6,81	1539	25,42	1584	11,74	1629	2,85	1674	28,09	1719	22,02
1495	12,51	1540	27,72	1585	11,80	1630	0,00	1675	27,26	1720	21,22
1496	15,04	1541	29,12	1586	11,11	1631	0,00	1676	25,38	1721	20,39
1497	13,07	1542	29,36	1587	10,13	1632	0,00	1677	24,24	1722	20,42
1498	14,71	1543	27,57	1588	7,47	1633	0,00	1678	19,38	1723	20,32
1499	17,03	1544	25,98	1589	3,79	1634	0,00	1679	13,81	1724	20,47
1500	19,56	1545	25,06	1590	2,33	1635	0,00	1680	7,87	1725	20,88
1501	20,70	1546	23,70	1591	1,03	1636	0,00	1681	5,83	1726	20,67
1502	22,56	1547	20,52	1592	0,00	1637	0,00	1682	6,03	1727	19,64
1503	24,53	1548	21,31	1593	0,00	1638	0,00	1683	9,70	1728	18,00
1504	26,06	1549	21,56	1594	0,00	1639	0,00	1684	11,66	1729	16,07
1505	26,57	1550	22,42	1595	0,00	1640	0,00	1685	13,74	1730	13,70
1506	27,62	1551	23,22	1596	0,00	1641	0,00	1686	14,99	1731	11,03
1507	30,54	1552	23,15	1597	0,00	1642	0,00	1687	16,41	1732	7,57
1508	32,93	1553	23,18	1598	0,00	1643	0,00	1688	17,33	1733	4,78
1509	32,43	1554	22,19	1599	0,00	1644	0,00	1689	17,84	1734	1,12
1510	31,06	1555	22,05	1600	0,00	1645	0,00	1690	19,20	1735	0,00
1511	31,44	1556	21,84	1601	0,00	1646	0,00	1691	19,97	1736	0,00
1512	31,50	1557	19,80	1602	0,00	1647	0,00	1692	20,42	1737	0,00
1513	32,29	1558	15,76	1603	0,00	1648	2,04	1693	20,60	1738	0,00
1514	32,80	1559	12,86	1604	0,00	1649	1,34	1694	20,98	1739	0,00
1515	33,75	1560	11,54	1605	2,16	1650	4,05	1695	18,16	1740	2,65
1516	34,49	1561	11,68	1606	7,14	1651	8,52	1696	16,39	1741	6,90
1517	33,94	1562	13,19	1607	10,43	1652	11,60	1697	18,84	1742	10,94
1518	32,79	1563	15,89	1608	11,22	1653	14,28	1698	19,59	1743	11,18
1519	31,13	1564	18,39	1609	11,02	1654	15,84	1699	21,26	1744	10,12
1520	28,94	1565	19,53	1610	7,33	1655	17,19	1700	21,53	1745	9,72
1521	28,50	1566	18,16	1611	3,53	1656	17,40	1701	20,91	1746	8,52
1522	27,57	1567	14,72	1612	0,00	1657	19,70	1702	20,36	1747	9,57
1523	25,78	1568	9,78	1613	0,00	1658	21,13	1703	20,75	1748	10,13
1524	23,27	1569	7,46	1614	0,00	1659	22,54	1704	20,58	1749	11,35
1525	22,37	1570	7,73	1615	0,00	1660	23,51	1705	19,65	1750	11,98
1526	22,37	1571	6,89	1616	4,00	1661	24,04	1706	18,83	1751	12,11
1527	21,86	1572	4,10	1617	8,69	1662	25,03	1707	20,34	1752	11,98
1528	20,82	1573	2,41	1618	11,34	1663	23,80	1708	21,20	1753	11,80
1529	19,73	1574	0,00	1619	12,72	1664	23,62	1709	20,55	1754	11,24
1530	17,23	1575	0,00	1620	14,00	1665	23,30	1710	20,35	1755	10,30

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1756	9,92	1801	9,60	1846	20,18	1891	8,43	1936	0,00	1981	21,34
1757	9,62	1802	10,49	1847	20,01	1892	8,43	1937	0,00	1982	17,77
1758	8,86	1803	11,06	1848	20,05	1893	9,31	1938	0,00	1983	16,20
1759	7,86	1804	9,79	1849	20,18	1894	10,04	1939	0,00	1984	16,77
1760	6,53	1805	8,70	1850	20,42	1895	11,50	1940	0,00	1985	18,44
1761	6,62	1806	8,18	1851	20,46	1896	13,10	1941	0,00	1986	20,38
1762	8,27	1807	7,08	1852	20,00	1897	13,20	1942	0,00	1987	22,50
1763	8,92	1808	3,79	1853	19,74	1898	12,65	1943	0,00	1988	25,22
1764	8,48	1809	0,00	1854	19,57	1899	12,26	1944	0,00	1989	26,70
1765	7,49	1810	1,08	1855	19,39	1900	11,55	1945	0,00	1990	27,49
1766	5,68	1811	0,00	1856	19,12	1901	11,35	1946	0,00	1991	27,62
1767	4,33	1812	0,00	1857	19,12	1902	10,72	1947	0,00	1992	27,42
1768	5,26	1813	0,00	1858	18,95	1903	10,60	1948	0,00	1993	27,14
1769	7,52	1814	0,00	1859	18,53	1904	11,10	1949	1,02	1994	27,90
1770	8,03	1815	0,00	1860	17,79	1905	9,30	1950	0,00	1995	28,07
1771	7,92	1816	0,00	1861	16,75	1906	8,03	1951	0,00	1996	27,58
1772	7,86	1817	0,00	1862	15,68	1907	6,87	1952	1,79	1997	27,54
1773	7,94	1818	0,00	1863	15,11	1908	5,70	1953	5,55	1998	27,39
1774	8,34	1819	3,26	1864	14,47	1909	5,34	1954	8,03	1999	26,79
1775	9,03	1820	6,41	1865	13,81	1910	4,94	1955	10,78	2000	27,04
1776	9,84	1821	8,38	1866	13,09	1911	4,60	1956	13,60	2001	26,42
1777	10,20	1822	9,41	1867	11,93	1912	3,92	1957	15,93	2002	25,38
1778	10,68	1823	9,47	1868	9,27	1913	3,57	1958	15,62	2003	25,02
1779	11,13	1824	8,44	1869	7,01	1914	4,24	1959	15,52	2004	25,38
1780	11,10	1825	9,12	1870	5,19	1915	5,79	1960	15,82	2005	25,83
1781	11,16	1826	10,16	1871	3,06	1916	5,19	1961	17,37	2006	25,60
1782	10,76	1827	10,83	1872	1,50	1917	1,64	1962	18,14	2007	26,34
1783	9,86	1828	11,69	1873	0,00	1918	1,40	1963	19,26	2008	27,77
1784	9,18	1829	12,66	1874	0,00	1919	1,42	1964	20,93	2009	29,27
1785	8,45	1830	13,43	1875	0,00	1920	1,78	1965	22,62	2010	29,83
1786	7,82	1831	14,17	1876	0,00	1921	2,20	1966	23,66	2011	28,80
1787	7,20	1832	15,07	1877	0,00	1922	1,72	1967	24,38	2012	27,88
1788	6,57	1833	15,58	1878	0,00	1923	2,18	1968	24,38	2013	29,33
1789	6,18	1834	15,04	1879	0,00	1924	2,57	1969	23,51	2014	28,92
1790	5,73	1835	16,51	1880	0,00	1925	2,57	1970	23,38	2015	27,57
1791	3,60	1836	17,73	1881	0,00	1926	2,57	1971	23,21	2016	27,06
1792	0,00	1837	18,46	1882	0,00	1927	1,94	1972	23,39	2017	26,74
1793	0,00	1838	19,38	1883	3,13	1928	1,41	1973	23,68	2018	26,93
1794	0,00	1839	19,90	1884	6,35	1929	1,44	1974	24,22	2019	27,06
1795	0,00	1840	20,71	1885	9,01	1930	1,55	1975	23,48	2020	26,27
1796	1,89	1841	21,27	1886	10,20	1931	1,11	1976	22,96	2021	25,36
1797	5,16	1842	21,07	1887	11,11	1932	1,12	1977	22,60	2022	23,62
1798	7,72	1843	20,50	1888	11,47	1933	0,00	1978	22,78	2023	20,80
1799	8,23	1844	20,65	1889	10,15	1934	0,00	1979	22,91	2024	18,38
1800	8,36	1845	20,78	1890	8,47	1935	1,91	1980	22,86	2025	13,96

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
2026	10,34	2071	21,89	2116	25,55	2161	18,31	2206	11,80	2251	16,11
2027	8,22	2072	21,48	2117	23,80	2162	18,09	2207	9,33	2252	16,24
2028	4,54	2073	21,11	2118	19,72	2163	17,48	2208	4,57	2253	16,83
2029	2,27	2074	21,27	2119	15,27	2164	17,82	2209	1,90	2254	18,24
2030	0,00	2075	22,47	2120	13,61	2165	18,12	2210	0,00	2255	19,47
2031	0,00	2076	24,87	2121	13,39	2166	18,55	2211	0,00	2256	22,20
2032	0,00	2077	25,33	2122	13,07	2167	18,78	2212	0,00	2257	22,04
2033	0,00	2078	25,03	2123	12,88	2168	19,44	2213	1,97	2258	19,93
2034	0,00	2079	24,98	2124	13,14	2169	20,26	2214	0,00	2259	21,95
2035	0,00	2080	24,46	2125	13,56	2170	21,36	2215	1,60	2260	22,28
2036	0,00	2081	24,17	2126	12,38	2171	21,39	2216	1,04	2261	22,76
2037	0,00	2082	23,70	2127	10,01	2172	20,90	2217	1,18	2262	21,91
2038	0,00	2083	22,69	2128	8,76	2173	20,43	2218	0,00	2263	22,38
2039	0,00	2084	22,99	2129	7,66	2174	20,29	2219	2,40	2264	23,52
2040	0,00	2085	23,12	2130	6,34	2175	19,10	2220	2,32	2265	24,64
2041	0,00	2086	22,91	2131	4,01	2176	18,18	2221	2,42	2266	25,73
2042	0,00	2087	21,59	2132	3,87	2177	18,41	2222	1,45	2267	26,04
2043	0,00	2088	22,62	2133	5,88	2178	18,51	2223	3,19	2268	26,30
2044	0,00	2089	23,42	2134	8,36	2179	18,47	2224	0,00	2269	26,98
2045	0,00	2090	23,69	2135	11,57	2180	18,62	2225	1,33	2270	27,64
2046	0,00	2091	24,42	2136	13,44	2181	19,36	2226	1,80	2271	29,26
2047	0,00	2092	24,07	2137	13,97	2182	20,75	2227	1,13	2272	30,34
2048	0,00	2093	24,23	2138	14,30	2183	21,59	2228	0,00	2273	31,45
2049	0,00	2094	23,89	2139	15,85	2184	21,80	2229	2,06	2274	32,73
2050	1,53	2095	23,92	2140	16,17	2185	22,15	2230	0,00	2275	34,31
2051	4,34	2096	24,19	2141	15,81	2186	21,72	2231	2,48	2276	33,56
2052	6,87	2097	24,39	2142	11,77	2187	22,59	2232	1,66	2277	34,16
2053	9,22	2098	24,88	2143	7,61	2188	23,04	2233	1,75	2278	35,31
2054	11,08	2099	25,46	2144	3,58	2189	23,39	2234	1,48	2279	36,13
2055	13,10	2100	26,62	2145	2,18	2190	24,05	2235	0,00	2280	37,28
2056	13,98	2101	27,86	2146	1,73	2191	25,41	2236	0,00	2281	38,01
2057	15,74	2102	29,28	2147	2,47	2192	26,30	2237	1,56	2282	38,19
2058	16,67	2103	29,73	2148	3,23	2193	26,54	2238	0,00	2283	39,08
2059	18,33	2104	29,96	2149	4,22	2194	26,78	2239	1,06	2284	40,21
2060	19,51	2105	30,04	2150	5,07	2195	26,63	2240	0,00	2285	41,07
2061	20,61	2106	30,22	2151	5,58	2196	27,16	2241	0,00	2286	41,58
2062	21,18	2107	29,59	2152	7,40	2197	27,25	2242	1,72	2287	40,93
2063	21,51	2108	29,06	2153	8,43	2198	27,86	2243	1,48	2288	40,04
2064	21,02	2109	28,68	2154	10,76	2199	27,72	2244	0,00	2289	39,58
2065	20,21	2110	27,77	2155	12,17	2200	25,92	2245	0,00	2290	38,92
2066	20,98	2111	27,29	2156	13,73	2201	24,19	2246	3,54	2291	38,36
2067	20,96	2112	26,92	2157	15,65	2202	22,36	2247	8,70	2292	37,01
2068	21,05	2113	26,21	2158	16,13	2203	21,27	2248	10,79	2293	34,86
2069	21,65	2114	25,55	2159	17,15	2204	18,78	2249	13,85	2294	33,62
2070	22,48	2115	25,55	2160	17,76	2205	14,42	2250	15,99	2295	32,55

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
2296	32,26	2341	9,98	2386	21,56	2431	6,99	2476	11,81	2521	0,00
2297	32,65	2342	11,66	2387	22,24	2432	4,21	2477	9,26	2522	0,00
2298	33,66	2343	11,72	2388	22,27	2433	2,40	2478	3,31	2523	0,00
2299	33,47	2344	13,00	2389	22,67	2434	3,38	2479	0,00	2524	0,00
2300	33,24	2345	14,73	2390	22,65	2435	6,02	2480	1,21	2525	1,23
2301	33,14	2346	15,82	2391	22,74	2436	6,14	2481	0,00	2526	0,00
2302	32,50	2347	17,72	2392	22,61	2437	6,64	2482	0,00	2527	0,00
2303	32,54	2348	19,08	2393	23,45	2438	8,57	2483	0,00	2528	0,00
2304	31,76	2349	20,71	2394	24,43	2439	10,11	2484	0,00	2529	0,00
2305	31,15	2350	22,24	2395	24,48	2440	10,93	2485	0,00	2530	0,00
2306	30,35	2351	22,94	2396	23,09	2441	11,49	2486	1,41	2531	0,00
2307	29,20	2352	23,40	2397	22,87	2442	12,45	2487	0,00	2532	1,34
2308	27,97	2353	23,93	2398	24,36	2443	12,69	2488	0,00	2533	0,00
2309	27,30	2354	24,34	2399	24,71	2444	12,75	2489	0,00	2534	0,00
2310	26,39	2355	24,82	2400	24,56	2445	12,56	2490	0,00	2535	0,00
2311	25,20	2356	25,12	2401	25,77	2446	13,09	2491	0,00	2536	0,00
2312	23,44	2357	26,50	2402	26,49	2447	14,57	2492	0,00	2537	0,00
2313	23,41	2358	25,90	2403	27,06	2448	15,75	2493	0,00	2538	1,67
2314	23,24	2359	24,94	2404	27,08	2449	16,85	2494	0,00	2539	1,14
2315	22,43	2360	24,55	2405	27,12	2450	17,15	2495	0,00	2540	5,84
2316	21,71	2361	24,60	2406	27,13	2451	16,73	2496	0,00	2541	8,97
2317	21,24	2362	24,77	2407	26,24	2452	17,24	2497	0,00	2542	10,66
2318	20,46	2363	25,06	2408	26,62	2453	17,56	2498	0,00	2543	12,48
2319	19,91	2364	24,88	2409	26,48	2454	18,42	2499	0,00	2544	13,50
2320	18,42	2365	24,73	2410	26,73	2455	18,79	2500	0,00	2545	12,09
2321	17,31	2366	24,75	2411	26,63	2456	19,71	2501	0,00	2546	10,87
2322	16,94	2367	24,67	2412	26,44	2457	19,88	2502	0,00	2547	9,66
2323	16,60	2368	24,71	2413	25,84	2458	20,11	2503	0,00	2548	9,38
2324	14,70	2369	24,47	2414	25,45	2459	20,38	2504	0,00	2549	9,20
2325	13,14	2370	24,25	2415	24,98	2460	20,91	2505	0,00	2550	6,19
2326	11,35	2371	24,02	2416	24,70	2461	20,84	2506	0,00	2551	1,77
2327	9,61	2372	24,02	2417	23,86	2462	20,35	2507	0,00	2552	1,08
2328	7,16	2373	23,28	2418	22,82	2463	19,76	2508	0,00	2553	0,00
2329	3,36	2374	21,95	2419	23,14	2464	18,86	2509	0,00	2554	0,00
2330	1,30	2375	22,36	2420	23,22	2465	17,46	2510	0,00	2555	0,00
2331	0,00	2376	22,53	2421	22,35	2466	16,77	2511	0,00	2556	0,00
2332	0,00	2377	22,30	2422	21,41	2467	15,16	2512	0,00	2557	0,00
2333	0,00	2378	22,29	2423	20,54	2468	13,70	2513	0,00	2558	0,00
2334	0,00	2379	22,28	2424	20,69	2469	12,43	2514	0,00	2559	0,00
2335	0,00	2380	23,63	2425	20,28	2470	10,32	2515	1,11	2560	1,05
2336	0,00	2381	24,23	2426	19,11	2471	8,01	2516	1,11	2561	3,00
2337	0,00	2382	24,56	2427	17,05	2472	8,75	2517	0,00	2562	4,00
2338	2,40	2383	24,09	2428	15,38	2473	9,54	2518	1,21	2563	5,62
2339	4,67	2384	22,98	2429	13,94	2474	10,85	2519	0,00	2564	6,94
2340	7,52	2385	21,86	2430	11,43	2475	11,49	2520	0,00	2565	8,35

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
2566	8,30	2611	0,00	2656	0,00	2701	5,38	2746	23,67	2791	0,00
2567	8,00	2612	0,00	2657	3,67	2702	3,33	2747	22,80	2792	1,42
2568	7,87	2613	0,00	2658	6,36	2703	2,70	2748	25,17	2793	2,03
2569	9,31	2614	0,00	2659	8,21	2704	1,91	2749	25,39	2794	1,73
2570	10,56	2615	0,00	2660	8,70	2705	1,38	2750	24,53	2795	1,69
2571	10,48	2616	0,00	2661	7,73	2706	3,03	2751	22,85	2796	1,17
2572	10,17	2617	0,00	2662	8,51	2707	1,10	2752	22,50	2797	1,32
2573	10,42	2618	0,00	2663	9,80	2708	3,11	2753	21,90	2798	1,40
2574	9,84	2619	0,00	2664	9,46	2709	2,57	2754	24,45	2799	0,00
2575	9,68	2620	0,00	2665	8,41	2710	0,00	2755	27,74	2800	0,00
2576	9,43	2621	0,00	2666	8,39	2711	0,00	2756	26,50	2801	0,00
2577	9,55	2622	0,00	2667	8,46	2712	1,31	2757	27,94	2802	0,00
2578	10,02	2623	0,00	2668	8,60	2713	0,00	2758	32,50	2803	0,00
2579	10,38	2624	0,00	2669	8,36	2714	0,13	2759	31,01	2804	0,00
2580	10,40	2625	0,00	2670	7,15	2715	0,00	2760	29,18	2805	0,00
2581	10,63	2626	0,00	2671	6,52	2716	0,00	2761	32,24	2806	1,94
2582	11,28	2627	0,00	2672	5,73	2717	1,17	2762	31,26	2807	0,00
2583	12,09	2628	0,00	2673	5,79	2718	0,00	2763	32,74	2808	1,09
2584	12,49	2629	0,00	2674	5,31	2719	0,00	2764	32,82	2809	1,51
2585	12,91	2630	0,00	2675	3,88	2720	0,00	2765	35,29	2810	1,38
2586	12,32	2631	0,00	2676	3,71	2721	2,24	2766	34,10	2811	0,00
2587	12,76	2632	0,00	2677	4,14	2722	3,48	2767	30,19	2812	0,00
2588	12,93	2633	0,00	2678	5,40	2723	4,23	2768	29,73	2813	0,00
2589	13,51	2634	0,00	2679	6,70	2724	5,40	2769	27,41	2814	0,00
2590	13,03	2635	0,00	2680	6,44	2725	6,33	2770	25,28	2815	0,00
2591	12,90	2636	0,00	2681	5,98	2726	8,69	2771	23,28	2816	1,50
2592	13,32	2637	0,00	2682	7,03	2727	9,06	2772	16,20	2817	0,00
2593	11,46	2638	0,00	2683	8,04	2728	12,01	2773	12,62	2818	1,11
2594	8,84	2639	0,00	2684	7,77	2729	10,69	2774	11,04	2819	1,45
2595	8,12	2640	0,00	2685	8,34	2730	13,88	2775	5,69	2820	1,75
2596	8,43	2641	0,00	2686	7,65	2731	18,17	2776	1,91	2821	1,54
2597	8,80	2642	0,00	2687	6,55	2732	17,65	2777	0,00	2822	2,30
2598	7,03	2643	0,00	2688	8,04	2733	18,67	2778	1,27	2823	1,25
2599	5,65	2644	0,00	2689	8,32	2734	17,96	2779	0,20	2824	0,00
2600	5,42	2645	0,00	2690	11,49	2735	18,12	2780	1,76	2825	0,00
2601	4,49	2646	0,00	2691	12,29	2736	18,79	2781	1,10	2826	2,88
2602	5,97	2647	0,00	2692	9,89	2737	20,69	2782	0,00	2827	2,93
2603	8,40	2648	0,00	2693	5,31	2738	22,71	2783	0,12	2828	3,02
2604	9,15	2649	0,00	2694	5,28	2739	21,58	2784	0,00	2829	5,25
2605	9,29	2650	0,00	2695	4,48	2740	20,37	2785	2,87	2830	5,75
2606	9,18	2651	0,00	2696	4,39	2741	22,43	2786	4,48	2831	6,43
2607	8,62	2652	0,00	2697	4,24	2742	23,69	2787	1,62	2832	5,58
2608	8,70	2653	0,00	2698	4,79	2743	24,33	2788	1,00	2833	4,60
2609	7,03	2654	0,00	2699	5,23	2744	23,88	2789	0,00	2834	2,72
2610	3,76	2655	0,00	2700	5,96	2745	20,81	2790	1,19	2835	1,35

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
2836	0,00	2881	6,83	2926	0,14	2971	24,01	3016	0,00	3061	0,00
2837	0,00	2882	1,61	2927	0,12	2972	26,43	3017	0,00	3062	1,14
2838	0,00	2883	0,00	2928	0,00	2973	25,42	3018	0,00	3063	0,00
2839	0,00	2884	0,00	2929	0,00	2974	30,58	3019	0,00	3064	0,00
2840	0,00	2885	0,00	2930	0,00	2975	31,40	3020	0,00	3065	0,00
2841	1,33	2886	0,00	2931	0,00	2976	31,00	3021	0,00	3066	0,00
2842	5,09	2887	0,00	2932	0,00	2977	31,30	3022	0,00	3067	0,00
2843	9,03	2888	0,00	2933	0,00	2978	32,43	3023	0,00	3068	0,00
2844	12,66	2889	0,00	2934	0,00	2979	32,32	3024	0,00	3069	0,00
2845	14,27	2890	0,00	2935	0,00	2980	33,60	3025	0,00	3070	0,00
2846	14,81	2891	0,00	2936	0,00	2981	32,81	3026	0,00	3071	0,00
2847	14,77	2892	0,00	2937	0,00	2982	33,98	3027	0,00	3072	0,00
2848	17,44	2893	0,00	2938	0,00	2983	35,17	3028	0,00	3073	0,11
2849	19,37	2894	0,00	2939	0,00	2984	37,25	3029	0,00	3074	0,19
2850	20,48	2895	1,25	2940	0,00	2985	34,17	3030	0,00	3075	0,14
2851	20,97	2896	0,00	2941	0,00	2986	33,88	3031	0,00	3076	0,00
2852	22,67	2897	1,86	2942	0,00	2987	34,63	3032	0,00	3077	0,00
2853	21,91	2898	1,92	2943	0,00	2988	34,97	3033	0,00	3078	0,00
2854	21,70	2899	1,11	2944	0,00	2989	33,21	3034	0,00	3079	0,00
2855	22,55	2900	0,00	2945	1,06	2990	32,47	3035	0,00	3080	0,00
2856	24,55	2901	0,00	2946	0,00	2991	32,44	3036	0,00	3081	0,00
2857	24,73	2902	0,00	2947	0,00	2992	34,63	3037	0,00	3082	0,00
2858	25,82	2903	0,00	2948	1,27	2993	29,18	3038	0,00	3083	0,00
2859	24,69	2904	0,00	2949	0,00	2994	31,13	3039	0,00	3084	0,00
2860	24,16	2905	0,00	2950	0,00	2995	25,85	3040	0,00	3085	0,00
2861	23,64	2906	0,00	2951	0,00	2996	29,68	3041	0,00	3086	0,00
2862	25,03	2907	0,00	2952	0,00	2997	31,91	3042	0,00	3087	0,00
2863	27,37	2908	0,00	2953	0,00	2998	31,97	3043	0,00	3088	0,00
2864	27,94	2909	0,00	2954	0,00	2999	30,48	3044	0,00	3089	1,13
2865	28,23	2910	0,00	2955	0,00	3000	28,37	3045	0,00	3090	3,35
2866	28,19	2911	0,00	2956	0,00	3001	26,87	3046	0,00	3091	4,95
2867	29,91	2912	0,10	2957	0,00	3002	27,58	3047	0,00	3092	7,75
2868	30,52	2913	0,00	2958	0,00	3003	27,00	3048	0,00	3093	9,95
2869	30,85	2914	0,00	2959	0,00	3004	25,66	3049	0,00	3094	12,46
2870	32,08	2915	0,00	2960	0,00	3005	21,32	3050	0,00	3095	14,06
2871	33,29	2916	0,00	2961	0,00	3006	13,82	3051	0,00	3096	15,38
2872	35,04	2917	0,00	2962	0,00	3007	11,90	3052	0,00	3097	16,96
2873	36,02	2918	0,00	2963	0,00	3008	5,90	3053	1,55	3098	17,98
2874	36,17	2919	0,00	2964	2,25	3009	3,62	3054	0,00	3099	19,65
2875	35,38	2920	0,00	2965	3,43	3010	2,29	3055	0,00	3100	19,89
2876	34,78	2921	0,00	2966	7,44	3011	4,14	3056	1,06	3101	20,44
2877	35,88	2922	0,00	2967	13,39	3012	2,69	3057	1,28	3102	21,90
2878	32,06	2923	0,00	2968	14,85	3013	1,58	3058	1,13	3103	22,91
2879	23,28	2924	0,00	2969	17,46	3014	0,00	3059	0,00	3104	22,97
2880	15,33	2925	0,00	2970	19,26	3015	0,00	3060	0,00	3105	24,16

(Continuación...)

t	v	t	v
3106	24,99	3151	26,99
3107	24,39	3152	26,55
3108	23,88	3153	26,67
3109	23,08	3154	25,96
3110	23,59	3155	25,10
3111	24,44	3156	25,10
3112	25,16	3157	25,42
3113	25,31	3158	25,79
3114	26,30	3159	26,97
3115	26,52	3160	26,64
3116	26,83	3161	26,38
3117	26,95	3162	25,38
3118	26,72	3163	25,17
3119	26,14	3164	25,07
3120	24,20	3165	14,65
3121	22,07	3166	10,25
3122	19,69	3167	2,40
3123	18,69	3168	0,00
3124	17,33	3169	0,00
3125	17,76		
3126	19,37		
3127	20,27		
3128	20,06		
3129	20,93		
3130	21,32		
3131	23,02		
3132	23,44		
3133	23,78		
3134	23,32		
3135	22,78		
3136	23,42		
3137	23,69		
3138	20,80		
3139	20,14		
3140	20,96		
3141	22,36		
3142	23,52		
3143	25,33		
3144	26,39		
3145	26,75		
3146	27,36		
3147	27,81		
3148	27,65		
3149	28,07		
3150	27,32		

(Fuente: Propia)

Anexo V

Datos de velocidad cada segundo del ciclo D.M.Q Carretera

Tabla V.1. Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del Ciclo D.M.Q Carretera

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
0	0,00												
1	0,00	46	39,24	91	73,59	136	65,65	181	78,95	226	65,32	271	58,53
2	0,00	47	36,58	92	73,75	137	64,81	182	77,12	227	57,76	272	58,59
3	0,00	48	35,55	93	75,26	138	64,28	183	77,17	228	49,31	273	59,12
4	0,00	49	34,84	94	75,90	139	63,91	184	77,81	229	43,84	274	59,65
5	4,11	50	34,33	95	76,16	140	63,24	185	79,69	230	41,42	275	59,37
6	11,10	51	33,91	96	76,40	141	62,91	186	81,67	231	38,54	276	60,02
7	17,68	52	33,46	97	76,77	142	62,40	187	81,95	232	36,25	277	59,67
8	20,11	53	33,84	98	77,07	143	61,60	188	82,58	233	30,61	278	60,53
9	19,30	54	33,96	99	77,68	144	61,51	189	83,06	234	29,73	279	60,09
10	21,52	55	34,16	100	77,87	145	61,46	190	84,32	235	33,06	280	60,53
11	24,06	56	34,96	101	78,80	146	61,93	191	83,46	236	36,05	281	60,44
12	28,58	57	37,54	102	79,17	147	62,30	192	81,70	237	38,62	282	61,29
13	31,88	58	36,54	103	79,62	148	62,52	193	80,25	238	40,04	283	61,94
14	33,03	59	35,80	104	80,64	149	63,10	194	81,05	239	42,86	284	62,63
15	34,16	60	35,34	105	81,09	150	62,26	195	81,63	240	44,67	285	63,64
16	34,57	61	37,30	106	80,85	151	61,88	196	82,58	241	47,48	286	64,84
17	34,85	62	39,04	107	81,37	152	62,80	197	82,44	242	50,60	287	65,11
18	34,69	63	37,16	108	82,22	153	64,47	198	80,74	243	52,96	288	66,08
19	32,44	64	35,19	109	84,16	154	64,12	199	80,13	244	54,97	289	66,38
20	32,01	65	32,93	110	85,33	155	65,32	200	79,55	245	58,15	290	65,91
21	33,72	66	34,42	111	84,78	156	67,76	201	80,31	246	60,30	291	67,60
22	36,30	67	36,93	112	83,15	157	69,53	202	81,66	247	60,61	292	68,81
23	37,33	68	34,92	113	80,42	158	71,90	203	82,03	248	64,11	293	69,08
24	40,01	69	35,62	114	79,08	159	71,20	204	83,56	249	63,34	294	68,59
25	40,68	70	41,14	115	78,02	160	71,99	205	84,42	250	62,56	295	68,11
26	40,73	71	47,27	116	77,69	161	71,08	206	84,60	251	64,57	296	68,49
27	40,69	72	53,64	117	76,14	162	69,47	207	85,76	252	67,77	297	68,23
28	42,73	73	59,37	118	76,14	163	69,07	208	87,17	253	69,83	298	67,83
29	45,00	74	62,63	119	74,80	164	69,10	209	87,10	254	71,65	299	67,66
30	46,38	75	64,99	120	74,36	165	66,84	210	87,08	255	72,42	300	67,02
31	48,64	76	69,32	121	72,54	166	66,43	211	87,02	256	71,90	301	66,45
32	50,62	77	72,32	122	72,24	167	68,17	212	85,44	257	71,88	302	67,36
33	51,71	78	73,62	123	71,38	168	67,50	213	85,55	258	72,22	303	68,56
34	55,06	79	73,82	124	70,42	169	68,25	214	85,39	259	72,28	304	71,12
35	57,28	80	73,04	125	69,89	170	69,25	215	84,74	260	72,06	305	70,86
36	57,68	81	71,92	126	69,66	171	70,42	216	83,73	261	68,48	306	68,30
37	57,88	82	71,07	127	69,35	172	71,55	217	83,10	262	67,32	307	66,00
38	56,35	83	70,44	128	68,75	173	72,08	218	81,47	263	64,55	308	66,43
39	52,75	84	70,37	129	68,47	174	73,63	219	77,32	264	64,40	309	65,05
40	50,95	85	71,08	130	68,05	175	74,71	220	74,04	265	62,46	310	62,72
41	49,22	86	73,56	131	67,82	176	76,07	221	71,25	266	61,88	311	58,37
42	47,35	87	74,00	132	67,73	177	77,43	222	73,23	267	61,16	312	53,68
43	45,45	88	74,29	133	66,99	178	78,82	223	73,42	268	60,33	313	46,87
44	42,44	89	74,25	134	66,46	179	79,97	224	73,32	269	60,05	314	37,29
45	41,67	90	74,12	135	65,94	180	81,59	225	70,07	270	60,38	315	30,12

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
316	24,47	361	76,82	406	78,70	451	61,15	496	68,71	541	39,28
317	20,90	362	79,91	407	76,59	452	58,24	497	68,87	542	36,33
318	17,32	363	84,12	408	77,66	453	57,06	498	68,86	543	36,25
319	12,65	364	83,47	409	78,78	454	55,78	499	68,92	544	36,53
320	8,84	365	81,91	410	80,30	455	52,75	500	69,09	545	34,52
321	5,75	366	80,49	411	81,68	456	48,74	501	69,30	546	33,00
322	5,48	367	77,57	412	82,45	457	47,45	502	69,90	547	33,95
323	9,76	368	75,94	413	83,87	458	47,39	503	69,45	548	37,70
324	15,83	369	75,52	414	85,39	459	47,40	504	69,45	549	42,37
325	15,26	370	75,62	415	85,94	460	47,45	505	69,58	550	42,74
326	14,87	371	75,63	416	87,11	461	46,61	506	69,16	551	48,64
327	13,83	372	74,50	417	85,87	462	44,35	507	69,18	552	56,16
328	12,16	373	74,37	418	84,90	463	45,69	508	69,09	553	61,02
329	12,72	374	75,12	419	84,61	464	47,02	509	68,86	554	64,26
330	11,44	375	75,00	420	84,15	465	48,68	510	68,31	555	67,66
331	10,85	376	74,91	421	84,38	466	49,96	511	68,03	556	69,59
332	15,81	377	75,20	422	84,32	467	52,07	512	67,71	557	69,48
333	17,20	378	76,63	423	84,52	468	53,94	513	67,25	558	70,58
334	20,82	379	78,68	424	84,14	469	55,96	514	66,80	559	70,31
335	27,03	380	79,75	425	82,93	470	58,06	515	66,77	560	70,18
336	31,64	381	81,16	426	82,20	471	60,22	516	66,47	561	70,63
337	30,10	382	82,09	427	81,20	472	62,85	517	65,54	562	70,40
338	32,47	383	80,63	428	79,93	473	65,27	518	62,59	563	70,20
339	33,34	384	83,35	429	79,37	474	66,52	519	61,67	564	69,53
340	31,63	385	83,51	430	79,18	475	64,57	520	58,92	565	68,93
341	30,09	386	84,71	431	79,11	476	65,18	521	56,96	566	69,30
342	33,60	387	85,43	432	78,76	477	66,10	522	54,31	567	63,74
343	38,83	388	85,27	433	78,78	478	66,41	523	52,02	568	63,03
344	43,80	389	85,99	434	78,65	479	65,61	524	51,25	569	61,60
345	49,08	390	86,06	435	78,43	480	65,73	525	51,37	570	59,37
346	53,63	391	86,10	436	78,29	481	66,92	526	51,20	571	56,84
347	54,96	392	85,17	437	78,22	482	66,51	527	48,85	572	55,61
348	58,03	393	84,88	438	78,24	483	68,03	528	47,15	573	55,09
349	60,59	394	84,30	439	77,41	484	69,54	529	46,23	574	56,93
350	62,45	395	83,58	440	77,57	485	71,36	530	44,16	575	58,97
351	64,17	396	82,74	441	77,44	486	72,53	531	42,15	576	58,95
352	64,16	397	82,04	442	77,00	487	71,98	532	40,27	577	58,22
353	63,48	398	83,93	443	76,67	488	72,81	533	40,01	578	56,09
354	62,75	399	85,93	444	74,56	489	70,90	534	39,77	579	58,54
355	62,01	400	87,27	445	73,20	490	69,00	535	41,95	580	60,96
356	62,70	401	88,96	446	70,89	491	68,73	536	42,12	581	59,28
357	65,78	402	87,95	447	69,12	492	67,81	537	42,19	582	57,96
358	62,31	403	85,77	448	67,16	493	67,83	538	42,15	583	56,38
359	69,19	404	82,96	449	65,87	494	68,26	539	41,78	584	53,44
360	73,35	405	80,43	450	64,16	495	68,45	540	42,17	585	52,99

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
586	51,38	631	43,45	676	74,96	721	66,96	766	63,50	811	55,65
587	50,09	632	39,52	677	75,12	722	66,75	767	62,80	812	54,69
588	47,73	633	38,77	678	75,22	723	66,01	768	62,89	813	56,00
589	46,52	634	39,84	679	75,74	724	67,38	769	62,55	814	58,32
590	45,67	635	41,74	680	76,92	725	70,28	770	63,52	815	60,89
591	43,99	636	42,53	681	77,74	726	71,41	771	63,45	816	63,16
592	42,97	637	42,81	682	75,90	727	72,32	772	63,28	817	65,33
593	43,57	638	42,21	683	76,52	728	71,68	773	63,04	818	64,87
594	45,69	639	41,59	684	77,67	729	71,47	774	63,67	819	64,54
595	47,15	640	42,01	685	78,75	730	71,67	775	62,93	820	66,03
596	48,02	641	42,83	686	79,53	731	71,63	776	63,87	821	66,75
597	46,90	642	44,68	687	78,05	732	71,03	777	65,98	822	67,92
598	40,24	643	44,04	688	76,13	733	69,98	778	69,36	823	68,87
599	39,61	644	42,71	689	75,55	734	69,41	779	70,55	824	69,79
600	41,41	645	43,28	690	74,94	735	68,54	780	70,61	825	71,18
601	42,26	646	43,31	691	73,61	736	66,24	781	70,88	826	68,49
602	40,56	647	45,09	692	72,79	737	62,80	782	68,59	827	65,64
603	36,64	648	44,65	693	71,88	738	62,05	783	66,70	828	66,50
604	35,28	649	45,20	694	71,91	739	61,06	784	65,52	829	67,47
605	36,67	650	46,19	695	72,53	740	60,58	785	64,53	830	68,37
606	37,28	651	47,00	696	73,91	741	57,87	786	65,59	831	69,43
607	36,43	652	47,52	697	75,33	742	58,31	787	65,65	832	70,54
608	36,09	653	48,07	698	76,14	743	58,20	788	67,18	833	71,52
609	35,13	654	49,07	699	79,82	744	56,92	789	67,29	834	72,63
610	32,98	655	50,39	700	78,54	745	56,43	790	67,58	835	73,91
611	33,58	656	50,79	701	78,64	746	55,99	791	67,28	836	75,00
612	33,94	657	50,72	702	78,10	747	56,72	792	66,51	837	76,07
613	34,91	658	51,71	703	77,45	748	58,41	793	64,88	838	76,12
614	37,50	659	53,24	704	75,96	749	59,56	794	62,84	839	75,63
615	39,88	660	53,20	705	72,88	750	60,33	795	60,80	840	76,39
616	41,60	661	53,52	706	67,34	751	61,04	796	60,06	841	77,03
617	43,17	662	55,71	707	60,61	752	60,86	797	60,49	842	77,18
618	43,56	663	57,43	708	56,11	753	60,41	798	61,52	843	77,77
619	44,27	664	58,76	709	56,27	754	60,12	799	59,57	844	78,37
620	45,81	665	64,66	710	55,28	755	60,37	800	59,72	845	78,58
621	45,43	666	67,41	711	55,14	756	60,05	801	58,80	846	78,32
622	43,49	667	70,71	712	55,40	757	60,68	802	56,50	847	77,34
623	40,42	668	72,33	713	55,15	758	59,72	803	55,26	848	78,21
624	39,64	669	71,08	714	57,23	759	63,76	804	52,88	849	75,87
625	34,79	670	71,03	715	61,40	760	62,56	805	51,78	850	70,63
626	37,54	671	71,65	716	64,91	761	62,77	806	50,81	851	64,96
627	40,45	672	73,33	717	68,93	762	59,51	807	49,26	852	60,19
628	40,01	673	74,27	718	70,20	763	58,38	808	51,65	853	56,27
629	41,68	674	74,34	719	69,52	764	60,74	809	54,17	854	55,33
630	43,16	675	73,64	720	68,22	765	62,96	810	56,54	855	57,38

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
856	57,18	901	70,71	946	74,52	991	79,96	1036	85,69	1081	69,05
857	57,40	902	71,20	947	76,41	992	80,41	1037	84,08	1082	64,88
858	58,63	903	71,66	948	77,64	993	80,68	1038	82,70	1083	60,85
859	59,17	904	72,00	949	77,49	994	81,55	1039	81,83	1084	59,70
860	59,82	905	72,61	950	79,19	995	81,76	1040	80,86	1085	60,99
861	58,72	906	73,36	951	80,73	996	83,00	1041	80,86	1086	62,20
862	59,01	907	73,74	952	82,12	997	82,81	1042	80,57	1087	63,65
863	59,66	908	74,55	953	83,21	998	83,41	1043	80,89	1088	64,32
864	59,87	909	75,38	954	84,03	999	84,15	1044	81,15	1089	66,97
865	59,29	910	76,14	955	84,05	1000	84,63	1045	81,23	1090	68,90
866	59,24	911	76,79	956	82,56	1001	85,35	1046	81,99	1091	71,24
867	59,21	912	77,10	957	82,48	1002	85,62	1047	83,24	1092	72,95
868	58,81	913	77,83	958	79,93	1003	86,18	1048	83,57	1093	74,73
869	58,58	914	78,30	959	78,76	1004	86,55	1049	81,61	1094	75,13
870	57,23	915	78,59	960	78,44	1005	85,62	1050	78,48	1095	77,42
871	58,78	916	79,25	961	79,02	1006	84,54	1051	75,14	1096	79,19
872	58,56	917	78,33	962	79,96	1007	83,55	1052	74,22	1097	81,05
873	59,24	918	77,43	963	80,73	1008	82,89	1053	75,67	1098	80,38
874	59,49	919	74,70	964	81,18	1009	83,04	1054	77,65	1099	84,11
875	58,28	920	68,96	965	82,21	1010	82,33	1055	78,39	1100	84,38
876	62,37	921	65,21	966	82,45	1011	81,98	1056	79,64	1101	84,68
877	58,33	922	64,38	967	83,01	1012	82,22	1057	81,02	1102	86,74
878	59,59	923	63,07	968	83,04	1013	82,59	1058	82,59	1103	87,49
879	60,21	924	61,30	969	83,51	1014	82,64	1059	83,17	1104	88,24
880	59,60	925	60,23	970	83,87	1015	82,89	1060	84,48	1105	86,15
881	59,21	926	60,80	971	84,33	1016	82,86	1061	85,55	1106	84,32
882	59,73	927	61,25	972	84,76	1017	83,11	1062	86,28	1107	82,28
883	60,25	928	61,00	973	85,32	1018	83,56	1063	86,97	1108	82,12
884	60,34	929	59,45	974	85,51	1019	83,44	1064	86,77	1109	82,76
885	60,46	930	59,23	975	83,60	1020	83,09	1065	85,56	1110	83,68
886	60,43	931	60,23	976	80,69	1021	83,27	1066	83,38	1111	84,03
887	60,66	932	61,31	977	79,70	1022	83,33	1067	80,99	1112	84,50
888	60,63	933	61,77	978	80,28	1023	83,68	1068	79,55	1113	85,36
889	61,74	934	62,22	979	80,80	1024	83,92	1069	79,05	1114	85,90
890	61,19	935	63,53	980	81,77	1025	84,27	1070	78,37	1115	86,34
891	61,96	936	64,16	981	82,52	1026	84,33	1071	78,28	1116	86,35
892	63,29	937	64,80	982	83,47	1027	84,32	1072	78,41	1117	85,55
893	64,35	938	66,26	983	83,94	1028	85,48	1073	77,94	1118	85,19
894	65,45	939	67,38	984	84,83	1029	83,69	1074	77,16	1119	84,93
895	66,47	940	68,86	985	85,71	1030	83,72	1075	77,04	1120	85,06
896	67,32	941	70,17	986	86,36	1031	84,11	1076	77,26	1121	86,04
897	68,18	942	70,54	987	86,73	1032	84,21	1077	76,90	1122	85,64
898	69,03	943	71,05	988	84,86	1033	84,66	1078	76,85	1123	85,68
899	69,63	944	72,21	989	82,37	1034	84,94	1079	76,29	1124	84,22
900	70,05	945	72,75	990	81,10	1035	85,60	1080	72,94	1125	81,74

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1126	81,00	1171	62,46	1216	73,28	1261	79,12	1306	82,25	1351	77,30
1127	80,26	1172	63,90	1217	74,00	1262	77,87	1307	82,85	1352	77,73
1128	80,71	1173	62,36	1218	73,57	1263	75,72	1308	82,78	1353	78,11
1129	81,92	1174	63,51	1219	74,78	1264	73,26	1309	81,91	1354	78,39
1130	82,67	1175	64,56	1220	75,66	1265	71,65	1310	81,87	1355	78,94
1131	83,01	1176	65,63	1221	76,26	1266	70,35	1311	81,15	1356	79,77
1132	85,02	1177	66,27	1222	77,96	1267	72,22	1312	80,02	1357	80,72
1133	86,09	1178	66,86	1223	78,27	1268	72,82	1313	78,84	1358	81,16
1134	85,35	1179	68,26	1224	81,39	1269	74,43	1314	78,76	1359	82,83
1135	84,28	1180	69,16	1225	82,96	1270	75,23	1315	78,77	1360	83,61
1136	83,25	1181	70,44	1226	85,07	1271	76,47	1316	77,16	1361	84,78
1137	82,42	1182	71,33	1227	87,34	1272	76,07	1317	73,94	1362	83,83
1138	81,65	1183	74,33	1228	86,29	1273	75,90	1318	72,09	1363	83,49
1139	81,88	1184	74,52	1229	84,62	1274	78,85	1319	68,63	1364	84,16
1140	82,48	1185	76,64	1230	84,78	1275	79,79	1320	63,48	1365	84,46
1141	83,28	1186	78,44	1231	82,70	1276	79,72	1321	57,54	1366	84,46
1142	84,00	1187	77,62	1232	82,86	1277	78,92	1322	58,40	1367	84,19
1143	84,24	1188	69,39	1233	81,28	1278	77,97	1323	59,73	1368	84,57
1144	83,92	1189	58,01	1234	79,88	1279	79,26	1324	60,86	1369	85,01
1145	82,65	1190	46,16	1235	78,69	1280	79,71	1325	63,36	1370	84,43
1146	80,56	1191	33,24	1236	77,22	1281	78,64	1326	61,98	1371	83,37
1147	76,82	1192	24,19	1237	75,74	1282	78,91	1327	60,51	1372	83,17
1148	73,51	1193	19,48	1238	75,81	1283	78,91	1328	62,18	1373	83,72
1149	70,32	1194	15,95	1239	70,32	1284	78,28	1329	64,14	1374	84,49
1150	66,74	1195	14,24	1240	65,03	1285	78,66	1330	66,33	1375	84,91
1151	67,51	1196	13,18	1241	62,31	1286	78,13	1331	67,13	1376	85,05
1152	69,20	1197	8,78	1242	66,24	1287	77,76	1332	66,87	1377	85,20
1153	71,16	1198	5,35	1243	69,88	1288	77,59	1333	66,45	1378	84,46
1154	72,28	1199	5,86	1244	71,17	1289	77,34	1334	68,01	1379	83,63
1155	74,06	1200	12,09	1245	75,00	1290	77,06	1335	70,78	1380	82,91
1156	75,72	1201	15,97	1246	79,90	1291	77,56	1336	71,13	1381	81,97
1157	77,26	1202	20,94	1247	82,73	1292	77,92	1337	73,13	1382	81,25
1158	78,43	1203	25,21	1248	85,05	1293	77,85	1338	76,24	1383	80,65
1159	79,41	1204	30,81	1249	87,89	1294	79,97	1339	79,40	1384	79,73
1160	77,69	1205	35,03	1250	89,91	1295	80,67	1340	76,67	1385	78,90
1161	73,57	1206	39,49	1251	88,71	1296	81,97	1341	77,83	1386	78,22
1162	68,89	1207	45,73	1252	89,43	1297	84,42	1342	77,36	1387	77,04
1163	64,38	1208	50,75	1253	89,42	1298	85,45	1343	78,34	1388	74,85
1164	59,20	1209	54,90	1254	88,38	1299	85,33	1344	77,85	1389	75,15
1165	58,43	1210	55,08	1255	89,62	1300	84,07	1345	75,86	1390	74,61
1166	58,30	1211	56,88	1256	87,59	1301	81,66	1346	75,84	1391	73,98
1167	60,00	1212	59,48	1257	84,33	1302	80,27	1347	76,02	1392	73,38
1168	61,33	1213	63,73	1258	81,60	1303	78,99	1348	77,10	1393	72,83
1169	62,47	1214	63,59	1259	80,16	1304	80,45	1349	76,80	1394	73,07
1170	61,93	1215	69,62	1260	78,45	1305	81,78	1350	76,69	1395	74,32

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v
1396	73,86	1441	83,71	1486	7,23
1397	75,04	1442	83,51	1487	2,11
1398	76,00	1443	83,30	1488	0,0
1399	76,71	1444	82,21	1489	0,0
1400	77,38	1445	81,01	1490	0,0
1401	77,59	1446	79,80	1491	0,0
1402	78,65	1447	79,63	1492	0,0
1403	79,46	1448	79,65		
1404	80,02	1449	79,18		
1405	79,97	1450	79,71		
1406	81,23	1451	79,36		
1407	82,39	1452	79,65		
1408	83,21	1453	80,97		
1409	83,67	1454	81,98		
1410	84,80	1455	83,70		
1411	84,83	1456	84,36		
1412	85,71	1457	83,80		
1413	85,28	1458	83,19		
1414	83,34	1459	82,51		
1415	81,53	1460	82,59		
1416	80,53	1461	81,64		
1417	80,92	1462	80,30		
1418	83,45	1463	78,76		
1419	82,94	1464	77,00		
1420	83,94	1465	74,42		
1421	84,29	1466	71,22		
1422	84,53	1467	67,41		
1423	85,11	1468	61,61		
1424	85,97	1469	52,52		
1425	85,74	1470	42,88		
1426	84,62	1471	35,79		
1427	83,90	1472	31,41		
1428	83,08	1473	26,76		
1429	82,74	1474	20,05		
1430	82,48	1475	16,55		
1431	82,70	1476	13,91		
1432	82,89	1477	13,62		
1433	83,19	1478	12,66		
1434	83,40	1479	11,75		
1435	83,47	1480	11,12		
1436	83,41	1481	10,72		
1437	83,38	1482	11,05		
1438	83,64	1483	11,60		
1439	83,66	1484	10,90		
1440	85,31	1485	10,59		

(Fuente: Propia)

Anexo VI

Datos de velocidad cada segundo del ciclo D.M.Q Combinado

Tabla VI.1. Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del Ciclo D.M.Q Combinado

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
0	0,00												
1	0,00	46	61,03	91	63,70	136	66,24	181	69,55	226	57,56	271	1,12
2	0,00	47	61,35	92	63,40	137	66,17	182	69,88	227	55,66	272	3,98
3	0,00	48	60,79	93	63,54	138	64,71	183	70,05	228	50,68	273	6,50
4	0,00	49	60,90	94	63,56	139	65,14	184	70,38	229	46,94	274	5,34
5	1,20	50	61,04	95	63,52	140	64,70	185	70,61	230	43,24	275	1,74
6	2,46	51	61,19	96	63,47	141	64,82	186	71,11	231	40,38	276	0,00
7	4,88	52	61,65	97	63,49	142	65,04	187	71,33	232	39,16	277	0,00
8	8,86	53	62,33	98	63,51	143	65,13	188	71,51	233	37,24	278	1,80
9	12,67	54	60,46	99	62,82	144	64,42	189	71,64	234	33,93	279	0,00
10	15,98	55	60,72	100	62,30	145	65,05	190	71,69	235	27,06	280	0,00
11	19,09	56	61,65	101	61,59	146	64,67	191	71,81	236	23,52	281	1,64
12	22,55	57	62,28	102	62,20	147	64,45	192	72,02	237	21,34	282	1,84
13	25,21	58	61,56	103	61,40	148	64,33	193	72,13	238	23,34	283	5,11
14	28,82	59	62,03	104	61,68	149	64,33	194	72,33	239	25,44	284	4,24
15	31,94	60	62,59	105	61,75	150	64,79	195	72,58	240	26,87	285	4,57
16	34,64	61	62,41	106	61,67	151	63,38	196	72,11	241	28,96	286	1,45
17	37,36	62	62,82	107	61,43	152	63,95	197	72,28	242	30,13	287	2,05
18	40,03	63	61,44	108	61,49	153	64,11	198	73,52	243	31,88	288	4,05
19	43,67	64	62,97	109	61,55	154	64,73	199	72,90	244	32,19	289	7,50
20	46,15	65	64,68	110	57,96	155	64,23	200	73,63	245	33,33	290	10,50
21	44,17	66	64,07	111	58,13	156	63,88	201	74,77	246	33,50	291	12,04
22	44,51	67	64,04	112	58,77	157	63,56	202	74,79	247	32,34	292	13,04
23	45,35	68	64,03	113	60,02	158	63,39	203	74,82	248	30,47	293	15,04
24	46,26	69	64,22	114	61,36	159	63,42	204	75,36	249	28,02	294	16,51
25	45,87	70	63,56	115	62,58	160	61,44	205	75,07	250	25,18	295	19,54
26	49,08	71	63,46	116	63,65	161	61,95	206	74,27	251	22,18	296	23,07
27	50,34	72	62,74	117	65,15	162	62,73	207	74,21	252	18,44	297	26,34
28	51,55	73	63,19	118	67,32	163	63,72	208	74,13	253	13,96	298	26,08
29	53,01	74	64,47	119	67,94	164	64,67	209	73,16	254	10,26	299	26,94
30	53,93	75	63,35	120	68,22	165	65,52	210	72,53	255	7,90	300	29,39
31	55,10	76	63,92	121	67,13	166	66,39	211	72,56	256	5,66	301	32,17
32	56,02	77	63,82	122	66,82	167	67,60	212	69,73	257	4,17	302	34,80
33	57,04	78	64,37	123	66,18	168	68,85	213	67,54	258	2,89	303	37,51
34	58,02	79	64,28	124	66,18	169	69,63	214	68,83	259	3,70	304	39,91
35	59,89	80	64,51	125	66,44	170	67,25	215	67,17	260	3,60	305	41,88
36	60,64	81	64,71	126	66,10	171	67,07	216	65,47	261	2,72	306	44,34
37	61,23	82	64,83	127	65,58	172	67,65	217	64,06	262	2,51	307	46,99
38	62,29	83	64,92	128	66,37	173	67,33	218	63,64	263	4,49	308	49,90
39	63,45	84	64,87	129	65,92	174	67,63	219	63,99	264	6,58	309	50,78
40	60,40	85	64,24	130	66,10	175	68,03	220	65,16	265	8,53	310	49,89
41	60,25	86	64,46	131	66,00	176	68,51	221	64,89	266	7,31	311	50,64
42	60,66	87	63,62	132	65,81	177	68,60	222	64,03	267	5,34	312	51,04
43	61,26	88	63,84	133	65,68	178	68,57	223	62,01	268	2,66	313	50,27
44	60,62	89	63,09	134	66,24	179	68,98	224	61,20	269	1,39	314	50,81
45	61,24	90	63,18	135	64,44	180	69,53	225	60,32	270	0,00	315	51,14

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
316	52,62	361	64,18	406	72,13	451	59,29	496	47,97	541	41,14
317	53,62	362	64,37	407	72,77	452	59,18	497	51,03	542	41,13
318	54,91	363	64,37	408	72,59	453	59,12	498	50,08	543	39,21
319	55,82	364	64,14	409	72,67	454	58,91	499	51,99	544	36,84
320	56,49	365	63,35	410	72,78	455	60,09	500	52,55	545	34,48
321	57,60	366	62,66	411	72,69	456	61,45	501	51,44	546	32,88
322	58,22	367	62,55	412	72,38	457	63,46	502	51,99	547	31,11
323	59,22	368	62,54	413	71,75	458	64,42	503	52,10	548	27,52
324	60,11	369	61,89	414	70,39	459	65,52	504	50,62	549	23,63
325	60,43	370	61,21	415	67,98	460	66,30	505	50,49	550	19,49
326	62,21	371	61,16	416	68,00	461	66,80	506	50,88	551	13,36
327	61,00	372	61,48	417	67,85	462	65,86	507	52,27	552	8,45
328	58,55	373	63,02	418	67,81	463	66,12	508	54,89	553	3,99
329	58,45	374	65,01	419	67,93	464	65,88	509	58,72	554	0,00
330	58,57	375	67,14	420	68,81	465	65,62	510	61,84	555	0,00
331	58,60	376	69,39	421	69,83	466	64,46	511	65,53	556	0,00
332	58,61	377	70,93	422	68,25	467	63,68	512	68,47	557	0,00
333	59,31	378	72,11	423	69,40	468	62,51	513	72,00	558	0,00
334	59,58	379	72,67	424	69,87	469	62,51	514	74,74	559	0,00
335	60,34	380	73,38	425	70,27	470	61,73	515	76,87	560	0,00
336	60,82	381	74,01	426	70,15	471	60,59	516	78,33	561	0,00
337	61,42	382	74,26	427	68,99	472	58,86	517	77,85	562	0,00
338	62,44	383	74,63	428	68,34	473	57,78	518	75,08	563	0,00
339	63,11	384	75,10	429	68,98	474	56,06	519	72,64	564	0,00
340	63,70	385	73,77	430	68,62	475	55,88	520	71,23	565	0,00
341	64,44	386	71,65	431	69,45	476	55,82	521	66,59	566	0,00
342	60,55	387	71,79	432	67,97	477	55,17	522	61,58	567	0,00
343	60,55	388	72,14	433	67,71	478	54,27	523	56,45	568	0,00
344	64,48	389	71,76	434	66,19	479	53,41	524	52,41	569	0,00
345	67,50	390	72,29	435	64,25	480	53,63	525	47,95	570	0,00
346	68,41	391	71,67	436	63,81	481	53,51	526	44,74	571	0,00
347	68,70	392	70,82	437	64,28	482	53,88	527	42,63	572	0,00
348	68,35	393	70,77	438	62,95	483	54,05	528	40,29	573	0,00
349	67,87	394	70,10	439	64,89	484	55,27	529	40,03	574	0,00
350	67,33	395	69,58	440	64,23	485	55,10	530	38,66	575	0,00
351	65,93	396	69,98	441	65,59	486	55,71	531	37,34	576	3,10
352	63,76	397	70,79	442	65,27	487	55,87	532	32,70	577	6,56
353	62,85	398	71,26	443	64,21	488	55,54	533	34,16	578	9,14
354	62,08	399	71,34	444	63,81	489	54,61	534	35,36	579	11,08
355	62,42	400	71,83	445	62,79	490	53,76	535	35,88	580	14,90
356	62,16	401	71,58	446	61,20	491	52,25	536	37,93	581	16,05
357	62,92	402	71,72	447	62,28	492	50,87	537	37,87	582	19,05
358	62,96	403	71,31	448	61,22	493	50,04	538	39,67	583	17,28
359	63,51	404	70,33	449	59,21	494	49,89	539	41,26	584	17,97
360	63,96	405	71,79	450	59,32	495	48,66	540	41,52	585	19,99

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
586	22,15	631	20,59	676	1,88	721	24,13	766	30,05	811	34,13
587	22,12	632	17,56	677	1,23	722	22,32	767	30,54	812	33,81
588	23,90	633	14,49	678	1,19	723	20,68	768	31,07	813	32,27
589	27,84	634	14,41	679	1,42	724	17,63	769	32,45	814	29,51
590	27,92	635	10,79	680	2,46	725	15,21	770	33,54	815	28,65
591	31,65	636	10,51	681	3,01	726	12,63	771	34,43	816	28,53
592	33,31	637	8,93	682	0,00	727	11,23	772	35,45	817	29,10
593	34,78	638	8,76	683	0,00	728	10,25	773	35,25	818	30,47
594	33,42	639	7,41	684	1,28	729	12,37	774	36,42	819	32,26
595	33,66	640	7,35	685	0,00	730	14,30	775	36,08	820	33,69
596	34,44	641	8,24	686	0,00	731	13,98	776	34,79	821	33,51
597	34,82	642	10,49	687	0,00	732	15,16	777	31,98	822	33,29
598	35,13	643	13,81	688	0,00	733	15,91	778	27,09	823	32,14
599	35,88	644	16,43	689	0,00	734	18,39	779	26,46	824	29,68
600	37,32	645	18,72	690	0,00	735	20,45	780	26,90	825	26,53
601	39,55	646	19,88	691	0,00	736	18,65	781	23,20	826	22,83
602	37,51	647	21,79	692	3,10	737	19,79	782	20,62	827	17,67
603	36,88	648	22,85	693	6,90	738	17,59	783	19,78	828	11,58
604	36,18	649	24,49	694	9,52	739	17,27	784	20,27	829	5,92
605	35,17	650	25,72	695	11,62	740	12,46	785	19,11	830	4,49
606	34,86	651	29,16	696	14,95	741	9,10	786	16,25	831	3,83
607	37,07	652	29,69	697	16,81	742	6,78	787	14,86	832	0,00
608	37,28	653	29,14	698	15,98	743	6,03	788	14,69	833	0,00
609	37,51	654	31,43	699	17,90	744	7,87	789	15,65	834	0,00
610	38,26	655	32,04	700	19,54	745	6,54	790	17,22	835	0,00
611	36,57	656	32,61	701	23,20	746	7,27	791	15,92	836	0,00
612	36,81	657	31,91	702	25,96	747	5,06	792	10,44	837	0,00
613	34,87	658	27,78	703	27,96	748	4,20	793	4,99	838	3,30
614	36,35	659	28,51	704	31,42	749	6,73	794	2,08	839	6,35
615	34,38	660	27,08	705	32,65	750	9,75	795	3,75	840	9,76
616	36,14	661	26,27	706	30,28	751	13,27	796	6,90	841	12,11
617	35,57	662	25,18	707	31,48	752	15,16	797	9,41	842	14,95
618	32,57	663	21,29	708	32,87	753	17,90	798	12,39	843	18,17
619	36,14	664	17,95	709	33,97	754	18,63	799	12,68	844	21,76
620	38,79	665	14,21	710	36,45	755	20,20	800	14,02	845	22,63
621	38,49	666	8,82	711	36,27	756	21,91	801	16,95	846	25,87
622	37,63	667	4,30	712	37,20	757	22,99	802	20,07	847	29,49
623	36,37	668	0,00	713	37,12	758	24,64	803	22,68	848	32,45
624	32,52	669	0,00	714	36,51	759	25,92	804	24,86	849	34,77
625	31,33	670	0,00	715	34,18	760	27,51	805	26,04	850	34,26
626	31,25	671	0,00	716	32,17	761	28,99	806	27,53	851	34,51
627	27,41	672	0,00	717	30,20	762	30,39	807	30,35	852	34,98
628	24,05	673	0,00	718	29,42	763	30,91	808	32,21	853	35,98
629	22,04	674	0,00	719	27,28	764	31,35	809	33,64	854	35,84
630	21,00	675	0,00	720	26,15	765	30,42	810	33,01	855	37,16

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
856	37,21	901	0,00	946	24,21	991	6,46	1036	0,00	1081	0,00
857	36,50	902	0,00	947	24,38	992	6,78	1037	0,00	1082	1,47
858	35,49	903	0,00	948	24,55	993	7,45	1038	2,01	1083	0,00
859	35,56	904	0,00	949	21,88	994	8,02	1039	4,67	1084	2,48
860	35,32	905	0,00	950	24,61	995	8,56	1040	5,95	1085	5,72
861	35,50	906	0,00	951	21,99	996	8,47	1041	5,22	1086	6,53
862	33,51	907	0,00	952	23,62	997	7,58	1042	4,07	1087	6,28
863	32,04	908	0,00	953	24,49	998	6,22	1043	3,60	1088	5,67
864	31,05	909	0,00	954	25,04	999	4,57	1044	3,96	1089	4,98
865	30,64	910	0,00	955	27,38	1000	3,99	1045	3,48	1090	4,98
866	29,33	911	0,00	956	26,82	1001	7,22	1046	2,32	1091	4,46
867	30,02	912	0,00	957	24,82	1002	8,05	1047	1,14	1092	4,31
868	30,64	913	0,00	958	21,97	1003	6,84	1048	0,00	1093	4,92
869	26,91	914	0,00	959	19,92	1004	4,54	1049	0,00	1094	5,05
870	23,53	915	0,00	960	16,68	1005	3,97	1050	0,00	1095	4,62
871	20,53	916	0,00	961	14,56	1006	3,37	1051	0,00	1096	4,98
872	16,37	917	0,00	962	12,84	1007	5,53	1052	0,00	1097	3,00
873	12,71	918	0,00	963	7,53	1008	6,21	1053	0,00	1098	1,82
874	12,72	919	0,00	964	4,33	1009	4,75	1054	0,00	1099	0,00
875	14,11	920	0,00	965	1,17	1010	3,58	1055	0,00	1100	1,52
876	15,15	921	0,00	966	0,00	1011	3,47	1056	4,17	1101	1,24
877	15,98	922	3,24	967	0,00	1012	6,25	1057	7,67	1102	0,00
878	12,71	923	6,82	968	1,22	1013	6,08	1058	8,19	1103	0,00
879	9,55	924	9,92	969	0,00	1014	4,33	1059	7,99	1104	1,04
880	5,79	925	11,89	970	0,00	1015	2,70	1060	5,56	1105	1,67
881	1,32	926	14,25	971	0,00	1016	3,71	1061	5,70	1106	0,00
882	0,00	927	18,42	972	0,00	1017	5,90	1062	5,45	1107	0,00
883	0,00	928	15,54	973	0,00	1018	5,58	1063	4,84	1108	0,00
884	0,00	929	16,63	974	0,00	1019	6,12	1064	5,21	1109	3,57
885	0,00	930	18,40	975	3,21	1020	4,54	1065	4,72	1110	7,91
886	0,00	931	19,10	976	6,54	1021	4,21	1066	4,44	1111	7,25
887	0,00	932	18,88	977	8,35	1022	2,30	1067	4,52	1112	8,23
888	0,00	933	19,52	978	6,63	1023	1,16	1068	4,64	1113	6,74
889	0,00	934	19,31	979	5,69	1024	0,00	1069	5,02	1114	5,38
890	0,00	935	17,45	980	5,69	1025	0,00	1070	4,66	1115	4,74
891	0,00	936	16,15	981	5,69	1026	0,00	1071	4,56	1116	5,32
892	0,00	937	15,25	982	5,69	1027	2,02	1072	3,27	1117	4,98
893	0,00	938	16,20	983	7,05	1028	4,55	1073	0,00	1118	4,26
894	0,00	939	18,47	984	7,55	1029	6,43	1074	0,00	1119	5,16
895	0,00	940	20,29	985	6,72	1030	4,02	1075	0,00	1120	4,65
896	0,00	941	21,36	986	5,62	1031	0,00	1076	0,00	1121	4,60
897	0,00	942	22,88	987	5,39	1032	0,00	1077	0,00	1122	4,84
898	0,00	943	22,79	988	6,73	1033	0,00	1078	0,00	1123	5,85
899	0,00	944	25,32	989	7,53	1034	0,00	1079	1,01	1124	7,26
900	0,00	945	24,21	990	6,19	1035	0,00	1080	0,00	1125	7,41

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1126	6,51	1171	2,41	1216	1,74	1261	9,46	1306	1,91	1351	21,67
1127	5,66	1172	4,40	1217	0,00	1262	8,30	1307	1,67	1352	22,16
1128	5,53	1173	6,01	1218	0,00	1263	7,75	1308	1,28	1353	19,43
1129	5,27	1174	6,50	1219	0,00	1264	7,28	1309	0,00	1354	12,96
1130	4,81	1175	4,85	1220	1,09	1265	6,31	1310	0,00	1355	10,76
1131	3,70	1176	5,58	1221	1,74	1266	5,56	1311	0,00	1356	6,87
1132	2,80	1177	5,68	1222	2,99	1267	5,48	1312	1,48	1357	3,97
1133	2,96	1178	7,95	1223	1,75	1268	4,95	1313	1,33	1358	1,91
1134	2,84	1179	7,91	1224	0,00	1269	4,92	1314	2,31	1359	1,64
1135	3,95	1180	6,88	1225	0,00	1270	6,18	1315	1,48	1360	1,15
1136	5,45	1181	7,25	1226	0,00	1271	7,35	1316	0,00	1361	1,75
1137	5,89	1182	6,36	1227	0,00	1272	7,52	1317	0,00	1362	0,00
1138	4,19	1183	7,67	1228	3,41	1273	6,92	1318	0,00	1363	0,00
1139	4,52	1184	8,40	1229	7,55	1274	6,33	1319	0,00	1364	0,00
1140	4,06	1185	8,32	1230	9,85	1275	6,18	1320	1,68	1365	0,00
1141	4,04	1186	8,09	1231	11,49	1276	5,37	1321	1,33	1366	0,00
1142	4,10	1187	7,68	1232	11,66	1277	4,19	1322	1,62	1367	0,00
1143	3,77	1188	7,29	1233	13,26	1278	1,22	1323	0,00	1368	0,00
1144	4,72	1189	6,85	1234	13,48	1279	0,00	1324	0,00	1369	1,44
1145	4,42	1190	6,03	1235	12,39	1280	0,00	1325	3,13	1370	0,00
1146	5,18	1191	6,27	1236	11,70	1281	1,45	1326	2,36	1371	1,63
1147	4,17	1192	5,75	1237	10,79	1282	0,00	1327	0,00	1372	0,00
1148	5,12	1193	5,31	1238	10,46	1283	0,00	1328	0,00	1373	0,00
1149	3,93	1194	5,17	1239	9,48	1284	0,00	1329	2,33	1374	0,00
1150	3,12	1195	4,74	1240	8,38	1285	1,18	1330	3,29	1375	0,00
1151	2,72	1196	4,09	1241	7,86	1286	0,00	1331	0,00	1376	0,00
1152	1,99	1197	4,28	1242	7,57	1287	1,05	1332	0,00	1377	0,00
1153	2,33	1198	3,29	1243	5,49	1288	1,39	1333	0,00	1378	0,00
1154	2,14	1199	3,45	1244	3,63	1289	0,00	1334	4,80	1379	0,00
1155	1,75	1200	1,03	1245	2,04	1290	0,00	1335	8,81	1380	0,00
1156	2,38	1201	0,00	1246	0,00	1291	1,31	1336	10,34	1381	0,00
1157	1,69	1202	0,00	1247	0,00	1292	0,00	1337	10,86	1382	0,00
1158	1,10	1203	0,00	1248	0,00	1293	1,07	1338	9,89	1383	0,00
1159	1,42	1204	0,00	1249	0,00	1294	0,00	1339	8,98	1384	0,00
1160	2,29	1205	0,00	1250	1,36	1295	2,23	1340	8,12	1385	0,00
1161	1,54	1206	0,00	1251	0,00	1296	1,60	1341	8,62	1386	0,00
1162	0,00	1207	1,56	1252	4,41	1297	0,00	1342	7,82	1387	1,05
1163	0,00	1208	0,00	1253	8,24	1298	1,76	1343	8,70	1388	1,11
1164	0,00	1209	0,00	1254	10,61	1299	1,93	1344	10,66	1389	1,82
1165	0,00	1210	1,05	1255	11,27	1300	0,00	1345	14,88	1390	0,00
1166	0,00	1211	1,49	1256	10,41	1301	0,00	1346	16,60	1391	0,00
1167	1,85	1212	0,00	1257	9,65	1302	0,00	1347	16,26	1392	0,00
1168	3,36	1213	0,00	1258	7,89	1303	0,00	1348	16,88	1393	0,00
1169	3,01	1214	0,00	1259	8,28	1304	0,00	1349	18,70	1394	0,00
1170	3,01	1215	0,00	1260	9,78	1305	0,00	1350	20,04	1395	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1396	0,00	1441	24,64	1486	39,42	1531	21,53	1576	31,75	1621	0,00
1397	0,00	1442	23,54	1487	40,40	1532	22,71	1577	26,44	1622	0,00
1398	0,00	1443	22,94	1488	39,77	1533	23,29	1578	25,72	1623	0,00
1399	1,45	1444	22,16	1489	37,76	1534	22,49	1579	20,86	1624	0,00
1400	2,06	1445	22,15	1490	37,94	1535	24,33	1580	21,10	1625	0,00
1401	1,98	1446	21,37	1491	36,31	1536	25,40	1581	20,94	1626	0,00
1402	0,00	1447	20,13	1492	33,10	1537	26,65	1582	22,99	1627	0,00
1403	1,15	1448	16,01	1493	29,63	1538	27,44	1583	24,73	1628	0,00
1404	0,00	1449	12,85	1494	25,99	1539	28,62	1584	28,33	1629	0,00
1405	0,00	1450	9,99	1495	21,51	1540	28,94	1585	26,87	1630	0,00
1406	1,10	1451	8,80	1496	17,51	1541	29,44	1586	27,95	1631	0,00
1407	1,51	1452	7,63	1497	14,40	1542	29,48	1587	28,73	1632	0,00
1408	0,00	1453	7,31	1498	11,66	1543	29,22	1588	27,22	1633	0,00
1409	1,10	1454	6,78	1499	7,80	1544	30,00	1589	24,28	1634	0,00
1410	1,23	1455	6,17	1500	5,94	1545	29,88	1590	21,47	1635	0,00
1411	0,00	1456	5,63	1501	2,27	1546	30,84	1591	19,31	1636	0,00
1412	0,00	1457	5,04	1502	0,00	1547	31,48	1592	17,19	1637	0,00
1413	0,00	1458	5,10	1503	0,00	1548	32,44	1593	16,54	1638	0,00
1414	0,00	1459	4,96	1504	0,00	1549	33,40	1594	15,56	1639	0,00
1415	1,61	1460	4,36	1505	0,00	1550	34,81	1595	12,57	1640	0,00
1416	0,00	1461	3,42	1506	0,00	1551	34,67	1596	7,46	1641	0,00
1417	1,53	1462	2,93	1507	0,00	1552	35,39	1597	2,05	1642	0,00
1418	1,66	1463	4,13	1508	0,00	1553	35,78	1598	0,00	1643	1,03
1419	1,37	1464	7,31	1509	0,00	1554	36,18	1599	0,00	1644	1,52
1420	2,45	1465	9,29	1510	0,00	1555	37,43	1600	0,00	1645	1,89
1421	6,29	1466	10,58	1511	0,00	1556	37,52	1601	0,00	1646	5,18
1422	8,64	1467	14,04	1512	0,00	1557	38,58	1602	0,00	1647	8,56
1423	11,46	1468	16,48	1513	0,00	1558	39,68	1603	0,00	1648	11,64
1424	13,74	1469	18,12	1514	0,00	1559	40,16	1604	0,00	1649	14,02
1425	15,24	1470	20,21	1515	0,00	1560	39,90	1605	0,00	1650	16,92
1426	14,86	1471	20,82	1516	0,00	1561	39,67	1606	0,00	1651	19,39
1427	17,02	1472	25,61	1517	0,00	1562	40,49	1607	0,00	1652	20,79
1428	18,75	1473	27,91	1518	0,00	1563	41,38	1608	0,00	1653	21,11
1429	19,81	1474	29,22	1519	0,00	1564	42,33	1609	0,00	1654	21,68
1430	21,79	1475	30,22	1520	0,00	1565	44,23	1610	0,00	1655	22,51
1431	22,06	1476	31,13	1521	0,00	1566	44,85	1611	0,00	1656	23,95
1432	23,80	1477	31,97	1522	0,00	1567	46,51	1612	1,83	1657	25,18
1433	24,77	1478	33,02	1523	0,00	1568	46,73	1613	3,47	1658	25,64
1434	25,57	1479	34,08	1524	0,00	1569	46,35	1614	1,80	1659	26,63
1435	25,42	1480	34,33	1525	1,71	1570	44,37	1615	1,11	1660	27,74
1436	26,84	1481	33,94	1526	5,32	1571	42,86	1616	0,00	1661	28,40
1437	26,92	1482	35,34	1527	9,53	1572	42,02	1617	0,00	1662	27,98
1438	26,87	1483	36,90	1528	13,31	1573	40,58	1618	0,00	1663	26,93
1439	25,97	1484	37,73	1529	16,55	1574	37,82	1619	0,00	1664	24,87
1440	26,22	1485	38,43	1530	19,63	1575	37,34	1620	0,00	1665	21,39

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1666	19,76	1711	0,00	1756	0,00	1801	43,15	1846	22,84	1891	28,55
1667	18,92	1712	0,00	1757	0,00	1802	43,93	1847	19,81	1892	30,52
1668	18,42	1713	0,00	1758	0,00	1803	44,00	1848	17,84	1893	30,00
1669	18,60	1714	0,00	1759	1,34	1804	43,21	1849	15,64	1894	30,58
1670	20,02	1715	0,00	1760	1,60	1805	41,64	1850	13,70	1895	30,88
1671	20,81	1716	1,24	1761	0,00	1806	39,55	1851	9,46	1896	32,13
1672	22,11	1717	1,14	1762	0,00	1807	37,83	1852	3,89	1897	31,73
1673	22,96	1718	0,00	1763	0,00	1808	36,42	1853	1,51	1898	31,37
1674	23,34	1719	0,00	1764	0,00	1809	35,32	1854	0,00	1899	29,83
1675	23,52	1720	0,00	1765	0,00	1810	34,21	1855	1,99	1900	30,52
1676	24,78	1721	0,00	1766	0,00	1811	33,38	1856	0,00	1901	32,00
1677	24,38	1722	0,00	1767	1,25	1812	34,69	1857	0,00	1902	32,41
1678	24,20	1723	0,00	1768	0,00	1813	34,58	1858	0,00	1903	32,45
1679	23,84	1724	0,00	1769	0,00	1814	34,85	1859	0,00	1904	32,48
1680	24,65	1725	0,00	1770	0,00	1815	34,46	1860	0,00	1905	32,15
1681	24,59	1726	0,00	1771	1,05	1816	33,75	1861	0,00	1906	31,27
1682	24,67	1727	0,00	1772	1,00	1817	33,59	1862	0,00	1907	30,35
1683	25,11	1728	0,00	1773	0,00	1818	33,51	1863	0,00	1908	29,99
1684	26,21	1729	0,00	1774	0,00	1819	34,75	1864	0,00	1909	31,26
1685	27,94	1730	1,07	1775	0,00	1820	35,01	1865	0,00	1910	32,97
1686	28,79	1731	0,00	1776	0,00	1821	35,52	1866	0,00	1911	34,26
1687	29,26	1732	0,00	1777	4,50	1822	36,71	1867	0,00	1912	35,55
1688	30,51	1733	0,00	1778	7,18	1823	36,21	1868	0,00	1913	35,46
1689	30,46	1734	0,00	1779	10,27	1824	35,15	1869	0,00	1914	34,57
1690	31,69	1735	0,00	1780	10,92	1825	34,83	1870	0,00	1915	34,32
1691	32,38	1736	0,00	1781	12,34	1826	34,43	1871	0,00	1916	32,98
1692	32,23	1737	0,00	1782	14,62	1827	31,76	1872	0,00	1917	33,53
1693	32,55	1738	0,00	1783	19,55	1828	27,47	1873	0,00	1918	35,54
1694	31,04	1739	0,00	1784	23,52	1829	25,03	1874	0,00	1919	36,56
1695	31,27	1740	0,00	1785	26,28	1830	23,59	1875	0,00	1920	36,79
1696	29,92	1741	0,00	1786	28,00	1831	23,39	1876	1,95	1921	38,49
1697	26,60	1742	0,00	1787	27,29	1832	22,92	1877	3,32	1922	39,27
1698	23,28	1743	0,00	1788	27,95	1833	22,01	1878	3,79	1923	38,64
1699	21,28	1744	0,00	1789	28,88	1834	23,49	1879	3,05	1924	38,71
1700	15,94	1745	0,00	1790	30,34	1835	23,74	1880	4,24	1925	38,48
1701	9,91	1746	0,00	1791	31,87	1836	24,17	1881	6,43	1926	37,75
1702	4,55	1747	0,00	1792	33,22	1837	26,30	1882	5,11	1927	37,46
1703	2,92	1748	1,13	1793	35,03	1838	27,08	1883	7,10	1928	37,85
1704	1,96	1749	0,00	1794	35,49	1839	27,77	1884	8,29	1929	36,86
1705	1,53	1750	0,00	1795	35,70	1840	28,31	1885	11,34	1930	35,01
1706	0,00	1751	0,00	1796	36,66	1841	27,86	1886	14,24	1931	33,04
1707	0,00	1752	0,00	1797	38,48	1842	26,75	1887	18,96	1932	31,79
1708	0,00	1753	0,00	1798	40,23	1843	26,48	1888	19,77	1933	30,74
1709	0,00	1754	0,00	1799	41,01	1844	26,30	1889	20,52	1934	29,41
1710	1,26	1755	0,00	1800	42,09	1845	24,71	1890	24,04	1935	28,02

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
1936	25,91	1981	16,62	2026	0,00	2071	0,00	2116	8,73	2161	0,00
1937	23,07	1982	17,67	2027	0,00	2072	0,00	2117	3,95	2162	0,00
1938	20,14	1983	17,75	2028	0,00	2073	0,00	2118	1,46	2163	0,00
1939	17,55	1984	19,19	2029	0,00	2074	0,00	2119	1,35	2164	0,00
1940	14,68	1985	21,30	2030	0,00	2075	0,00	2120	0,00	2165	0,00
1941	11,07	1986	23,10	2031	0,00	2076	0,00	2121	2,12	2166	0,00
1942	6,88	1987	24,51	2032	0,00	2077	0,00	2122	4,87	2167	0,00
1943	0,00	1988	24,82	2033	0,00	2078	0,00	2123	4,06	2168	0,00
1944	0,00	1989	25,38	2034	0,00	2079	3,19	2124	2,72	2169	0,00
1945	0,00	1990	25,79	2035	0,00	2080	6,93	2125	2,60	2170	0,00
1946	0,00	1991	26,52	2036	0,00	2081	9,42	2126	2,38	2171	0,00
1947	0,00	1992	27,11	2037	0,00	2082	11,75	2127	5,92	2172	0,00
1948	0,00	1993	27,32	2038	0,00	2083	15,28	2128	8,38	2173	0,00
1949	0,00	1994	27,57	2039	0,00	2084	16,62	2129	8,05	2174	0,00
1950	0,00	1995	26,50	2040	0,00	2085	17,49	2130	7,88	2175	1,20
1951	0,00	1996	24,93	2041	0,00	2086	18,98	2131	6,96	2176	0,00
1952	0,00	1997	22,61	2042	0,00	2087	20,38	2132	4,03	2177	0,00
1953	0,00	1998	20,73	2043	0,00	2088	21,43	2133	1,85	2178	0,00
1954	0,00	1999	19,40	2044	0,00	2089	21,92	2134	0,00	2179	0,00
1955	0,00	2000	17,60	2045	0,00	2090	22,72	2135	0,00	2180	0,00
1956	0,00	2001	15,60	2046	0,00	2091	22,32	2136	0,00	2181	0,00
1957	0,00	2002	14,39	2047	0,00	2092	22,26	2137	1,05	2182	0,00
1958	0,00	2003	14,67	2048	0,00	2093	21,30	2138	0,00	2183	0,00
1959	0,00	2004	15,80	2049	0,00	2094	20,32	2139	0,00	2184	0,00
1960	0,00	2005	16,76	2050	0,00	2095	19,08	2140	0,00	2185	0,00
1961	0,00	2006	17,56	2051	0,00	2096	18,12	2141	0,00	2186	3,71
1962	0,00	2007	18,64	2052	0,00	2097	16,69	2142	0,00	2187	8,17
1963	0,00	2008	18,40	2053	0,00	2098	14,90	2143	0,00	2188	10,91
1964	0,00	2009	18,55	2054	0,00	2099	14,30	2144	0,00	2189	12,78
1965	0,00	2010	18,06	2055	0,00	2100	13,39	2145	0,00	2190	13,64
1966	0,00	2011	17,53	2056	0,00	2101	12,22	2146	0,00	2191	10,84
1967	1,44	2012	12,80	2057	0,00	2102	11,30	2147	0,00	2192	14,12
1968	0,00	2013	5,53	2058	0,00	2103	13,32	2148	0,00	2193	17,06
1969	0,00	2014	0,00	2059	0,00	2104	15,18	2149	0,00	2194	17,25
1970	0,00	2015	0,00	2060	0,00	2105	16,82	2150	0,00	2195	16,23
1971	0,00	2016	0,00	2061	0,00	2106	18,15	2151	0,00	2196	16,95
1972	0,00	2017	0,00	2062	0,00	2107	18,49	2152	0,00	2197	21,39
1973	0,00	2018	0,00	2063	0,00	2108	18,08	2153	1,33	2198	21,54
1974	0,00	2019	0,00	2064	0,00	2109	18,16	2154	0,00	2199	22,72
1975	0,00	2020	0,00	2065	0,00	2110	18,67	2155	0,00	2200	22,38
1976	3,30	2021	0,00	2066	1,34	2111	17,73	2156	0,00	2201	23,49
1977	6,17	2022	0,00	2067	0,00	2112	15,70	2157	0,00	2202	17,56
1978	9,29	2023	0,00	2068	0,00	2113	13,76	2158	0,00	2203	8,81
1979	11,14	2024	0,00	2069	0,00	2114	12,81	2159	0,00	2204	2,77
1980	14,35	2025	0,00	2070	0,00	2115	11,04	2160	0,00	2205	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
2206	1,04	2251	17,33	2296	2,82	2341	17,36	2386	10,71	2431	1,58
2207	1,92	2252	16,82	2297	3,55	2342	17,86	2387	11,86	2432	2,45
2208	0,00	2253	19,20	2298	0,00	2343	17,86	2388	12,19	2433	1,63
2209	1,69	2254	23,35	2299	0,00	2344	20,23	2389	13,81	2434	0,00
2210	0,00	2255	26,43	2300	0,00	2345	22,81	2390	18,35	2435	0,00
2211	1,61	2256	26,02	2301	0,00	2346	19,13	2391	16,80	2436	4,45
2212	3,19	2257	25,94	2302	0,00	2347	23,81	2392	18,74	2437	4,14
2213	4,73	2258	26,05	2303	0,00	2348	25,30	2393	19,90	2438	4,65
2214	1,50	2259	25,42	2304	0,00	2349	27,30	2394	21,71	2439	6,34
2215	0,00	2260	24,92	2305	0,00	2350	28,44	2395	21,74	2440	5,91
2216	0,00	2261	17,79	2306	0,00	2351	31,12	2396	21,92	2441	8,53
2217	0,00	2262	18,38	2307	0,00	2352	34,23	2397	22,75	2442	9,43
2218	0,00	2263	15,75	2308	0,00	2353	36,26	2398	21,54	2443	7,42
2219	0,00	2264	15,70	2309	0,00	2354	38,18	2399	21,48	2444	9,39
2220	0,00	2265	11,47	2310	0,00	2355	35,10	2400	18,84	2445	10,45
2221	0,00	2266	11,47	2311	0,00	2356	35,21	2401	19,52	2446	10,79
2222	0,00	2267	11,47	2312	0,00	2357	35,66	2402	19,35	2447	10,39
2223	0,00	2268	11,53	2313	0,00	2358	33,51	2403	16,81	2448	7,30
2224	0,00	2269	16,77	2314	0,00	2359	34,35	2404	15,81	2449	5,88
2225	0,00	2270	19,77	2315	0,00	2360	33,44	2405	15,01	2450	3,58
2226	0,00	2271	22,62	2316	0,00	2361	33,46	2406	12,83	2451	3,31
2227	0,00	2272	23,73	2317	0,00	2362	31,84	2407	9,75	2452	2,17
2228	0,00	2273	24,96	2318	0,00	2363	29,90	2408	8,88	2453	1,72
2229	0,00	2274	24,73	2319	0,00	2364	25,29	2409	6,20	2454	0,00
2230	0,00	2275	27,79	2320	0,00	2365	24,54	2410	5,54	2455	0,00
2231	0,00	2276	33,01	2321	0,00	2366	19,24	2411	4,99	2456	2,12
2232	0,00	2277	33,66	2322	0,00	2367	15,95	2412	2,90	2457	2,12
2233	1,66	2278	31,96	2323	0,00	2368	14,44	2413	1,23	2458	0,22
2234	0,00	2279	35,13	2324	0,00	2369	10,98	2414	0,00	2459	0,00
2235	0,00	2280	36,18	2325	0,00	2370	8,58	2415	0,00	2460	1,72
2236	0,00	2281	33,08	2326	0,00	2371	5,05	2416	1,46	2461	1,31
2237	0,00	2282	36,82	2327	0,00	2372	2,91	2417	1,79	2462	1,28
2238	0,00	2283	36,80	2328	0,00	2373	0,00	2418	2,25	2463	0,00
2239	0,00	2284	36,01	2329	0,00	2374	0,00	2419	2,25	2464	0,00
2240	0,00	2285	34,63	2330	0,00	2375	0,00	2420	5,98	2465	0,00
2241	0,00	2286	33,24	2331	0,00	2376	0,00	2421	1,95	2466	0,00
2242	0,00	2287	31,56	2332	4,14	2377	0,00	2422	1,67	2467	0,00
2243	0,00	2288	29,80	2333	0,00	2378	3,11	2423	3,81	2468	0,00
2244	0,00	2289	29,50	2334	2,31	2379	1,75	2424	1,22	2469	0,00
2245	0,00	2290	29,50	2335	3,03	2380	1,61	2425	2,63	2470	0,00
2246	3,98	2291	25,55	2336	5,79	2381	0,00	2426	3,09	2471	0,00
2247	6,77	2292	24,18	2337	10,57	2382	0,00	2427	1,47	2472	0,00
2248	11,63	2293	16,02	2338	15,41	2383	2,22	2428	1,62	2473	0,00
2249	13,20	2294	10,63	2339	17,47	2384	6,70	2429	0,00	2474	0,00
2250	16,01	2295	7,64	2340	16,92	2385	10,84	2430	0,00	2475	0,00

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v
2476	1,01	2521	1,02	2566	14,14	2611	0,00	2656	0,00	2701	22,98
2477	0,00	2522	0,00	2567	14,92	2612	0,00	2657	0,00	2702	22,01
2478	2,79	2523	0,00	2568	13,84	2613	1,07	2658	0,00	2703	20,76
2479	5,30	2524	0,00	2569	12,88	2614	0,00	2659	1,20	2704	21,92
2480	7,68	2525	1,20	2570	12,91	2615	0,00	2660	3,46	2705	21,46
2481	12,85	2526	0,00	2571	13,11	2616	0,00	2661	4,57	2706	20,38
2482	14,77	2527	0,00	2572	15,02	2617	0,00	2662	6,91	2707	16,46
2483	16,81	2528	0,00	2573	15,43	2618	0,00	2663	10,68	2708	12,68
2484	17,07	2529	0,00	2574	19,65	2619	0,00	2664	13,06	2709	4,67
2485	19,65	2530	0,00	2575	19,74	2620	0,00	2665	17,34	2710	1,30
2486	18,38	2531	0,00	2576	22,05	2621	0,00	2666	18,90	2711	0,00
2487	18,28	2532	0,00	2577	23,17	2622	0,00	2667	22,76	2712	0,00
2488	16,69	2533	0,00	2578	23,53	2623	0,00	2668	25,53	2713	0,00
2489	15,82	2534	0,00	2579	26,95	2624	0,00	2669	25,66	2714	0,00
2490	12,09	2535	0,00	2580	26,60	2625	0,00	2670	24,70	2715	0,00
2491	11,11	2536	2,86	2581	24,70	2626	0,00	2671	26,81	2716	0,00
2492	9,22	2537	0,00	2582	24,72	2627	0,00	2672	28,08	2717	0,00
2493	3,87	2538	0,00	2583	21,81	2628	0,00	2673	28,44	2718	0,00
2494	2,58	2539	0,00	2584	20,21	2629	0,00	2674	28,17	2719	0,00
2495	2,15	2540	1,26	2585	18,67	2630	0,00	2675	28,93	2720	0,00
2496	1,17	2541	0,00	2586	17,34	2631	0,00	2676	30,87	2721	0,00
2497	0,00	2542	1,73	2587	16,22	2632	1,00	2677	30,99	2722	0,00
2498	0,00	2543	1,05	2588	15,02	2633	0,00	2678	31,30	2723	0,00
2499	0,00	2544	0,00	2589	13,89	2634	0,00	2679	30,95	2724	0,00
2500	0,00	2545	1,17	2590	14,27	2635	0,00	2680	29,22	2725	0,00
2501	0,00	2546	2,60	2591	18,16	2636	0,00	2681	29,38	2726	0,00
2502	0,00	2547	0,00	2592	19,33	2637	0,00	2682	32,30	2727	0,00
2503	1,50	2548	4,33	2593	18,63	2638	0,00	2683	32,83	2728	0,00
2504	0,00	2549	5,91	2594	16,51	2639	1,27	2684	32,74	2729	0,00
2505	0,00	2550	7,02	2595	10,90	2640	0,00	2685	30,46	2730	0,00
2506	0,00	2551	8,86	2596	7,12	2641	1,87	2686	27,78	2731	2,03
2507	0,00	2552	11,02	2597	1,90	2642	1,38	2687	26,42	2732	6,02
2508	0,00	2553	12,28	2598	0,00	2643	2,35	2688	21,35	2733	7,07
2509	0,00	2554	10,28	2599	0,00	2644	1,88	2689	17,42	2734	8,85
2510	0,00	2555	11,02	2600	1,11	2645	1,18	2690	13,79	2735	9,87
2511	0,00	2556	11,77	2601	0,00	2646	1,65	2691	11,09	2736	11,04
2512	0,00	2557	12,59	2602	0,00	2647	1,47	2692	8,88	2737	10,49
2513	0,00	2558	13,98	2603	0,00	2648	0,00	2693	6,51	2738	9,53
2514	0,00	2559	15,33	2604	0,00	2649	0,00	2694	5,19	2739	8,20
2515	0,00	2560	15,30	2605	0,00	2650	0,00	2695	7,11	2740	6,42
2516	0,00	2561	15,71	2606	0,00	2651	1,31	2696	9,23	2741	5,32
2517	0,00	2562	14,22	2607	0,00	2652	0,00	2697	11,70	2742	6,45
2518	0,00	2563	14,03	2608	1,05	2653	0,00	2698	13,58	2743	7,08
2519	1,01	2564	13,78	2609	0,00	2654	0,00	2699	14,96	2744	7,44
2520	0,00	2565	14,19	2610	0,00	2655	0,00	2700	18,11	2745	6,96

(Continuación...)

t	v	t	v	t	v	t	v
2746	8,88	2791	3,88	2836	0,00	2881	14,72
2747	10,44	2792	4,20	2837	0,00	2882	13,53
2748	14,75	2793	3,91	2838	0,00	2883	12,87
2749	18,18	2794	0,00	2839	0,00	2884	12,87
2750	18,47	2795	0,00	2840	0,00	2885	11,81
2751	19,11	2796	0,00	2841	0,00	2886	0,00
2752	18,97	2797	0,00	2842	0,00	2887	0,00
2753	19,77	2798	0,00	2843	3,85	2888	0,00
2754	20,18	2799	0,00	2844	8,32	2889	0,00
2755	20,61	2800	4,66	2845	6,41		
2756	21,46	2801	8,53	2846	1,38		
2757	22,60	2802	10,01	2847	0,00		
2758	23,36	2803	8,08	2848	0,00		
2759	23,73	2804	6,72	2849	1,11		
2760	23,22	2805	2,40	2850	0,00		
2761	22,74	2806	1,16	2851	0,00		
2762	21,75	2807	0,00	2852	3,79		
2763	21,29	2808	0,00	2853	8,19		
2764	19,64	2809	1,21	2854	12,74		
2765	18,13	2810	1,16	2855	12,36		
2766	16,81	2811	0,00	2856	9,43		
2767	17,31	2812	0,00	2857	6,16		
2768	17,17	2813	0,00	2858	2,47		
2769	18,04	2814	0,00	2859	0,00		
2770	18,59	2815	0,00	2860	0,00		
2771	20,17	2816	0,00	2861	0,00		
2772	21,30	2817	0,00	2862	0,00		
2773	21,52	2818	0,00	2863	0,00		
2774	21,74	2819	1,26	2864	0,00		
2775	22,62	2820	3,36	2865	0,00		
2776	23,38	2821	6,60	2866	0,00		
2777	24,64	2822	6,12	2867	0,00		
2778	24,38	2823	1,48	2868	0,00		
2779	25,22	2824	0,00	2869	0,00		
2780	25,71	2825	0,00	2870	0,00		
2781	26,57	2826	0,00	2871	0,00		
2782	26,55	2827	0,00	2872	0,00		
2783	26,26	2828	0,00	2873	1,59		
2784	25,96	2829	0,00	2874	0,00		
2785	24,17	2830	0,00	2875	0,00		
2786	20,19	2831	0,00	2876	4,66		
2787	15,49	2832	0,00	2877	9,78		
2788	14,01	2833	0,00	2878	12,59		
2789	10,81	2834	0,00	2879	13,71		
2790	6,87	2835	0,00	2880	14,70		

(Fuente: Propia)

Anexo VII

Ficha de revisión técnica vehicular

Tabla VII.1. Ficha de revisión técnica vehicular

Datos del Vehículo				Ficha No.	1		
Marca:	Chevrolet	Clase:	Sedan	Color:	Amarillo		
No chasis:	8LATD587X80001995	No. Motor:	F14D3556719K				
Kilometraje:	00336669	Código Institucional					
Estado General Actual del Vehículo							
SISTEMA	B	R	M	SISTEMA	B	R	M
SISTEMA DE DIRECCIÓN				ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS			
Maniobrabilidad de la dirección	■			Presión de inflado	■		
Sonidos al girar a los topes	■			Estado de la banda de rodadura	■		
Funcionamiento del sistema de asistencia	■			Desgaste uniforme	■		
SISTEMA DE SUSPENSIÓN				Montaje de los neumáticos nominales	■		
Estado de amortiguadores	■			CHASIS	■		
Estado de elementos de amortiguación	■			Apariencia libre de fisuras, golpes	■		
Golpeteo al cruzar por superf. irregulares	■			Estado de uniones y ensambles	■		
SISTEMA DE FRENOS				CARROCERÍA			
Precisión y respuesta al frenar	■			Acople de puertas en sus alojamientos	■		
Fugas del fluido del sistema	■			Acople de capo en su alojamiento	■		
Desgaste de zapatas y otro elementos	■			Cerraduras de puertas y capo	■		
SIST. ELECTRICOS Y ELECTRONICOS				Estado de latonería	■		
Sistema de arranque	■			SISTEMA DE TRANSMISIÓN			
Sistema de carga	■			Acople eficaz del embrague	■		
Sistema de alumbrado	■			Sonidos en el sincronizado	■		
Sistemas electrónicos	■			Sonido en corona/s	■		
MOTOR				Estado de los rodillos de rueda	■		
Fuga de fluidos o combustible	■			NIVELES DE FLUIDOS			
Análisis visual del aceite	■			Aceite de motor	■		
Estado de arneses cables y cañerías	■			Aceite de sist. dirección	■		
Estabilidad en ralentí	■			Aceite de caja de velocidades	■		
Desarrollo en aceleración	■			Aceite en la/s corona/s	■		
Mantenimiento a plena carga	■			Aceite del transfer	■		
Temperatura del motor	■			Líquido refrigerante motor	■		
Coloración de gases de escape	■			Líquido de frenos	■		
Funcionamiento de sistemas auxiliares	■			Aire acondicionado	■		
ESTADO	B = Bueno		R = Regular		M = Malo		
OBSERVACIONES :							
Revisión		Km/año	31717	Fecha	30 Sep. 2016		

(Fuente: Propia)

Anexo VIII

Factores para cálculos de gráficas de control por variables

Tabla VIII.1. Factores para el cálculo de gráficas de control por variables

n	A ₁	A ₂	B ₃	B ₄	D ₃	D ₄
2	3,759	1,880	0	3,267	0	3,267
3	2,394	1,023	0	2,568	0	2,574
4	1,880	0,729	0	2,266	0	2,282
5	1,596	0,577	0	2,089	0	2,114
6	1,410	0,483	0,030	1,970	0	2,004
7	1,277	0,419	0,118	1,882	0,076	1,924
8	1,175	0,373	0,185	1,815	0,136	1,864
9	1,094	0,337	0,239	0,239	0,184	1,816
10	1,028	0,308	0,284	0,284	0,223	1,777

(Fuente: CCICEV, 2007)