



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Aplicación de síntesis de ciclos de  
manejo vehicular a motocicletas  
de la Zona Metropolitana de la  
Ciudad de México**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Isaac Eli Guerrero Beltrán

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Rogelio Gonzalez Oropeza



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Aplicación de síntesis de  
ciclos de manejo vehicular  
a motocicletas en la  
Zona Metropolitana de la  
Ciudad de México**

## **Agradecimientos.**

Agradezco al Dr. Roberto Giovani Ramírez Chavarría, quien fue el autor del código y diseño electrónico del SEMAV, con el cual se recopilaron los datos de manejo para esta investigación, al M.I. Rubén Carlos Esquivel Hernández, quien con su asistencia fue posible el diseño y construcción de la carcasa y la placa fenólica del SEMAV.

Agradezco al M.I. Eduardo Cornejo Cedillo por su ayuda y asistencia en toda la secuencia experimental de esta tesis, así como su autoría en la creación del sintetizador DC-synth, con el cual fue posible la construcción del ciclo de manejo.

Agradezco al Dr. Rogelio Gonzalez Oropeza por brindar su tiempo y apoyo en revisar y guiar la línea de investigación en todo el desarrollo de esta tesis.

Agradezco el apoyo brindado para la construcción del SEMAV a través del Proyecto PAPIIT IG 100222, intitulado: "Modificaciones estimadas del parque vehicular en la Ciudad de México hacia las décadas 30's y 40's, así como su impacto en las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto de invernadero".

Por último, agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mi segundo hogar, a la Facultad de Ingeniería (FI) por la formación profesional que me brindo, a la Unidad de Investigación de Control de Emisiones (UNICE) y a cualquier integrante de ella, que de alguna forma fuera de apoyo para el desarrollo de esta tesis y a los motociclistas que participaron en el muestreo, sin el cual esta tesis no sería posible.

## **Dedicatoria.**

*Dedicado a mi Padre, a mi madre, mis  
hermanos, mi familia y mis amigos.*

# Índice

Abreviaturas y símbolos .....	3
Resumen .....	5
Introducción .....	6
Justificación .....	7
Objetivos .....	8
Hipótesis .....	9
Capítulo 1. Marco teórico: Antecedentes.	
1.1 Contexto mundial sobre el MCI (motor de combustión interna) .....	11
1.2 Características del MCI .....	15
1.2.1 Clasificación de MCI .....	16
1.2.2 Sistemas que conforman al MCI .....	19
1.2.3 Sistemas de control de emisiones .....	25
1.3 Emisiones de gases de escape .....	27
1.3.1 Impacto ambiental del MCI .....	28
1.3.2 Prueba de emisiones .....	29
1.3.3 Banco de pruebas .....	30
1.4 Normatividad mundial de emisiones y ciclos de manejo de motocicletas .....	31
1.4.1 Ciclos de manejo .....	31
1.4.2 Construcción de ciclos de manejo .....	32
1.4.3 Ciclos mundiales de motoicletas .....	37
1.4.4 Normatividad de control de emisiones .....	42
1.4.5 Normas en Asia .....	42
1.4.6 Normas en Europa .....	49
1.4.7 Normas en América .....	52
1.4.8 Observaciones referentes a las normas mundiales .....	56
1.5 Normatividad de motocicletas en México .....	59

1.5.1 Necesidad de una normatividad de motocicletas en México .....	59
1.5.2 Anteproyecto de norma en México .....	61
Capítulo 2. Metodología: Diseño de proceso experimental.	
2.1 Delimitación geográfica .....	66
2.2 Vialidades en la ZMVM .....	69
2.3 Grupos normados de motocicletas .....	70
2.4 Muestra representativa .....	73
2.4.1 Estadística .....	73
2.4.2 Creación de muestra representativa .....	74
2.5 Rutas de manejo .....	87
2.6 Instrumentación, Dispositivo SEMAV .....	91
2.7 Procedimiento de muestreos .....	95
2.8 Procesamiento de datos. ....	97
2.9 Síntesis del ciclo de manejo .....	102
2.9.1 Scilab .....	103
2.9.2 Funcionamiento del sintetizador .....	104
2.9.3 Ingreso de rutinas de manejo .....	106
2.9.4 Validación del ciclo de manejo, FIT .....	108
Capítulo 3. Resultados y análisis.	
3.1 Muestra representativa preliminar .....	111
3.2 Rutinas de manejo .....	113
3.3 Ciclo de manejo preliminar .....	121
3.4 Comparaciones .....	126
Capítulo 4. Discusión, propuestas y conclusiones.	
4.1 Discusión .....	133
4.2 Propuestas .....	134
4.3 Conclusiones .....	135

Bibliografía .....	137
Referencias .....	138
Lista de tablas y figuras .....	142
Apéndices	
Apéndice A: Catálogo de motocicletas 2021-22 .....	147
Apéndice B: Diseño del SEMAV .....	160
Apéndice C: Folleto con instructivo .....	164
Apéndice D: Datos del CM .....	166



## Abreviaturas y Símbolos

Abreviaturas		Símbolos	
<i>CDI</i>	Encendido por descarga de condensador.	$A_i$	Altitud del punto $i$ [m]
<i>CM</i>	Ciclo de Manejo	$c$	Confiabilidad
<i>CMM</i>	Centro Mario Molina	CO	Monóxido de carbono
<i>DMCD</i>	Delhi Motorcycle Driving Cycle	CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
<i>ECU</i>	Unidad de Control Electrónico	$e$	Error de muestreo
<i>EPA</i>	Agencia de Protección Ambiental	$e'$	Error relativo de FIT
<i>EMCD</i>	Edinburg Motorcycle Driving Cycle	$f_{MV}$	Frecuencia espacial media [MV/km]
<i>EU</i>	Extraurbano	FIT	Factor de irregularidad de tránsito
<i>EUDC</i>	Extraurban Driving Cycle	HC	Hidrocarburos no quemados
<i>FBM</i>	Fuel Based Method	$n$	Tamaño de muestra
<i>GT</i>	Grupo de trabajo	$N$	Tamaño de población
<i>HCCI</i>	Encendido por compresión de carga homogénea	$N_{EU}$	Número de micro viajes extraurbanos
<i>IDC</i>	Indian Driving Cycle	$N_{IU}$	Número de micro viajes intraurbanos
<i>INEGI</i>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía	$N_U$	Número de micro viajes urbanos
<i>IU</i>	Intraurbano	$N_N$	Número de periodos ralentí
<i>KMH</i>	Kaohsiung Motorcycle Driving	$N_T$	Número de micro viajes totales
<i>MCI</i>	Motor de combustión interna	NMHC	Hidrocarburo no metano
<i>MCMC</i>	Cadena de Márkov Monte Carlo	NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
<i>MEP</i>	Motor de encendido provocado	O <sub>3</sub>	Ozono
<i>MT</i>	Micro Trips	PM <sub>10</sub>	Partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 10 $\mu\text{m}$
<i>MV</i>	Micro Viaje (s)	PM <sub>2.5</sub>	Partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 2.5 $\mu\text{m}$
<i>NOM</i>	Norma Oficial Mexicana	$P[R_N]$	Probabilidad de seleccionar elementos representativos de una población
<i>PCCI</i>	Encendido por compresión controlado premezclado	R	Radio de esfera [m]
<i>RCCI</i>	Encendido por compresión controlado por reactividad	$R_N$	Conjunto Poblacional
<i>RM</i>	Rutina (s) de manejo (s)	THC	Unburned hydrocarbon emission

<i>ROM</i>	Reducción de orden de magnitud	$\bar{v}$	Velocidad media [km/h]
<i>SEMARNAT</i>	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales	$v_{max}$	Velocidad máxima [km/h]
<i>SEMAV</i>	Seguidor de manejo vehicular	$v_{inf}$	Velocidad inferior [km/h]
<i>TBM</i>	Trip Based Method	$v_{real}$	Velocidad real [km/h]
<i>TSI</i>	Sistema de encendido transistorizado	x	Distancia [km]
<i>U</i>	Urbano	$X_{EU}$	Fracción extraurbana
<i>UDC</i>	Urban Driving Cycle	$X_{IU}$	Fracción intraurbana
<i>WMTC</i>	World Motorcycle Test Cycle	$X_U$	Fracción urbana
<i>ZMCM</i>	Zona Metropolitana del Valle de México	$X_N$	Fracción nula
<i>ZMCM</i>	Zona Metropolitana de la Ciudad de México	$Y_{EU}$	Fracción de periodo extraurbana
		$Y_{IU}$	Fracción de periodo intraurbana
		$Y_U$	Fracción de periodo urbano
		$Y_N$	Fracción de periodo en ralentí
		$Z[c]$	Intervalo de confiabilidad
		$\Pi$	Periodo de un micro viaje [s]
		$\Pi_{EU}$	Periodo extraurbano [s]
		$\Pi_{IU}$	Periodo intraurbano [s]
		$\Pi_U$	Periodo urbano [s]
		$\Pi_N$	Periodo de ralentí [s]
		$\Pi_T$	Periodo total [s]
		$\Pi_{v+}$	Periodo de aceleración positiva [km/h]
		$\theta$	Pendiente de camino [°]
		$\phi_i$	Latitud del punto i [rad]
		$\Delta\lambda$	Valor absoluto del cambio de longitud [rad]
		$\Sigma_{v+}$	Ganancia de velocidad por aceleración positiva [km/h]
		$\bar{x}$	Media de x
		$\sigma$	Desviación estandar

## Resumen

Los ciclos de manejo vehicular son una herramienta útil en la medición de emisiones contaminantes. Existen muchos métodos para la creación de estos ciclos de manejo, y todos ellos pueden ser aplicados en diferentes tipos de vehículos como autobuses, automóviles, vehículos ligeros y motocicletas. En México, actualmente no existe ninguna norma sobre emisiones provenientes de motocicletas, y obtener un método para sintetizar un ciclo de manejo de motocicletas para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México serviría de herramienta para dicha normatividad. Así la obtención de dicho método pasa a ser el principal objetivo de esta tesis.

En la parte experimental de esta tesis, se hizo una revisión acerca del parque vehicular de motocicletas actual que existe en el Valle de México, luego a partir de las características técnicas de dicho parque, se obtuvieron dos resultados; la segmentación del parque por tamaño de motor en tres grupos de motocicletas y la obtención de una muestra representativa de dicho parque vehicular. Después se procedió a obtener monitoreos por medio de un sistema de adquisición de datos de participantes que cumplieran las características de la muestra representativa, y se delimitó la zona de estudio donde se piensa replicar las condiciones de tránsito.

Con los datos obtenidos de los muestreos, se sintetizó un ciclo de manejo, que tuvo que ser validado a través de parámetros estadísticos del mismo. El ciclo obtenido fue comparado con los dos ciclos de manejo más utilizados en la normatividad internacional. Por último, proponemos aspectos a mejorar de esta investigación para trabajos futuros sobre el mismo tema.

## Introducción

El motor de combustión interna es una tecnología existente desde hace ya más de un siglo y es innegable el impacto que sus aplicaciones han tenido en el mundo a lo largo de su trayectoria, en la que ha evolucionado paulatinamente, y en las últimas décadas, de forma más inmediata. Podemos afirmar que el sector transporte es uno de sus principales campos de aplicación y al igual que el mismo motor, la evolución del automóvil y sus variantes marca un antes y después en la historia.

Sin embargo, uno de los inconvenientes del uso de esta tecnología, es la repercusión que tiene en la contaminación del aire. Esta problemática ha sido tratada en el mundo entero, dando como resultado la implementación de normatividades que regulen las emisiones de estos vehículos y el surgimiento de tecnologías alternativas. En la actualidad el sector más amplio de vehículos lo ocupan los automóviles, (en su mayoría de gasolina); aún así hay otro vehículo que, aunque no tiene un parque vehicular tan grande como los automóviles, el tamaño de su población ya es lo suficientemente grande para regular su contribución a la contaminación atmosférica (y ya se regula en el mundo), nos referimos a la motocicleta.

En México no hay normatividad alguna que regule las emisiones de motocicletas que circulan en sus urbes, y en los últimos años la población de estas se ha incrementado a pasos agigantados. Los ciclos de manejo son una herramienta útil para recopilar datos de condiciones de tránsito en alguna localidad determinada, y luego reproducirlas en un laboratorio, en el cual, con la instrumentación adecuada, se procede a hacer un cálculo de emisiones. Aunque en México ya existen ciclos de manejo, ninguno de ellos está desarrollado para motocicletas; es por eso que tener un método para construir un ciclo de manejo que replique las condiciones de nuestro territorio es necesario para una regulación de emisiones de motocicletas.

Existen muchos métodos para la construcción de ciclos de manejo, uno de los más usados es el MT (Micro Trips), el cual consiste en recolectar datos de manejo, como la velocidad y la inclinación de los viajes de una muestra de vehículos, para luego empalmarlos en un único viaje que sea representativo de todos los datos. Haciendo un análisis muestral, es posible calcular un tamaño de muestra lo suficientemente grande para representar a la población de motocicletas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (que es en donde enfocaremos nuestra investigación).

Así, la aplicación del *método de síntesis de ciclos de manejo*, a partir de datos de manejo recopilados de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México por una muestra representativa de motocicletas de la misma zona, es el resultado final de esta investigación.

## **Justificación**

El control de emisiones en motocicletas, a partir de una normatividad gubernamental, es algo indispensable que deben tener aquellos países con poblaciones significativas de motocicletas, sin embargo, a la fecha en México, no existe norma alguna para este fin.

Establecer límites de emisiones contaminantes para cualquier tipo de vehículo, necesita como herramienta primordial un ciclo de manejo vehicular, a efecto de simular las condiciones de operación de los motores de los vehículos y la forma de conducción en una cierta zona o en una ciudad. Un ciclo de manejo que refleje la forma típica de operar una motocicleta en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ayudará a obtener datos más precisos de la masa de los gases contaminantes que emiten dichas motocicletas, y es una herramienta esencial para una normatividad que regule a estos vehículos, tanto nuevos como en circulación. Normatividad que cada vez se hace más necesaria, para disminuir los niveles de contaminación atmosférica en las ciudades de nuestro país, y en donde estos vehículos han incrementado su población en los últimos años.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Ejemplificar la aplicación del método de síntesis de ciclos de manejo vehicular a las condiciones de conducción de motocicletas en la Zona Metropolitana del Valle de México, para la obtención de un ciclo de manejo preliminar.

### **Objetivos Particulares**

- Revisión de normas internacionales respecto a las emisiones contaminantes de motocicletas.
- Obtención de una muestra representativa preliminar de la población de motocicletas de la Zona Metropolitana del Valle de México, para ejemplificar la obtención de una definitiva.
- Monitorear condiciones reales de motocicletas de participantes a partir de un sistema de adquisición de datos.
- Evaluación de los parámetros medidos de un ciclo preliminar de manejo que ejemplifican el proceso de validación de un ciclo definitivo.

## **Hipótesis**

Es posible generar curvas en un plano velocidad – tiempo representando ciclos de manejo que, puedan describir las condiciones típicas de conducción de motocicletas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a partir de datos obtenidos por el monitoreo de una muestra representativa de motocicletas que circulan en dicha zona, y el manejo estadístico de los mismos.

# **Capítulo 1. Marco Teórico: Antecedentes**



Este primer capítulo consta de cinco apartados que dan una revisión bibliográfica y antecedentes sobre el tema de esta tesis. En el primer apartado encontramos una breve historia sobre el motor de combustión interna, su perspectiva en el futuro e información acerca de tecnologías alternativas a este. En el segundo apartado describimos de forma general el funcionamiento de los diferentes sistemas de una motocicleta. El apartado número 3 trata del impacto ambiental que tiene el motor de gasolina y diésel en el mundo, así como también de los métodos y equipamiento que se necesita para hacer pruebas de emisiones y control de las mismas. El cuarto apartado está dedicado a presentar las normas internacionales que regulan las emisiones de motocicletas en el mundo, así como la teoría necesaria para entender los ciclos de manejo y presentamos ciclos de manejo para motocicletas que existen en diferentes partes del mundo. En el quinto apartado hablamos acerca del estado de la normatividad para control de emisiones de motocicletas en México.

### **1.1 Contexto mundial sobre el Motor de Combustión Interna (MCI).**

¿Cuál es el papel que juega el motor de combustión interna en la actualidad? La verdad es que, hay tanto que decir acerca de esto como para abarcarlo en un solo apartado, sin embargo, podemos hablar de forma general y simplificada acerca de la historia del MCI, su futuro y su presente.

Formalmente el primer motor de combustión interna (MCI) alternativo fue construido por Jean Joseph Etienne Leinor en el año de 1860, siendo un motor bastante ineficiente, que contaba con elementos conocidos en los motores actuales como cilindros, bielas e incluso una bujía para el encendido de la mezcla, aunque de una forma bastante primitiva comparada con las actuales. Para el año 1867, Nikolaus August Otto, ingeniero alemán, presenta su propio MCI, siendo una versión mejorada del de Joseph; August Otto continuo con el estudio e investigación en el MCI, logrando así desarrollar para 1876 el primer MCI de 4 tiempos. De aquí en adelante la investigación y desarrollo en mejoras para el MCI se repetiría por científicos e ingenieros de todas las épocas, dando como frutos el nacimiento de tecnologías como el Ciclo Diesel, el Ciclo Brayton y el motor Wankel como ejemplos. Durante la Primera y Segunda Guerra Mundial la investigación en los MCI se inclinó hacia el combustible dando origen a lo que hoy conocemos como aditivos. Para más información sobre la historia del MCI vea [17]. La investigación en los MCI continua vigente en nuestros días y por el momento va enfocada en dos caminos que son de alta relevancia para las sociedades actuales, estos son:

- El control de las emisiones de los MCI.
- La reducción del consumo de combustible.

Ambos puntos marcan el panorama no solo del futuro del MCI, sino también de las alternativas al MCI y el futuro del transporte. En la actualidad se ha creado una fuerte crítica al MCI por dos razones; por su uso de combustibles fósiles para su funcionamiento y por las

emisiones contaminantes que genera. Ambos problemas propiciaron la creación de nuevas alternativas, para el sector transporte surgieron tecnologías novedosas como lo son vehículos híbridos y puramente eléctricos, mientras que en el sector energético nacieron las *energías renovables* como alternativa al uso de combustibles fósiles. Pero ¿Será un hecho que estas nuevas alternativas terminarán mitigando el uso en el mundo del MCI en un futuro cercano?; para dar una respuesta a esta pregunta y a la del inicio se hace una pequeña revisión del tema.

Los vehículos eléctricos pueden estar basados en paquetes de baterías o en celdas de hidrógeno. Estos vehículos se caracterizan por una nula emisión de gases contaminantes. Esta tecnología, al ser relativamente nueva, enfrenta todavía muchos retos que no parecen tener solución pronta. Por decir algo, el principal reto de los vehículos basados en paquetes de baterías, es la misma batería; ya que se espera que esta cumpla con factores como, seguridad, duración (de carga/descarga), tiempo largo de vida, tiempo de carga corto, alta potencia específica, alta energía específica, resistencia a diferentes tipos de ambientes por decir algunos. Al parecer, se intuye que la batería de ion-litio será la solución a estos retos, pero por el momento se sigue investigando e indagando en esta línea de desarrollo. Otro factor importante es el precio; el costo de la batería ion-litio encarece bastante al vehículo eléctrico como para que pueda suplantar al MCI sin tener gran repercusión en la economía de los compradores, siendo que el MCI cuenta con una variación de precios lo suficientemente amplia como para encontrar vehículos muy asequibles.

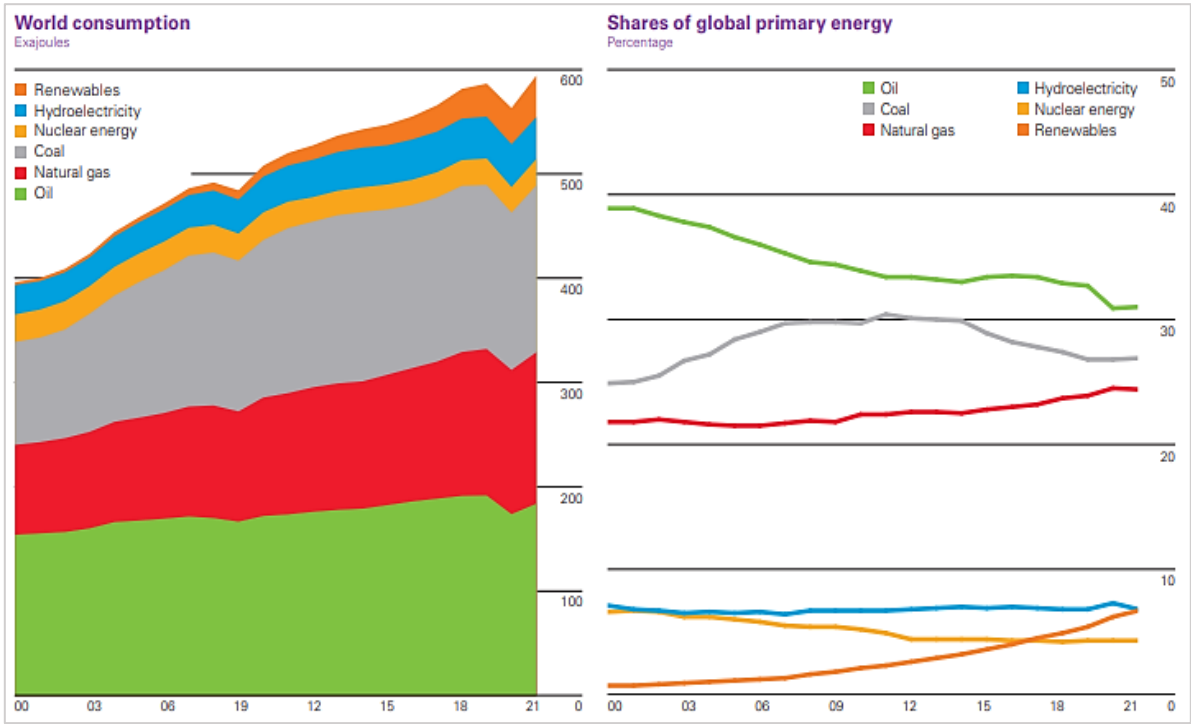


Figura 1.1: Consumo y cuota mundial de energía primaria 2000-2021. Fuente:[33]

La figura 1.1 muestra el consumo mundial de energía por diferentes fuentes, de 2000 a 2021. Podemos visualizar que casi toda la energía que consumimos proviene del carbón, el gas natural y el petróleo. Luego de las energías restantes, la energía hidroeléctrica es la más consumida, siguiendo con la nuclear y dejando al último a las energías renovables. Desafortunadamente, aunque en la gráfica podemos ver un incremento en el consumo de las energías renovables, alcanzando incluso al consumo hidroeléctrico, su generación está muy lejos de poder cubrir el consumo total mundial que, en 2021, son cubiertas por los combustibles fósiles. Cabe destacar que las energías renovables, al igual que los autos eléctricos son tecnologías relativamente nuevas que siguen en investigación.

Los automóviles híbridos son propulsados por dos fuentes de energías: La de un motor eléctrico con su batería y la de un MCI. Los motores híbridos pueden dividirse en dos categorías: los enchufables y los no enchufables. Su diferencia radica en que el enchufable carga su batería conectándose a la red, mientras que el otro se recarga por la implementación de un freno regenerativo y el exceso de producción del motor. Por el momento los híbridos enchufables no tienen una comercialización. En diferencia, los no enchufables si tienen un mercado y son una alternativa tecnológica buena para la reducción de emisiones y ahorro de combustible, siendo estos la mayor razón por la que se cree que el MCI será desechado pronto, pero la realidad es que, aunque son una excelente alternativa, sus costos en refacciones y reparaciones siguen siendo bastante caros en comparación al del MCI convencional; aun así, su crecimiento es superior que el del híbrido enchufable o el de los vehículos puramente eléctricos.

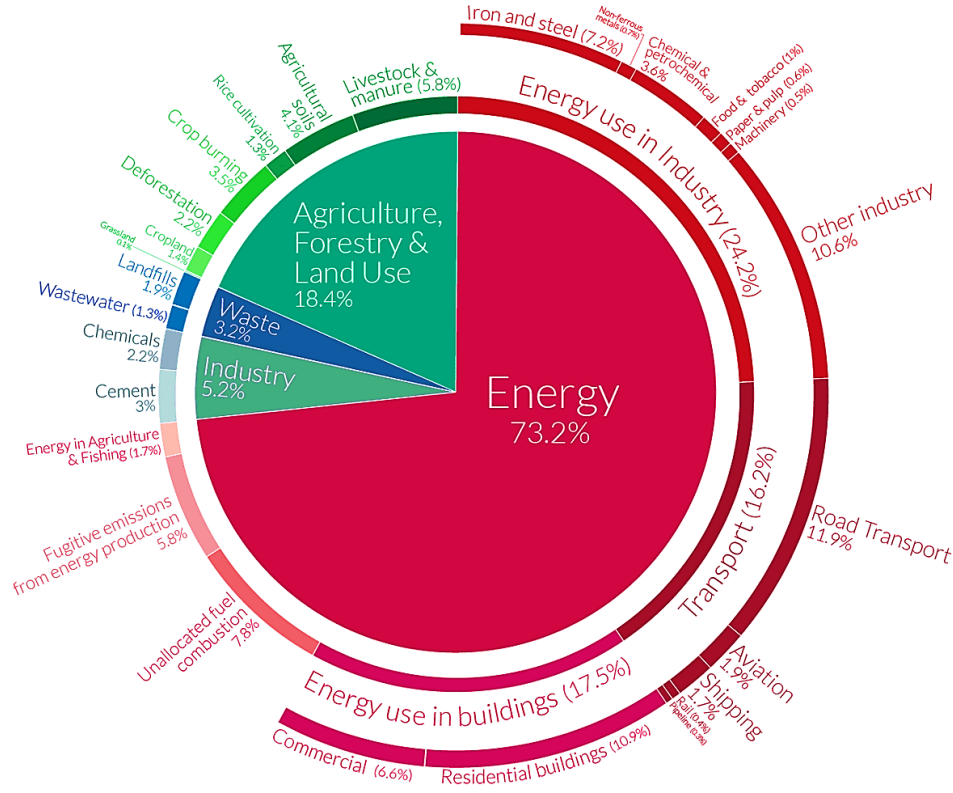
Hablando del futuro del MCI, la verdad es que, al contrario de lo que se pueda pensar, se desarrollan nuevas tecnologías para ser implementadas a este y así afrontar los dos puntos con los que partimos este apartado. Una de las tecnologías para el MCI que podría tener un gran potencial en el futuro es el de un motor de compresión de hidrógeno, que funcionaría, a groso modo, como cualquier motor de gasolina, pero con hidrógeno como combustible. Los retos para el desarrollo de esta nueva tecnología son varios, entre ellos el hecho de que el hidrogeno es mucho más inestable que la gasolina, tiene un poder calorífico mucho mayor que cualquier otro combustible convencional, lo que implica el desarrollo de nuevos materiales que puedan controlar el calor de su explosión, un mejor control de la chispa de accionamiento y mayor precisión en el proceso de inyección. Con todo esto, el mayor obstáculo sigue siendo el almacenamiento de combustible. El hidrogeno es un elemento muy ligero, pero ocupa bastante espacio en su forma gaseosa, aun así, sigue siendo la fase preferida para su almacenamiento, ya que este es su estado a temperatura ambiente, en cambio en su fase líquida, aunque el espacio de almacenamiento se reduce, necesitaríamos una temperatura de  $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$  para mantenerlo en dicho estado, sin mencionar que para ambas fases sigue presente el factor de la seguridad. Este obstáculo del uso del hidrógeno también aplica para los vehículos eléctricos de celdas de hidrógeno, de los cuales no habíamos comentado. Como último inconveniente para los vehículos de combustión de hidrogeno y de celdas de hidrógeno es la producción del elemento; este no se encuentra

aislado en la naturaleza, está ligado a otros elementos y para su disociación se requiere, por el método tradicional una separación en hidrocarburos que produce CO<sub>2</sub>. Es por estas razones que los vehículos propulsados por hidrógeno, ya sea en sus dos presentaciones de motor eléctrico y de MCI, son de los que más tienen retos que superar para considerarlos una competencia al motor de gasolina. Toda la información acerca de tecnologías alternativas al MCI que se presentó, se puede consultar en [12] y [13].

Después de las revisiones hechas a tecnologías emergentes al MCI, tanto en el sector transporte como en el energético, podemos concluir que sus propuestas tecnológicas dan soluciones que no veremos a corto ni a mediano plazo. Es por esto que la investigación en el MCI en el motor de gasolina o diésel es necesaria para contar con soluciones provisionales, pero de corto plazo que puedan atender la problemática ambiental actual, de hecho, las innovaciones y mejoras en los MCI son tan continuas (y como no van a serlo si es una tecnología con la que se trabaja desde más de un siglo) que dificulta a las tecnologías emergentes, citadas anteriormente, tomar ventaja a este. Tecnologías de continuo mejoramiento como los catalizadores, sistemas de control, filtros de combustible etc., han logrado en la actualidad reducir las emisiones tanto como se necesite para respetar los límites de emisiones que se les impone en las normas mundiales. La figura 1.2 es una gráfica que muestra la producción mundial de CO<sub>2</sub> a consecuencia de diferentes sectores. El sector transporte en el ámbito terrestre se lleva tan solo el 11.9% de la producción total.

# Global greenhouse gas emissions by sector

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO<sub>2</sub>eq.



OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.  
 Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).  
 Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

Figura 1.2: Producción mundial de CO<sub>2</sub> por sector. Fuente: [17].

A medio y largo plazo las tecnologías para el desarrollo del sistema de combustible como es el HCCI (encendido por compresión de carga homogénea), PCCI (encendido por compresión controlado premezclado) y el RCCI (encendido por compresión controlado por reactividad) prometen una mayor eficiencia en el motor, reducción de gases no deseados e incluso minimizar la dependencia que tenemos hacia los combustibles fósiles. Así concluimos entonces, que en la actualidad y a en décadas consecuentes el MCI seguirá dominando en el sector transporte, y más en países como México, donde hay una gran dependencia a los combustibles fósiles.

## 1.2 Características del MCI.

Los MCI de motocicletas funcionan gracias a un sistema biela-manivela accionado por un embolo que se desplaza por la explosión del combustible (gasolina en nuestro caso). De esta forma el movimiento lineal del embolo es transmitido en movimiento circular al cigüeñal.

Al inicio de este proceso hay admisión de aire y combustible. Al termino, un escape de gases productos de la combustión.

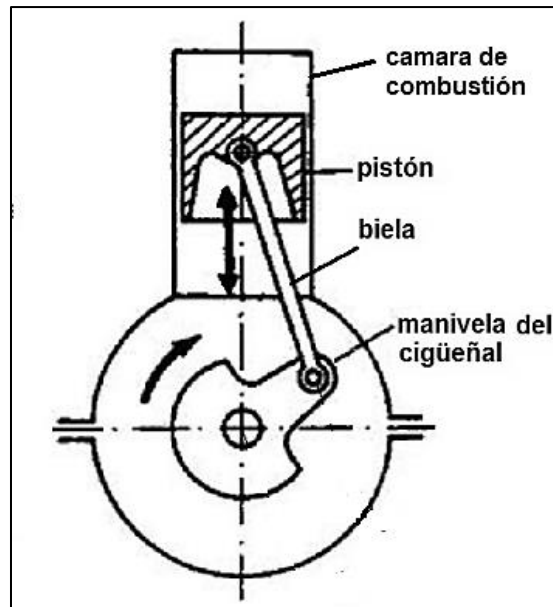


Figura 1.3: Mecanismo de un MCI alternativo. Fuente: [41]

### 1.2.1 Clasificación de los MCI.

Los MCI pueden ser clasificados por diferentes parámetros. Como nuestro interés radica en las motocicletas, la tarea de clasificar MCI por sus características más generales relacionadas con su funcionamiento es más fácil. En principio, al no existir motocicletas de diésel (por lo menos no en México) la clasificación de MCI de motocicleta se reduce en dos grandes grupos; los MEP de 2 tiempos y los MEP de 4 tiempos (El término MEP significa Motores de Encendido Provocado y hace alusión a los motores de gasolina). La diferencia entre 2 y 4 tiempos radica en los recorridos necesarios que debe de hacer el embolo para un ciclo de trabajo.

#### *MEP de 4 tiempos.*

En los MEP de 4 tiempos, el primer tiempo comienza con la admisión de aire. Una vez la cámara de combustión alcanza su máximo tamaño y la misma está repleta de la mezcla aire-combustible comienza el segundo tiempo con la compresión de la mezcla hasta el volumen mínimo de la cámara; teóricamente, es en este punto cuando la bujía genera la chispa para el inicio de la combustión; la explosión generada empuja el pistón, expandiendo la cámara, este es el tercer tiempo. En el último tiempo el embolo comprime los gases productos de combustión hacia fuera de la cámara para que esta esté libre de ellos a la admisión de aire

nuevo. En total tenemos un conteo de 4 carreras del pistón en el interior de cilindro, la figura 1.4 ilustra los 4 tiempos.

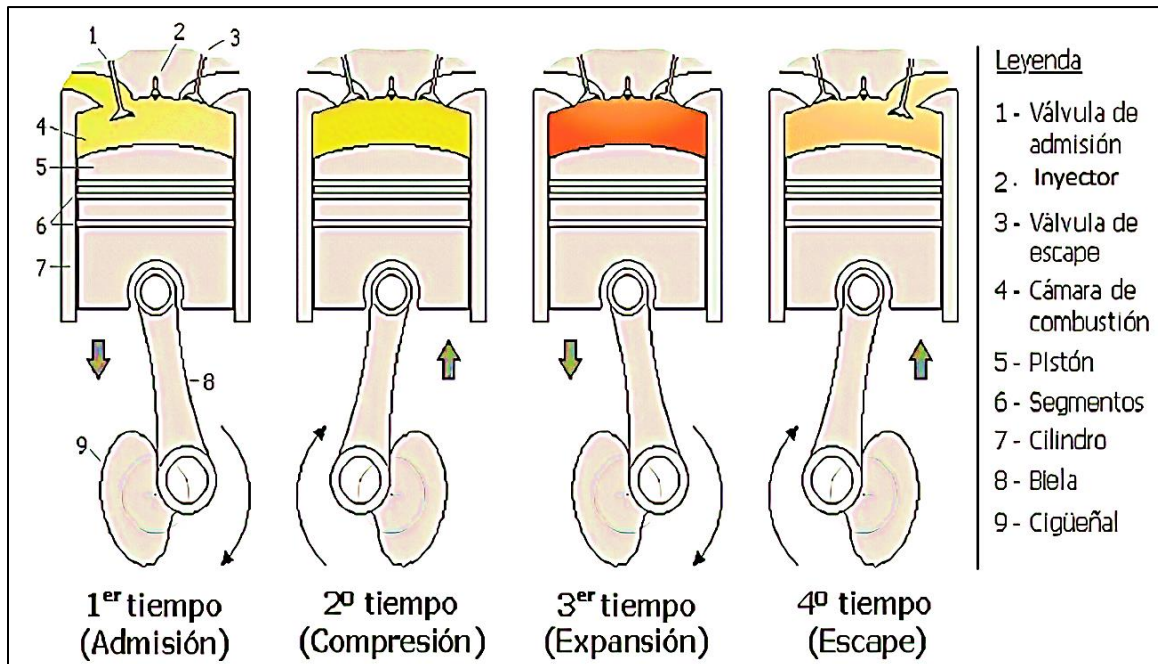


Figura 1.4: Ciclo de trabajo de un MCI de 4 tiempos. Fuente: [34].

### MCI de 2 tiempos.

En MEP de 2 tiempos tenemos lumbreras de admisión, escape y de carga; dos secciones internas, la culata (cámara de admisión) y la cámara de combustión, que en el caso de los MEP 4 tiempos son las mismas. En el primer tiempo el pistón corre hacia arriba comprimiendo la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión permitiendo la admisión de aire a la culata (que al inicio estaba en vacío) por la lumbrera de admisión, hasta que llega a la máxima compresión de la mezcla, la bujía crea la chispa para iniciar la combustión de la mezcla y comienza el segundo tiempo con la explosión que desplaza el embolo hacia abajo, cuando este llega al punto muerto inferior (el punto más bajo a donde puede llegar el pistón) el aire que se encontraba en la culata ingresa a la cámara de combustión por la lumbrera de carga, desplazando los gases productos de la combustión hacia fuera de la cámara por la lumbrera de escape y al mismo tiempo generando un vacío en la culata. La figura 1.5 ilustra el proceso.

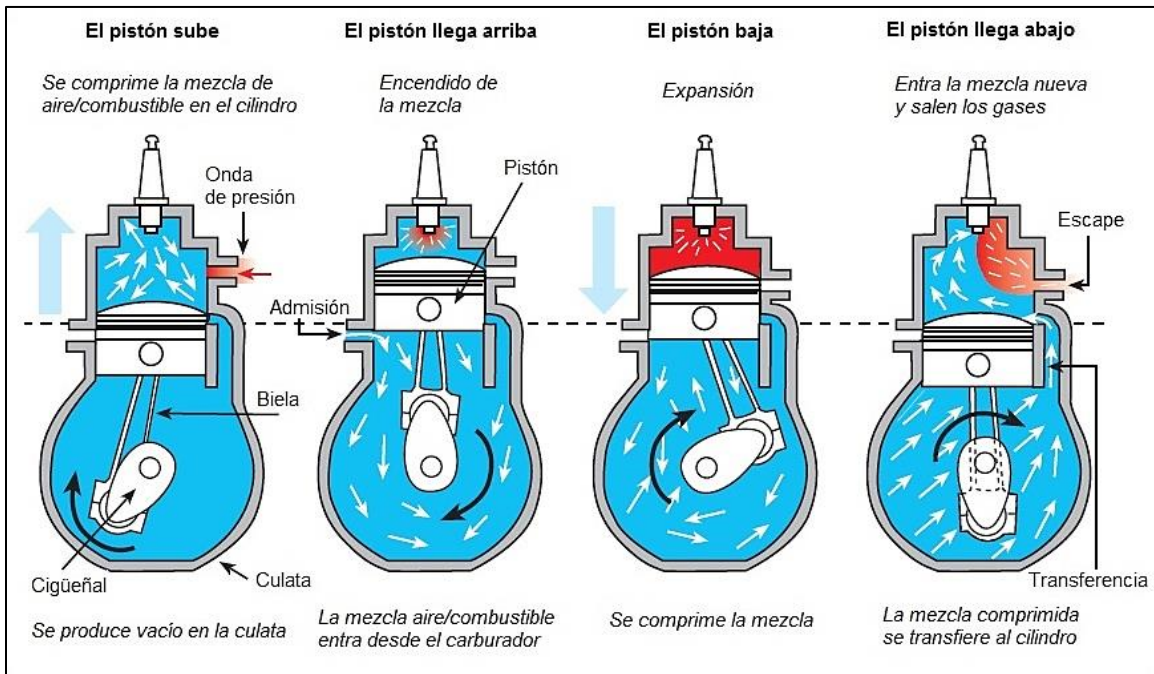


Figura 1.5: Ciclo de trabajo de un MCI de 2 tiempos. Fuente: [40].

La figura 1.6 muestra los diagramas presión-volumen reales de un motor MEP de 4T y 2T.

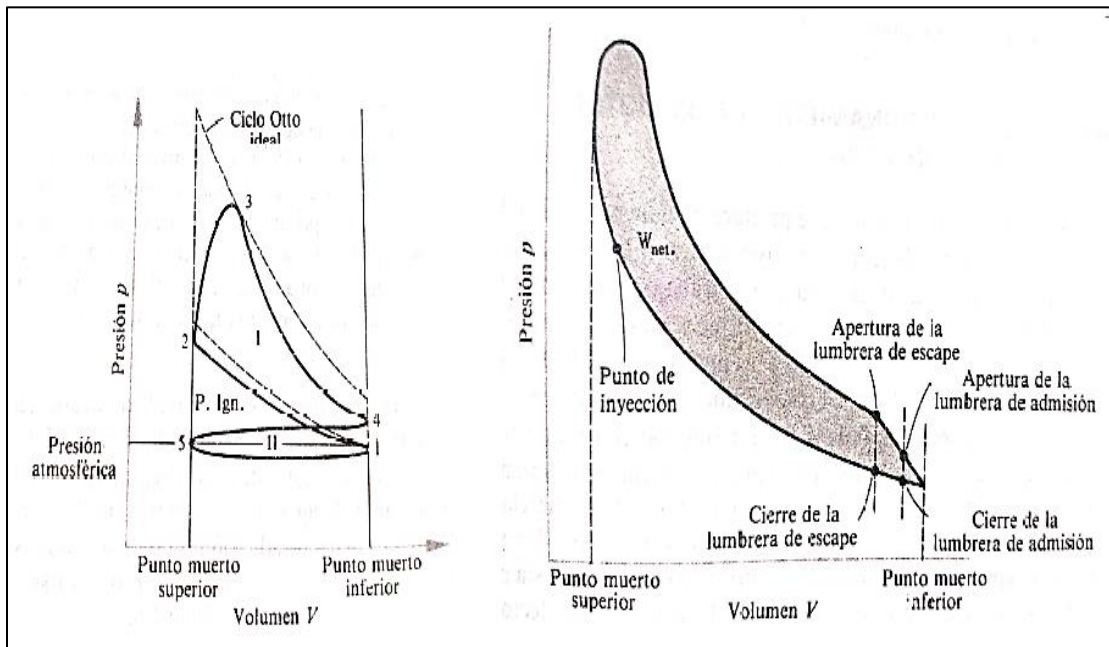


Figura 1.6: Diagrama P-V real de motor 4T y 2T de izquierda a derecha. Fuente: [3].



### 1.2.2 Sistemas que conforman al MCI.

El funcionamiento de un motor es posible gracias a diversos sistemas que se encargan de realizar diferentes tareas al unísono; por decir algunos, tenemos el sistema de enfriamiento, que se encarga de que el motor trabaje a la temperatura óptima para evitar sobrecalentamientos que lleguen a dañar el mismo. También hay sistemas de lubricación, de admisión (encargado de controlar la entrada de gases al cilindro), de ignición (encargado de generar la chispa en el momento indicado), de control eléctrico etc. Hablar de cada uno de ellos sería una tarea muy extensa, es por eso que dedicaremos este apartado solo a los sistemas que consideramos de relevancia para esta tesis. El sistema de dosificación, de ignición y enfriamiento.

#### *Sistema de dosificación.*

El sistema de dosificación o alimentación de un MEP está encargado de suministrar la dosis requerida de combustible a los cilindros, dependiendo de las condiciones a las que el motor opera. El sistema está compuesto por un tanque, una bomba, un filtro y un carburador o inyector(es) (aquí es la distinción de dosificadores de inyección y los dosificadores de carburador); hablemos acerca del carburador.

Los carburadores funcionan a través de un efecto de depresión. Primero hay que entender que el aire, al ingresar dentro del pistón, lo hace a presión atmosférica; es antes de su ingreso (en el canal de admisión) donde aprovechamos el efecto Venturi con ayuda de un difusor. Al reducir el área transversal en el canal de admisión, el aire incrementa su velocidad en el difusor a costo de una depresión en el mismo, es en este sitio donde a través de un surtidor principal, el combustible es succionado y atomizado al aire por la baja presión en el difusor. Hay que añadir que el combustible succionado está a presión atmosférica dentro del carburador. El nivel de combustible en esta cámara se mantiene constante gracias a un flotador de aguja, como podemos ver en la figura 1.7. El trabajo del carburador en el sistema de alimentación es el de mezclar el aire de admisión con el combustible en una razón 1/14 (un peso de combustible por 14 de aire) manteniendo esta razón constante siempre en las diferentes etapas de arranque del motor. Para información más visual sobre el funcionamiento de un carburador consultar [43].

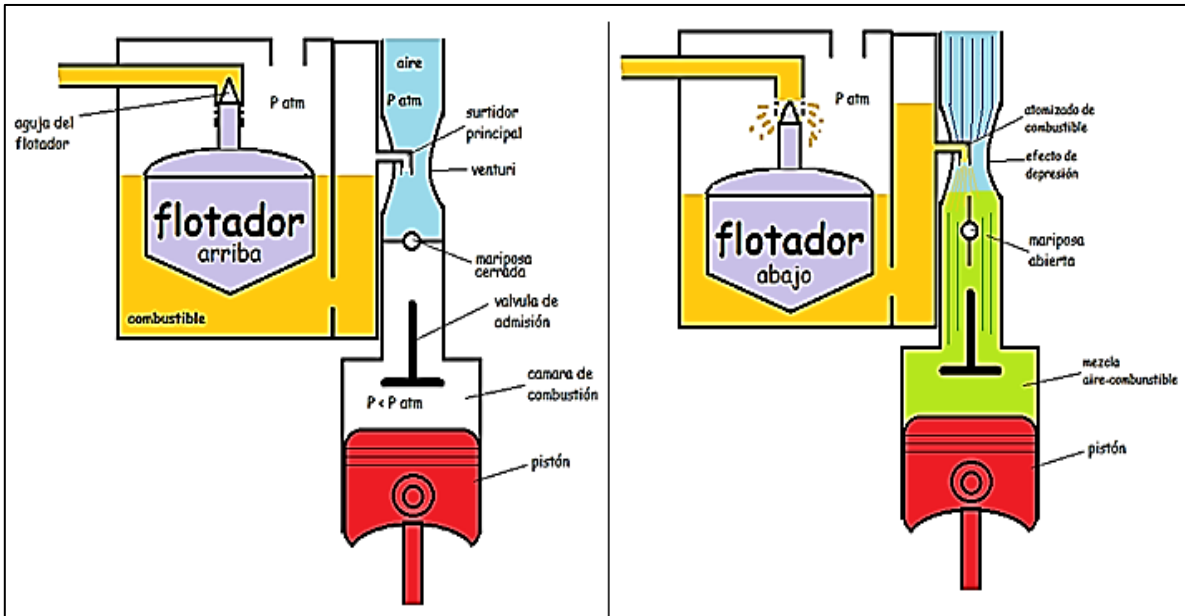


Figura 1.7: Funcionamiento básico de un carburador. Fuente: creada por el autor.

La mariposa en la figura 1.7 se encarga de regular la velocidad del aire; cabe señalar que, aunque en dicha imagen solo vemos un solo surtidor (el principal) hay más de ellos a diferentes alturas del tubo y todos funcionan por el efecto de depresión en el Venturi. A su vez la depresión depende de la velocidad de giro del motor, a mayor velocidad de giro tenemos un mayor efecto de depresión.

En alimentación por inyectores, los dispositivos eléctricos son empleados para la presión de inyección, mientras que los electrónicos para regular la cantidad de combustible. El uso de este tipo de tecnologías permite obtener una mejor combustión al proporcionar una composición del combustible que sea requerida en base al funcionamiento del motor. Dentro de las mejoras (dejando de lado el mayor costo) que presentan los sistemas de combustión que trabajan con inyectores respecto a los que los hacen con carburador, son:

- Mejor respuesta al transitorio de aceleración, obteniendo una curva de par más adecuada.
- Mayor potencia al suministrar el combustible sin la depresión del Venturi.
- Mejor calidad y homogeneidad de la mezcla aire combustible.
- Disminución de emisiones CO, HC y NO<sub>x</sub>.

Las clasificaciones de inyectores se dan según:

- Tipo de inyección en el cilindro:
  - Inyección directa. La inyección se da dentro de la cámara de combustión.

- Inyección indirecta. Un inyector por cilindro, cercano a la válvula de admisión de aire.

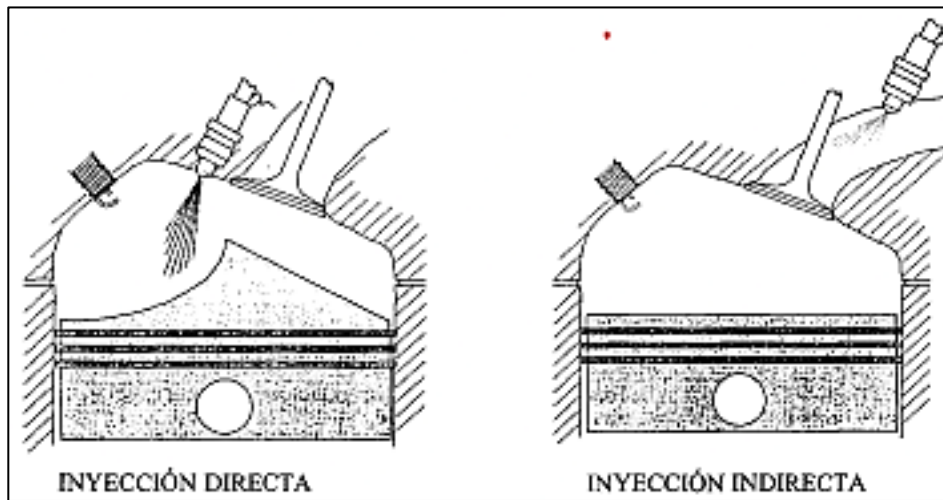


Figura 1.8: Configuraciones de inyección directa e indirecta. Fuente: [4].

- Tipo de control de la cantidad de combustible.
  - Control sobre el caudal. Se controla el caudal de combustible del inyector con un elemento mecánico.
  - Control sobre el tiempo de inyección (inyección discontinua). Se controla la apertura del inyector mediante la ECU.
- Tipo de accionamiento de los inyectores por ciclo.
  - Agrupada. Los inyectores se accionan una vez y al mismo tiempo, se dan cuatro inyecciones por ciclo para cada uno.
  - Semi secuencial. Inyectores agrupados en parejas, dos inyecciones por ciclo para cada uno.
  - Secuencial. Una inyección por ciclo para cada uno. Es el más empleado en la actualidad.
  - Variables medidas para determinar el gasto de aire. Pueden ser caudal de aire y temperatura o presión y temperatura, adicionalmente regímenes de giro entre otras variables.

Algunos factores que pueden influenciar el funcionamiento de los inyectores son la tensión de la batería, que disminuye tiempos de inyección en el cilindro, adicional a un mal funcionamiento de los distintos sensores y actuadores que influyen en el dosificado del combustible (sonda lambda, sistemas de lazo cerrado, etc.). La información presentada sobre *inyección de combustible y sistemas de ignición* fue consultada de [P].

*Sistemas de ignición*

El sistema de ignición se encarga de generar la chispa para el encendido de la mezcla aire-combustible en los cilindros del motor. A continuación, presentamos algunos de estos sistemas que están presentes en motocicletas.

- Encendido inductivo por batería. Es el más utilizado por MEP, a excepción de motores con velocidades de giro muy elevadas. Su funcionamiento involucra una corriente proveniente de una batería que circula por una bobina para elevar su voltaje, la computadora del móvil se encarga de accionar en el momento adecuado la chispa.

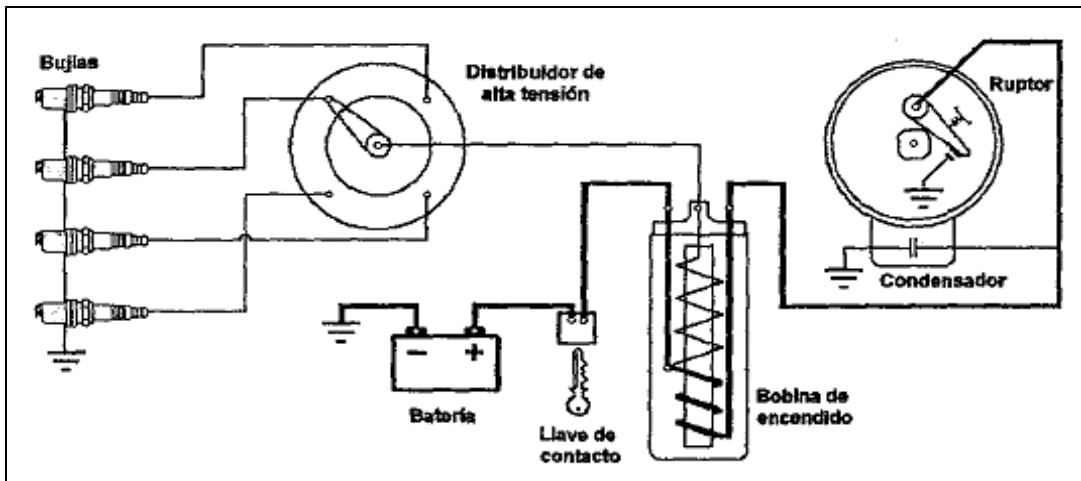


Figura 1.9: Diagrama de ignición por batería. Fuente: [4].

- Encendido inductivo por magneto (Plato magnético). Tiene mayor ventaja a grandes velocidades, ya que la tensión que provocará el encendido del motor proviene de un magneto que opera bajo la Ley de Faraday, a mayor movimiento por parte del rotor, mayor será la variación de flujo magnético, aumentando la tensión disponible para las bujías. Sin embargo, también se necesita de una computadora para accionar el sistema y de una bobina para aumentar el voltaje proveniente del plato magnético.

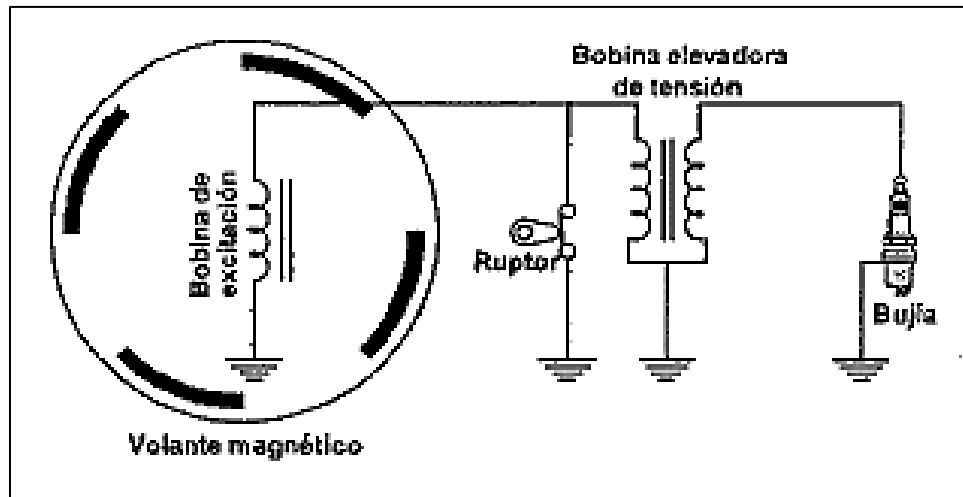


Figura 1.10: Diagrama de ignición por magneto. Fuente: [4].

- Encendido por descarga de condensador (CDI). En este sistema, se acumula energía en el campo eléctrico de un condensador (capacitor), obteniendo dicha energía de una batería o un plato magnético. Su aplicación se da para motocicletas y ciclomotores. A grandes velocidades pueden ser comparados con el encendido inductivo

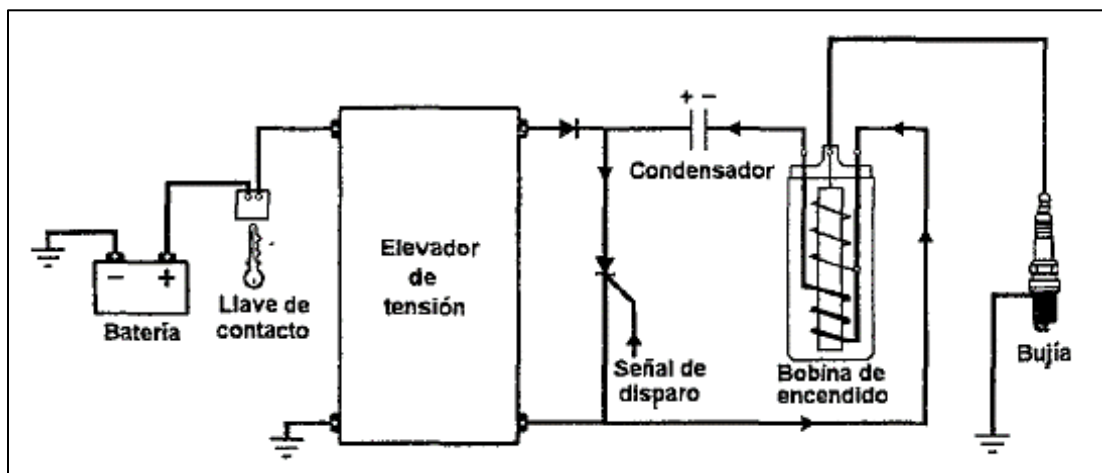


Figura 1.11: Diagrama de ignición por condensador (CDI). Fuente: [4].

- Sistema de encendido transistorizado (TSI). El sistema de encendido transistorizado es uno de los dos tipos de encendido electrónico (el CDI es el otro). En este sistema se interrumpe la corriente del primario de una bobina para generar por autoinducción una alta tensión en las bujías, esto a través de transistores.

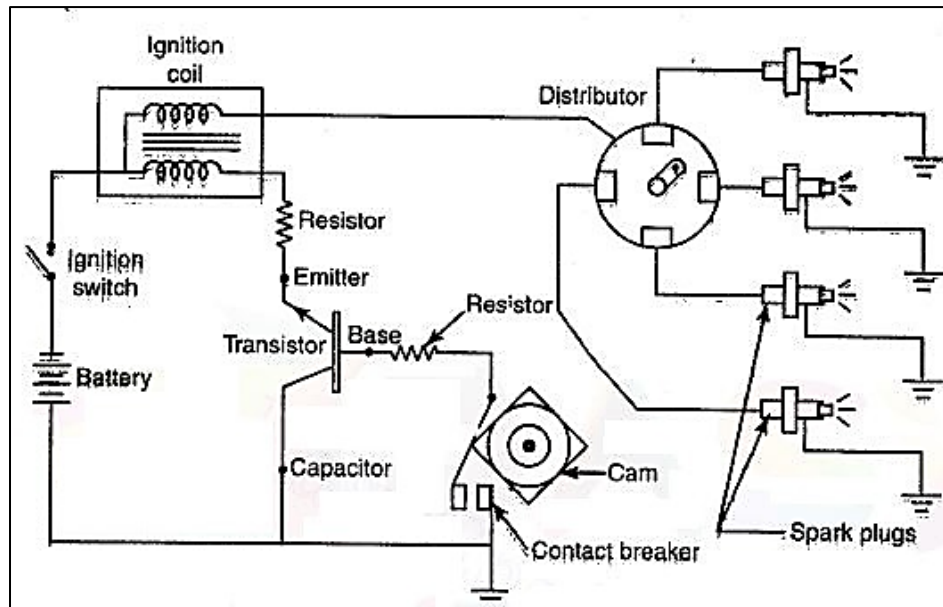


Figura 1.12: Diagrama de ignición transistorizado (TSI). Fuente: [42].

### *Sistemas de enfriamiento*

El sistema de enfriamiento regula la temperatura del MCI para que este no llegue a una temperatura de fusión del mismo (las explosiones dentro de la cámara pueden llegar hasta los 3000 °C) y evitar su autodestrucción. Fundamentalmente, en motocicletas se implementan tres tipos de sistemas de enfriamiento.

- Enfriamiento por aire. En este tipo de sistema el viento que recibe el motor por el movimiento de la motocicleta es el que se encarga de enfriar el motor al fluir este por las paredes de los cilindros y culatas del motor, también es común ver aletas que ayudan a la transferencia de calor. Existe a su vez el enfriamiento por aire forzado, en el cual con ayuda de una turbina direcciona el aire directamente al motor. Este sistema de aire forzado suele usarse cuando el motor tiene que ir encajuelado por razones estéticas o de limpieza.
- Enfriamiento por lubricante. El principio de funcionamiento de este sistema es bombear lubricante hacia un radiador de aceite, todo esto con ayuda de una bomba de aceite accionada por el movimiento del cigüeñal. Así el lubricante pasa por las partes más importantes del motor para absorber el calor de ellas y es enfriado por aire en el radiador.
- Enfriamiento por líquido refrigerante. Este sistema es más sofisticado que los anteriores y en él, por medio de una bomba se bombea líquido refrigerante (agua o

anticongelante) calentado previamente por el motor, a un radiador que cuenta con un electroventilador. Se libera el líquido que se haya evaporado y se enfría por medio de aire el restante para después ser redirigido al motor y así continuar con su ciclo.

### **1.2.3 Sistemas de control de emisiones.**

Para controlar las emisiones contaminantes a causa de la combustión en los MCI, en primera instancia se busca que la combustión real sea lo más próxima a la teórica, y para ello es necesario que las relaciones de aire-combustible que entra a los cilindros del motor, conocida como dosado, sea lo más próxima posible a 1/14. Y no solo esto, si no que se espera que exista un buen mezclado del aire con la gasolina, que la mezcla encienda por completo en el momento indicado y que todos los residuos de la combustión salgan por completo antes de que ingrese una nueva mezcla. Todos estos factores ayudan a reducir las emisiones contaminantes y es por ello que muchos de los sistemas que comentamos anteriormente fueron desarrollados para este fin. Por decir algo, el trabajo conjunto de los inyectores junto con la sonda lambda propician que el dosado mantenga su constante de 1/14, mejor de como la hace el carburador. En los últimos años, los sistemas de ignición buscan ser más exactos a la hora de provocar la chispa de encendido. Los motores 2T están desapareciendo, ya que su funcionamiento propicia la salida de mezcla aire-combustible no quemada que es contaminante. A pesar de la reducción de gases contaminantes que se obtiene por las tecnologías mencionadas, su presencia sigue siendo eminente y es aquí donde entran los sistemas de control de emisiones que actúan sobre los gases de escape.

#### *Válvula Pulsair*

La válvula Pulsair consiste en una válvula unidireccional de membrana, que actúa por efecto de depresión generado por los gases de escape en el colector del motor debido al cierre de la válvula de escape, permitiendo el paso de aire fresco que reacciona con las partículas de HC y CO de los gases de escape para producir en su lugar CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. La figura 1.13 es un esquema de la válvula Pulsair.

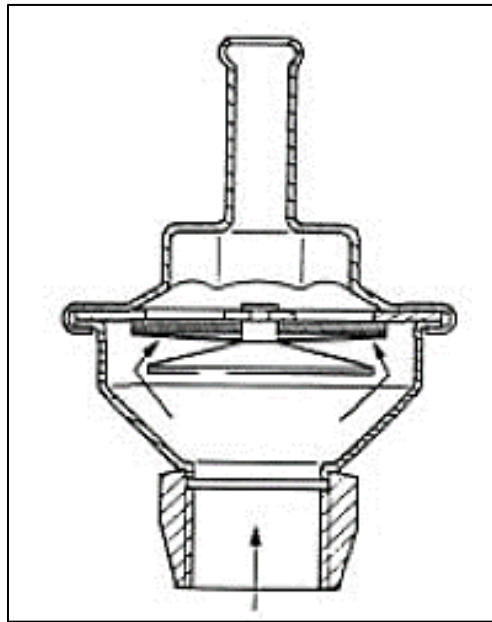


Figura 1.13: Válvula Pulsair. Fuente [1].

### *Recirculación de gases de escape*

El sistema de recirculación de gases de escape (también conocido como válvula EGR) consiste en recircular los gases productos de la combustión a la admisión del motor, con el fin de reducir la temperatura máxima de combustión, y esto a su vez tiene el efecto de reducir la producción de  $\text{NO}_x$  del motor. La figura 1.14 muestra un esquema de este sistema.

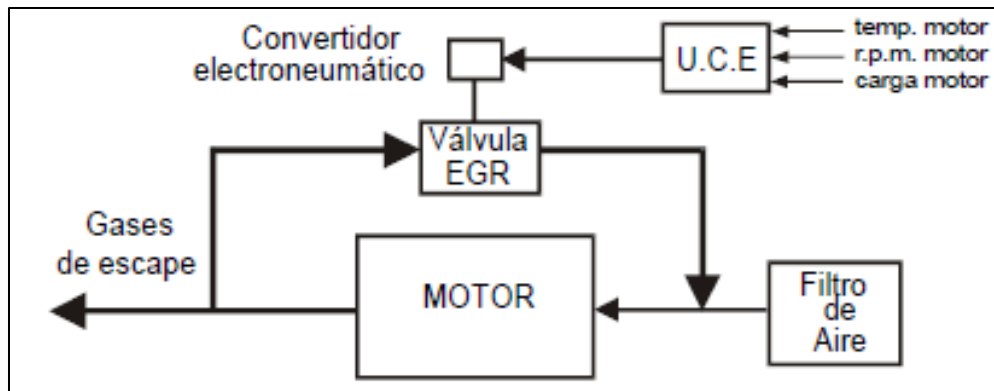


Figura 1.14: Sistema de recirculación de gases de escape. Fuente [1].

La válvula EGR está constituida por una capsula con membrana que funciona por efecto de depresión entre los gases de escape y el colector de admisión. El uso de este sistema



provoca pérdida de rendimiento del motor a causa de la recirculación de gases de escape. La válvula EGR no se usa en ralentí para no empobrecer la mezcla aire-combustible, ni en plena carga del motor ya que en este modo las emisiones de  $\text{NO}_x$  son bajas.

### *Catalizadores*

Para los MEP, los catalizadores son los sistemas más efectivos para el control de emisiones. El funcionamiento de un catalizador consiste en circular los gases de escape productos de la combustión a través de una superficie cerámica o metálica que tiene en ella incrustada sustancias activas llamadas catalíticos que, con el simple hecho de entrar en contacto con los gases de escape, dan lugar a reacciones de reducción y oxidación que provocan una eficiente conversión en los gases. Las sustancias catalizadoras suelen ser metales preciosos. Un catalizador está constituido principalmente por un cuerpo metálico, que en su mayoría es acero inoxidable para resistir la corrosión y resistencia mecánica por altas temperaturas, sustrato, materia activa y material expandible.



Figura 1.15: Catalizadores de motocicleta.

Para la materia activa se usa platino, paladio y rodio. El platino y el paladio fomentan la oxidación del CO y el HC mientras que el rodio favorece a la reducción del  $\text{NO}_x$ . Los catalizadores son clasificados por el número de gases en los que actúan, así podemos encontrar catalizadores de 2 vías (que actúan solo en el CO y HC) y de tres vías. La información de sistemas de control de emisiones fue recopilada de [1].

### **1.3 Emisiones de gases de escape.**

Toda combustión produce contaminación ambiental, debido a que las reacciones químicas que se llevan a cabo entre la composición del combustible y del comburente no son

perfectas, entre los resultados de la reacción podemos encontrar productos contaminantes y dañinos a la salud humana.

### 1.3.1 Impacto ambiental del MCI.

Los MCI de nuestro interés, como se mencionó, son los de gasolina. En un principio, la reacción ideal del aire con la gasolina tiene como productos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y nitrógeno sin reaccionar ( $\text{N}_2$ ). De estos productos, ninguno contribuye al daño a la salud pública. Solo el dióxido de carbono tiene un efecto adverso hacia el cambio climático por el efecto invernadero. En la realidad, la reacción de combustión es imperfecta, no todo el carbón reacciona para convertirse en dióxido de carbono, y no todo el nitrógeno se queda sin reaccionar. En la figura 1.16 podemos observar los productos reales de la combustión de gasolina.

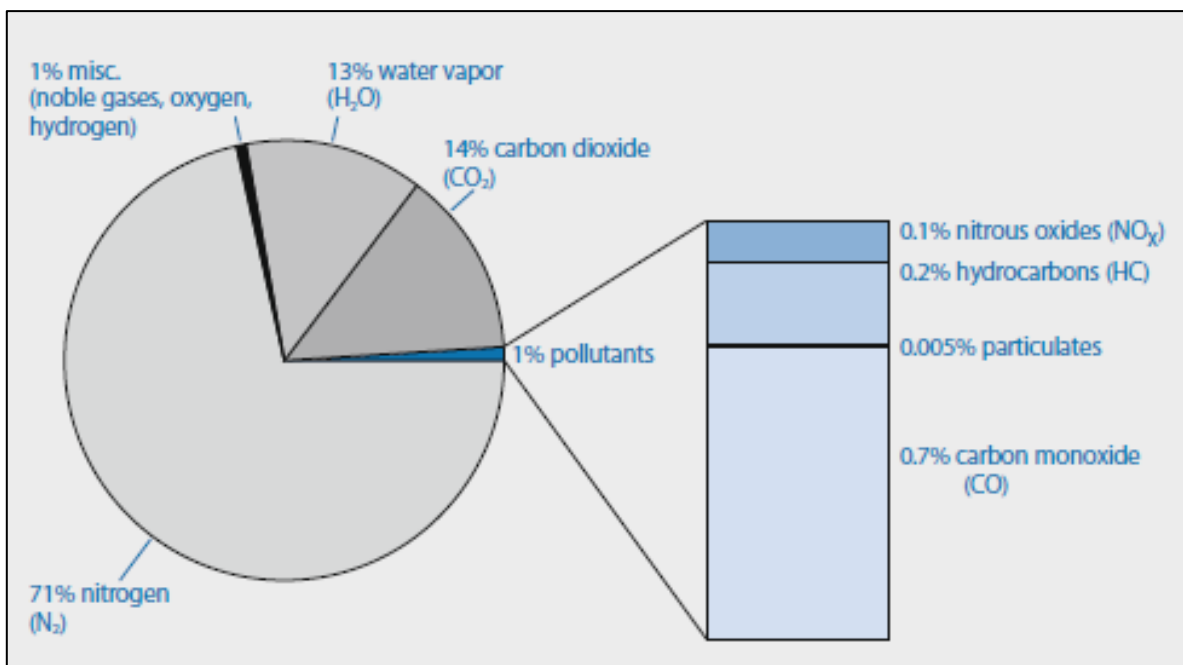


Figura 1.16: Productos de la combustión en MCI de gasolina. Fuente: [39].

- Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). La mayoría corresponde a óxido nítrico, seguido de dióxido de nitrógeno. Este grupo de gases favorecen la ocurrencia de la lluvia ácida, así como de smog fotoquímico. También reduce el ozono estratosférico de modo que hay una mayor incidencia de radiación sobre la tierra. En lo que a salud corresponde, provoca una disminución en la capacidad pulmonar para hacer frente a infecciones.
- Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). Se produce debido a zonas en el motor con un dosado pobre, la llama es discontinua provocando una combustión parcial, que a su vez

también es causada por el dosado, que al ser rico en ciertas zonas provoca una combustión muy rápida en ciertas regiones. Es un gas inoloro e incoloro. Al estar en exposición ambiental el gas puede oxidarse formando  $\text{CO}_2$ , factor importante en el efecto invernadero. Bajas dosis de este gas pueden ser mortales, ya que disminuyen la oxigenación de la sangre.

- Hidrocarburos no quemados (HC). Su composición es mixta, pues se produce por la combustión incompleta del combustible, donde se resaltan: mala evaporación del combustible posterior a la inyección, fugas en el área de escape, combustible confinado en ciertas áreas, dosados extremos en determinadas regiones, entre otros. Los distintos HC tienen en general una vida corta en el ambiente, pero al igual que los  $\text{NO}_x$  propician la formación de smog (ozono y otros gases oxidantes). Dentro de los efectos perjudiciales a la salud, están la irritación de las vías respiratorias, así como propiciar la aparición de cáncer.
- Partículas. En este grupo se alberga cualquier materia que no sea un gas. Pueden ser arrojadas por el escape del motor (partículas primarias) o formarse al interactuar con los gases de la atmósfera (partículas secundarias). Dentro de estas resalta el hollín, que es perjudicial para la salud por su composición de agentes carcinógenos.

### **1.3.2 Prueba de emisiones.**

Para poder cuantificar la cantidad de gases contaminantes previamente mencionados, es necesario poseer un equipo que sea capaz de tomar lecturas de manera certera del gas que se quiera analizar, sin ser afectado por alguna otra materia que puedan existir en el ambiente o que no sea de interés para medir. Estas mediciones nos permiten conocer el estado del MCI y si está en un óptimo funcionamiento. Los valores medidos son interpretados en base a normas nacionales o internacionales de parámetros preestablecidos.

Podemos clasificar los analizadores de gases en dos grupos, esto a partir de su principio de funcionamiento. Por medición infrarroja no dispersa y por celdas electroquímicas.

La técnica de absorción de radiación infrarroja puede emplearse para analizar los productos  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y HC. Para ello se emplea la propiedad de absorción de radiación infrarroja propia del material a analizar, haciendo incidir radiación infrarroja sobre el gas y observando el grado de absorción en una fotocélula, es posible conocer la fracción del contaminante respecto a la muestra analizada.

Por celdas electroquímicas el funcionamiento es parecido a una batería. Se tienen dos electrodos con un electrólito absorbente, luego, la presencia de  $\text{O}_2$  crea una reacción electroquímica entre los electrodos. La corriente que se genera en este proceso es proporcional a la cantidad de  $\text{O}_2$  presente.

Existen analizadores de gases de un solo gas, de dos gases y hasta de cuatro gases. Independientemente del analizador de gases con el que se cuente, el procedimiento es esencialmente el mismo; se toma una muestra proveniente del tubo de gases de escape

con ayuda de un zonda flexible conectada al mismo, luego es llevada dicha muestra al interior del analizador donde se mide el contenido de cada componente para luego ser vistos en un computador.

### 1.3.3 Banco de pruebas.

Para las pruebas de emisiones contaminantes, existen dos caminos que uno puede tomar. Pruebas en ruta, en las cuales el vehículo a analizar recorre una ruta preestablecida por una ciudad o carretera a velocidades y tiempos también preestablecidos y pruebas de banco.

Existen dos tipos de bancos de pruebas: los dinamómetros de banco, en los cuales las pruebas se realizan al motor desmontado, estas pueden ser estáticas (sin una carga al motor) o dinámicas (motor cargado) y normalmente se hacen como pruebas previas para analizar la calidad del motor antes del ensamble. El otro tipo de banco es el dinamómetro de rodillos; este es de mayor interés para nosotros, ya que es aplicado a vehículos completos, en nuestro caso motocicletas. El dinamómetro de rodillos para motocicletas consta de un único rodillo en el cual se fija la rueda trasera para posteriormente reproducir la carga y la inercia del vehículo. Los dinamómetros de rodillos funcionan en conjunto con un computador en el cual da la ruta que el dinamómetro ejercerá sobre la motocicleta para simular la conducción en el exterior, y hacer el análisis de emisiones.



Figura 1.17: Banco de rodillos para motocicletas.



Figura 1.18: Pantalla de un banco de rodillos para motocicleta.

#### 1.4 Normatividad mundial de emisiones y ciclos de manejo de motocicletas.

Para regular los gases de escape de los MCI y reducir el impacto ambiental de estos, es que se crean las normativas para emisiones contaminantes. Las normas que regulan las emisiones de motocicletas de gasolina existen en gran parte del mundo y pueden variar o no de país a país. Todas las normas mundiales que presentaremos en tablas (a excepción de las japonesas) fueron adaptadas de tablas del sitio web TransportPolicy.net, creado a partir de la colaboración entre ICCT (the International Council on Clean Transportation) y DieselNet (Diesel Emissions Online), al que se puede acceder de [25]. Los ciclos de manejo son la herramienta con las que hacen las pruebas de emisiones para definir las normativas. El ciclo de manejo se crea para proporcionar como es la “forma típica de conducción de algún tipo vehículo en alguna localidad”. Aunque los ciclos de manejo son muy particulares del lugar en donde tuvieron lugar las mediciones, hay una tendencia por la armonización de ciclos en uno único para todo el mundo.

##### 1.4.1 Ciclos de manejo.

En la literatura podemos encontrar, entre muchas, definiciones sobre lo que es un ciclo de manejo. En [6] se define el ciclo de manejo como “... es un arreglo de curvas que contiene toda la variedad de condiciones de manejo vehicular significantes que pueden encontrarse en una población de rutinas de manejo y que sirven como una referencia en estudios de tránsito, emisiones y rendimiento por su brevedad y representatividad.” Esta definición nos parece apropiada y es la que adoptaremos.

El objetivo de los ciclos de manejo es, el reproducir las condiciones de manejo reales para la medición de emisiones contaminantes, así como para el cálculo de la masa de estas

emisiones en una población de vehículos. Aun así, los ciclos de manejo pueden tener otras aplicaciones como calcular la durabilidad de un motor. El ciclo de manejo por lo regular es usado en laboratorios de simulación, con ayuda de dinamómetros de rodillos y otros equipos, pero también pueden ser usados en el exterior (carreteras, autopistas, etc.). Hay que recalcar que la evacuación de las emisiones contaminantes por los escapes de vehículos de gasolina y diésel dependen de diversos parámetros, como son los propios del vehículo (modelo, tamaño de motor, nivel tecnológico, tipo de combustible, etc.) y parámetros operativos (velocidad y aceleración del vehículo, pendiente del camino, etc.); es por esto que existe una variedad de ciclos de manejo creados para diferentes tipos de vehículos (camiones, autobuses, automóviles y motocicletas).

Los ciclos de manejo se dividen en dos clases. Los de estado estacionario (ciclos de manejo con velocidades y modos de carga constantes que tienen su aplicación principalmente en vehículos diésel de servicio pesado) y los de estado transitorio (ciclos de manejo con cambios de velocidad y de carga de motor más o menos continuos). Nuestro caso es la construcción de un método para la construcción de un ciclo de manejo transitorio en el Valle de México.

#### **1.4.2 Construcción de ciclos de manejo.**

Antes de describir los métodos con los cuales se construyen ciclos de manejo, es pertinente entender los siguientes conceptos que aparecen en [tesis de Erick y tesis de LALo y la otra] y de desencadenan de la definición de ciclo de manejo que aceptamos previamente.

Condiciones de manejo: Las condiciones de manejo son representadas en mayor parte por *curvas de velocidad vehicular* que no es más que *la imagen* de velocidad que experimenta un vehículo al transitar en función del tiempo del recorrido. En dicha curva encontramos segmentos de aceleración-desaceleración.

No debemos adjudicar el concepto de *condiciones de manejo* solo con el concepto de *curvas de velocidad vehicular*. Parte de las condiciones de manejo también son representada por las *curvas de inclinación del camino* y por las *curvas de selección de engrane*. Ambas, al igual que las *curvas de velocidad vehicular*, tienen la capacidad de representar *la imagen* de alguna variable física en función del tiempo.

Micro-viajes: Los micro-viajes (MV) o micro-trips son los segmentos de aceleración-desaceleración que encontramos en las *curvas de velocidad vehicular*, en los cuales dicho segmento comienza de un estado muy cercano al ralenti del vehículo a otro estado cercano al ralenti.

Rutinas de manejo: La rutina de manejo (RM) son todos los MV que se obtuvieron en la muestra de un único vehículo durante un único viaje de tránsito. En otras palabras, es la curva de velocidad vehicular generada por la muestra de un vehículo durante un viaje de tránsito.

En resumen, podemos decir que, una RM está conformada por los MV que se construyeron durante el muestreo de un viaje y que el *ciclo de manejo vehicular* es la síntesis de todas las RM que se muestrearon para representar una población de vehículos en particular de alguna zona geográfica determinada.

Para realizar la síntesis de las RM y por ende obtener un ciclo de manejo vehicular, existen diferentes métodos con sus propias particularidades. En general podemos hablar de dos corrientes metodológicas para la construcción de los ciclos de manejo.

### *Metodología Estocástica*

La metodología estocástica se basa en la discretización de la velocidad para hacer un empalme cuasi-aleatorio de segmentos de viajes obteniendo así un ciclo de manejo construido por su función de probabilidad. En esta corriente, los métodos más utilizados son:

1. Micro-Trips (MT): En este método los datos recolectados de viajes son divididos en segmentos delimitados por velocidad aproximada a 0 km/h. Luego los segmentos divididos son clasificados, esto puede ser por medio de una velocidad promedio, aceleración promedio o modo de operación. Esta clasificación permite una selección cuasi-aleatoria con base a la función de probabilidad. Luego los segmentos son empalmados obteniendo el ciclo de manejo.
2. Markov's Chains, Monte Carlo (MCMC): Apoyado en la teoría de Markov y utilizando la técnica de Monte Carlo se hace una discretización de datos velocidad-aceleración en estado de operación. La frecuencia de ocurrencia de cada estado de operación es registrada en una matriz de estados. Con lo anterior se calcula la probabilidad del cambio de un estado  $X_i$  a un estado  $X_{i+1}$ , y se registran ahora en una matriz de transición. Con esta nueva matriz se hace la selección cuasi-aleatoria de los estados subsiguientes al estado inicial, obteniendo como resultado un ciclo de conducción expresado como vector de estados de operación. Por último, solo queda decodificar el vector en función de los datos de velocidad-aceleración y así obtener el ciclo de manejo.

Los métodos descritos se caracterizan por ser reproducibles, pero no repetibles, es decir, si a un mismo conjunto de datos le aplicáramos dos veces el mismo método obtendríamos ciclos de manejo con características semejantes (como la velocidad promedio o la aceleración promedio) a escala global, pero diferente en pequeños intervalos locales de tiempo, esto debido a la variación del perfil de velocidades.

### *Metodología determinística*

La metodología determinística se centra en seleccionar de los datos muestreados una RM que cuente con parámetros de conducción más próximos a un determinado patrón, y este será el ciclo de manejo. Las siguientes son dos técnicas muy usadas para este método.

1. Trip Based Method (TBM): En este método, primero se determinan los parámetros de representatividad, generalmente son varios, pero entre ellos siempre están la velocidad y aceleración promedio global, es decir, la de todos los muestreos. De las RM disponibles se busca la que tenga su velocidad y aceleración más semejante al patrón global de toda la muestra (se establece que esta RM no debe de rebasar el 5% de umbral respecto al patrón global). La rutina de manejo que cumpla mejor con lo establecido será el ciclo de manejo.
2. Fuel Based Method (FBM): Esta técnica es bastante similar a TBM, solo que en lugar de seleccionar varios parámetros de selección de representatividad (recordar que en TBM era la velocidad, aceleración y otros) solo hace uso de un único parámetro, el consumo específico de combustible. Así, se calcula el consumo específico de combustible de cada uno de los vehículos muestreados. Se selecciona la RM que será el ciclo de manejo como aquella en que su consumo específico de combustible sea más próximo al consumo de combustible global promedio de toda la muestra.

A diferencia de la corriente estocástica, los dos métodos descritos anteriormente tienen la cualidad de ser reproducibles y repetibles. La figura 1.19 muestra diferentes ciclos de manejo construidos por los cuatro métodos descritos. La información sobre las metodologías estocástica y determinística fue recolectada de [11].



	Velocidad promedio	Vel. Promedio en movimiento	Acel. promedio	Desaceleración promedio	Longitud media de micro-viajes	Número de aceleraciones/cambios de desaceleración	Número promedio de paradas	% Ralentí	% Creeping	% Acelerando	% Crucero	% Desacelerando	RMS de la velocidad	RMS de la aceleración	Energía cinética positiva (PKE)	Tasa de cambio de aceleración	Distribución de vel. y acel.	Potencia específica del vehículo	Velocidad máxima	Velocidad mínima	Método de construcción
FTP 72, FTP 75	✓						✓														MT
LA92, Unified Cycle																					MT
LA01	✓							✓	✓												MCMC
Cielo HHDDT	✓							✓	✓											✓	MT
Cielo Arterial									✓	✓	✓	✓						✓			MCMC
Cielo Edinburgh																					MT
IEC	✓						✓	✓													TB
Cielo ARTEMIS	✓		✓	✓			✓	✓												✓	MT
Cielo TRL	✓				✓															✓	MT
Cielo de Sydney	✓																				MT
Cielo de Melbourne Peak	✓													✓							MT
Cielo CUEDC	✓																			✓	MT
Cielo de Perth	✓																				KT
TMDC					✓																TB
KHM	✓				✓																MT
Cielo de China	✓					✓															MT
Cielo de Beijing	✓																				MT
Cielo de HK y Zhuhai	✓				✓																MT
Cielo de Pune	✓																				MT
Cielo de Metro Manila	✓																			✓	MCMC
Cielo BDC	✓																				MT

Figura 19: Ciclos de manejo construidos por diferentes métodos. Fuente: [11].

Los esquemas de la figura 1.20 ejemplifican el desarrollo de cada uno de los cuatro métodos para construcción de ciclos de manejo.

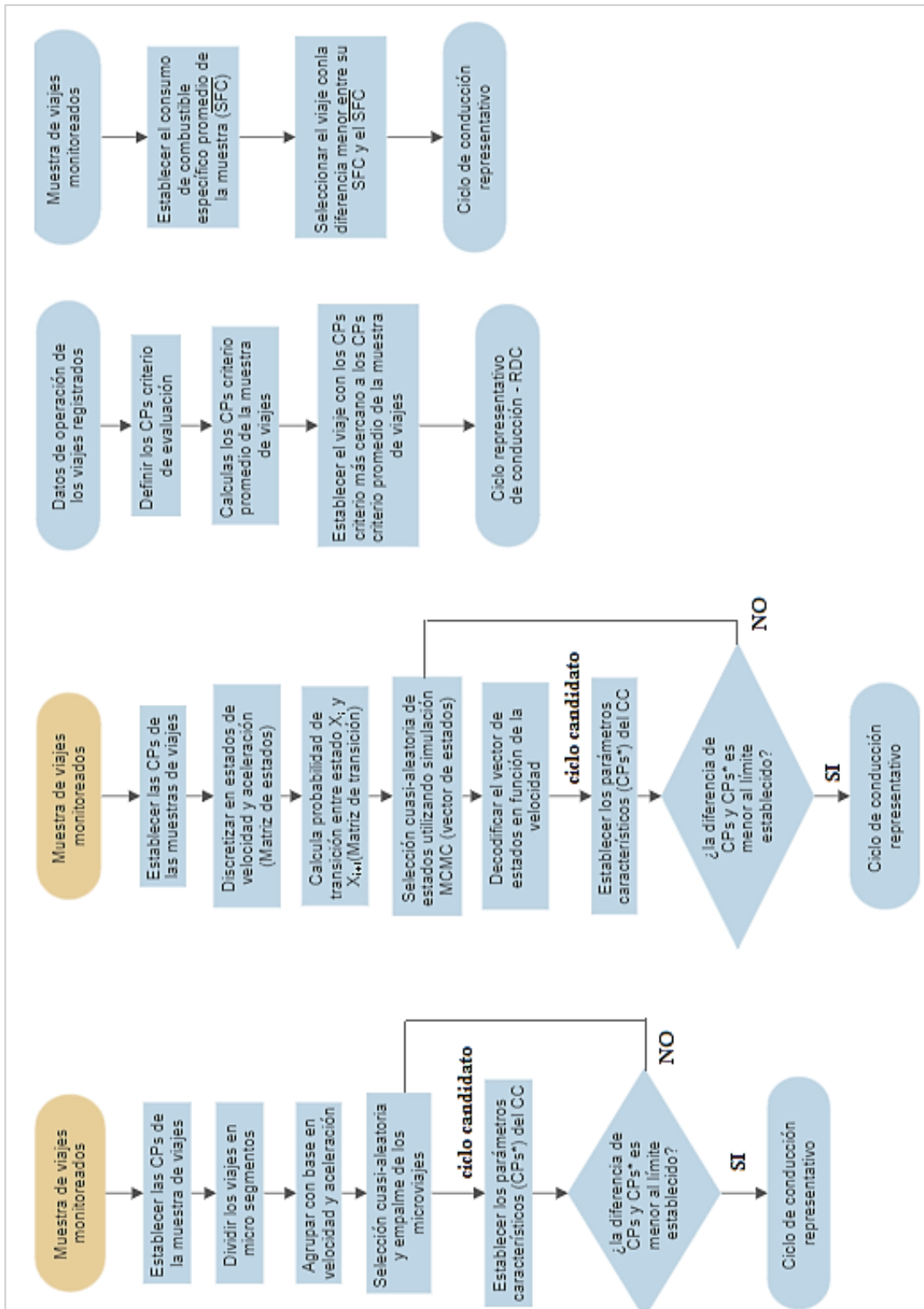


Figura 1.20: Diagrama de métodos MT, MCMC, TBM y FBM de abajo a arriba. Fuente: [11].

### 1.4.3 Ciclos mundiales de motocicletas.

En India la población de vehículos de dos y tres ruedas consta alrededor del 73% de los vehículos registrados. El ciclo IDC, de la figura 1.21 tiene una duración de 108 segundos, lo que lo hace un ciclo corto, con una velocidad promedio de 21.9 km/h. No cuenta con arranque en frío.

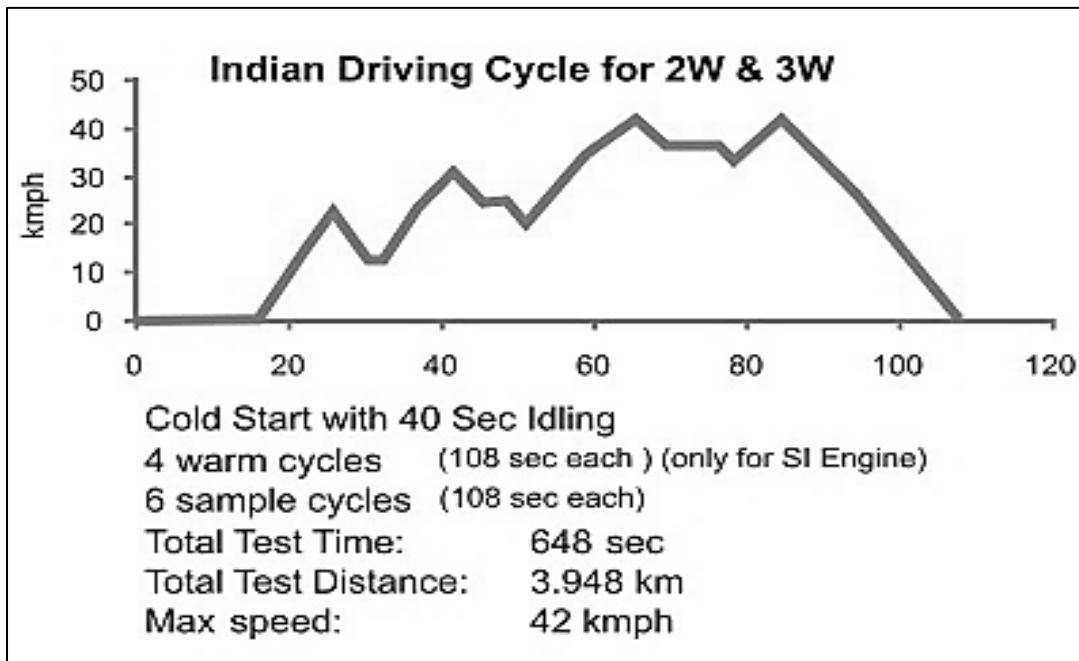


Figura 1.21: Ciclo de manejo IDC de India. Fuente: [35].

El Center of Environmental Monitoring en Hanoi, Vietnam, inauguro un programa de monitoreo de dos años para determinar los factores de emisión de motocicletas y vehículos ligeros en Hanoi. Como resultado del monitoreo de estos vehículos por 10 rutas urbanas de Hanoi, obtuvieron dos ciclos de manejo, uno para motocicletas y otro para vehículos ligeros. La figura 1.22 es el ciclo de motocicletas.

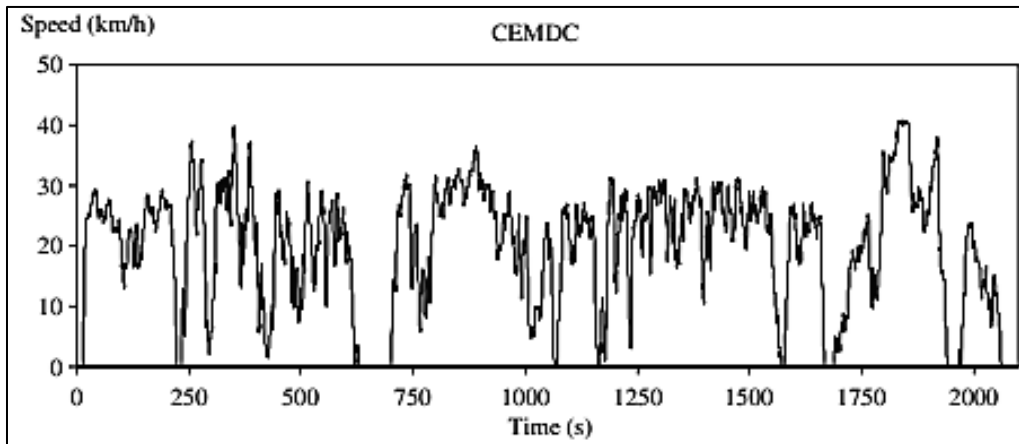


Figura 1.22: Ciclo de manejo CEMDC de Vietnam. Fuente: [18].

En Taiwán a partir del análisis de datos de velocidad y tiempo en la zona metropolitana de Kaohsiung (al sur de Taiwán), así como también condiciones de carretera, se desarrolló el ciclo de manejo para motocicletas KMH (Kaohsiung Motorcycle Driving Cycle). La figura 1.23 es del ciclo KMH.

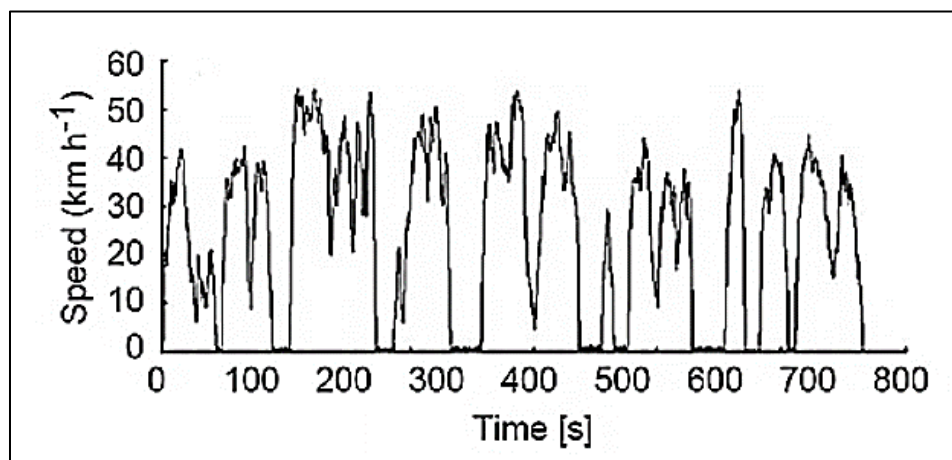


Figura 1.23: Ciclo de manejo EMDC de Escocia. Fuente: [5].

En Escocia, para asegurar el cuidado del medio ambiente, las normas se aseguran que haya investigación hacia al avance de motocicletas que sean más limpias. Es para estos fines que se desarrolló el EMDC (Edinburg Motorcycle Driving Cycle) como ciclo de manejo para motocicletas, partiendo del centro de la ciudad de Edimburgo hacia las direcciones residenciales de dentro y fuera de la ciudad. En la figura 1.24 vemos el ciclo.

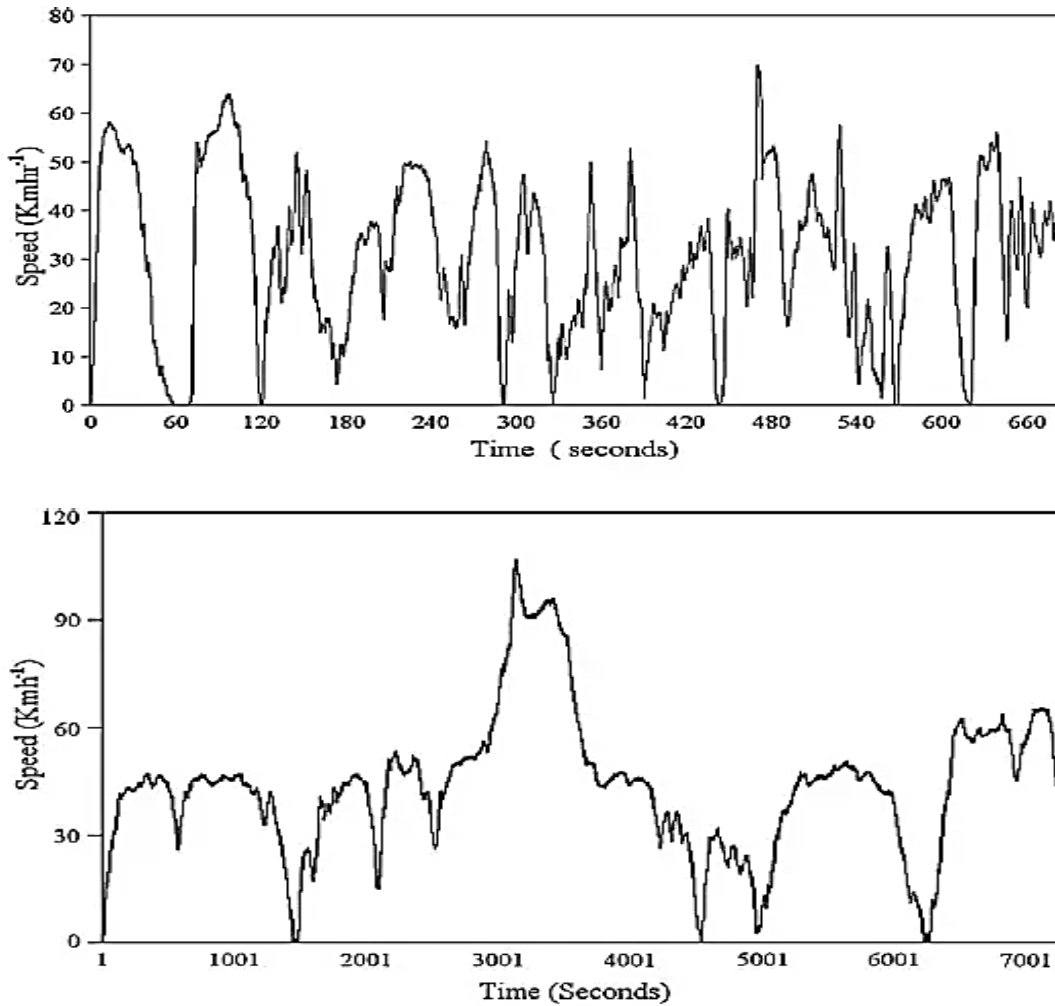


Figura 1.24: Ciclos de manejo EMCD de Edimburgo (Urbano y Rural). Fuente [5].

En Europa los ciclos europeos ECE se caracterizan por una baja carga del motor, baja velocidad del vehículo y baja temperatura de los gases de escape. Algunas veces se agrega en estos un segmento adicional EUDC para simular condiciones de alta velocidad y conducción más agresiva. De estos ciclos, el ECE R40 es específico para motocicletas, y como veremos en tablas, es el más usado en Asia para las pruebas de emisiones de sus normas. Cabe mencionar que en Europa el ciclo ECE R40 ya fue remplazado por el WMTC como se verá en las tablas de normas europeas del punto posterior.

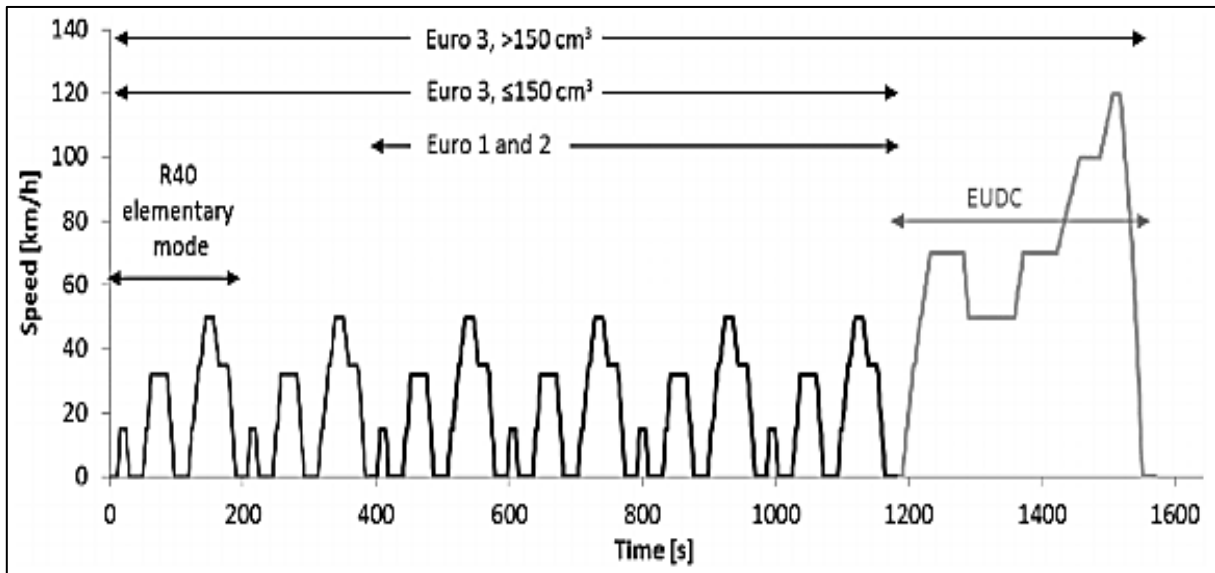


Figura 1.25: Ciclo de manejo ECE R40 de Europa. Fuente: [14].

### *World Motorcycle Test Cycle*

El World Motorcycle Test Cycle (WMTC) es un intento de homologar los ciclos de motocicletas a nivel mundial. Fue propuesto en Holanda en 1999 y cuenta con el apoyo de la AECC (Agencia Española de Comunicación Científica), la IMMA (International Motorcycle Manufacture Association), la Comisión Europea, Alemania, Japón, Países Bajos, Suiza, Reino Unido, entre otros que aportaron información estadística sobre sus parques vehiculares y sus condiciones de tránsito para su creación.

El WMTC consta de tres secciones, cada una con duración de 600 segundos. La primera parte es conducción urbana con una velocidad máxima de 60 km/h, es interrumpida por periodos de ralentí dando como resultado ocho módulos. La segunda parte es de conducción rural y consta de dos módulos con una velocidad máxima de 95 km/h. Por último, la tercera parte es conducción en carreteras primarias, es de un solo modulo y con una velocidad máxima de 125 km/h.

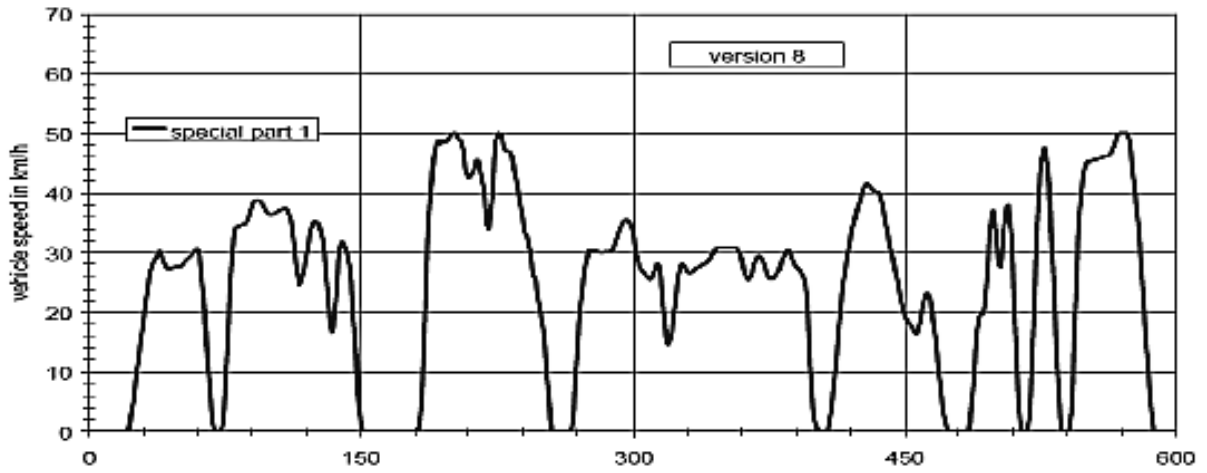


Figura 1.25: Ciclo de manejo WMTC primera parte. Fuente: [5].

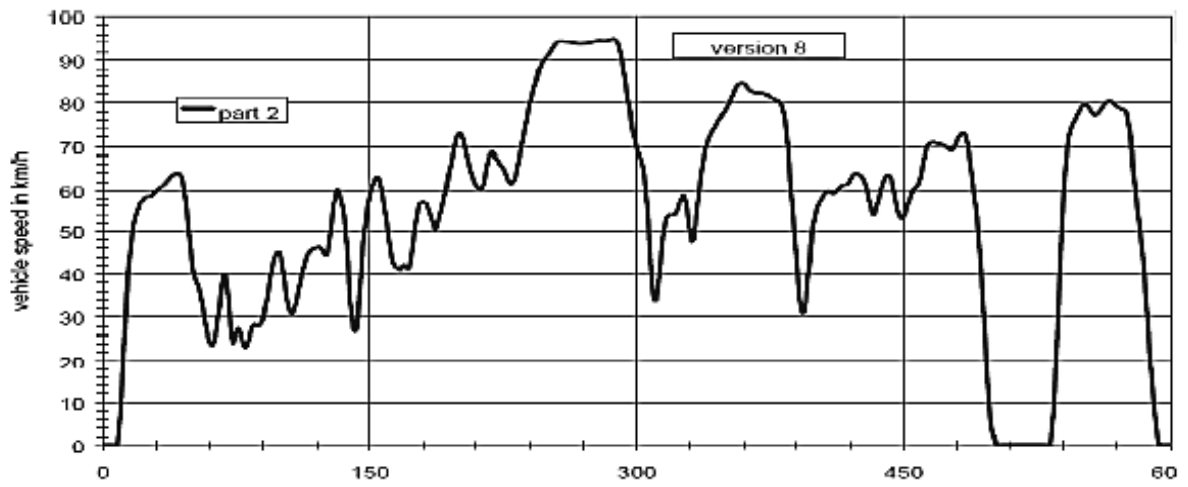


Figura 1.26: Ciclo de manejo WMTC segunda parte. Fuente: [5].

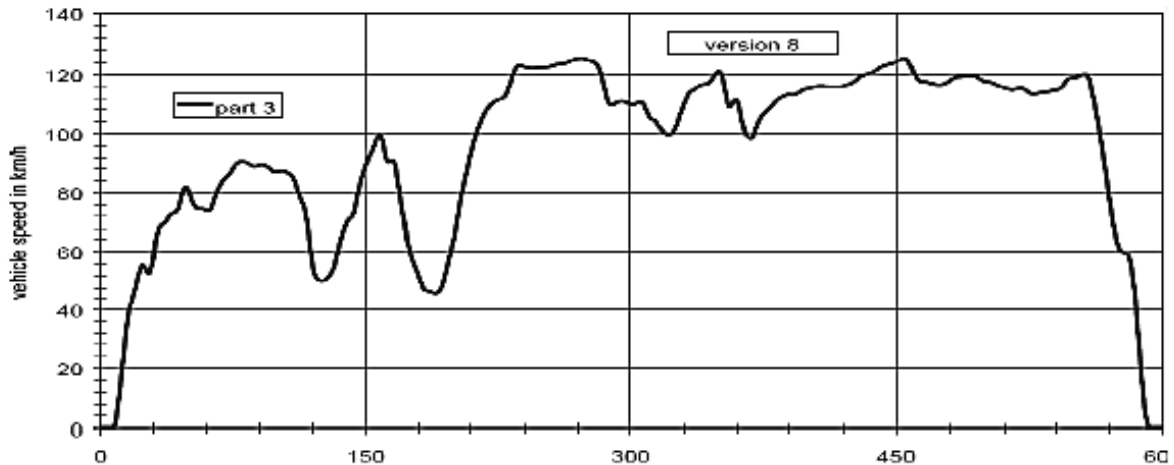


Figura 1.27: Ciclo de manejo WMTC tercera parte. Fuente [5].

#### 1.4.4 Normatividad de control de emisiones.

Una norma la define la RAE como “Regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las conductas, tareas, actividades, etc.”. Las normas que existen regulan diferentes actividades, aspectos y sectores de las sociedades modernas actuales. Entre las diferentes normativas existentes, las de carácter ambiental son las que conciernen en este trabajo. La normatividad ambiental puede definirse como el conjunto de disposiciones legales (normas) que se establecen, por acuerdo de los distintos sectores de la sociedad, cuáles serán los niveles permisibles de desechos contaminantes sin que lleguen a ser perjudiciales a la salud pública y al ambiente.

Las normas de control de emisiones en vehículos de MCI forman parte de la normatividad ambiental y su regulación, obligación y sanción es responsabilidad de cada gobierno de cada país en el mundo. En el caso de México es la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales la encargada de la normatividad ambiental. A continuación, revisaremos las normas de regulación de emisiones de motocicletas en diferentes países.

#### 1.4.5 Normas en Asia.

##### *Normas en China.*

Las normas para motocicletas en China son reguladas por el Ministerio de Protección Ambiental del país. Dichas normas llevan el nombre de CHINA y un número en romano que señala la etapa de la norma; Actualmente existe hasta la etapa 3. Cada etapa lleva consigo correcciones o modificaciones a la norma original. En la tabla 1.1 vemos el progreso la implementación de estas normas en China.



Etapa	Fecha de aplicación	Fecha de implementación (todas las ventas y registros)
Etapa I	1 de enero de 2003	1 julio de 2003 (Motocicletas) 1 enero de 2004 (Ciclomotores)
Etapa II	1 de enero de 2004 (Motocicletas) 1 de enero de 2005 (Ciclomotores)	1 de enero de 2005 (Motocicletas) 1 de enero de 2006 (Ciclomotores)
Etapa III	1 de julio de 2008	1 de julio de 2009

Tabla 1.1: Calendario de implementación de normas en China. Fuente: [25].

La tabla 1.2 es un resumen de la norma CHINA II en función del tamaño de motor para motocicletas de dos ruedas.

Año de comienzo	Tamaño del motor (cc)	(g/km)				Ciclo de conducción	Arranque en frío	Durabilidad (km)
		CO	HC	NOx	HC+NOx			
Vehículo de dos ruedas con motor de 2 tiempos								
2003	< 50 (ciclomotor)	6.0	-	-	3.0	ECE R47	No	6000 <sup>1</sup>
	≥ 50	8.0	4.0	0.1	-	ECE R40	No	6000 <sup>1</sup>
2004	≥ 50	5.5	1.2	0.3	-	ECE R40	No	6000 <sup>1</sup>
2005	≥ 50 (ciclomotor)	1.0	-	-	1.2	ECE R47	No	10 000 <sup>1</sup>
Vehículo de dos ruedas con motor de 4 tiempos								
2003	< 50 (ciclomotor)	6.0	-	-	3.0	ECE R47	No	6000 <sup>1</sup>
	≥ 50	13.0	3.0	0.3	-	ECE R40	No	6000 <sup>1</sup>
2004	≥ 50	5.5	12	0.3	-	ECE R40	No	10 000 <sup>1</sup>
2005	< 50 (ciclomotor)	1.0	-	-	1.2	ECE R47	No	10 000 <sup>1</sup>
2008	< 50	1.0	-	-	1.2	ECE R47	Si	10 000
	50 – 150	2.0	0.8	0.15	-	ECE R40	Si	18 000 <sup>1</sup> 30 000 <sup>1</sup>
	≥ 150	2.0	0.3	0.15	-	ECE R40 + EUDC	Si	18 000 <sup>1</sup> 30 000 <sup>1</sup>
<i>Notas:</i>								
1. Si se instala con un dispositivo de control de emisiones; 2. Velocidad máxima inferior a 130 km/h y desplazamiento superior a 150 cc; 3. Velocidad máxima igual o superior a 130 km/h y desplazamiento superior a 150 cc.								

Tabla 1.2: Límite de emisiones de motocicletas CHINA II. Fuente: [25].

Actualmente las normas vigentes de emisiones en China son las de CHINA III; estas normas están basadas en las normas europeas EURO 3, con la diferencia de que, como requisito adicional, se pide que los controles de emisiones sean duraderos de 10,000 a 30,000 km dependiendo del tamaño del motor.

*Normas de Rusia y UEEA*

Rusia y UEEA (Unión Económica Euroasiática) comparten las mismas normas de regulación de emisiones en vehículos. Estas normas están basadas completamente en las normas europeas y son descritas en la Resolución 609 del Reglamento Técnico Especial sobre Requisitos para las Emisiones de Sustancias Peligrosas por Vehículos, adoptado en 2005 con sus posteriores enmiendas. La tabla 1.3 es un calendario de la adopción de las normas europeas en Rusia y UEEA.

Fecha		Requisito
Nuevos tipos	Todos los vehículos	
1999		EURO 1
2006		EURO 2
2008		EURO 3
2010	2014	EURO 4
2014	2016	EURO 5

Tabla 1.3: Calendario de implementación de normas en Rusia y UEEA. Fuente: [25].

*Normas de Corea del Sur, Indonesia y Vietnam.*

Países asiáticos como Corea del Sur, Indonesia y Vietnam se caracterizan por tener una población de motocicletas bastante grande, siendo Vietnam el país con la mayor población de motocicletas en toda Asia. Estos países no cuentan con normas propias para las emisiones de motocicletas, directamente toman las normas europeas para regular las ventas de motocicletas nuevas en sus territorios.

En Corea del Sur, el Ministerio del Medio Ambiente dictó una armonización con las normas de la Unión Europea, y en el año 2008 estableció que los vehículos de 2 ruedas quedan regulados por la norma europea EURO 3, mientras que los vehículos de 3 ruedas por la norma EURO 2.

Vehículos de dos ruedas		(g/km)				Ciclo de prueba
		CO	HC	NOx	HC+NOx	
EURO 3 desde 2008	< 150 cc	2.0	0.8	0.15	-	UDC frío
	≥ 150 cc	2.0	0.3	0.15	-	ECE R40 +EUCD
Vehículos de tres ruedas		(g/km)				Ciclo de prueba
		CO	HC	NOx	HC+NOx	
EURO 2 desde 2008		7.0	1.5	0.4	-	CVS 40

Tabla 1.4: Límite de emisiones en Corea del Sur. Fuente: [25].

Para Indonesia, el Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura establece en su reglamento MoFE N°23 que motocicletas de dos ruedas con un tamaño de motor superior a los 50 cc, aplicarán la norma EURO 3, mientras que las motocicletas que no entren en dicha categoría serán reguladas por la norma EURO 2.

Categoría	Estándar de referencia	(g/km)			Ciclo de prueba
		CO	HC	NOx	
L <sub>1</sub>	EURO 2	1.0	1.2 <sup>1</sup>		ECE R40
L <sub>2</sub>	EURO 2	3.5	1.2 <sup>1</sup>		ECE R40
L <sub>3</sub> ≤ 150 cc	EURO 3	2.0	0.8	0.15	ECE R40 UDC
L <sub>3</sub> ≥ 150 cc	EURO 3	2.0	0.3	0.15	ECE R40 UDC+EUCD
Gasolina L <sub>4</sub> y L <sub>5</sub>	EURO 2	7.0	1.5	0.4	ECE R40
Diésel L <sub>4</sub> y L <sub>5</sub>	EURO 2	2.0	1.0	0.65	ECE R40

**Notas:**  
1. HC+Nox total; L<sub>1</sub>: Vehículo de dos ruedas con cilindrada ≤ 50 cc y velocidad máxima de 50 km/h; L<sub>2</sub>: Vehículo de tres ruedas con cilindrada ≤ 50 cc y velocidad máxima de 50 km/h; L<sub>3</sub>: Vehículo de dos ruedas con cilindrada > 50 cc y velocidad máxima > 50 km/h; L<sub>4</sub>: Vehículo de tres ruedas con configuración de rueda asimétrica, cilindrada > 50 cc y velocidad máxima > 50 km/h; L<sub>5</sub>: Vehículo de tres ruedas con configuración de rueda simétrica, cilindrada > 50 cc y velocidad máxima > 50 km/h.

Tabla 1.5: Límite de emisiones en Indonesia. Fuente: [25].

En Vietnam, el Ministerio de Transporte se encarga de regular las normas para emisiones de motocicletas. En 2011 a través de La Decisión Gubernamental No. 49 se estableció que en 2017 las nuevas motocicletas que se fabriquen a partir de ese año deberán de adoptar la norma EURO 3, en lugar de EURO 2, que es la que se usaban antes, además se dio la libertad de elegir entre ECE R40 y WMTC como ciclo de prueba para aquellas motos que estén bajo la norma EURO 3.

Norma de emisión	Fecha de aplicación	Categoría de vehículo	Cilindrada /velocidad del cilindro	(g/km)			Ciclo de prueba
				CO	HC	NOx	
EURO 2	2007	Motocicletas	< 150 cc	5.5	1.2	0.3	ECE R40
			≥ 150 cc	5.5	1.0	0.3	
		Ciclomotores	< 50 cc	1.0	1.2 <sup>1</sup>		ECE R47
EURO 3	2017	Motocicletas	< 150 cc	2.0	0.8	0.15	ECE R40
			≥ 150 cc	2.0	0.3	0.15	
			V <sub>máx</sub> < 130 km/h	2.6	0.7	0.17	WMTC
				2	5		
			V <sub>máx</sub> ≥ 130 km/h	2.6	0.3	0.22	
<i>Notas:</i> 1. HC+Nox							

Tabla 1.6: Límite de emisiones en Vietnam. Fuente: [25].

### Normas de Japón.

Las normas japonesas para las emisiones de motocicletas son reguladas por el Ministerio de Tierras, Transporte y Turismo. En el año 2005, dicha entidad hizo una revisión en su notificación no. 619 “Notificación de los detalles de las normas de seguridad para vehículos de transporte por carretera”, con el fin de fortalecer las normas de emisión de motocicletas. Cabe señalar que la información que se proporciona es bastante difusa, como se ve en la tabla 1.7:

Tipo de Vehículo	Modo de medida	CO			HC			NOx		
		A.R.	D.R.	T.R.	A.R.	D.R.	T.R.	A.R.	D.R.	T.R.
Una especie de ciclomotor	Modo motocicleta	0.13 g/km	2.0 g/km	85%	2.0 g/km	0.5 g/km	75%	0.3 g/km	0.15 g/km	50%
Dos tipos de ciclomotor						0.3 g/km	85%			
Motocicleta ligera										
Pequeño vehículo de ruedas										
<i>Notas:</i> AR: antes de la revisión; DR: después de la revisión; TR: tasa de reducción.										

Tabla 1.7: Límite de emisiones en Japón. Fuente: [28].

A diferencia de los resúmenes en tablas de normas que vimos en otros países, en los cuales se clasificaba las motocicletas por el tamaño del motor, se observa que la clasificación en

“modelos” que hay en la tabla 1.7 no proporciona información pertinente para una clasificación rigurosa; de igual forma no se dice que tipo de prueba fue empleada para hacer el análisis de emisiones, sin mencionar que las etiquetas como “antes de revisión”, “después de revisión”, y “porcentaje de reducción” no son explicadas.

A partir del año 2012 Japón decidió la armonización de las pruebas para emisiones de motocicletas con las del resto del mundo, implementando como su nuevo ciclo de manejo para su análisis de emisiones el WMTC, y bajo ese ciclo en 2016 renovó su reglamento. La tabla 1.8 es un resumen de este reglamento y, aunque la información sigue siendo confusa, ya se agregaron algunos tamaños de motor.

Año regulador	Modelos aplicables	g/km		
		CO	HC	NOx
Reglamento 2016	Vehículos de dos ruedas con una cilindrada total superior a 0.05 litros y una velocidad máxima inferior a 50 km/h, o con una cilindrada total inferior a 0.15 litros y una velocidad máxima inferior a 50 km/h o a 100 km/h (clase 1).	1.1 4	0.3	0.07
	Motocicletas con una cilindrada total inferior a 0.15 litros, una velocidad máxima de 100 km/h o inferior a 130 km/h, o una cilindrada total de 0.15 litros o más y una velocidad máxima inferior a 130 km/h (clase 2).	1.1 4	0.2	0.07
	Motocicletas con una velocidad máxima de 130 km/h o mayor (clase 3).	1.1 4	0.1 7	0.09
Valor regulatorio actual	Bicicletas motorizadas (principalmente equivalente a clase 1)	2.2	0.4 5	0.16
	Vehículos de motocicleta (equivalente a clase 2 o 3)	2.6 2	0.2 7	0.21

Tabla 1.8: Límite de emisiones en Japón 2016. Fuente: [28].

### *Normas de India*

El Ministerio de Transporte por Carretera y Carreteras es, además de otros, el principal regulador de las normas de emisiones de vehículos en India. Las normas que regulan la emisión de motocicletas en India llevan el nombre de Bharat y a sus posteriores enmiendas se les agrega un número romano; Las normas Bharat fueron puestas en marcha en 1991, actualmente su última actualización lleva el nombre de Bharat VI, fueron propuestas en febrero de 2016 para tener validez en 2020. Las normas Bharat en todas sus etapas, exceptuando la última (Bharat VI) aplican usando un ciclo de conducción propio de India, conocido como Ciclo de Conducción de la India, (IDC, siglas en inglés). La etapa VI de las

normas Bharat busca una armonización con normas internacionales, por lo que en esta sexta etapa las normas coinciden bastante con las normas europeas EURO 5, con la diferencia de que las normas indias son un tanto menos estrictas. Respecto a los ciclos de conducción en esta nueva etapa Bharat VI, se especifica el uso obligatorio del WMTC para las pruebas en vehículos de dos ruedas, mientras que para vehículos de tres ruedas aún está permitido usar su ciclo tradicional IDC.

De las tablas 1.9 a 1.12 se ve como clasifican las motocicletas en la India y la discriminación de las mismas por el año de su modelo con el fin de saber que etapas de las normas Bharat serán aplicadas.

Fecha	Etap	CO (g/km)	HC (g/km)	HC+NOx (g/km)
Vehículos de gasolina de dos ruedas				
1991		12-30	8-12	-
1996		4.5	-	3.6
2000	BS I	2.0	-	2.0
2005	BS II	1.5	-	1.5
2010	BS III	1.0	-	1.0
Vehículos de gasolina de tres ruedas				
1991		12-30	8-12	-
1996		6.75	-	5.4
2000	BS I	4.0	-	2.0
2005	BS II	2.25	-	2.0
2010	BS III	1.25	-	1.25
Vehículos de diésel de dos y tres ruedas				
2005	BS II	1.0	-	0.85
2010	BS III	0.5	-	0.5

Tabla 1.9: Límites de emisión en India para modelos de 1991 a 2010. Fuente: [25].

Clase	Definición	Ciclo de prueba <sup>1</sup>
Clase 1	50 cc < D < 150 cc y $V_{m\acute{a}x} \leq 50$ km/h o D < 150 cc y 50 km/h < $V_{m\acute{a}x} < 100$ km/h	Parte 1 [0.5] + Parte 2 [0.5]
Clase 2-1	D < 150 cc y 100 km/h $\leq V_{m\acute{a}x} < 115$ km/h o D $\geq 150$ cc y $V_{m\acute{a}x} < 115$ km/h	Parte 1 [0.5] + Parte 2 [0.5]
Clase 2-2	115 km/h $\leq V_{m\acute{a}x} < 130$ km/h	Parte 1 [0.7] + Parte 2 [0.3]
Clase 3-1	130 km/h < $V_{m\acute{a}x} < 140$ km/h	Parte 1[0.25] + Parte 2 [0.5] + Parte 3 [0.25]
Clase 3-2	$V_{m\acute{a}x} \geq 140$ km/h	Parte 1[0.25] + Parte 2 [0.5] + Parte 3 [0.25]

**Notas:**  
1. secuencias de fases WMTC, los valores entre corchetes son de ponderación; D: cilindrada del motor;  $V_{m\acute{a}x}$ : Velocidad máxima de diseño; Parte 1: Velocidad reducida en frío; Parte 2: Velocidad reducida en caliente; Parte 3: Velocidad reducida.

Tabla 1.10: Clasificación y ensayo de motocicletas BS IV. Fuente: [25].

Fecha	Etapa	Clase	(g/km)		HC + NOx	
			CO	Nox	SHED $\leq 2$ g	SHED $\leq 6$ g
2016	BS IV	Clase 1 y 2-1	1.403	0.39	0.79	0.59
		Clase 2-2	1.97	0.34	0.67	0.47
		Clase 3-1 y 3-2	1.97	0.2	0.4	0.2

Tabla 1.11: Límites de emisiones BS IV. Fuente: [25].

Fecha	Etapa	Tipo	(g/km)				
			CO	HC	NMHC	NOx	PM
Vehículos de dos ruedas (solo nuevos modelos)							
2020	BS VI	SI	1.0	0.1	0.068	0.06	0.0045 <sup>1</sup>
		CI	0.5	0.1	0.068	0.09	0.0045
Vehículos de tres ruedas (todos los modelos)							
2020	BS VI	SI	0.44	0.35	-	0.85	-
		CI	0.22	0.1	-	0.1	0.25

**Notas:**  
1. Solo inyección directa de gasolina.

Tabla 1.12: Límites de emisiones vehículos de 2 y 3 ruedas BS VI. Fuente: [25].

#### 1.4.6 Normas en Europa.

Las normas en Europa sobre emisiones en vehículos de tres y dos ruedas son reguladas por la Unión Europea, en sus conocidas normas EURO y sus posteriores enmiendas (EURO 1, EURO 2, ..., etc.). En 1997 se aplicó en Europa por primera vez las normas EURO 1 para reducción de emisiones de motocicletas. Es importante mencionar qué en la clasificación

más general de vehículos en Europa, las motocicletas entran en la Clase L (ciclomotores, motocicletas, triciclos y cuatriciclos). La tabla 1.13 muestra las subclases de L.

Categoría	Descripción del vehículo
<b>Ciclomotores<sup>1</sup></b>	
L <sub>1</sub> e	Vehículos de dos ruedas con una velocidad máxima por diseño de no más de 45 km/h y caracterizados por un motor cuya: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindrada no supera los 50 cc en el caso del tipo de combustión interna, o ...</li> <li>• La potencia nominal continua máxima no supera los 4 kW en el caso de un motor eléctrico.</li> </ul>
L <sub>2</sub> e	Vehículos de tres ruedas con una velocidad máxima por diseño de no más de 45 km / h y caracterizados por un motor cuya: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad del cilindro no supera los 50 cm<sup>3</sup> si es del tipo de encendido por chispa (positivo), o ...</li> <li>• La potencia neta máxima de salida no supera los 4 kW en el caso de otros motores de combustión interna, o ...</li> <li>• La potencia nominal continua máxima no supera los 4 kW en el caso de un motor eléctrico.</li> </ul>
<b>Motocicleta<sup>2</sup></b>	
L <sub>3</sub> e	Vehículos de dos ruedas sin considerar a los equipados con un motor de cilindrada superior a 50 cc. Si son del tipo de combustión interna y/o tienen una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
L <sub>4</sub> e	Vehículos de dos ruedas equipados con un motor de cilindrada superior a 50 cc. Si son del tipo de combustión interna y/o tienen una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
<b>Triciclos de motor</b>	
L <sub>5</sub> e	Vehículos con tres ruedas dispuestas simétricamente y equipados con un motor con una cilindrada de más de 50 cc si son del tipo de combustión interna y/o una velocidad máxima por construcción de más de 45 km/h.
<b>Cuadriciclos: Vehículos de motor de cuatro ruedas que tengan las siguientes características.</b>	
L <sub>6</sub> e	Cuadriciclos cuya masa en vacío no sea superior a 350 kg, sin incluir la masa de las baterías en el caso de vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima de diseño no sea superior a 45 km/h y cuya: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad del cilindro del motor no excede los 50 cm<sup>3</sup> para motores de encendido por chispa (positivo), o ...</li> <li>• La potencia neta máxima de salida no supera los 4 kW en el caso de otros motores de combustión interna, o ...</li> <li>• La potencia nominal continua máxima no supera los 4 kW en el caso de un motor eléctrico.</li> </ul> <p>Estos vehículos cumplirán los requisitos técnicos aplicables a los ciclomotores de tres ruedas de la categoría L<sub>2</sub>e, a menos que se especifique lo contrario.</p>
L <sub>7</sub> e	Cuatriciclos distintos de los contemplados en la categoría L <sub>6</sub> e, cuya masa en vacío no supere los 400 kg (550 kg para los vehículos destinados al transporte de mercancías), sin incluir la masa de las baterías en el caso de los vehículos eléctricos, y cuya potencia neta máxima del motor no exceder los 15 kW. Estos vehículos se considerarán triciclos de motor y cumplirán los requisitos técnicos aplicables a los triciclos de motor de la categoría L <sub>5</sub> e, salvo que se especifique lo contrario.
<i>Notas:</i>	



1. A partir del 19 de enero de 2013, los ciclomotores estarán sujetos a la categoría de permiso de conducción AM.
2. A partir del 19 de enero de 2013, las motocicletas estarán sujetas a 3 categorías de permiso de conducción: A1 (máx. 125 cm<sup>3</sup>, 11 kW y 0,1 kW / kg), A2 (máx. 35 kW y 0,2 kW / kg) [indicativo 125-500 cm<sup>3</sup>] y A (otras motocicletas).

Tabla 1.13: Clasificación de motocicletas en Europa. Fuente: [25].

Esta clasificación subclasificación de la categoría L fue aplicada para las normas EURO 4 y EURO 5.

Como primer resumen, podemos ver en la tabla 1.14 los límites permisibles de emisiones de motocicletas y ciclomotores que imponían las normas EURO 2 y EURO 3 en 2002, 2004 y 2006.

Vehículos de dos ruedas		(g/km)		
		CO	HC	Nox
EURO 2 2002	< 150 cc	5.5	1.2	0.3
	≥ 150 cc	5.5	1.0	0.3
EURO 3 2003	< 150 cc	2.0	0.8	0.15
	≥ 150 cc	2.0	0.3	0.15
Vehículos de tres ruedas				
EURO 2 2003	Todo gasolina	7.0	1.5	0.4
	Todo diésel	2.0	1.0	0.65

Tabla 1.14: Límite de emisiones EURO 2 y EURO 3. Fuente: [25].

Cabe recalcar que el ciclo de prueba para EURO 2 y EURO 3 en ciclomotores fue el ECE R47, mientras que en motocicletas y triciclos el ECE R40.

Las normas actualizadas EURO 4 y EURO 5 endurecieron los límites de emisiones, ampliaron la categoría L existente, además de incluir a vehículos híbridos; en las siguientes tablas 1.15 y 1.16 podemos visualizar un resumen de las normas.

Categoría de vehículo	Nombre de la categoría de vehículo	Clase de propulsión	(g/km)				Ciclo de prueba
			CO	THC	NOx	PM <sup>1</sup>	
L <sub>1</sub> Ae	Ciclo alimentado	PI/CI/Hibrido	0.5 6	0.1	0.07	-	ECE R47
L <sub>1</sub> Be	Ciclomotor de dos ruedas	PI/CI/Hibrido	1.0	0.63	0.17	-	
L <sub>2</sub> e	Ciclomotor de tres ruedas	PI/CI/Hibrido	1.9	0.73	0.17	-	
L <sub>3</sub> e L <sub>4</sub> e L <sub>5</sub> Ae L <sub>7</sub> Ae	- Motocicleta de dos ruedas con y sin sidecar. - Triciclo. - Quad pesado en carretera.	PI/PI Hibrido V <sub>máx</sub> <130 km/h PI/PI Hibrido V <sub>máx</sub> ≥130 km/h CI/CI Hibrido	1.1 4 1.1 4 1.0	0.38 0.17 0.1	0.07 0.09 0.3	- - 0.08	WMTC
L <sub>5</sub> Be	Triciclo comercial	PI/PI Hibrido	2.0	0.55	0.25	-	ECE R40
		CI/CI Hibrido	1.0	0.1	0.55	0.08	
L <sub>6</sub> Ae L <sub>6</sub> Be	- Quad ligero para carretera. - Quadrimovil	PI/PI Hibrido	1.9	0.73	0.17	-	ECE R47
		CI/CI Hibrido	1.0	0.1	0.55	0.08	
L <sub>7</sub> Be L <sub>7</sub> Ce	-Quad todoterreno - Quadrimovil pesado	PI/PI Hibrido	2.0	0.55	0.25	-	ECE R40
		CI/CI Hibrido	1.0	0.1	0.55	0.08	

*Nota:*  
1. Solo CI, también si un hibrido incluye un motor CI.

Tabla 1.15: Límites de emisiones EURO 4. Fuente: [25].

Categoría vehículo	Nombre de la categoría del vehículo	Clase de propulsión	(g/km)				Ciclo de prueba
			CO	THC	NOx	PM	
L <sub>1</sub> Ae	Ciclo alimentado	PI/CI/Hibrido	0.5	THC	0.06	0.0045 <sup>1</sup>	WMTC
L <sub>1</sub> Be- L <sub>7</sub> e	Todos lo demás vehículos de la categoría L	PI/PI Hibrido	1.0	0.1	0.06	0.0045 <sup>1</sup>	WMTC
		CI/CI Hibrido	0.5	NHMC 0.068	0.06	0.0045	

*Nota:*  
1. Aplicable únicamente a los motores de gasolina de inyección directa.

Tabla 1.16: Límites de emisiones EURO 5. Fuente: [25].

#### 1.4.7 Normas en América.

##### *Normas de EUA y California*

En EUA las normas de emisiones para motocicletas se les conoce como 40 CFR 86 (CFR, Codeo of Federal Regulations) y están reguladas por la Agencia de Protección Ambiental, por sus siglas en ingles EPA. Las motocicletas son discriminadas en clases, (principalmente tres) que dependen del tamaño del motor. La tabla 1.17 muestra dicha clasificación.

Clase	Tamaño del motor
Clase I-A	< 50 cc
Clase I-B	50–169 cc
Clase II	170-279 cc
Clase III	> 280 cc

Tabla 1.17: Clasificación de motocicletas EPA. Fuente: [25].

Las normas EPA de 1978 a 2005 permanecieron inalterables para tres clases de motocicletas (la clase I-A no existía, y la clase I-B llevaba por nombre sólo clase I). La primera actualización a la norma, donde se definieron las clases IA y IB fue en el año 2006, y se conoció como nivel 1. El nivel 2, que trata de otra actualización para ser más estrictas las emisiones de HC + NOx en vehículos de Clase III tuvo lugar en 2010.

Año	Clases	Cilindrada	(g/km)			Vida útil/garantía
			HC	HC+NOx	CO	
1978-2005	Clase I	50-169	5.0	-	12.0	5 años/ 12,000 km
	Clase II	170-279		-		5 años/ 18,000 km
	Clase III	> 280		-		5 años/ 30,000 km
2006+	Clase I-A	< 50	1.0	1.4	12.0	5 años/ 6,000 km
	Clase I-B	50-169	1.0	1.4	12.0	5 años/ 12,000 km
	Clase II	170-279	1.0	1.4	12.0	5 años/ 18,000 km
2006-2009	Clase III (nivel 1)	> 280	-	1.4	12.0	5 años/ 30,000 km
2010+	Clase III (nivel 2)	> 280	-	1.8	12.0	5 años/ 30,000 km

Tabla 1.18: Límite de emisiones EPA. Fuente: [25].

De 1978 a 2005 las normas EPA dictaban que la prueba para emisiones en motocicletas debía ser a través de su ciclo de conducción FTP. A partir de 2006 la clase IA sigue obligado a utilizar el ciclo de conducción FTP, mientras que todas las demás clases pueden optar entre FTP y WMTC como ciclo de conducción.

A diferencia de los demás estados de EUA, California es el único en el que las motocicletas para su venta no están reguladas por la EPA, sino por la Junta de Recursos de Aire de California, que lleva por acrónimo inglés CARB y da sus normas en su Título 13 del Código de Regulaciones de California (CCR). Los procedimientos de pruebas para emisiones de motocicletas son los mismos de la EPA.

La siguiente tabla 1.19 es un resumen de sus normas.

Año modelo	Cilindrada (cc)	HC+NOx (g/km)	CO (g/km)
1978-1979	50 < D < 170	5.0 (solo HC)	17
1978-1979	170 ≤ D < 750	5.0	17
1978-1979	D ≤ 750	14 (solo HC)	17
1980-1981	Todos ≤ 50	5.0 (solo HC)	17
1982+	50 < D ≤ 279	1.0 (solo HC)	12
1982-1985	D ≤ 280	2.5 (solo HC)	12
1985-1987	D ≤ 280	1.4 (solo HC)	12
1988-2003	280 < D ≤ 699	1.0 (solo HC)	12
1988-2003	D ≤ 700	1.4 (solo HC)	12
2004-2007	D ≤ 280	1.4	12
2008+	D ≤ 280	0.8	12

Tabla 1.19: Límite de emisiones en California, EUA. Fuente: [25].

### *Brasil y Argentina*

Dentro de su organización, Brasil por medio de la institución CONAMA (Consejo Nacional del Medio Ambiente) y de artículos emitidos previamente (programas de resolución) por el mismo organismo, consideró implementar una regulación de las motocicletas en venta (motocicletas nuevas) en materia de emisión de gases contaminantes y ruidos.

En este documento es descrito el alcance del desarrollo e implementación del programa Promot 5, buscando ser utilizado para regular sólo motocicletas nuevas para 2023, mientras que para 2025 pretende ser aplicable para todas las motocicletas en circulación. Las fases de la normatividad Promot lleva vigente desde el año 2000 y han sido análogas a las normas EURO de Europa.

Sin embargo, en la fase Promot 4, la norma no se limita exclusivamente a emisiones contaminantes provenientes del tubo de escape para los gases de combustión, también establece que se deben de cumplir ciertos criterios para evitar la contaminación por evaporación del combustible, producto de la permeabilidad de los materiales. Cabe destacar que son definidos los combustibles que deben de ser utilizados, teniendo en cuenta aquellos que son comercializados dentro del país. Así la normatividad brasileña toma un carácter más independiente.

Respecto a las pruebas de emisiones contaminantes, redacta que serán basados en los reglamentos emitidos por el parlamento europeo, siendo específicos en los apéndices a consultar dentro de dicha norma (EURO 5).

También son establecidos factores de deterioro que hacen más flexible la norma, al buscar que se tenga un margen amplio de cobertura, y posiblemente una mejor aceptación por parte del público. Dichos factores de deterioro son establecidos en base al kilometraje de recorrido que tiene el usuario, y son tomadas en cuenta las recomendaciones del fabricante.

Son considerados los contaminantes CO, THC, NMHC, NOx. Esta norma toma como referencia a la norma EURO 5 para la gestión del motor.

Los informes de valor de emisión de producción solicita que se sometan a pruebas de emisiones contaminantes el 0.05% de las motocicletas que sean importadas a Brasil para su venta, siendo tres unidades móviles la cantidad mínima a analizar. Sin embargo, dicho análisis no especifica el organismo que está a cargo de realizar las pruebas, dejando a responsabilidad del fabricante el entregar sus resultados obtenidos. El objetivo de esta acción es realizar ajustes que permitan a las empresas y sus vehículos cumplir la norma.

Los límites máximos de emisión de contaminantes en el ciclo dinamométrico para las actualizaciones de Promot M5 con unidades mg/km, son:

Año	Modelo	CO	THC <sup>1</sup>	NMHC	NOx	MP	Aldehídos <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub>
1/1/2023	Nuevos	1000	100	68	60	4.5	20 o 30 <sup>3</sup>	Informar
1/1/2025	Todos	1000	100	68	60	4.5	20	Informar

*Notas:*  
 1: límite a respetar solo por vehículos que usen gas natural como combustible; 2: Límite a respetar solo por vehículos que usen inyección directa total o parcial de combustible; 3: Límite para motocicletas con una velocidad final máxima superior a 130 km/h.

Tabla 1.20: Límite de emisiones en Brasil. Fuente: [23].

Así como las normas descritas previamente, la norma de “Verificación Técnica Vehicular Obligatoria” aplicable para la Ciudad de Buenos Aires, busca dentro de una misma norma poder describir las regulaciones en materia de emisiones contaminantes para motocicletas y automóviles. Esta norma tiene la particularidad de enfocarse en un análisis aleatorio para vehículos en circulación que residan dentro de la ciudad o en sus alrededores. Para tal fin, es necesario que los vehículos en circulación no hayan sido alterados para su funcionamiento por parte de un taller no autorizado, para que, de ser el caso, dicha institución se haga responsable de las consecuencias que los cambios realizados puedan tener.

La principal sanción ante el incumplimiento de la verificación periódica se ve reflejada en la circulación del vehículo, ya que no podrá transitar dentro de los alrededores de la ciudad. Esta norma carece de especificaciones, ya que menciona pocas descripciones para llevar a cabo la regulación de motocicletas, y de vehículos. A pesar de que, como su nombre lo indica, es una norma para regular emisiones contaminantes de todos los vehículos en circulación, excluye a las motocicletas en el artículo catorce, que es precisamente aquel que indica la forma de llevar a cabo la periodicidad de la verificación técnica vehicular. Cabe destacar que, en los demás archivos citados dentro de la norma, no se muestran especificaciones detalladas sobre la cantidad de gases contaminantes y cuáles

serían estos. También se indica que se seguirán las indicaciones internacionales, sin mencionar cuáles serían aplicables. Debido a las expuestas razones consideramos esta norma como carente de detalle e incongruente con su propósito. La información presentada de normatividad de Brasil y Argentina fue tomada de [22], [23] y [24].

#### **1.4.8 Observaciones referentes a las normas mundiales.**

Antes de precisar los comentarios, es importante mencionar los límites de emisiones que se vieron en las tablas anteriores son para motocicletas nuevas a la venta, es decir las normas mundiales citadas anteriormente no aplican a motos en circulación.

##### *Comentarios de normas en Asia.*

Lo que más destaca en los países asiáticos es que en su mayoría (de los que revisamos en el punto anterior Corea del Sur, Indonesia, Vietnam y Rusia), para establecer los límites de emisión se conformaron con implementar los de las normas europeas, y aunque cada país da un criterio sobre a qué tipo de vehículo le aplicaran determinada norma europea, se limitan solo a dos que son EURO 2 y EURO 3, a excepción de Rusia (y por consiguiente UEEA, recordando que comparten las mismas regulaciones) que además de EURO 2 y EURO 3 también implementaron las posteriores normas EURO 4 y EURO 5 para vehículos más nuevos. Los ciclos de conducción usados en Asia, como se esperaba fueron también los europeos (ECE R40), aunque Vietnam también llega a usar el WMTC para un tipo específico de motocicleta.

Tres casos especiales son los de Japón, China e India. En el caso de Japón la información que se tiene es bastante confusa y no se da una clasificación rigurosa (o por lo menos no se encontró) de las motocicletas, ni tampoco se explica que ciclos de pruebas son usados en sus ensayos. Lo único que sabemos es que no se trata de normas internacionales y que son propios de su país, porque en 2016 se anunció una armonización con normas internacionales y el uso del WMTC como ciclo de conducción, dando a entender que los estándares anteriores a 2016 debieron ser propios.

El caso de India es parecido al de Japón por el hecho de que ambos en los últimos años buscan armonizar sus estándares con los internacionales, pero se diferencia en que la información proporcionada por la India es bastante clara; antes de implementar el WMTC como una opción de ciclo de manejo para los nuevos modelos de motocicletas, ellos tenían su ciclo de manejo propio conocido como IDC. De hecho, destaca que en las normas indias se haga mención a motocicletas que funcionen con diésel, algo no muy común ya que por lo menos en México no se sabe de la existencia de motocicletas con motor diésel que sean comercializadas en el territorio. La imagen 1.29 es una comparación del ciclo indio IDC y el WMTC, en la primera etapa (el WMTC consta de tres etapas de conducción).

Cabe señalar que Asia tiene la particularidad (exceptuando a China y Rusia) de clasificar sus motocicletas por las velocidades máximas que su motor les permite desplazarse, y aunque

algunas también tienen presente la cilindrada del motor, le dan prioridad a la velocidad máxima.

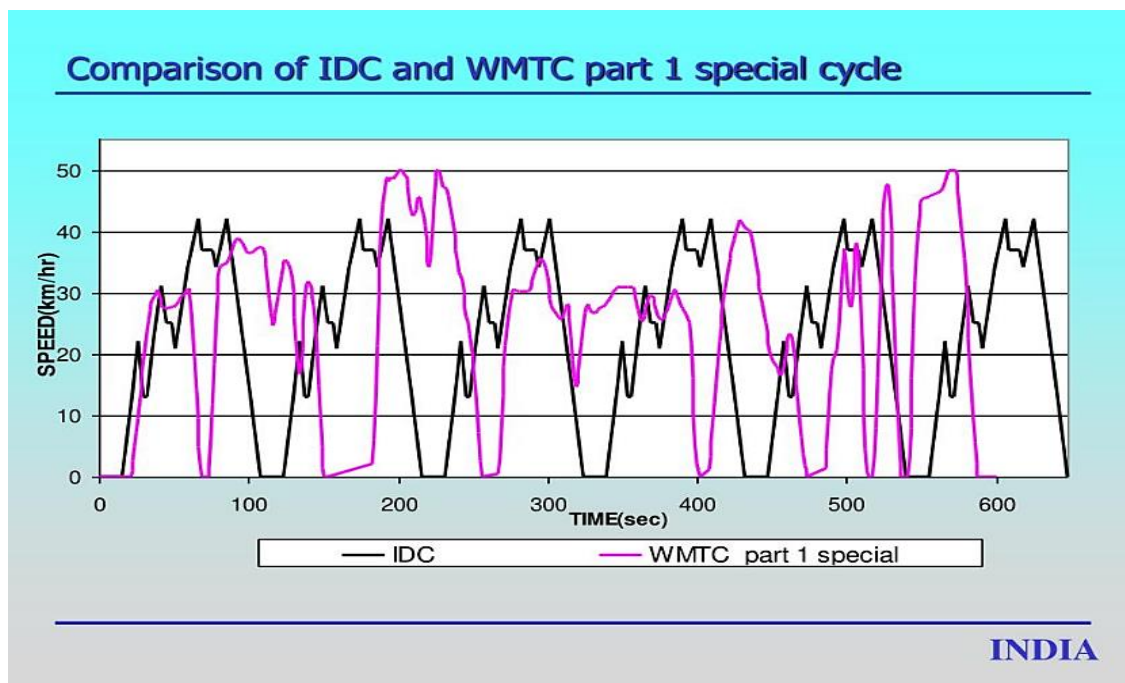


Figura 1.29: Comparación del ciclo de manejo WMTC con el IDC de India. Fuente: [37]

Por último, China en las primeras dos etapas de sus normas, aunque eran propias para motocicletas dentro de su territorio, usaban para pruebas ciclos de manejo europeos ECE R40, ECE R47; en su tercera etapa implementaron los mismos límites de emisiones que la norma europea EURO 3, a diferencia de que piden un periodo de vida más largo que el europeo.

¿Qué podemos señalar de las normas de emisiones en Asia?, la respuesta es que en los países asiáticos la tendencia es la armonización con las normas europeas.

#### *Comentarios sobre las normas en Europa.*

Las normas europeas para emisiones de motocicletas en sus primeras actualizaciones EURO 2 y EURO 3 fueron implementadas para las motos que se vendieran dentro de la Unión Europea, para proveedores nacionales e internacionales, por lo que tuvo gran influencia como modelo de norma para los países asiáticos.

La nueva clasificación de motocicletas en Europa para EURO 4 y EURO 5, es de las más completas, incluso que la clasificación estadounidense, al no solo contemplar motocicletas de gasolina, sino híbridas y de diésel (aunque India también hizo esta distinción). De igual forma para buscar la armonización de sus normas con las de las demás naciones implemento el WMTC, que ya está siendo tendencia en varios países. A partir de EURO 4 se

exige el uso exclusivo de inyección electrónica como sistema de dosificación para que se pueda cumplir con sus estándares, lo que supone la desaparición de motocicletas de carburador a mediano plazo en los países que adopten a EURO como su norma.

#### *Comentarios sobre las normas en América.*

Las normas de emisiones en América son diferentes en lo que es Norteamérica (sin contar a México) y Latinoamérica.

Las normas en EUA tienen bien definidos 4 clases de motocicletas, y aunque no amplían su abanico a otros tipos de motocicletas que lleguen a existir en dicho país, si se tiene claro cuáles son los límites permisibles de emisiones. Algo que no se menciona es que los límites en EUA también son los mismos para Canadá utilizando el mismo ciclo de conducción que es el FTP.

Algo peculiar que ocurre en EUA es que el estado de California no regula sus normas por la EPA, teniendo ellos un organismo autónomo que regula sus emisiones; cabe destacar que California da sus límites de emisión que posteriormente son usados por la EPA para la actualización en el territorio, aunque los procedimientos para mediciones utilizados en el estado de California son los mismos que la EPA utiliza en el resto del país.

En los últimos años, EUA también se une a la tendencia de armonización mundial, así la EPA da de opción usar el WMTC en lugar del FTP para las pruebas de emisiones, aunque en California sigue siendo el FTP única opción como ciclo de conducción.

Un escenario muy distinto es observado dentro de los países pertenecientes a América Latina, que en su proceso de desarrollo buscan implementar la verificación de motocicletas.

Para el caso de Argentina, se observa una estructura de norma con bases poco fundamentadas en lo que respecta a la clasificación de las motocicletas por tamaño de motor, siendo albergadas junto con los automóviles como si se tratara de un grupo de la misma categoría.

Dentro de Brasil observamos el impacto que tienen normas bien estructuradas como las que se presentan en Europa, comenzando con una implementación análoga a las EURO para luego hacer modificaciones para una mejor adaptación a su país, obteniendo un carácter normativo más independiente.

Tras comparar las diversas normas presentadas por distintos países, es necesario que la creación de normatividad que regule las emisiones contaminantes de sus vehículos debe de ser establecidas considerando el impacto económico y social que se generará, la infraestructura vial, así como de los vehículos comercializados dentro de ellos. Tomar como



referencia aquellas normas que han sido elaboradas por otros países ayuda a contemplar puntos de vista para abordar dicha normatividad.

## **1.5 Normatividad de motocicletas en México.**

### **1.5.1 Importancia de la normatividad de motocicletas en México.**

El objetivo de una normatividad para motocicletas es la reducción y el control de los gases contaminantes que estas emiten en el medio ambiente de nuestra nación. La importancia de esta radica en el hecho de, si en verdad México necesita regular las emisiones de motocicletas. El manejo de las emisiones de gases contaminantes que México produce responderá esta cuestión.

El 31 de Julio de 2018, la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México presento un reporte de emisiones de compuestos de gases de efecto invernadero con datos de 2017. Según el reporte, la CDMX produjo un total de 1.38 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (el CO<sub>2</sub> equivalente es CO<sub>2</sub> más otros gases que propician el calentamiento global), siendo la mayor aportación por el sector energético, contribuyendo con el 73% de la producción y quedando en segundo lugar el transporte (en su totalidad vehículos de gasolina y diésel) con un 17%.

Los resultados del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI) muestran que en 2019 México generó a nivel nacional un total de 737 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo cual nos posiciona entre los trece países más contaminantes en el mundo. La mayor aportación, de nuevo es por parte del sector energético, el cuál aporta con un 23% (171 millones de toneladas) de las emisiones nacionales; pero el autotransporte no se queda atrás, obteniendo el segundo lugar al contribuir con un 131 millón de toneladas de CO<sub>2</sub> (18.5%).

El sitio web “México contra el cambio climático” en colaboración del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC) presenta una prospectiva de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, donde se hace una predicción con ayuda de datos registrados y análisis de crecimiento económico sobre el incremento de la generación de CO<sub>2</sub> en México, si no se toman medidas que mitiguen dicha producción. La figura 1.30 es dicha predicción.

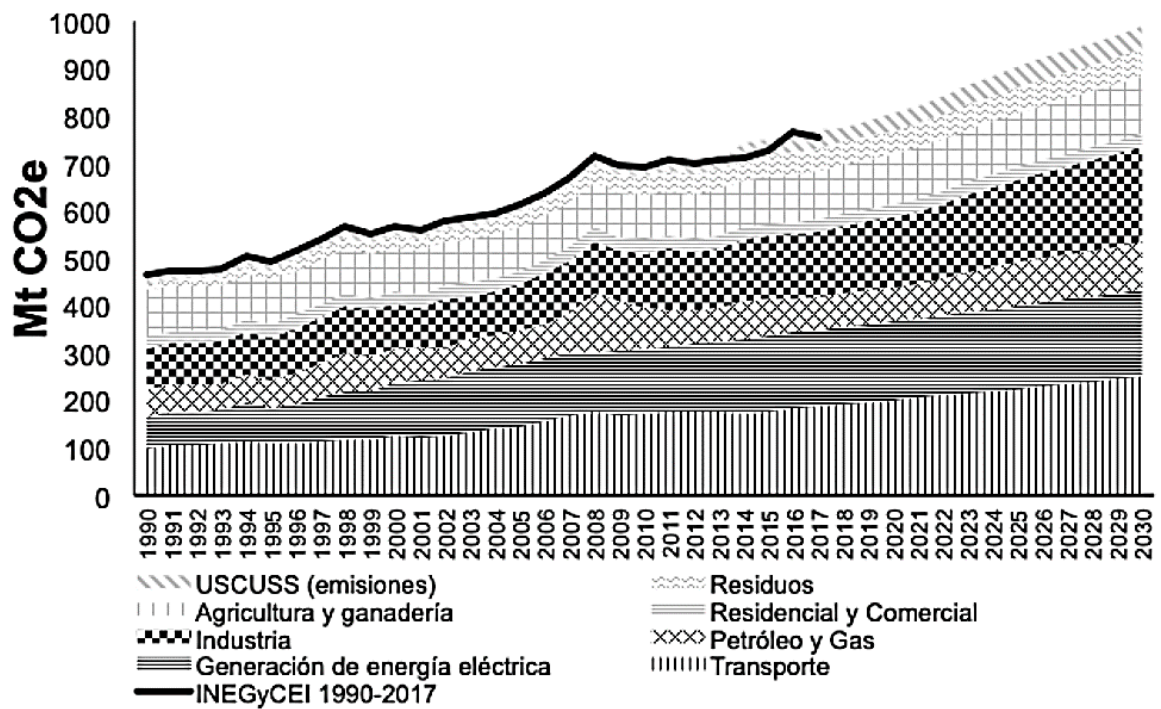


Figura 1.29: Emisiones netas históricas y su prospectiva a nivel nacional, 1990-2030. Fuente: [38]

En la figura 1.30, la línea base, que es la creada a partir de datos certeros, es la línea negra en la parte superior de la gráfica y que termina en el año 2017. A partir de ese año los datos que se muestran son predicciones. Como mencionamos, la producción nacional de CO<sub>2</sub> a nivel nacional fue de 737 millones de toneladas en 2019. Este dato es predicho con bastante precisión en la gráfica. Podemos visualizar en las predicciones que la mayor aportación a la producción de CO<sub>2</sub> equivalente será por el sector transporte.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) presentaron el Informe Nacional de Calidad del Aire 2019. En dicho informe se muestra las horas, días, meses que se incumple la norma mexicana de calidad de aire por cuatro contaminantes: O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 10 µm) y PM<sub>2.5</sub> (partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 2.5 µm). El informe reporta que en la Zona Metropolitana del Valle de México de los 365 días del año 2019 en que se hicieron mediciones, 266 fueron días en que se incumplió con la norma de calidad de aire (73% del año). Siendo el O<sub>3</sub> el contaminante que más veces supero su límite, seguido por las PM<sub>10</sub> y las PM<sub>2.5</sub>.

Ahora, después de los datos expuestos, podemos decir con certeza, que sí que es necesaria una normatividad que regule las emisiones de motocicletas en México y más en la ZMVM, siendo la zona donde con mayor producción de CO<sub>2</sub> a nivel nacional. Es necesario tomar

decisiones como esta para mitigar el cambio climático, si se busca salir de la lista de países más contaminantes del mundo, y sería errado no establecer una normatividad para las motocicletas teniendo en cuenta que países que cuentan con generaciones de CO<sub>2</sub> inferiores a las nuestras ya cuentan con un control de estas. Más a favor de la noción, el incremento de la flota de motocicletas en México creció bastante en los últimos años (a comparación de antes) como veremos a continuación. Los datos sobre contaminación en México fueron adaptados de [15], [20]. [27] y [32].

Según datos de INEGI la población de motocicletas en circulación dentro del territorio nacional aumentó de 293 mil 924 unidades en el año 2000 a 5 millones 260 mil 954, lo cual representa incremento mayor al 1,600 %, algo realmente increíble. En la figura 1.31 podemos visualizar mejor estos datos del INEGI. Es interesante ver cómo hay un pequeño decremento de 2009 a 2010, pero a partir de este mismo año el número de motocicletas creció mucho más rápido que en los 10 años anteriores al 2010.

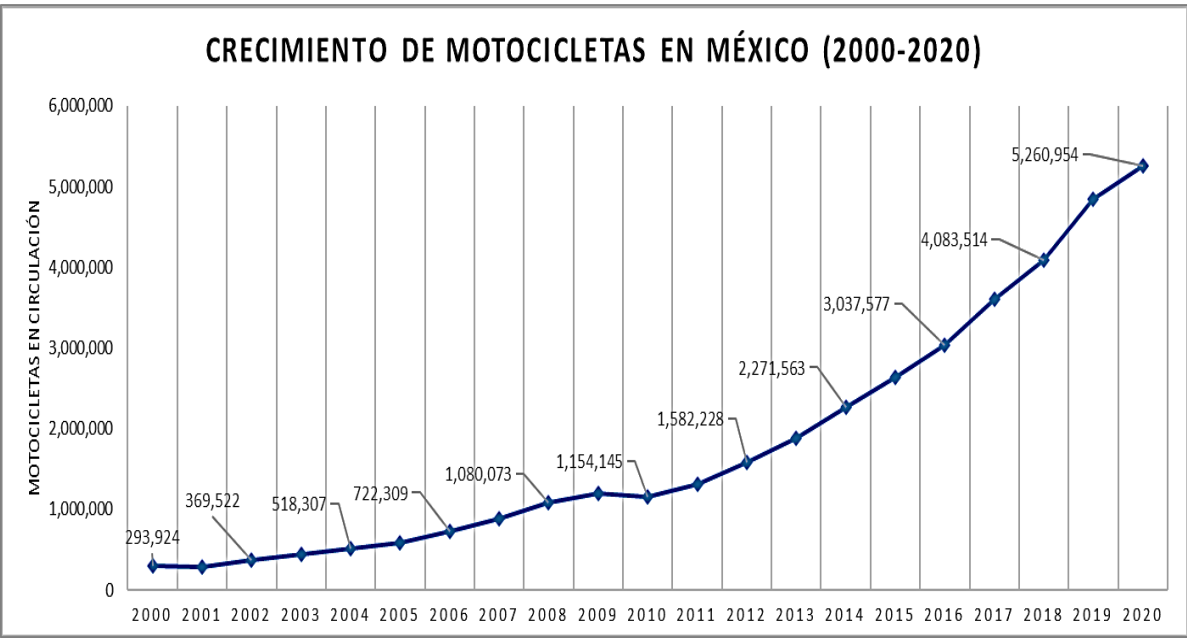


Figura 1.31: Crecimiento en la población de motocicletas en México según INEGI. Fuente: Creada por el autor a partir de datos del INEGI [26].

### 1.5.2 Anteproyecto de norma en México

Como ya se ha mencionado anteriormente, actualmente no hay una normativa que regule los límites de emisiones de motocicletas en México. Sin embargo, cabe aclarar que actualmente se intenta adoptar la norma europea como una Norma Oficial Mexicana por

parte de la SEMANART, que regule las emisiones de motocicletas nuevas que entren o se fabriquen en el país para su venta al público.

Para la creación de la norma, SEMANART planea seguir con un cronograma de actividades que muestren cada etapa del proceso de implementación de la misma.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FECHAS / PLAZOS</b>	<b>RESPONSABLE</b>
Integración GT para estudio de anteproyecto / reuniones	4o Trim 2021- 2o Trim 2022	DGI y GT
Presentación al COMARNAT (previo dictamen AIR / CONAMER y dictamen jurídico /UCAJ)	Julio 2022	COMARNAT
Publicación del Proyecto de NOM a consulta pública y recepción comentarios	Jul-Ago 2022	DPRA / DGI
Atención a comentarios y ajustes a la NOM por un GT	Oct-Nov 2022	DGI y GT
Presentación al COMARNAT (previo dictamen final AIR/CONAMER y dictamen jurídicoUCAJ)	4º. Trim 2022	COMARNAT
Publicación en el DOF de la NOM definitiva	1er Trim 2023	UCAJ
Entrada en vigor de la NOM	3er Trim 2023	

Tabla 1.21: Cronograma de actividades para la NOM.

Cabe señalar que las fechas que aparecen en el cronograma de actividades no son fijas y están sujetas a modificarse dependiendo cómo va el desarrollo de la misma.

Para el día de hoy, 17 de julio de 2022, el avance actual del cronograma de la tabla 1.21 aún está en la primera actividad, *Integración GT para estudio de anteproyecto/reuniones* (el acrónimo GT significa *grupo de trabajo*).

El GT en esta primera actividad se encarga de proponer, revisar, modificar (si es necesario) y aprobar un anteproyecto de norma que, será presentado al COMARNAT como segunda actividad del cronograma. El GT se debe cumplir con los artículos 24 y 25 de la COMARNAT, que en resumen exigen que los participantes sean especialistas en la materia de la norma o que la norma afecte sus intereses.

El GT está conformado por los siguientes participantes:

- SEMANART: DGI, DGCARETC, DGFAUT, CAME, PROFEPA, INECC.
- Secretaría de Economía: DGN, DGIPAT.
- Gobiernos locales: SEDEMA – CDMX, SMGEM.
- Sector Privado: AMFIM, ITALIKA, DINAMO.
- Académico: UNAM-CCS, UNICE-UNAM, IMP.
- Organizaciones de la Sociedad Civil: CMM, ICCT, El Poder del Consumidor.

La tabla 1.22 aclara los acrónimos usados en la lista anterior.

<b>SE</b>	Secretaría de Economía
<b>SE-DGN</b>	Dirección General de Normas-SE
<b>SE-DGIPAT</b>	Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología-SE
<b>CONUEE</b>	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SPARN</b>	Subsecretaría de Política Ambiental y Recursos Naturales - SEMARNAT
<b>CAMe</b>	Comisión Ambiental de la Megalópolis
<b>PROFEPA</b>	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>DGIELGCA</b>	Dirección General de Industria, Energías Limpias y Gestión de la Calidad del Aire - SEMARNAT
<b>DGFUA</b>	Dirección General de Fomento y Desempeño Urbano Ambiental- SEMARNAT
<b>SEDEMA-CDMX</b>	Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México
<b>SMAGEM</b>	Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México
<b>AMFIM</b>	Asociación Mexicana de Fabricantes e Importadores de Motocicletas, A.C.
<b>UNICE</b>	Unidad de Investigación y Control de Emisiones
<b>CMM</b>	Centro Mario Molina
<b>ICCT</b>	Consejo Internacional de Transporte Limpio (por sus siglas en inglés)

Tabla 1.22: Acrónimos de participantes del GT.

La variedad de grupos que conforman el GT muestra que, se busca una norma construida a partir de la participación de diferentes sectores de la sociedad y no sea algo impuesto únicamente por la SEMANART.

Por el momento solo se ha acordado las clases de motocicletas, que son la clase I, abarcando motocicletas con cilindradas < 150 cc, la clase II con cilindrada  $\geq 150$  cc pero < 280 cc, y la clase III con cilindradas  $\geq 280$  cc. Se ha acordado utilizar los límites establecidos por las normas EURO, sin embargo, no se tiene aún un consenso sobre la etapa EURO que se valla a seleccionar. Las tablas 1.23 y 1.24 muestran dos propuestas que siguen a discusión.

Estándar	Categoría	Ciclo de prueba	g/km		
			CO	HC	NOx
EURO 2	I (D < 150cc)	CEPE R40	5.5	1.2	0.3
EURO 2	II (150 cc $\leq$ D < 280 cc)	CEPE R40 + EU	5.5	1.0	0.3
EURO 4	III (D $\geq$ 280 cc)	WMTC (2° fase)	1.14	0.17	0.09

Tabla 1.23: Primera propuesta para NOM por el Sector Privado.

Estándar	Categoría	Ciclo de prueba	g/km		
			CO	HC	NOx
EURO 3	I (D < 150cc)	CEPE R40	2.0	0.8	0.15
EURO 3	II (150 cc ≤ D < 280 cc)	CEPE R40 + EU	2.0	0.3	0.15
EURO 4	III (D ≥ 280 cc)	WMTC (2° fase)	1.14	0.17	0.09

Nota: CEPE es la traducción de ECE por lo que el ciclo CEPE R40 es el mismo que ECE R40.

Tabla 1.24: Segunda propuesta para NOM por la SEMANART y CMM.

Como se puede apreciar en las tablas 1.23 y 1.24, la diferencia entre ambas propuestas es la implementación de EURO 3 y EURO 2 en las motocicletas con cilindradas menores a los 260 cc. Para reducir las emisiones a los niveles que establece cualquiera de las dos propuestas (EURO 2 o EURO 3), implica un gasto golpe económico tanto a empresas como a consumidores. El sector privado argumenta que, para ellos conlleva una inversión en ingeniería, ya que se debe de rediseñar los sistemas para modelos que no contenían ningún sistema de control de emisiones, en manufactura e importación para implementar estos sistemas a las nuevas motocicletas que salgan a la venta y capacitación para el personal que se encargue de implementar estos sistemas de control a sus productos. Esto, por ende, reflejará un aumento en el precio de sus productos que afectará de forma negativa la economía de sus consumidores, de los cuales muchos de ellos usan la motocicleta como un instrumento de trabajo. Para ellos la elección de usar EURO 2 minimiza el nuevo costo de sus productos en venta al público por no necesitar de un sistema de control de emisiones tan sofisticado, siendo que la motocicleta aún no es un vehículo que pueda comparar sus emisiones con las de otros sectores de transporte como lo son los automóviles o camiones pesados.

Por otro lado, el CMM y organizaciones de la SEMANART argumentan que la implementación de la EURO 3 no solo mejorará significativamente la calidad del aire con respecto a EURO 2, sino que, además, México ya tiene un retraso de más de 20 años en materia regulatoria de motocicletas con respecto a las normativas internacionales. Implementar EURO 3 los acerca más a su objetivo gradual de alcanzar los estándares mundiales y no creen que haya un cambio tan grande a la economía del consumidor entre si se implementa EURO 2 o EURO 3.

Por el momento, el GT entiende de forma unánime que se necesita la implementación de una norma de emisiones para motocicletas nuevas y que se deberá alcanzar el estándar internacional de forma gradual, también que la decisión de que estándar usar debe llevar a la máxima reducción de emisiones contaminantes con el menor impacto a la economía del consumidor. Por el momento se acordó hacer estudios económicos y de mercados para contrastar claramente y a través de datos la diferencia entre EURO 2 y EURO 3. Toda la información presentada en este punto 1.5.2 sobre normatividad mexicana, fue adaptada de las juntas de la SEMANART a las que el autor participo como parte del GT.

# **Capítulo 2. Metodología: Proceso de diseño experimental**

Este capítulo explica el proceso experimental que proponemos y seguimos para crear la muestra representativa y monitorear las rutinas de manejo, necesarias para la construcción del ciclo de manejo. En la primera parte delimitamos la zona que abarcará nuestro muestreo. En el apartado siguiente proponemos los grupos normados de motocicletas en función del tamaño de motor y otros parámetros que consideramos importantes. Estos grupos son necesarios para cualquier norma de emisiones. Para el apartado 2.3 explicamos el método de creación de la muestra representativa, con una pequeña explicación de los conceptos básicos de estadística utilizados. En 2.4 especificamos las vialidades más importantes para tener en cuenta a la hora de muestrear con ayuda de los participantes. Por último, en 2.5 explicamos de forma general el funcionamiento del Seguidor de Manejo Vehicular (SEMAV), que es el dispositivo usado para el monitoreo de las rutinas. En 2.6 se describe el procedimiento del muestreo, luego en 2.7 el tratamiento que necesita los datos registrados por el dispositivo SEMAV para finalizar en 2.8 con la construcción del ciclo a partir de los datos recolectados.

### **2.1 Delimitación geográfica.**

El objetivo de esta tesis es ejemplificar la aplicación de ciclos de manejo, para la creación de un ciclo de manejo preliminar que refleje las condiciones típicas de conducción en México. Teniendo esto en cuenta, debemos delimitar la locación donde tendrán lugar las rutinas de manejo, a partir de las cuales se crea el ciclo y deben de realizarse en el lugar donde se quiera caracterizar el modo de manejo.

En primera instancia podríamos elegir la Ciudad de México. Un primer problema de esta selección es la dificultad de marcar los límites entre la Ciudad de México y las urbes aledañas. Otra opción es elegir como lugar de estudio todo lo que es la Zona Metropolitana de la Ciudad de México o por sus siglas ZMCM. Las ventajas de elegir esta localidad son las siguientes:

- A diferencia de la Ciudad de México, en la cual los límites están marcados solo en mapas, la ZMCM es fácil de diferenciar porque es toda la concentración urbana dentro del Valle de México.
- Limitar la CDMX como zona de estudio empobrece mucho el alcance del ciclo, siendo que existe una gran población de motocicletas que se mueven fuera de la CDMX o que entran y salen de la misma.
- Las normativas que regulan emisiones de automóviles en circulación (programa “Hoy no circula” y verificación vehicular) aplican dentro del Valle de México y no son exclusivos a la CDMX; en este sentido tener un ciclo de manejo para motocicletas en la ZMCM tiene mayor ventaja si en algún momento se requiere implementar dichas normativas a las motocicletas.



La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) o Valle de México a secas, abarca lo que vemos en la figura 2.1. La ZMCM sería la mancha urbana en dicho mapa.

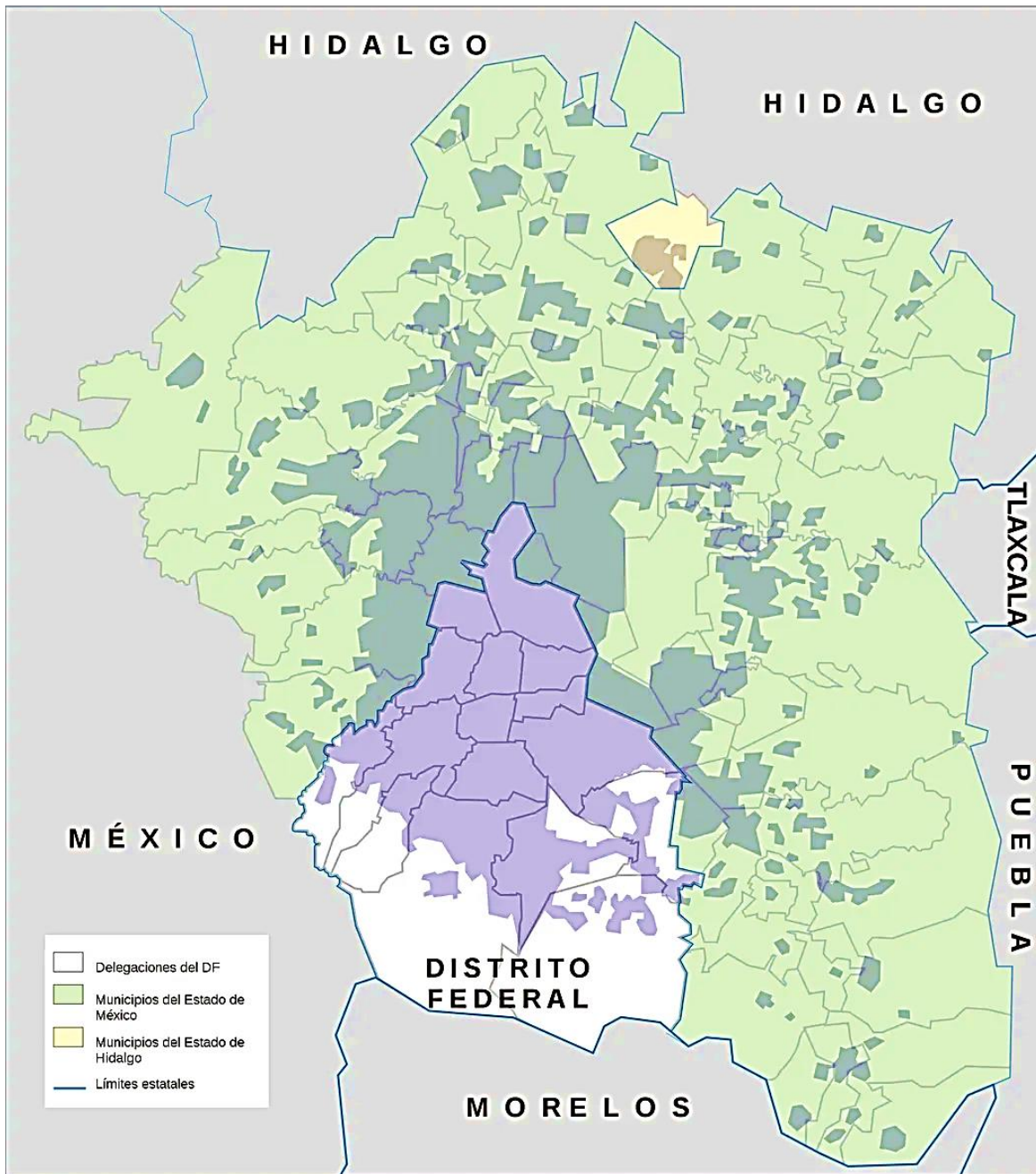


Figura 2.1: Mapa de la Zona Metropolitana del Valle de México. Fuente: [36].

En la figura 2.1 se ve que la ZMVM está conformada por todas las alcaldías de CDMX (en el mapa aparece como Distrito Federal) en color blanco, 59 municipios del Estado de México en color verde y un único municipio del estado de Hidalgo en color amarillo. Como se ve, la ZMCM se concentra principalmente en el centro de la ZMVM, aun así, llega a emparar

(como se ve en el mapa con las pequeñas manchas) casi toda la ZMVM. En la tabla 2.1 enlistamos los municipios y alcaldías de la ZMVM.

Aunque elegimos como delimitación de estudio la ZMCM, a veces será necesario apoyarnos en la ZMVM como delimitante, por la dificultad de trabajar con una zona no continua.

No.	Municipio o alcaldía	Entidad	No.	Municipio o alcaldía	Entidad
1	Azcapotzalco	Ciudad de México	39	Isidro Fabela	Estado de México
2	Coyoacán		40	Ixtapaluca	
3	Cuajimalpa		41	Jaltenco	
4	Gustavo A. Madero		42	Jilotzingo	
5	Iztacalco		43	Juchitepec	
6	Iztapalapa		44	Melchor Ocampo	
7	Magdalena Contreras		45	Naucalpan de Juárez	
8	Milpa Alta		46	Nezahualcóyotl	
9	Álvaro Obregón		47	Nextlalpan	
10	Tláhuac		48	Nicolas Romero	
11	Tlalpan		49	Nopaltepec	
12	Xochimilco		50	Otumba	
13	Benito Juárez		51	Ozumba	
14	Cuauhtémoc		52	Papalotla	
15	Miguel Hidalgo		53	La Paz	
16	Venustiano Carranza		54	San Martín de las Pirámides	
17	Acolman	Estado de México	55	Tecámac	
18	Amecameca		56	Temamatla	
19	Apaxco		57	Temascalapa	
20	Atenco		58	Tenango del Aire	
21	Atizapán de Zaragoza		59	Teoloyucan	
22	Atlautla		60	Teotihuacán	
23	Axapusco		61	Tepetlaoxtoc	
24	Ayapango		62	Tepetlixpa	
25	Coacalco de Berriozábal		63	Tepotzotlán	
26	Cocotitlán		64	Tequixquiac	
27	Coyotepec		65	Texcoco	
28	Cuautitlán		66	Tlalmanalco	
29	Chalco		67	Tlalnepantla de Baz	
30	Chiautla		68	Tultepec	
31	Chicoloapan		69	Tultitlán	
32	Chiconcuac		70	Villa de carbón	
33	Chimalhuacán		71	Zumpango	
34	Ecatepec de Morelos		72	Cuautitlán Izcalli	
35	Ecatzingo		73	Valle de Chalco Solidaridad	
36	Huehuetoca		74	Tonanitla	
37	Hueyoxtla		75	Tezoyuca	
38	Huixquilucan		76	Tizayuca	Hidalgo

Tabla 2.1: Municipios y alcaldías de la ZMVM. Fuente: Creada por el autor.

## 2.2 Vialidades en la ZMVM.

Es importante conocer las normas que el reglamento de tránsito aplica sobre las motocicletas, ya que algunas de ellas son de interés y nos ayudarán a definir la clasificación de motocicletas que propondremos en el Capítulo 2. Para empezar, entraremos en contexto sobre las vialidades en CDMX.

En [6], tomándose en cuenta la clasificación de vialidades que la CDMX presenta en su reglamento de tránsito para toda la ZMVM, se hace un esquema útil sobre los regímenes de manejo que puede haber en diferentes vialidades.

	Calle	Secundaria	Primaria	Rápida	Autopista
Autovía					
Intersección	Crucero	Semáforo	Semáforo	Desnivel	Desnivel
Velocidad máxima (km/h)	30	40	50	80	110
Régimen	<b>IU</b>		<b>U</b>		<b>EU</b>

Tabla 2.2: Clasificación de autovías en la ZMVM. Fuente: [6].

En la tabla 2.2 observamos este esquema; En el podemos ver tres regímenes, intraurbano, urbano y extraurbano. Cada uno se caracteriza por un tipo de vialidad con una velocidad máxima de circulación. Es importante tener estos regímenes en cuenta, ya que el mismo reglamento de tránsito de la CDMX establece, en dos puntos de su Artículo 21, que motocicletas con motores de cilindradas menores a los 250 cc no tienen permitido circular en carriles centrales y segundos niveles de vías de acceso controlado. Ver referencia [21]. Las vías de acceso controlado manejan velocidades de 80 km/h. Traducido al esquema de la tabla 2.2, significa que solo las motocicletas de 250 cc y cilindradas mayores pueden experimentar los tres regímenes (incluyendo autopistas donde las motocicletas de cilindrada menor a 250 cc ya no tiene permitido su ingreso) mientras que las demás legalmente están confinadas a regímenes urbanos e intraurbanos.

La figura 2.2, tomada de [8], es un ciclo de manejo para vehículos ligeros desarrollado en el valle de México por UNICE. Dicho ciclo representa los diferentes tipos de vialidades de la ZMVM, lo que da como resultado un ciclo con MV en los tres regímenes, intraurbano, urbano y extraurbano.

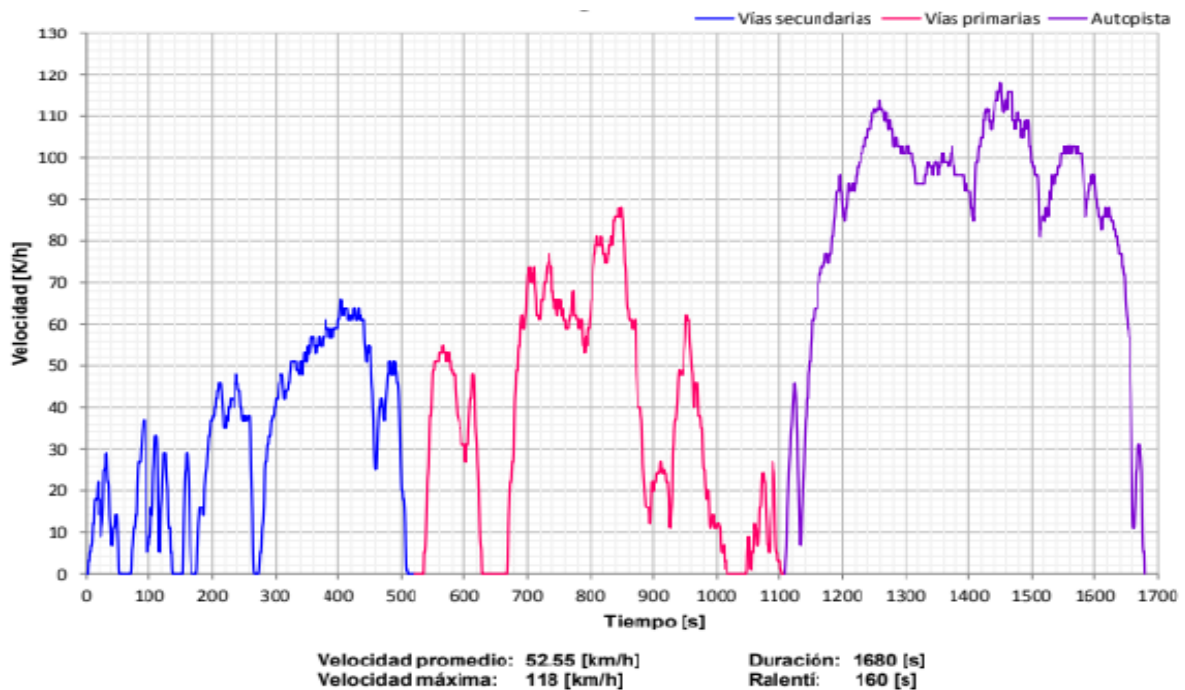


Figura 2.2: Ciclo de manejo con MV en vías secundarias, primarias y autopista. Fuente: [8].

### 2.3 Grupos Normados de motocicletas.

Vimos en el capítulo anterior que las normativas mundiales cuentan con una clasificación de motocicletas. La clasificación sirve para que los límites de emisiones aplicados sean acordes al tipo de motor que posean, de otra forma, sería irracional pedir los mismos estándares a dos motocicletas con cilindradas tan desproporcionadas como sería una de 125 cc y otra de 1200 cc por dar un ejemplo. En algunas de las tablas de normas, a los grupos se le puede establecer diferentes ciclos de manejo para la prueba de emisiones, esto es por el mismo hecho, todo debe ir acorde al tipo de motocicleta y rutas de tránsito; no podemos aplicarle el ciclo de manejo EU de motos con cilindradas altas (donde seguramente se le exige al motor una aceleración mayor y tiempos de conducción más duraderos) que transitan por autopistas que a motocicletas de cilindradas pequeñas (con bajas velocidades y tiempos de conducción moderados) que podría solo ser usada entre calles locales. Es por esto que nos vemos en la necesidad de hacer una propuesta de clasificación, a partir de datos que expondremos a continuación.

El único dato de ayuda que proporciona el INEGI es que, en la ZMVM, hay registradas un total de 1,168,497 motocicletas en circulación en 2020 (consideramos que es esta la cantidad de motocicletas que circulan en la ZMCM). Sin embargo, no da características más

específicas como podrían ser, el tamaño del motor de estas motocicletas, si cuentan con motores de 2 o 4 tiempos, o los modelos de las mismas.

Investigando, encontramos que la empresa PREDIK Data-Driven (empresa especializada en el manejo de datos y estudios de mercado en América Latina) a través de su marca MarketDataMéxico, publicó dos reportes acerca del parque vehicular de motocicletas en México, en los años 2018 y 2019, cuando el número de motocicletas en nuestro país estaban cerca de los 4 millones. Según sus datos de 2019, los estados de Morelos, Guanajuato, Estado de México, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro y Ciudad de México (estados céntricos) albergaban cerca del 25% de todas las motocicletas que circularon en el país en ese año. Además, también reportaron que el 70% de motocicletas en todo México tenían un motor de 125 cc y 150 cc, 25 % corresponden a cilindrajes de 110 cc, 180 cc, 200 cc y 250 cc. Así el restante 5% corresponden a motores de otros cilindrajes. La siguiente gráfica da una mejor visualización de dichos datos.

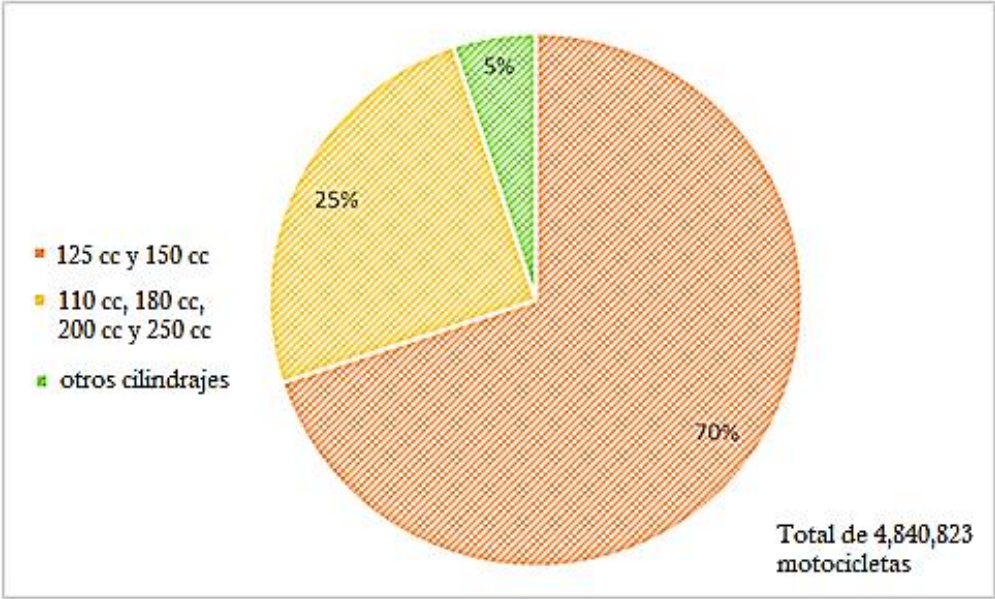


Figura 2.3: Porcentaje total de motocicletas por cilindrada en México 2019. Fuente: [30]

Ahora vamos a hacer ciertas suposiciones que, aunque no podemos afirmar de ser verdaderas, por la falta de información las consideraremos así.

- Primera suposición: los porcentajes de motocicletas con determinado tamaño de motor que se publicaron en 2019, se siguen conservando en la actualidad, aún con el incremento de la población.
- Segunda suposición: La ZMVM conserva estos porcentajes nacionales.

Teniendo estas suposiciones en cuenta, ahora toca definir los grupos de motocicletas. Para comenzar basaremos nuestros grupos en la clasificación de la EPA (EUA), y modificaremos como nos parezca conveniente según nuestras condiciones.

La clasificación de la EPA, que pudimos ver en la tabla 1.17 considera cuatro clases de motocicletas dependiendo del tamaño del motor. Como primera diferencia es que nuestra propuesta solo tomará en cuenta tres grupos, en lugar de cuatro. La tabla 2.3 también se muestran los grupos propuestos:

Propuesta UNICE para ZMCM	
Grupo I	50 cc – 149 cc
Grupo II	150 cc – 249 cc
Grupo III	≥ 250 cc

Tabla 2.3: Grupos de motocicletas. Fuente: Creado por el autor.

Considerando los datos de PREDIK Data-Driven sobre el tamaño del motor, el 70% de las motocicletas en México están repartidas entre motores de 125 cc y 150 cc. Dejaremos estos cilindrados en dos grupos diferentes, logrando así una repartición de unidades más equilibrada, estrechando más el rango a los valores de la EPA en donde estas dos cilindradas estarían en el mismo grupo. El 25% conformado por motores de 110, 180, 200 y 250 cc también queda repartida entre estos dos grupos. El grupo de cilindrada mayor en nuestra propuesta admitirá motocicletas de 250 cc (el de la EPA admite como menor cilindrada 279 cc). Esto es así, porque como discutimos en la sección sobre vialidades en el Valle de México, el reglamento de tránsito de la CDMX solo permite circulación de motocicletas de 250 cc y mayores. Esta restricción implica que este grupo tiene más libertad de tránsito. En esta propuesta de clasificación no contempla cuatrimotos, mini motos, ciclomotores con cilindrada menor igual a los 50 cc, motocicletas eléctricas, motocicletas diésel y motocicletas híbridas.

La figura 2.4 contrasta la propuesta de grupos, con la clasificación hecha en normas internacionales.



Figura 2.4: Contraste entre las clasificaciones de motocicletas. Fuente: Creada por el autor.

Cabe señalar que, de la figura 2.4, las norma EURO clasifican los triciclos motorizados en una categoría ajena a las mostradas, mientras que en las demás, ya vienen incluidos. También resaltamos que nuestra propuesta va orientada más a ser útil para la construcción del ciclo de manejo (recordar que la distinción de los últimos dos grupos fue el tipo de vialidad en el que operan), por lo tanto, que la propuesta de NOM difiera de la nuestra no significa problema alguno, ya que la clasificación de NOM solo va enfocada en regulación de límites sin importar las vialidades de operación.

## 2.4 Muestra representativa.

### 2.4.1 Estadística.

Los siguientes son conceptos e indicadores necesarios para entender el modelo estadístico que usamos.

Conceptos.

- Población: Es el conjunto del cual se pueden extraer una o varias muestras.
- Muestra: Subconjunto de la población que es parte de un experimento del cuál los resultados probabilísticos serán aplicados a la población general. En nuestro caso la muestra debe ser representativa, aleatoria y de tamaño adecuado.
- Parámetro: Característica de la población que es objeto de estudio.

Indicadores.

- Valor medio: Es el valor más representativo de un conjunto de datos de una población o una muestra.
- Rango: Diferencia entre el valor más alto y el más bajo de un conjunto de datos de una población o una muestra.

- Desviación estandar: Indicador de la distancia que deben tener los valores de una población o muestra con respecto a su valor medio. La desviación normal nos dice que datos podemos descartar de una población o muestra por estar muy alejados de la media tanto positiva como negativamente.
- Confiabilidad: Es la probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad.
- Error muestral: Es la perdida de representatividad al momento de elegir la muestra.
- Tamaño de muestra: Es el número de elementos que compone la muestra representativa.

Para el cálculo del tamaño de la muestra consideraremos dos casos. Cuando la muestra intenta representar una población finita y cuando intenta representar una población infinita. Como tal, consideraremos como población infinita aquella en la cual la muestra representativa contiene menos del 5% de los elementos que conforman una población. Los siguientes son modelos para los dos casos.

Población infinita.

$$n = \left( \frac{Z[c]P[R_N]}{e} \right)^2 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Población finita.

$$n = \frac{NP[R_N]^2 Z[c]^2}{e^2(N - 1) + P[R_N]^2 Z[c]^2} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

$n$ : es el tamaño de muestra.

$N$ : es el tamaño de población.

$c$ : es la confiabilidad.

$Z[c]$ : es el intervalo de confiabilidad.

$R_N$ : es el conjunto poblacional.

$P[R_N]$ : es la probabilidad de que los elementos seleccionados para la muestra contienen las características necesarias para ser representativos.

$e$ : es el error de muestra.

#### 2.4.2 Creación de muestra representativa.

A partir de este apartado empezamos a exponer el método que proponemos y seguimos para la creación de la muestra representativa, sin embargo, no siempre podremos proseguir como quisiéramos por cuestiones de recursos informativos, pero se hará la mención pertinente cada vez que esto ocurra. Como es de esperar la población estadística en nuestro



estudio no es más ni menos que la población de motocicletas en circulación existentes en la ZMCM. Según registros de INEGI 2020 las unidades en circulación en ZMVM son alrededor de 1,168,497. Consideraremos que para ambas zonas son la misma población. El número es lo suficientemente elevado como para considerar la población como una infinita. Si despejamos el error muestral de la ecuación 2.1 obtenemos:

$$e = \frac{P[R_N]Z[c]}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Esta nueva ecuación nos permite encontrar el error que cometeremos al variar los parámetros de confiabilidad, probabilidad  $P[R_N]$  y tamaño de muestra. La confiabilidad la fijamos al 90%, así aseguramos que de 10 motocicletas que se tomen en el futuro, nueve de ellas ya estarán contempladas en el ciclo. Con  $c = 90\%$  entramos a la curva de distribución normal estándar para obtener el valor del rango de confiabilidad, que es  $Z[c = 90\%] = 1.645$ ;  $P[R_N]$  será fijo a 0.5 para que la muestra sea totalmente aleatoria. Con estas asignaciones, el error ya solo es función del tamaño de muestra  $n$ , con lo que podemos iterar el valor de  $n$  hasta obtener un error de 15%, que es el permisible en ingeniería.

$n$	$e$	$e\%$
10	0.260097	26%
15	0.212369	21%
20	0.183917	18%
25	0.1645	16%
28	0.155438	15%
30	0.150167	15%
35	0.139028	14%

Tabla 2.4: Cálculo de tamaño de muestra de población infinita. Fuente: Creado por el autor.

Se puede ver en la tabla 2.4 que el tamaño mínimo de muestra para alcanzar el error deseado es de 28 participantes. Aún con el tamaño de muestra definido, la población que manejamos es desconocida en muchos sentidos; La información encontrada en INEGI no proporciona características (tamaño de motor, tipo de ignición, dosificación, etc.) de las motocicletas de la ZMVM. Es por eso que definiremos otra nueva población para ayudar a que nuestra selección tenga representatividad, aunque lo ideal sería tener datos de la población de la ZMVM y proceder como lo haremos a continuación.

La nueva población, que de aquí en adelante llamaremos población modelo, está conformada por los modelos de motocicletas de las marcas más vendidas en la ZMCM. La población modelo fue creada a partir de un “registro de modelos de motocicletas vendidos en el Valle de México 2012” que tomamos de [5] y de un nuevo registro de modelos 2021-2022, el cual nosotros nos encargamos de realizar. Así esta nueva población modelo cuenta con un tamaño finito de 720 modelos de motocicletas pertenecientes a 17 marcas diferentes (Yamaha, Honda, Harley Davidson, Suzuki, BMW, Vento, Kurazai, Italika, Bajaj, Ducati, Kawasaki, Dinamo, Treck Motors, KTM, TVS, Keeway Motos y Carabela). Es importante destacar que, aunque no se tomaron en cuenta registros de años intermedios entre 2012 y 2022, (Obtener dichos datos con nuestros recursos nos fue imposible), esto no repercutirá tanto en la representatividad de nuestra muestra por el hecho de que, a diferencia de los automóviles, las motocicletas no tienen un mejoramiento tan continuo en su tecnología para su control de emisiones en México (debido a que México no cuenta con normatividad alguna), por lo que no habrá gran cambio entre modelos con menos de 10 años de diferencia. Aun así, si en el futuro se trabajara con esta población de modelos (obtener registros de datos de las 1,168,497 motocicletas que circulan en ZMCM es difícil y tomaría tiempo incluso con recursos gubernamentales), para la obtención de la muestra representativa de un ciclo de manejo definitivo, esta población deberá de contar con todos los modelos de todas las marcas que se venden y vendieron en los últimos 20 años del año en curso en que se lleve a cabo.

Esta nueva población de modelos que creamos cuenta con información de características técnicas necesarias para una comparación, y mantiene representatividad porque la población en sí ya representa a la flota que circula en la ZMCM al tratarse de modelos de marcas que se venden allí.

A partir de los tres grupos que creamos, podemos discriminar cada uno de los modelos en cada grupo, obteniendo así la siguiente tabla 2.5.

Grupo Norma	Registros	Porcentajes
Grupo I	147	20.417
Grupo II	200	27.778
Grupo III	373	51.806
Total	720	100.000

Tabla 2.5: Clase “Grupo Norma”. Fuente: Creada por el autor.

Lo siguiente es elegir el número de ciclos de manejo vehicular para motocicletas que se construirán. Las opciones que tenemos son:

1. Tres ciclos de manejo para cada uno de los tres grupos.
2. Dos ciclos de manejo, uno para el grupo III y otro para el grupo I y II en conjunto.
3. Un solo ciclo para los tres grupos.

Para la opción 2, la distinción de un solo ciclo para los grupos I y II es por el hecho de que dichos ciclos tienen motocicletas que por ley solo pueden ser usadas en regímenes urbano e interurbano. La decisión de proceder a unificar estos dos grupos se basará en el hecho de sí, a la hora de analizar más de la mitad de los datos, encontramos muchas similitudes en los monitoreos de ambos grupos, por lo que no tendría sentido muestrear para dos ciclos de manejo que terminarían siendo muy similares. En el caso de la opción 3, el ciclo contendría los tres regímenes (intraurbano, urbano y extraurbano); así a las motocicletas que se les quiera aplicar el ciclo, en caso de ser de cilindradas menores a los 250 cc solo se les aplicaría la parte urbana e interurbana del ciclo, y para motores más grandes el ciclo completo. Cabe señalar que esta última opción parte no solo de la suposición de que el grupo I y II son muy similares en cuanto a manejo, sino que además el grupo III también es similar a estos dos grupos cuando transita en régimen urbano e intraurbano; dicha suposición deberá de confirmarse o en su caso desecharse una vez que se analicen los muestreos.

Para determinar el tamaño de muestra ya partimos del modelo 2.3 para población infinita, y en la iteración de la tabla 2.3 encontramos que la construcción de un ciclo de manejo necesita 28 participantes. Así para la primera opción, la suma de cada ciclo da un total de 84 participante. En la opción dos, al contener solo dos ciclos de manejo se necesitarían tan solo 56 participantes y en la opción 3 únicamente a los 28.

En nuestro ejemplo, el tamaño de nuestra población modelo es lo suficientemente pequeño para emplear el modelo 2.2 de población finita y que expresamos a continuación en términos del intervalo de confiabilidad:

$$Z[c] = \frac{e}{P[R_N]} \sqrt{\frac{n(N-1)}{N-n}} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Fijando los parámetros error, probabilidad y tamaño de población a las constantes  $e = 0.15$  y  $P[R_N] = 0.5$ . Para el caso del tamaño de población  $N$ , sus valores son los de la tabla 2.6. Iterando el tamaño de muestra  $n$  encontramos la confiabilidad para cada una de los grupos incluyendo la combinación "Grupo I y II".

n	Grupo I		Grupo 2		Grupo 3		Grupo I y II	
	Z[c]	c	Z[c]	c	Z[c]	c	Z[c]	c
5	0.680	0.504	0.678	0.502	0.674	0.500	0.675	0.500
15	1.222	0.778	1.205	0.772	1.184	0.764	1.186	0.764
20	1.439	0.850	1.411	0.842	1.377	0.832	1.380	0.832
21	1.480	0.861	1.450	0.853	1.413	0.842	1.416	0.843
22	1.521	0.872	1.488	0.863	1.449	0.853	1.452	0.853
23	1.561	0.882	1.526	0.873	1.483	0.862	1.487	0.863
24	1.601	0.891	1.563	0.882	1.517	0.871	1.521	0.872
25	1.641	0.899	1.600	0.890	1.551	0.879	1.555	0.880
26	1.680	0.907	1.636	0.898	1.584	0.887	1.588	0.888
27	1.719	0.914	1.672	0.905	1.616	0.894	1.621	0.895
28	1.758	0.921	1.708	0.912	1.648	0.901	1.653	0.902

Tabla 2.6: Cálculo de tamaño de muestra par población finita. Fuente: Creado por el autor.

El criterio para decidir el uso de modelo de población infinita o finita, consta en sí el tamaño de la muestra es menor que el 5% del tamaño de población de estudio, en dicho caso se considera el modelo infinito. La tabla 2.6 da la confiabilidad de cada grupo en función del tamaño de muestra. Se han marcado en rosa, amarillo y verde los tamaños de muestra que nos dan una confiabilidad del 90%. Si observamos estos tamaños de muestra contienen los mismos parámetros que el calculado para muestra infinita ( $e = 15\%$ ;  $P[R_N] = 0.15$  y  $Z[c = 90\%] = 1.645$ ). El tamaño de muestra a partir de modelo finito es bastante cercano al calculado con modelo infinito, por lo que se deduce que si la población modelo creciera, como podría ocurrir para investigaciones futuras, ambos modelos coincidirían. La tabla 2.6 también es de utilidad para saber la confiabilidad de los ciclos de manejo sintetizados.

Las características de la población modelo en este caso, nos ayudará a seleccionar los participantes más representativos. Nuestra población modelo de 720 cuenta con bastante incertidumbre ya que no todas las marcas comparten la misma cantidad de información técnica respecto a las motocicletas que comercian. A continuación, nombraremos cada parámetro que encontramos en los registros de nuestra población modelo y las razones de porque se considerará o descartará.

*Grupo normado:* Esta no es una característica de los registros, de hecho, nosotros lo definimos en el capítulo anterior. El grupo normado agrupa las motocicletas en tres clases para crear un ciclo (o ciclos) de manejo, considerando el tipo de vialidades por las que dichas motocicletas pueden transitar y considerando los tamaños de motor.

*Tamaño del motor:* Esta característica es la más importante en las normas internacionales. En la población modelo, es la única característica conocida para todos los elementos que la

conforman, es decir, esta característica siempre se dará a conocer por cualquier proveedor de motocicletas.

*Número de cilindros:* Del 100% de modelos considerados (720 modelos) solo el 2% es desconocido en cuanto al número de cilindros de su motor. El 67% de los modelos son motores mono cilíndricos, mientras que el 21% restante son de 2, 4 y 6 cilindros; lo importante de este último porcentaje es, que solo motores mayores a los 250 cc lo conforman, por lo que el número de cilindros solo será considerado para el grupo III.

*Tiempos del motor:* Los tiempos del motor (4T y 2T) son conocidos para toda la población modelo, de hecho, el 95% de esta son motores de 4T y el restante 5% son motores 2T. La pequeña proporción de este segundo grupo es demasiado minúscula para ser considerada por lo que asumiremos que todas las motocicletas son de 4T y así esta característica pierde importancia para la representatividad.

*Tipo de Ignición:* A diferencia de las características anteriores, con esta no tuvimos tanta suerte. La ignición no es un dato que todas las marcas de motocicletas compartan abiertamente en sus catálogos. De los registros de modelos tenemos que el 22% de total tienen un sistema de ignición CDI, el 7 % uno transistorizado y el restante 69% es desconocido porque dicho dato no es compartido. Considerando que no solo existe ignición CDI y TSI, la incertidumbre para la ignición es demasiado grande para tomarla en cuenta para la elección de la muestra.

*Tipo de dosificación:* Los porcentajes del tipo de dosificación son de 5% carburación, 28.6% inyección y 66.4% como desconocido. Al igual que con la ignición, la incertidumbre con la dosificación es demasiado grande para tomarse en cuenta, así como está, sin embargo, hay factores que nos permiten no rechazar esta característica. En primer lugar, para la dosificación solo tenemos dos tipos; o el motor es de carburador o es de inyección (con inyección nos referimos a inyección directa, indirecta y demás tipos que haya). En segundo lugar, podemos ver que hay una tendencia a que los motores pequeños usen carburación, mientras que los motores más grandes sean de inyección. Teniendo estos dos factores en cuenta haremos una *reducción por orden de magnitud (ROM)*, que es una técnica para estimaciones de costos de proyectos cuando se dispone de poca información, pero en nuestro caso aplicada a la reducción de este conjunto de incertidumbre, ayudándonos de los datos si conocidos.

*Tipo de enfriamiento:* Los porcentajes de tipo de enfriamiento son 42.5% motores de enfriamiento por aire (aletas), 35.7% motores refrigerados por líquido, 5% motores enfriados por lubricante y el 16.8% desconocido. Aunque con los porcentajes descritos ya es posible tomar en cuenta esta característica, igualmente haremos uso del ROM para ver que tanto podemos reducir ese 16.8% de desconocimiento.

Así al final nos quedamos como características representativas a grupo norma, cilindrada, no. cilindros, dosificación y enfriamiento como los parámetros de uso para la elección de la

muestra. La incertidumbre de nuestra población modelo solo nos permite usar estas características. Lo ideal sería tener más como lo es el año, ignición, sistema de reducción de emisiones, potencia, etc. Aun así, la forma en que manejaremos estas cinco características para dar representatividad a la muestra en nuestro ejemplo, es la misma que si fueran más características. A continuación, como se dijo aplicaremos el *ROM* a las clases “dosificación” y “enfriamiento” para caracterizar modelos de los que carecemos de dicha información, esto lo hacemos porque nuestro número de características es reducido y nos ayudará a ejemplificar mejor el método de creación de la muestra representativa. Las clases “cilindrada” y “no. de cilindros” serán tratadas por una técnica de desagregación de clases basada en [8]. Así el método de selección de muestra representativa que proponemos será similar al de [8] pero con modificaciones que se ajusten mejor a nuestras condiciones.

Para el grupo norma, la población modelo queda segmentada como se observó en la tabla 2.5.

La técnica de desagregación se basa en crear clases a partir de grupos de baja población. Las clases finales se crean uniendo subclases más pequeñas creadas de los grupos que su porcentaje respecto a la población total no es significativo, pero al ser agrupados en una clase, su peso se incrementa. Cada vez que agrupemos, lo llamaremos iteración. Podemos ver esto en la tabla 2.7 donde el grupo “6” es absorbida por la subclase “4”, esto aplicado a la característica “no. de cilindros”.

Cilindros	Registros	Porcentajes	1° Iteración
1	59	19.865	19.865
2	159	53.535	53.535
“4”	71	23.906	26.599
6	8	2.694	
	297	Total	100.000

Tabla 2.7: Clases “No. de Cilindros”. Fuente: Creada por el autor.

Aplicando la técnica de segregación a la característica “cilindrada” obtenemos:

	Cilindradas	Registros	Porcentajes	1° Iteración	2° iteración
" 125"	50	5	0.694	8.750	20.278
	65	3	0.417		
	80	1	0.139		
	85	6	0.833		
	90	2	0.278		
	100	11	1.528		
	110	33	4.583		
	120	2	0.278		
	125	83	11.528	11.528	
" 150"	140	1	0.139	18.333	27.917
	150	131	18.194		
	160	3	0.417	9.583	
	170	2	0.278		
	175	6	0.833		
	180	2	0.278		
	190	4	0.556		
	200	43	5.972		
	220	2	0.278		
	225	2	0.278		
	230	4	0.556		
	240	1	0.139		
	" 250"	250	76		
280		1	0.139	15.139	
300		13	1.806		
310		3	0.417		
321		5	0.694		
350		10	1.389		
380		1	0.139		
390		3	0.417		
400		7	0.972		
450		17	2.361		
500		5	0.694		
600		9	1.250		
640		1	0.139		
650		20	2.778		
660		1	0.139		
690		1	0.139		
700		6	0.833		
750	6	0.833			

" 1000"	800	9	1.250	14.167	26.111
	850	6	0.833		
	890	5	0.694		
	900	11	1.528		
	940	1	0.139		
	950	11	1.528		
	1000	33	4.583		
	1050	2	0.278		
	1100	20	2.778		
	1160	4	0.556		
	1200	25	3.472		
	1250	9	1.250		
	1260	5	0.694		
	1300	4	0.556		
	1340	1	0.139		
	1350	2	0.278		
	1450	1	0.139		
	1600	4	0.556		
	1650	8	1.111		
1700	7	0.972			
1800	7	0.972			
1900	13	1.806			
	720	100.000	100.000	100.000	

Tabla 2.8: Clases “Cilindrada”. Fuente: Creada por el autor.

Como podemos ver en ambas características (no. de cilindros y cilindrada) hay una reducción en el número de grupos, pasando para el caso de “cilindrada” de 61 de ellos a solo 4 clases.

La forma en que aplicaremos el concepto de ROM para la característica “dosificación” es la siguiente: Suponiendo que en motores chicos predomina la carburación y en grandes la

inyección, crearemos una recta horizontal donde ordenamos los tamaños de motor que registramos en los modelos del más pequeño al más grande. Luego por encima de esta recta dibujaremos rectas que representen si dicho tamaño de motor cuenta con carburador, inyección o ambos. Luego los modelos desconocidos en dosificación se asignarán a un tipo de dosificación, solo si su tamaño no recae sobre el traslape de tamaños que tienen carburador e inyección. La figura 2.3 ejemplifica lo que acabamos de discutir.

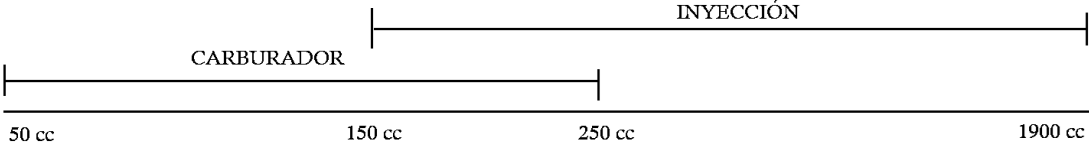


Figura 2.5: Traslapes entre carburador e inyección para cilindradas ordenadas. Fuente: Creada por el autor.

Así los modelos con una cilindrada menor a los 150 cc, que no tengan la dosificación definida serán considerados como motores de carburador y para los motores desconocidos mayores a los 250 cc, serán considerados como motores de inyección. Por último, los modelos desconocidos con cilindradas de 150 cc a 250 cc (la zona de traslape) solo se les asignara un tipo de grupo (carburador o inyección) si en su tamaño de motor existen modelos de solo un tipo de grupo. En la imagen 2.6 las franjas rosadas representan “carburación”, la azul “inyección” y la gris “desconocido”. Los tamaños de motor en rojo son a los que se les puede asignar la clase carburación o inyección por cumplir la condición antes mencionada.

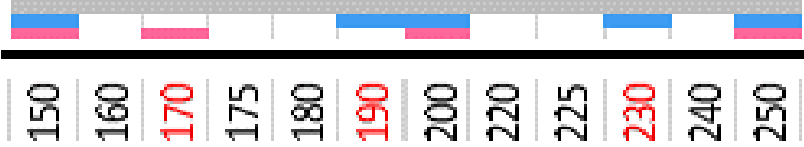


Figura 2.6: Asignación de clase “dosificación” a la zona de traslape. Fuente: Creada por el autor.



Al final podemos ver en la tabla 2.9 los resultados de aplicar *ROM*.

Alimentación	Registros	Porcentajes	ROM	
			Registros	Porcentajes
Carburación	36	5.000	164	22.778
Inyección	206	28.611	326	45.278
Desconocido	478	66.389	230	31.944
Total	720	100.000	720	100.000

Tabla 2.9: Clases “Dosificación”. Fuente: Creada por el autor.

Para el caso de “Enfriamiento”, no es posible construir las tres rectas de la figura 2.5, porque el traslape existiría en toda la recta. Es por eso que el *ROM* en esta clase solo consiste en aplicar la regla de la figura 2.6. Con esto obtenemos la tabla 2.10.

Refrigeración	Registros	Porcentajes	ROM	
			Registros	Porcentajes
Aire	306	42.500	320	44.444
Refrigerante	257	35.694	270	37.500
Lubricante	36	5.000	36	5.000
Desconocido	121	16.806	94	13.056
Total	720	100.000	720	100.000

Tabla 2.10: Clase “Tipo de enfriamiento”. Fuente: Creada por el autor.

Lo que prosigue es hacer un traslape de las tablas 2.5, 2.7, 2., 2,9 y 2.10 que representan cada clase, en una sola tabla; de esta forma podemos observar cuales son las características que más se repiten en cada modelo. La tabla 2.11 es el resultado de este traslape. Las letras A, R y L en la segunda columna significan Aire, Refrigeración y Lubricante, refiriéndose al tipo de enfriamiento. En la primera columna tenemos las 4 clases de “cilindrada”. Las letras C e I de la fila 2 se refieren a “carburación” e “inyección. Los números 1, 2 y “4” debajo de la celda con la leyenda “Grupo III” hacen alusión a las clases “no. de cilindros”, que solo afecta a motores grandes. Los grupos I, II y III son los grupos norma. Este traslape se haría de la misma forma si se tuvieran, por decir algo, 10 características en lugar de las cinco con las que contamos.

		Grupo I		Grupo II		Grupo III						
						1		2		"4"		
		C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	
"125"	A	121										
	R	11										
	L											
"150"	A			10	23							
	R			1	3							
	L			1								
"250"	A					1	7	1	2			
	R					1	54		20	1	10	
	L						1					
"1000"	A								16			
	R								67		66	
	L								26		1	

Tabla 2.11: Tabla de modelos representativos. Fuente: Creada por el autor.

En la tabla 2.11 los números representan los modelos que tienen las características de esa celda en específico, así por ejemplo la celda azul con el número "23", nos dice que hay 23 modelos que comparten las características de usar inyección como medio de dosificación, enfriamiento por medio de aire, mono cilíndrico y con una cilindrada de la clase "150". Cabe señalar que con esta tabla discriminamos registros que tengan las características de enfriamiento y dosificación como "desconocidos". Así si sumamos los números de cada celda obtenemos un total de 444 modelos (61%) de los 720 (100%) iniciales. Esto implica una desventaja porque aislamos modelos que podrían haber hecho más representativas a celdas que tienen números bajos (mientras más bajo el número menos representatividad), sin embargo, es algo que no se puede evitar por la incertidumbre que tiene nuestra población, pero para ejemplificar el método de obtención de muestra representativa, que es uno de nuestros objetivos, no se tiene inconveniente. La tabla 2.11 nos permite observar que características predominan en las motocicletas de cada grupo. Decidimos colorear de azul las celdas que tienen las características más representativas de cada grupo y naranja las que conservan un número alto. Decimos que son "representativas" porque estas celdas tienen las características que más se repiten en un número alto de modelos de motocicletas. Por ejemplo, podemos observar que las motocicletas con cilindrada de "125" de carburador y enfriamiento por aire son las más representativas para el grupo I, y al ser monitoreado algún modelo de esta marca, esta puede representar a motocicletas que tengan sus mismas características, aunque sean de marcas y modelos diferentes.

Es importante tener un mayor número de participantes de las celdas más representativas, pero no debemos dejar de lado a las celdas no coloreadas, porque representan cierta

población. Es por ello que, para saber cómo se distribuirá el número de participantes elegido sobre las celdas de la tabla 2.11 seguiremos las siguientes reglas:

Para celdas con valor “1”, “2” y “3” de la tabla 2.11, se le asignará un participante a cada una. Para las demás celdas se repartirán los participantes restantes de forma de que el número de participantes que asignemos a una celda, dividido entre el número de la misma celda sea lo más aproximado al valor resultante de esta misma operación con sus celdas vecinas en un grupo. Así aseguramos que las fracciones de modelos más representativos en nuestra muestra se conservan iguales a las fracciones de la población modelo.

Teniendo en cuenta la opción de un ciclo de manejo por grupo normado, tenemos para el grupo I solo dos celdas, “121” y “11”. El número de participantes para este grupo es 26. La distribución de estos, queda expuesta en la tabla 2.12.

Grupo I		
celdas	“121”	“11”
Participantes	24	2
fracción	0.20	0.18

Tabla 2.12: Repartición de participantes en grupo I. Fuente: Creada por el autor.

El grupo II cuenta con las celdas “1”, “1”, “3”, “10” y “23”. El número de participantes para este grupo es de 27. Asignando un único participante a las celdas con números menores a cuatro, obtenemos 24 participantes para ser distribuidos entre las celdas “23” y “10”. Aplicando de nuevo la regla obtenemos la tabla 2.13.

Grupo II		
Celdas	“23”	“10”
Participantes	17	7
Fracción	0.74	0.70

Tabla 2.13: Repartición de participantes en grupo II. Fuente: Creada por el autor.

Por último, el grupo III consta de 15 celdas de las cuales 7 tienen un número menor a “4”, por lo que debe de asignarles un participante a cada uno de las 7 celdas. Ahora los 21 participantes restantes deben de ser repartidos entre las 8 celdas restantes tal y como lo expresa la tabla 2.14.

Grupo III								
Celdas	67	66	54	26	20	16	10	7
Participantes	5	5	4	2	2	1	1	1
Fracción	0.07	0.08	0.07	0.08	0.10	0.06	0.10	0.14

Tabla 2.14: Repartición de participantes en grupo III. Fuente: Creada por el autor.

La distribución de los participantes que acabamos de ejemplificar se hizo pensando en la opción de sintetizar un ciclo de manejo para cada uno de los tres grupos, sin embargo, el proceso sería similar si hubiésemos tomado cualquier otra de las dos opciones que había (un ciclo único para todos los grupos y dos ciclos uniendo los grupos I y II). La tabla 2.15 es para el caso de dos ciclos y la tabla 2.16 para el caso de un ciclo único.

Grupo I y II				
Celdas	121	23	11	10
Participantes	17	4	2	2
Fracción	0.14	0.17	0.18	0.20

Tabla 2.15: Repartición de participantes para el grupo conjunto I y II. Fuente: Creada por el autor.

Grupos I, II y III												
Celdas	121	67	66	54	26	23	20	16	11	10	10	7
Participantes	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Fracción	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.09	0.10	0.10	0.14

Tabla 2.16: Repartición de participantes para un ciclo único. Fuente: Creada por el autor.

Aunque esta es la forma correcta de seleccionar a los participantes en nuestro ejemplo no lo haremos así, ya que implicaría ser muy selectivos a la hora de buscarlos; no podemos discriminar modelos de motocicletas de voluntarios que puedan apoyarnos con el muestreo cuando tenemos recursos tan limitados. Por lo tanto, aceptamos a los conductores que declinen a apoyarnos y a registrar las características de sus motocicletas, sin importar si su vehículo entra o no dentro de los estándares que describimos para la elección. Aun así, queremos recalcar que la forma correcta de proceder es ser selectivos con los participantes.

Llegados a este punto debemos recalcar el hecho de que las suposiciones hechas a lo largo de este proceso de cálculo de una muestra representativa afectan directamente en la representatividad de la misma, obteniendo un margen de error en nuestro muestreo que, aunque no calcularemos, es preciso indicar que somos conscientes de él.

## 2.5 Rutas de manejo.

Es importante que los muestreos que se vayan a realizar intenten abarcar el mayor número de vialidades posibles, cuidando de que tenga una distribución uniforme en la misma. En [8] se hizo una división del Valle de México teniendo en cuenta como puntos de referencia cuatro planteles universitarios de forma arbitraria. En nuestro caso también optamos por una segmentación de la ZMVM, pero partiendo de la Ciudad de México como una zona inicial. Es decir, la ciudad de México es la primera segmentación del Valle de México, luego usando las carreteras 85D y 150D que van desde la frontera de la ZMVM a las fronteras de la CDMX obtenemos una segmentación de cuatro rumbos, como podemos ver en la figura 2.7. Así nos apoyamos en distinguir las zonas por sus fronteras más que por puntos.

Rumbo	Norte	Sur	Oriente	Poniente
Frontera Norte	ZMVM	Carretera 150D	ZMVM	CDMX
Frontera Sur	CDMX	ZMVM	Carretera 150D y CDMX	CDMX
Frontera Oriente	Carretera 85D	ZMVM	ZMVM	CDMX
Frontera Poniente	ZMVM	Ciudad de México	Carretera 85D	CDMX
Locación Referencial	Cuautitlán Izcalli	Ameca de Juárez	CDMX	CDMX

Tabla 2.17: Rumbos de la ZMVM. Fuente: Creada por el autor.

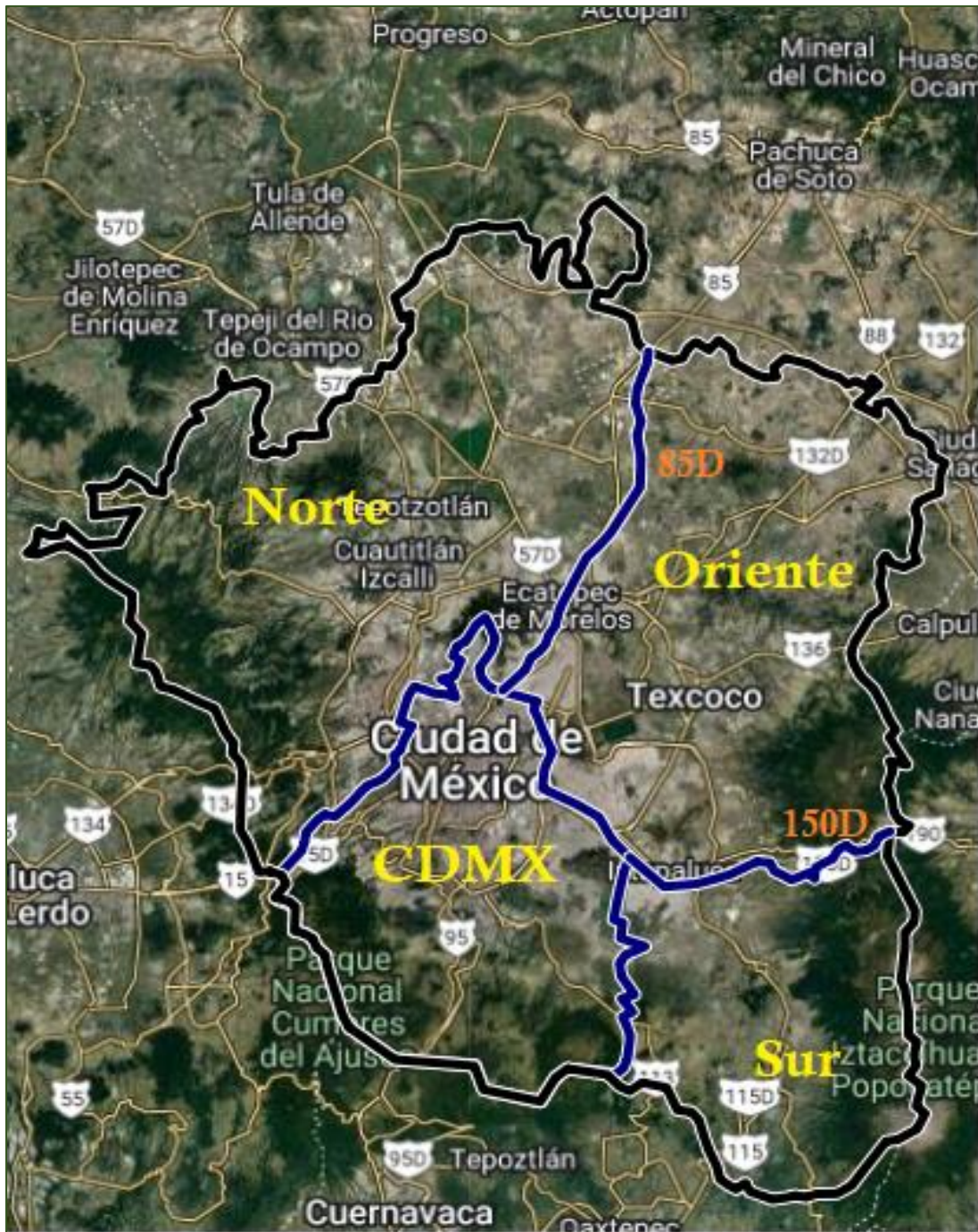


Figura 2.7: División de la ZMVM en cuatro rumbos. Fuente: Creado por el autor.

Así con esta división, los muestreos de los grupos I y II deberán hacerse procurando que los participantes abarquen las cuatro zonas o en su caso, distribuyendo la elección de participantes a cada una de estas zonas. Para el caso del grupo III también se espera una

distribución similar, pero, importa también que puedan transitar autopistas del Valle de México.

Solo las motocicletas del grupo III tienen permiso legal de circular libremente en autopistas y vialidades de acceso controlado, donde las velocidades de circulación se encuentran entre los 50 a 110 km/h. Es por ello que los participantes que deseen muestrear al grupo III deben ser monitoreados forzosamente circulando en las autopistas que hay en el Valle de México. La figura 2.8 es el mapa de la ZMVM usando la plantilla de GoogleMaps, ya que en ella las carreteras y avenidas principales de una zona son resaltadas en color amarillo.



Figura 2.8: Mapa de la ZMVM con todas sus carreteras y avenidas principales. Fuente: Creado por el autor.

Aún si no consiguiéramos obtener muestreos de todas las carreteras de la ZMVM, por lo menos se deberá priorizar el monitoreo de las principales 11 autopistas enlistadas en la tabla 2.16. Hay que señalar que la tabla 2.16 y el mapa de la figura 2.9, donde se resaltan las 11 autopistas, fueron tomadas de [8], por lo que los colores en el mapa y tabla no corresponden a nuestra división.

Autopista dentro de la ZMVM	
1	México-Pachuca
2	México – Pirámides - Tulancingo
3	Circuito Exterior Mexiquense (O)
4	Peñón - Texcoco
5	México – Puebla – Amecameca - Cuautla
6	Circuito Exterior Mexiquense (S)
7	Chamapa - Lechería
8	México – La Marquesa
9	México - Querétaro
10	Naucalpan - Ecatepec
11	Circuito Exterior Mexiquense (N)

Tabla 2.18: Principales autopistas de la ZMVM. Fuente: [8].

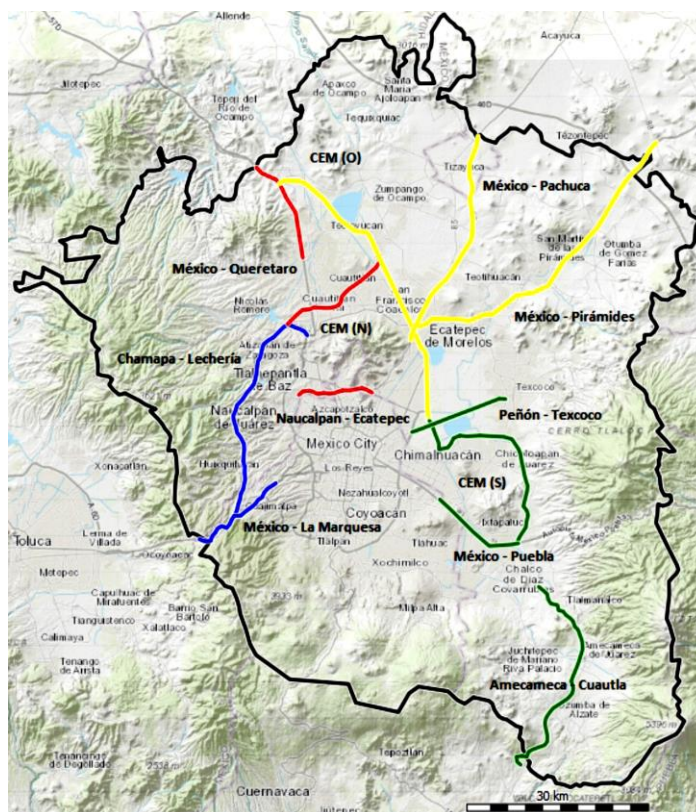


Figura 2.9: Once autopistas principales de la ZMVM. Fuente: [8]



Al tratarse nuestro objetivo de la obtención de un ciclo preliminar, no seremos rigurosos a la hora de buscar participantes que cumplan con viajes en ciertas zonas o ciertas carreteras. Buscaremos que transiten si o si en el Valle de México, pero no exigiremos la circulación forzosa en ciertas carreteras o autopistas. Ya a la hora de sintetizar un ciclo definitivo, será indispensable que los monitoreos cuenten por lo menos con las 11 vialidades de la tabla 2.16.

## 2.6 Instrumentación, Dispositivo SEMAV.

Es necesario contar con un dispositivo capaz de registrar los datos necesarios acerca de la conducción típica en los viajes de los participantes. Para nuestro caso, el Instituto de Ingeniería de la UNAM actualizo el diseño del Seguidor de Manejo Vehicular SEMAV, que había sido desarrollado en [8] para este propósito. Este es un dispositivo electrónico que, a diferencia de su versión anterior, cuenta con una fuente de alimentación propia y no necesita conectarse al vehículo en cuestión. La figura 2.10 muestra fotografías del SEMAV, internas y externas.



Figura 2.10: SEMAV. Fuente: Creada por el autor.

La tabla 2.17 contiene características técnicas y función de cada uno de los componentes que forman parte del SEMAV.

<b>Componente</b>	System on a chip
<b>Modelo</b>	ESP32
<b>Función</b>	Control de los dispositivos conectados a él. Se encarga de ejecutar las instrucciones del programa, realiza las operaciones para el correcto funcionamiento del dispositivo, y depura los datos en un formato legible.
<b>Alimentación</b>	3.3 DVC
<b>Procesador</b>	Tensilica Xtensa LX6
<b>Velocidad</b>	160 MHz
<b>Memoria</b>	520 KiB SRAM
<b>Componente</b>	Receptor GPS
<b>Modelo</b>	GPS-NC06M-0-001
<b>Función</b>	Proveer datos de ubicación (latitud, longitud y altura), tiempo y velocidad instantánea del vehículo.
<b>Alimentación</b>	3.3 V
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-40°C a 85°C
<b>Velocidad de reubicación</b>	5 Hz
<b>Dimensiones</b>	36 mm x 24 mm x 3.35 mm
<b>Componente</b>	IMU
<b>Modelo</b>	MPU6050
<b>Función</b>	Mide el ángulo de inclinación y aceleración.
<b>Alimentación</b>	3.3-5 V CC
<b>Grados</b>	4
<b>Interfaz</b>	I <sup>2</sup> C
<b>Dimensiones</b>	20 mm x 25 mm x 7 mm
<b>Componente</b>	Antena
<b>Modelo</b>	GPS Antenna
<b>Función</b>	Brindar señal al Receptor de GPS.
<b>Frecuencia</b>	1575.42 MHz
<b>Alimentación</b>	3V – 5V
<b>Componente</b>	Memoria Micro SD
<b>Marca</b>	ADATA
<b>Función</b>	Guardar los datos recopilados por el ESP32.
<b>Memoria</b>	32 GB
<b>Rango de temperatura</b>	-25°C a 85°C
<b>Componente</b>	Batería Power Bank
<b>Modelo</b>	VP-1053
<b>Función</b>	Alimentar todos los componentes (ESP32, GPS, antena e IMU).
<b>Capacidad</b>	10,000 mAh
<b>Micro Input</b>	DC 5V-2.0 A
<b>Output USB 1 y 2</b>	DC 5V-2.0 A
<b>Dimensiones</b>	135.5 mm x 67 mm x 15 mm

Tabla 2.19: Componentes del SEMAV. Fuente: Creada por el autor.

Los datos que monitorea el SEMAV segundo a segundo son guardados en una memoria Micro SD en formato txt. Estos en orden: Fecha, Hora, Latitud, Longitud, Altitud, velocidad, ángulo X y ángulo en Y. El código de programación del ESP32 fue hecho en Arduino.

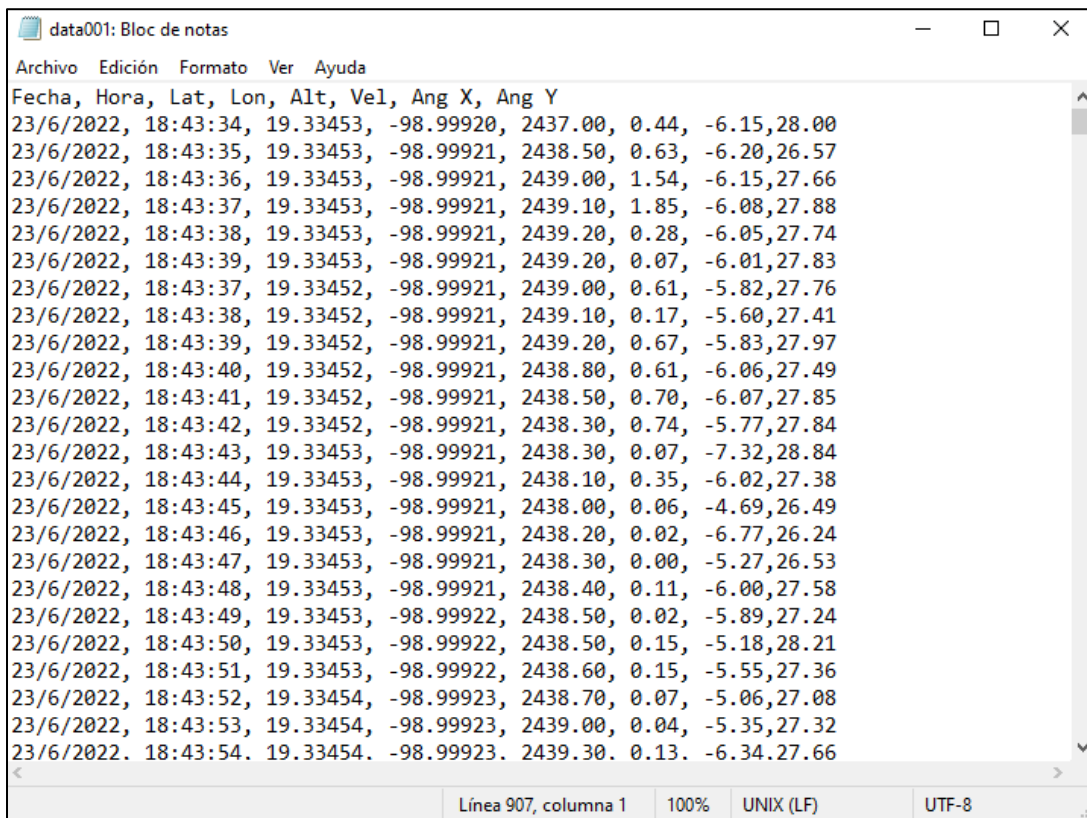


Figura 2.11: Formato de datos recolectados por el SEMAV. Fuente: Creada por el autor.

Todos los componentes del SEMAV se encuentran en una placa fenólica curada, dentro de un gabinete prismático rectangular de PLA de 60mm X 75mm X140mm. Imprimido en PLA, en el Apéndice B puede consultarse más sobre este. La batería queda fuera y por debajo del gabinete, asegurado con cinturones plásticos. El gabinete puede estar debajo del asiento o asegurado con una red sobre el mismo.



Figura 2.12: Dos formas de asegurar el SEMAV (al tanque y al asiento). Fuente: Creado por el autor.

El funcionamiento del SEMAV es el siguiente:

1. Aseguramos el dispositivo a la motocicleta como mejor sea posible.
2. Conectamos el cable que va de la batería (USB) al SEMAV (micro USB); esto para alimentar el SEMAV, en el momento en que conectemos el SEMAV a la batería, esta se encenderá automáticamente.
3. Una vez conectado el dispositivo encenderán leds de luz roja. Hemos de esperar a que el GPS se conecte al satélite, cuando esto haya ocurrido encenderá un led azul en el ESP32.
4. Una vez esté conectado el SEMAV al satélite, el participante puede iniciar con su recorrido.
5. El ESP32 comenzara a registrar datos como, velocidad, inclinación, altitud, etc. del vehículo.
6. Los datos registrados por el ESP32 serán guardados en una Micro SD a través de un adaptador.
7. Una vez el participante termine con su rutina de manejo desconectara el SEMAV de la batería (dejando el cable conectado al SEMAV y desconectado de la batería). La pila se apagará automáticamente.

## 2.7 Procedimiento de muestreos.

Una vez teniendo definida la muestra representativa, delimitada la zona de estudio con sus principales vialidades y listo el sistema de adquisición de datos, se procede a comenzar el muestreo (recopilación de datos). Lo más ideal es que cada muestreo dure 2 semanas, para estudiar si hay diferencias de tráfico en diferentes días y mismos días (de un lunes a otro, por ejemplo). Para caracterizar el tránsito que hay a lo largo del día los muestreos tienen que hacerse en mañanas, tardes y noches, así puede estudiarse cuales son las horas pico en cada uno de estos periodos. Sin mencionar que, para tener un muestreo más completo se vuelve necesario repetir los monitoreos antes descritos en diferentes épocas del año, así podemos estudiar el tráfico y tránsito de motocicletas en épocas lluviosas o en semanas en de vacaciones (semanas en que muchos conductores dejan la ciudad para descansar lejos de ella).

Obviamente lo anteriormente descrito se trata de un trabajo bastante duro, extenso y complejo; por ello, para nuestra ejemplificación no es necesario que el monitoreo sea tan exigente. Nos limitaremos a un día de muestreo por participante sin pedirle que haga viajes a todas horas del día, sino solo el tiempo en que normalmente el transite.

Los participantes fueron buscados entre conocidos que tuvieran motocicletas, se les dio una breve explicación del proyecto y del funcionamiento y uso del SEMAV, además se les proporciono una encuesta y un folleto, el cual explica de forma simple lo que es un ciclo de manejo, su importancia y usos, y da instrucciones del manejo y uso del SEMAV. Ambos se pueden visualizar en la figura 2.13 y 2.14.




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO – FACULTAD DE INGENIERÍA – UNICE		
Fecha de muestreo:	<input type="text"/>	
Días de tránsito:	<input type="text" value="D L M M J V S"/>	
Horas de tránsito:	<input type="text"/>	
***** Motocicletas *****		
Marca:	<input type="text"/>	
Modelo:	<input type="text"/>	
Motor:	<input type="text" value="2 tiempos"/> <input type="text" value="4 tiempos"/>	
Cilindrada:	<input type="text"/>	
No. Cilindros:	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="6"/>	
Potencia:	<input type="text"/>	
Ignición:	<input type="text"/>	
Transmisión:	<input type="text"/>	
Tipo enfriamiento:	<input type="text" value="Aire"/> <input type="text" value="Aceite"/> <input type="text" value="Anticongelante o Agua"/>	
Alimentación:	<input type="text" value="Carburador"/> <input type="text" value="Inyección"/>	
***** Conductor *****		
Nombre:	<input type="text"/>	
Edad:	<input type="text"/>	<b>UNICE</b> <small>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE ESPEDIENTES</small>

Figura 2.13: Encuesta entregada a los participantes. Fuente: Creada por el autor.



Figura 2.14: Frente y reverso de folleto con instructivo. El folleto completo se encuentra en el apéndice C al final del documento. Fuente: Creado por el autor.

Con los datos muestreados por cada participante, y a través del software QMapShack fue posible crear un reporte para el participante, en el cual se visualiza su recorrido con un indicador de altitud por medio de color, en donde los colores cálidos representan una altitud mayor. También cuenta con una pequeña gráfica de la altitud, figura 2.15.

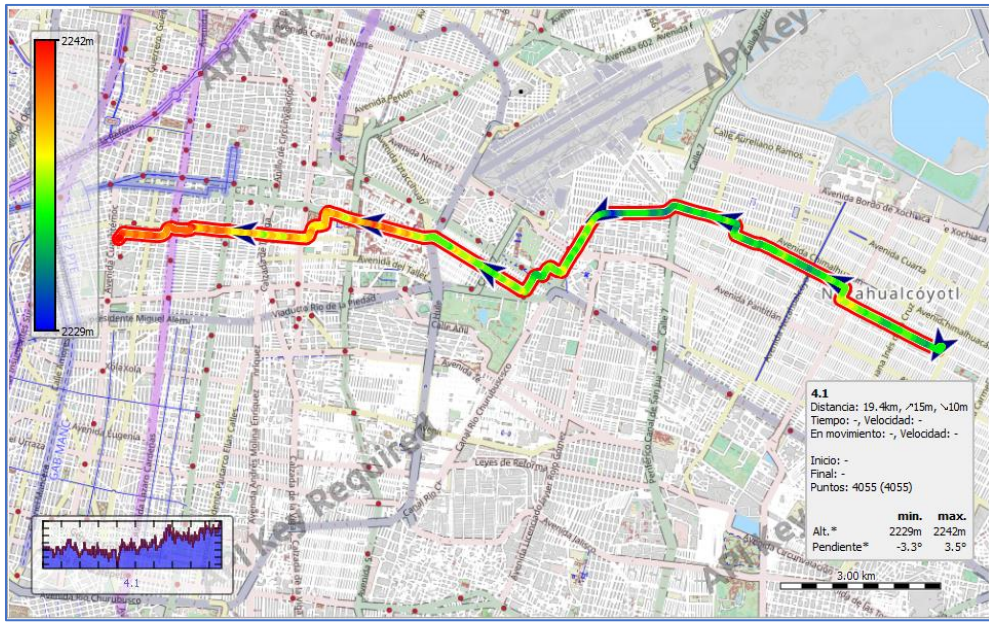


Figura 2.15: Reporte para participantes creado en QMapShack. Fuente: Creado por el autor.

## 2.8 Procesamiento de datos.

Ya se ha mencionado que los datos obtenidos en los viajes muestreados son recolectados en archivos de extensión txt, sin embargo, para poder hacer uso de ellos es necesario hacer una transformación, que conlleva desde cambiar la extensión del archivo, hasta la eliminación de datos que pueden considerarse como errores del muestreo. Para esto es necesario de la creación de cinco archivos diferentes a partir del archivo inicial txt. A continuación, describiremos este proceso.

1. Archivo CSV: El primer paso es la conversión del archivo de txt a uno CSV. Esto fue posible gracias a aplicación libre en línea *ASPOSE*. Ya en este nuevo formato, por medio de Excel los datos separados por comas fueron organizados en columnas.

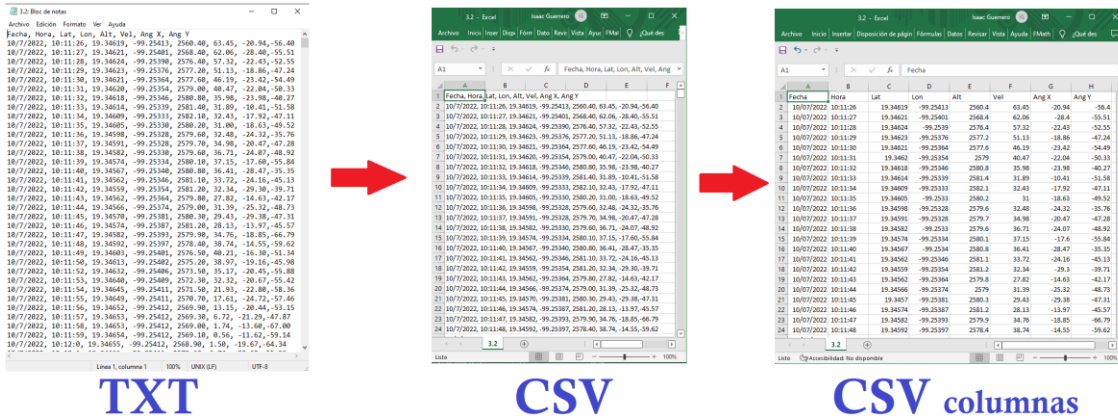


Figura 2.16: Conversión de archivo txt a CSV en columnas. Fuente: Creado por el autor.

2. Archivo GPX: Ya con los datos organizados en columnas, para la generación del archivo gpx es necesario eliminar todas las columnas a excepción de las columnas latitud y longitud. Después, el programa GPSBabel se encargará de generar el archivo gpx a partir de nuestro archivo CSV modificado. La figura 2.17 muestra la interfaz del GPSBabel y las entradas que debemos seleccionar (en rojo y azul) para la conversión.

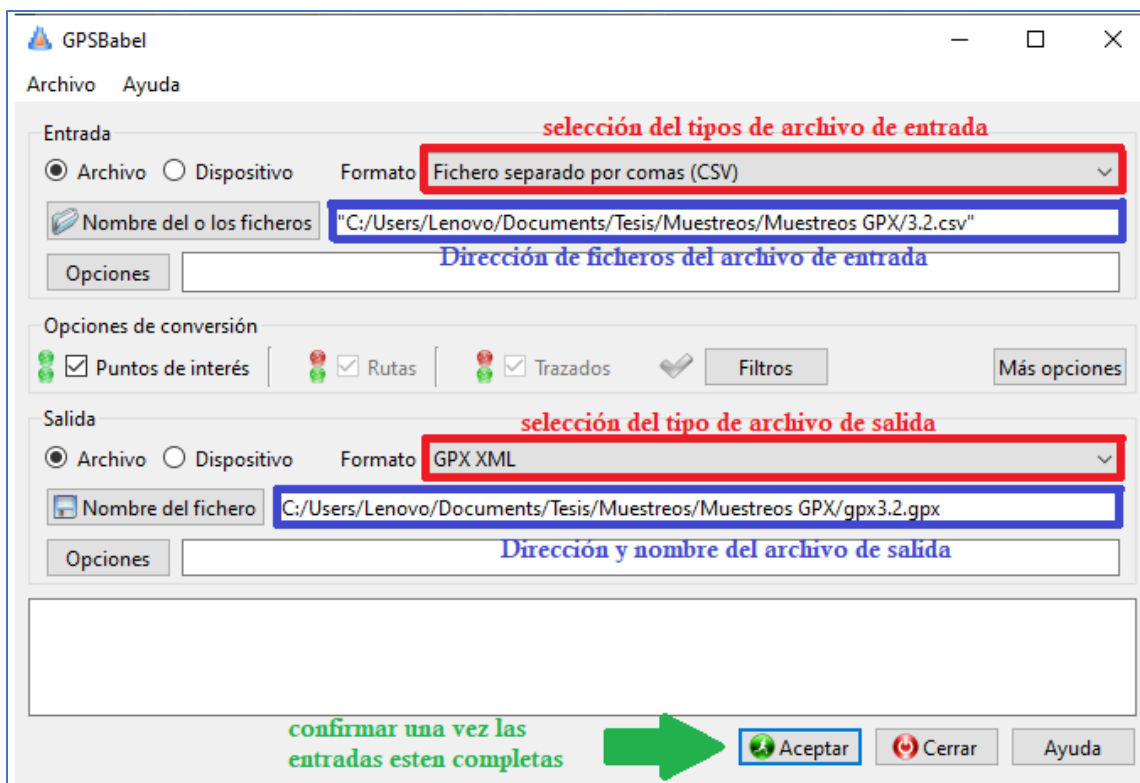


Figura 2.17: Interfaz de GPSBabel. Fuente: Creada por el autor.

A partir de este archivo GPX, podemos visualizar el recorrido del viaje como puntos de coordenadas en el software QMapShack.



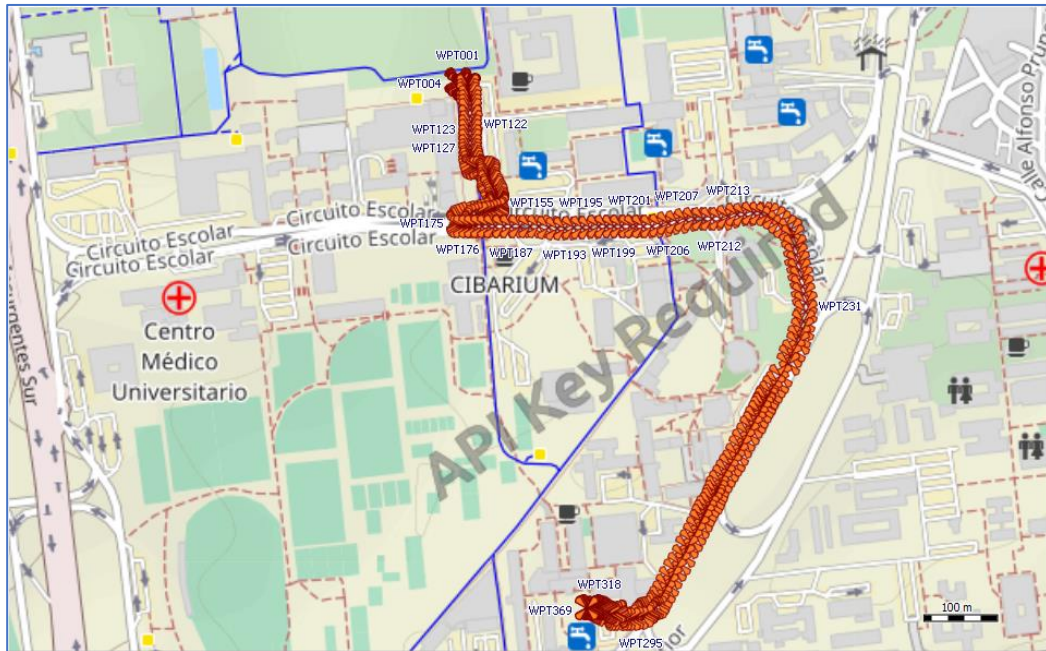


Figura 2.18: Coordenadas de un viaje como una serie de putos. Fuente: Creada por el autor.

- Archivos CVS corregidos: Para este paso vamos eliminar datos del muestreo que consideraremos errores del mismo. Para esto nos apoyaremos de 2 herramientas; Los puntos coordenados del archivo gpx en QMapShack y la gráfica de la RM que se puede generar con Excel. En el caso de QMapShack los datos que salgan de las fronteras del Valle de México y los datos dispersos que no sigan una ruta particular también serán eliminados.

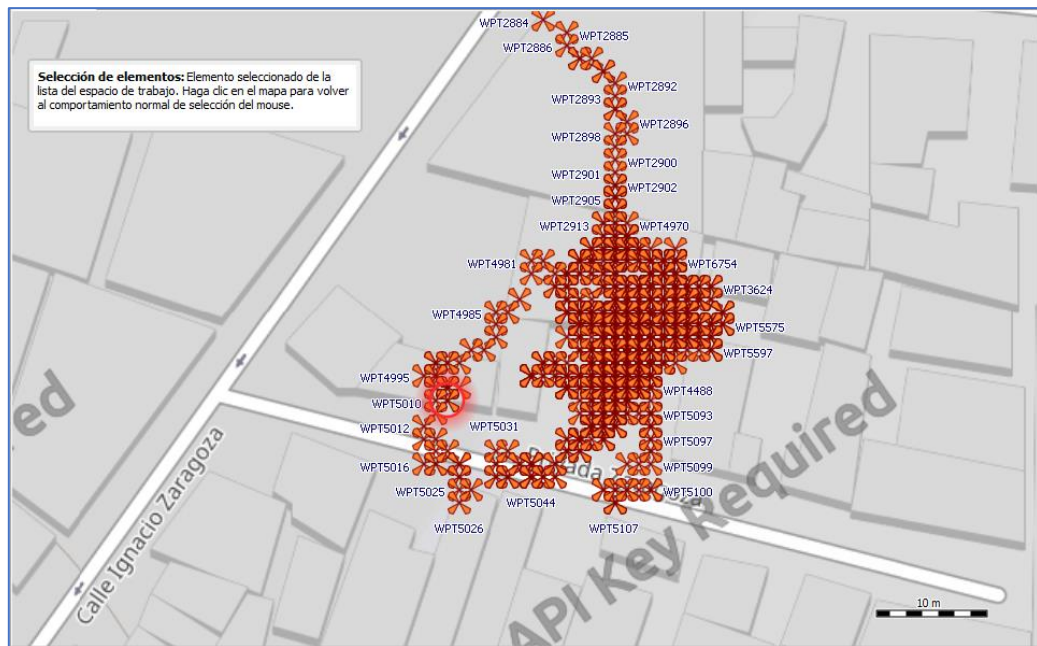


Figura 2.19: Coordenadas que no siguen un camino fijo. Fuente: Cread por el autor.

La RM graficada en Excel nos ayudara a eliminar datos de MV que no estén completos, es decir, datos de MV que no comiencen en ralentí y terminen en ralentí. Estos datos se encuentran al inicio de los viajes, cuando se avanzaba mientras el SEMAV aún no se conectaba. También pueden encontrarse en lugares donde el SEMAV se desconectó.

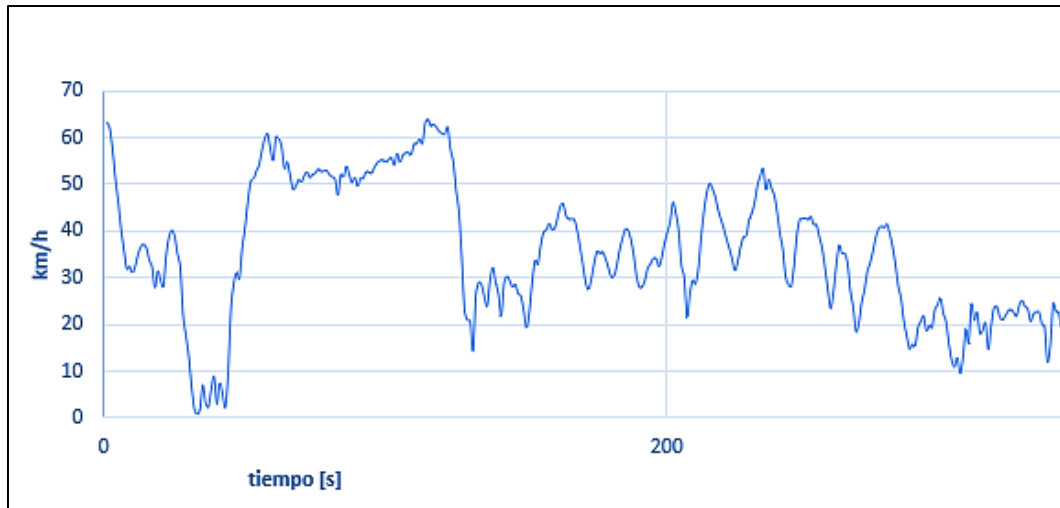


Figura 2.20: Fragmento de una RM donde el primer MV no comienza en cero. Fuente: Creada por el autor.

Llevando a cabo las acciones correctivas antes mencionadas, es así como obtenemos datos limpios, manteniendo el formato CVS en columnas.

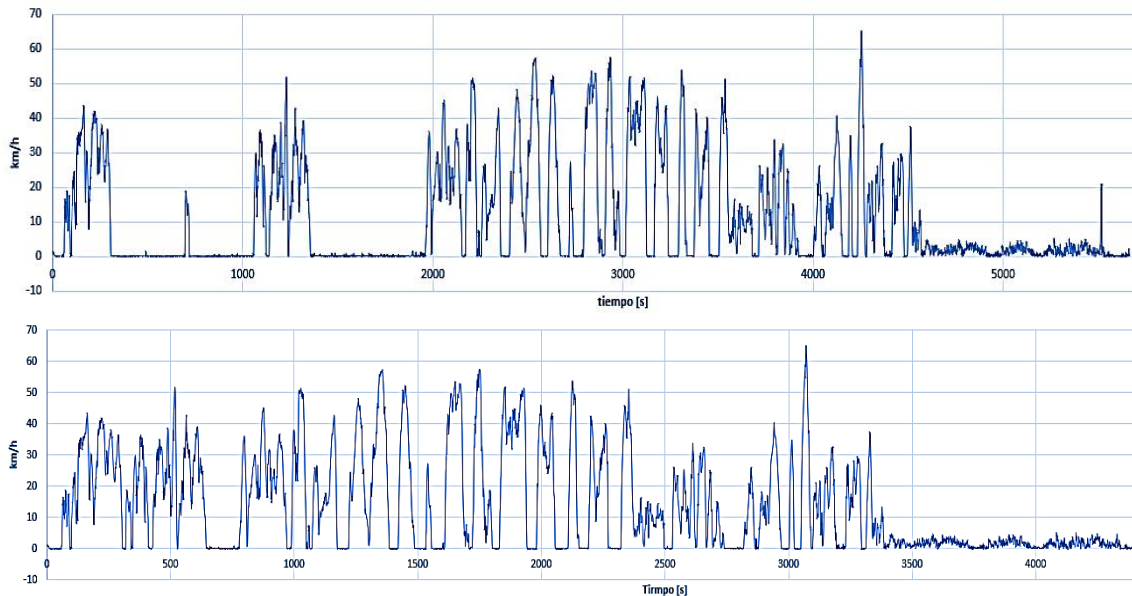


Figura 2.21: RM antes y después de limpiar datos. Fuente: Creada por el autor.

4. Ahora lo que prosigue es hacer cálculo del cabeceo o pendiente del recorrido. Como el dispositivo SEMAV no funcionó correctamente en el monitoreo de esta medida, fue necesario recurrir a un cálculo usando los datos de latitud, longitud y altitud que si fueron recolectados de forma satisfactoria por el SEMAV. El cabeceo para un punto se puede expresar como:

$$\theta = \text{angtan} \left( \frac{A_i - A_{i-1}}{x} \right) \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

$A_i$  es la altitud del punto  $i$ .

$A_{i-1}$  es la altitud del punto anterior a  $i$ .

$x$  es la distancia entre el punto  $i$  y el punto anterior a  $i$ .

$\theta$  es el cabeceo del punto  $i$ .

La distancia  $x$  de la ecuación 2.3 se puede calcular con la ecuación 2.4 que es la fórmula de Vicenty, desarrollada para calcular la distancia entre dos puntos de una esfera.

$$x = R \text{angtan} \left( \frac{\sqrt{(\cos\phi_i \text{sen}\Delta\lambda)^2 + (\cos\phi_{i-1} \text{sen}\phi_i - \text{sen}\phi_{i-1} \cos\phi_i \cos\Delta\lambda)^2}}{\text{sen}\phi_{i-1} \text{sen}\phi_i + \cos\phi_{i-1} \cos\phi_i \cos\Delta\lambda} \right) \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

$R$  es el radio de la esfera ( $R = 6371$  km para la tierra).

$\phi_i$  es la latitud del punto  $i$  en radianes.

$\phi_{i-1}$  es la latitud del punto anterior de  $i$  en radianes.

$\Delta\lambda$  es el valor absoluto de la diferencia entre la longitud del punto  $i$  y la longitud del punto anterior ( $\Delta\lambda = |\lambda_i - \lambda_{i-1}|$ ) en radianes.

Con los datos de cabeceo, al igual que con las velocidades, se puede trazar la gráfica que represente la evolución del ángulo de inclinación que experimenta el vehículo durante el tiempo de viaje, como muestra la figura 2.22.

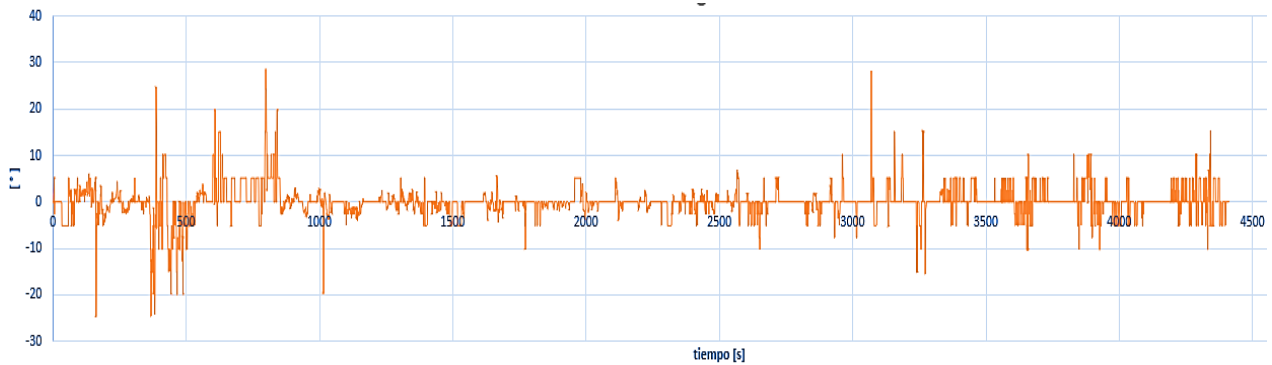


Figura 2.22: Evolución de la pendiente del camino durante el tiempo de viaje. Fuente: Creada por el autor.

5. El último archivo, que es el que será utilizado para la síntesis del ciclo, no es nada más que una hoja nueva, que solo contiene los datos de tiempo (s), velocidad (km/h) y cabeceo ( $^{\circ}$ ), sin encabezado y en formato CSV.

El diagrama de la figura 2.23 simplifica los 5 puntos mencionados.

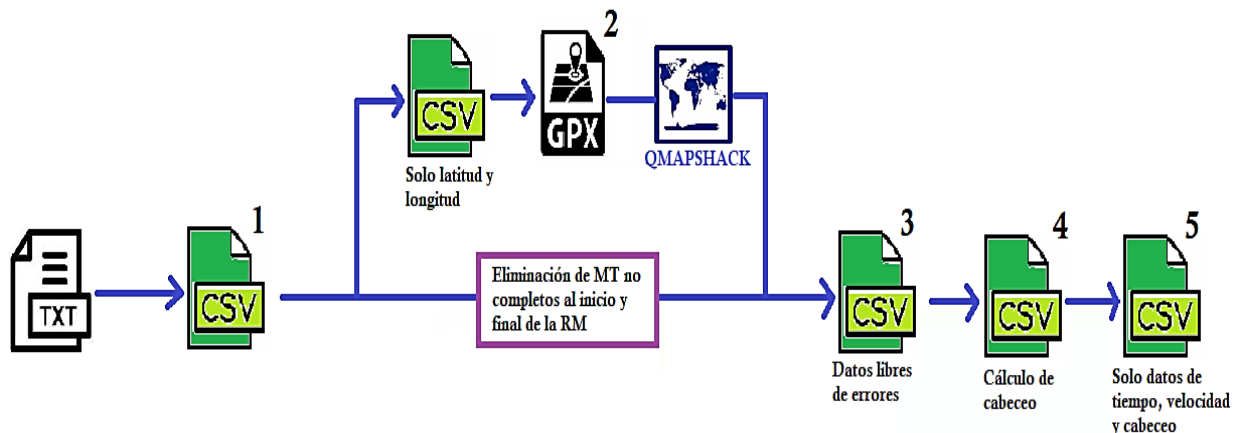


Figura 2.23: Esquema de los pasos para el procesamiento de datos. Fuente: Creado por el autor.

## 2.9 Síntesis del ciclo de manejo.

La síntesis de las RM en un ciclo de manejo y la validación del mismo son los últimos pasos en la construcción de nuestro ciclo preliminar de motocicletas. El método que usaremos será MT (Micro-Trips). Recordar que para este método se dividen las RM en MV, luego se clasifican dependiendo de algún parámetro para después hacer una elección cuasi-aleatoria y empalme de MV. Así es como se obtendrá un el ciclo de manejo candidato. Será candidato hasta que el mismo sea validado de forma positiva para pasar a ser definitivo.

Los pasos explicados en el párrafo anterior, a excepción de la validación, ya vienen contenidos en el programa *DC-synth* (desarrollado en Scilab) creado por el M.I. Eduardo Cedillo Cornejo en [6], en su método de síntesis de ciclos de manejo, que fue usado en [8] para la construcción de un ciclo de manejo de automóviles. La validación será por medio del FIT, un parámetro propuesto de nuevo por el MI Eduardo Cedillo en [6] y que explicaremos en el punto 2.9.2.

### 2.9.1 Scilab.

Scilab es un software libre de análisis numérico creada en 1990 por el “Instituto Nacional para la Investigación en Informática y Automatización” o por sus siglas en francés INRIA, y por la “Escuela Nacional de Puentes y Caminos” o por sus siglas en francés ENPC.

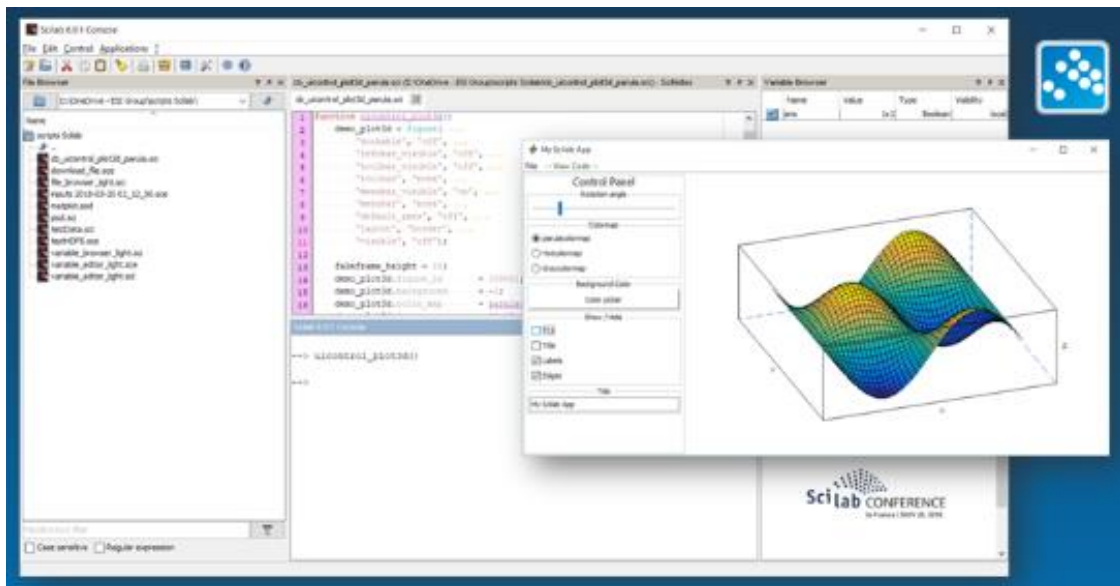


Figura 2.24: Interfaz de Scilab.

Ejecutando Scilab vemos que su interfaz se compone de tres partes, la primera (subrayada en azul en figura 2.25) llamada *file browser* se trata del directorio de archivos, la segunda parte (subrayada en rojo), llamada *console* es una ventana de control de comandos y resultados. Por último, la tercera parte (subrayada en amarillo) se llama *variable browser* y nos mostrará variables calculadas.

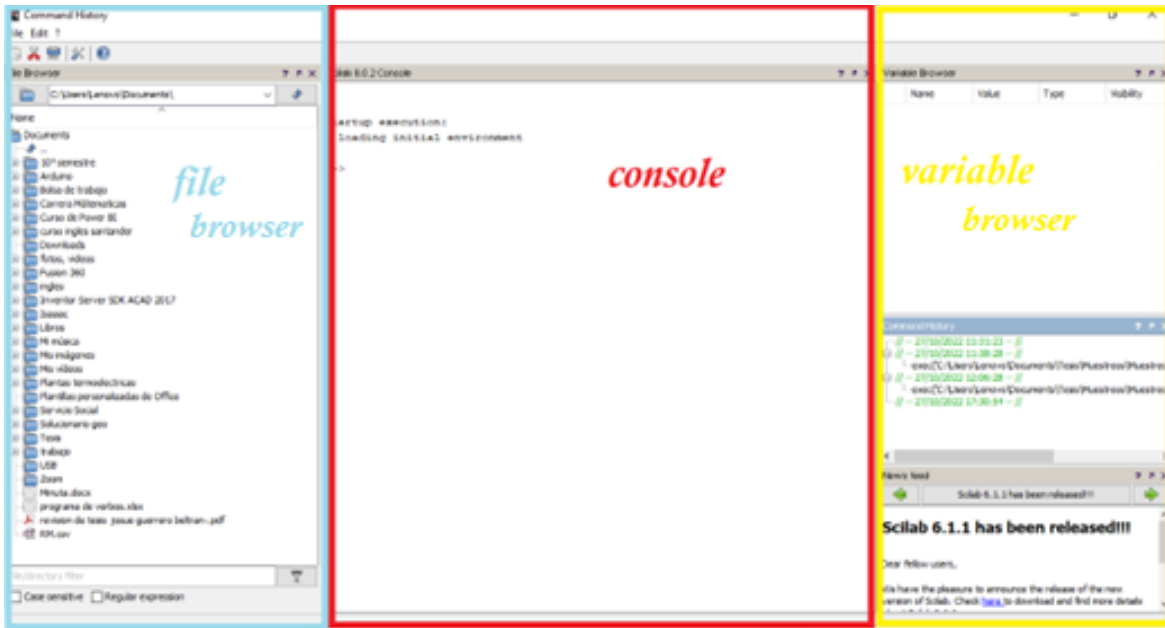


Figura 2.25: Partes de Scilab.

### 2.9.2 Funcionamiento del sintetizador.

El funcionamiento del programa *DC-synth* se enlista a continuación.

1. Se concatenan todos los datos de las RM, y se crean tres listas internas con los datos, tiempo, velocidad y cabeceo.
2. Se recolectan de los datos de velocidad todos los MV (se toma una velocidad inferior igual a los 1.5 m/s como una velocidad nula, y por lo tanto comienzo y fin de un MV) para formar la *matriz de micro viajes*, luego simultáneamente se crea una *matriz de cabeceos* con los datos de inclinación correspondientes a las velocidades de los MV.
3. A partir de la *matriz de micro viajes*, se calcula para cada MV 6 indicadores (periodo total, velocidad media, régimen, periodo con velocidad positiva, ganancia total de velocidad y FIT) y luego se enlistan los indicadores en una *matriz de indicadores*.
4. En una matriz intermedia se enlista como primer elemento la diferencia entre el FIT de un MV y el FIT promedio de todo el régimen al que pertenezca ese MV; los demás elementos serán los datos de velocidad del MV. Luego Scilab ordenara, por medio de una función, de menor a mayor la diferencia de los datos en 6 catálogos. Tres para velocidad y tres para cabeceo.
5. Finalmente calcula el periodo del ciclo de manejo para después rellenarlo con RM concatenadas y seleccionadas según el ordenamiento de los catálogos, esto para los 3 regímenes, interurbano, urbano y extraurbano.

La figura 2.26 es un diagrama de flujo del proceso descrito.

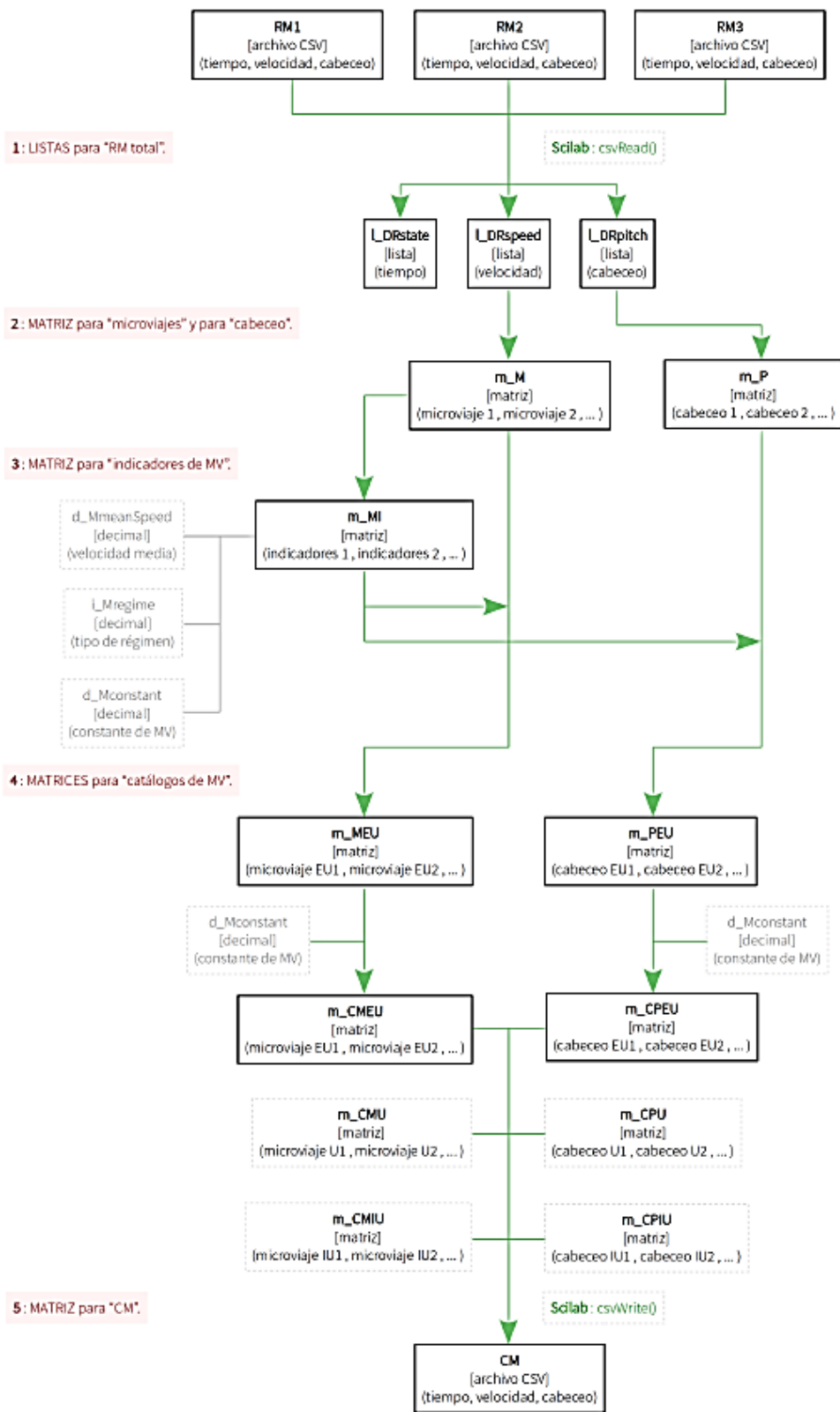


Figura 2.26: Diagrama de flujo del sintetizador de ciclos. Fuente: [6].

### 2.9.3 Ingreso de las rutinas de manejo.

Ahora describiremos los pasos a seguir para obtener el ciclo de manejo a partir de los datos muestreados.

1. Todos las RM ya muestreadas y tratadas se guardan en una carpeta junto con el sintetizador *DC-synth*, luego se debe abrir Scilab desde esta carpeta.
2. En la interfaz de Scilab, en la parte de *files browser* se ejecuta el *DC-synth*.
3. El tiempo de procesamiento dependerá de la cantidad de archivos (RM). El programa lanzará al inicio una serie de datos relacionados al ciclo en la parte de *console*. Luego generará dos gráficas, una donde muestre la RM total y otra del ciclo de manejo ya sintetizado.
4. En la parte de *variables browser* habrá variables del ciclo de manejo.
5. Por último, el programa generará 2 archivos CVS en la carpeta donde están las RM, uno que contenga la RM total (RM) y otro con el ciclo de manejo (CM).

La figura 2.27 muestra el manejo de la consola que se explicó en los 5 puntos anteriores, el archivo CSV creado de ciclo de manejo (CM) no se visualiza por el número de archivos que ya hay. La figura 2.28 y 2.29 son la RM total y el ciclo de manejo representados por la línea roja, mientras que su cabeceo es trazado por la línea verde.

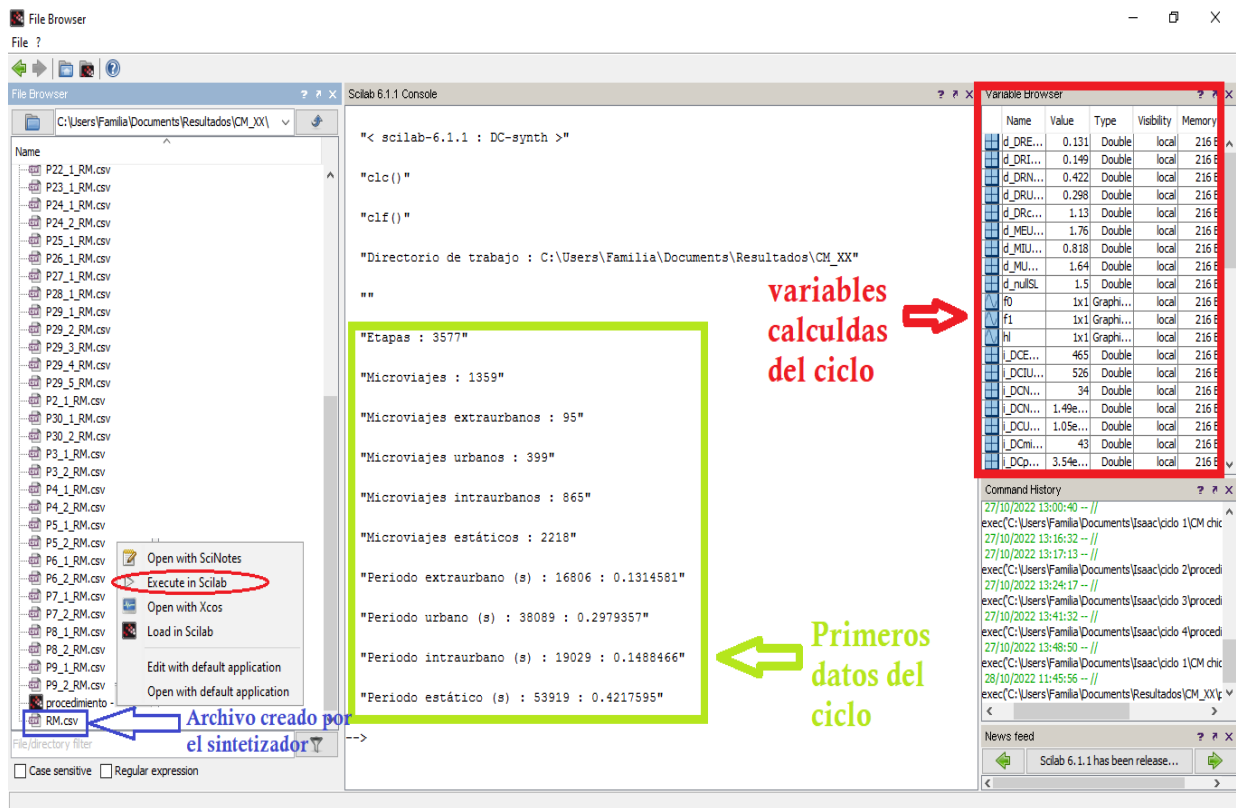


Figura 2.27: Consola de Scilab después de generar el ciclo. Fuente: Creada por el autor.



Luego se puede volver a ejecutar el *DC-synth* solo al CVS del ciclo de manejo generado para obtener un ciclo más corto si se requiere (también estos se deben de validar).

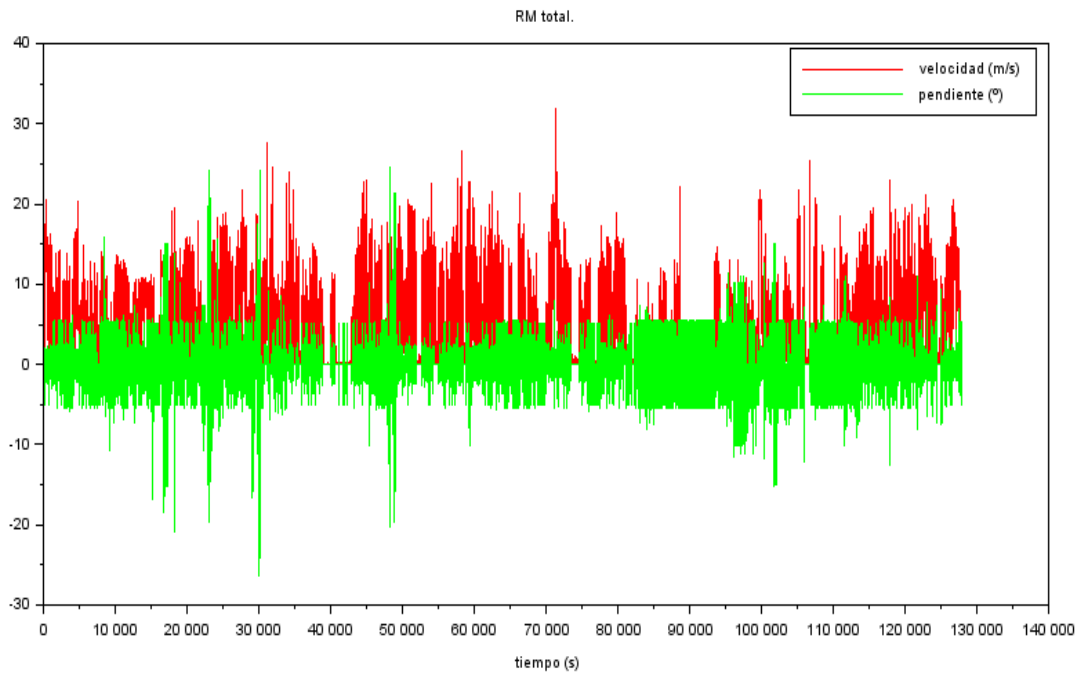


Figura 2.28: Rutina de manejo total generada por Scilab con su cabeceo. Fuente: creada por el autor.

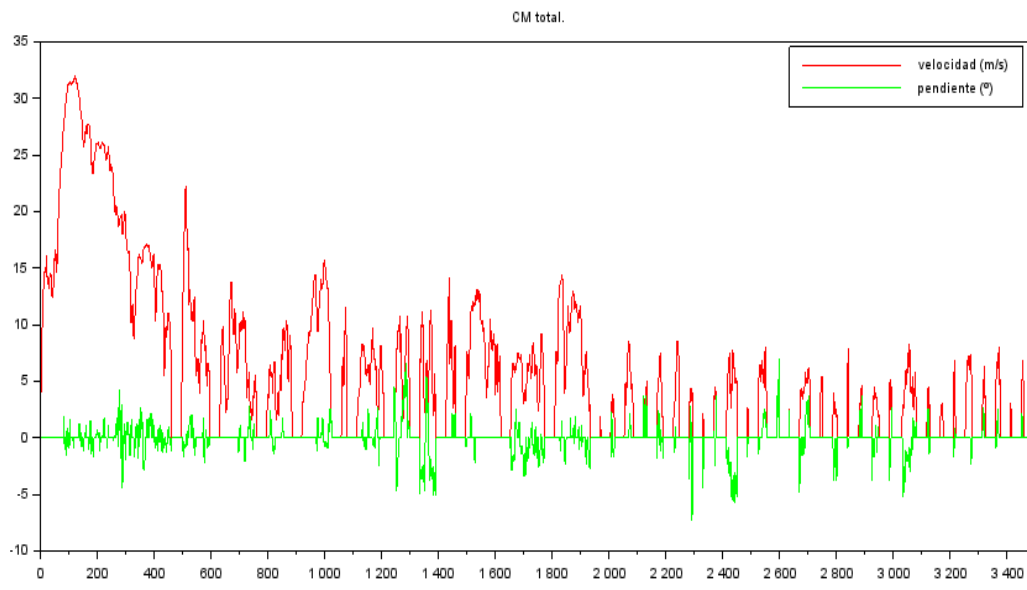


Figura 2.29: Ciclo de manejo generado por el sintetizador. Fuente: Creada por el autor.

#### 2.9.4 Validación del ciclo de manejo, FIT.

La validación del ciclo de manejo es el último paso para constatar si este ciclo es representativo de las RM a partir de las cuales fue generado. Se selecciona uno o varios parámetros, la velocidad promedio, por ejemplo, y se compara con la de la RM total (la de todos las RM muestreadas), luego, si está dentro de un rango aceptable de similitud, validamos el ciclo.

En nuestro caso seleccionaremos al *factor de irregularidad de tránsito* o FIT como parámetro para validación del nuestro ciclo. El FIT es un factor propuesto por el M.I. Eduardo Cedillo en [6] y usado en [8] para validar ciclos de manejo.

El FIT para un MV se define como la suma de todas las ganancias de velocidad por aceleración positiva entre la velocidad media del MV, esto multiplicado por el cociente entre el periodo de aceleraciones positivas entre el periodo de todo el MV.

Ecuación 2.5

$$FIT = \frac{\sum v_+ \Pi_{v_+}}{\bar{v} \Pi}$$

Donde:

$\sum v_+$  es la ganancia de velocidad por aceleraciones positivas en m/s.

$\bar{v}$  es la velocidad media del MV en m/s.

$\Pi_{v_+}$  son los periodos de aceleración positiva en segundos.

$\Pi$  es el periodo total del MV en segundos.

En la figura 2.30 podemos ver cuales con las ganancias de velocidad por aceleración positiva y los periodos de aceleración positiva.

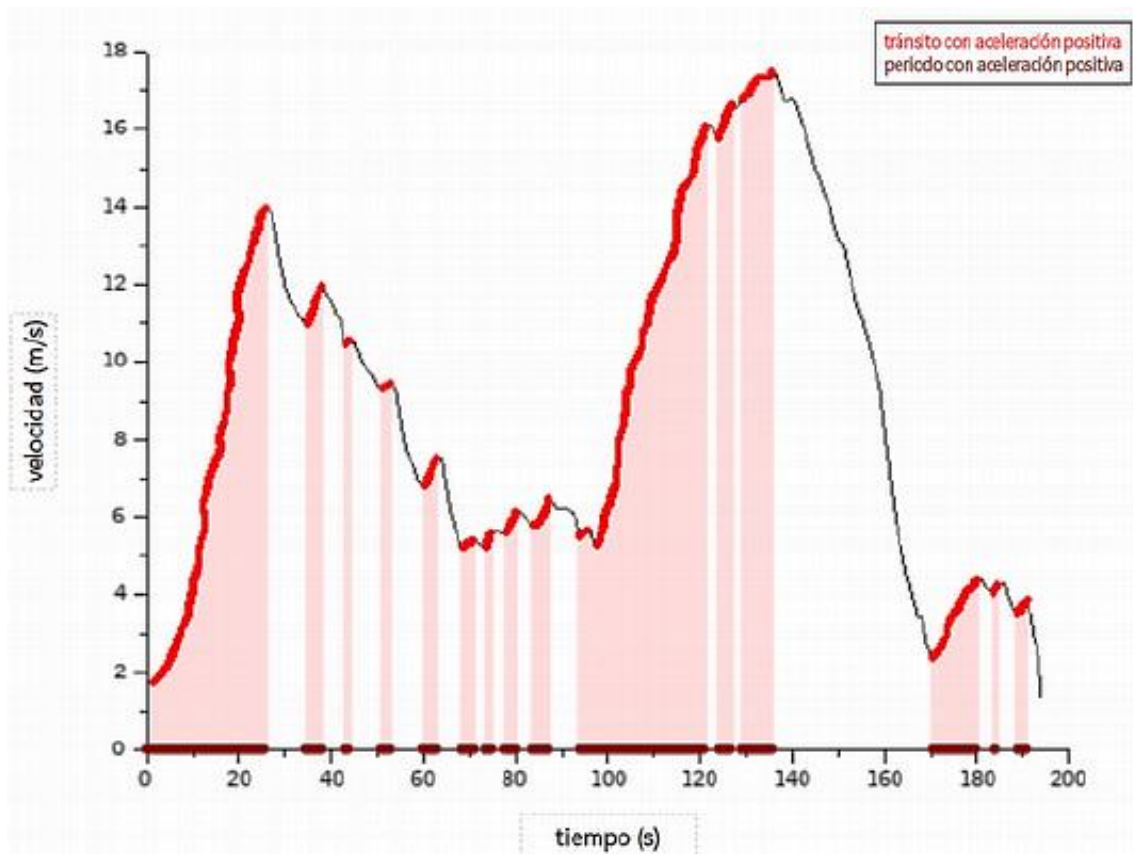


Figura 2.30: MV con sus períodos y ganancias de velocidad positiva resaltados: Fuente [6].

El FIT, es un número adimensional, como lo afirma su expresión. Al definirse por medio de factores que involucran aceleraciones positivas hace que tenga una relación muy estrecha con la cantidad de gases que se emiten por el tubo de escape de un vehículo. Las aceleraciones positivas se dan cuando el conductor acciona el acelerador manual (o pedal en caso de automóviles) ya sea por querer mantener su equilibrio dinámico para subir una pendiente o simplemente para acelerarse. Sea como sea en estos períodos ocurre una alimentación de combustible más rica al cilindro, lo que desemboca en una masa de contaminantes más grande. Entonces el FIT, tiene un valor como descriptor de medida de contaminación.

# **Capítulo 3. Resultados y Análisis**

### 3.1 Muestra representativa preliminar.

A partir del proceso de muestreo, obtuvimos un total de 30 participantes, de los cuales se monitorearon un total de 49 rutinas de manejo. A continuación, listamos en la tabla 3.1 los modelos de motocicletas muestreados.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
Honda Wave 2022	Keeway 2015	H.D. Sporster 2008
	Italika RC-200	Vento Rocketman Racing
	Italika Sptfire	Vento Rocketman
Yamaha Cynus 2022	Italika RC-150	KTM RC 390
	Italika RC-200	Italika DM 250
	Bajaj Pulsar NS 200	Yamaha R3 2015
Honda DIO 110	Italika DM 200	Vento Tornado 2018
	Veloci Motors Razzer 200	Bajaj Dominar 400
	Vento Raider 150	Vento Nitrox 250
Kawasaki KX 85	Italika WS 150	Yamaha XTZ250 Lander
	Susuki Intruder	Vulvan 900 Custom
	Keeway Superlight 200	Treck Motors Krathos 250
	Bajaj Pulsar NS 200	Susuki Gixxer 250

Tabla 3.1: Muestra de modelos monitoreados por grupos. Fuente: Creada por el autor.

La tabla 3.2 contrapone a las motocicletas que obtuvimos con la selección más representativa que se propuso en el capítulo anterior. Los valores en rojo representan los modelos muestreados y los azules los de la muestra representativa. Los recuadros amarillos son las coincidencias entre la muestra representativa y el muestreo hecho; los recuadros en verde son motocicletas que muestreamos pero que no existen en la muestra representativa.

		Grupo I		Grupo II		Grupo III						
						1		2		"4"		
		C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	
"125"	A	4 2	1									
	R	1 1										
	L											
"150"	A			1 8	1 1							
	R			1 2	1 2							
	L			1								
"250"	A					1 5	1 2	1	1			
	R					1	2 2		1 1	1	1	
	L					1	1					
"1000"	A								1 1			
	R								2 1		2	
	L								1		1	

Tabla 3.2: Contraste entre la muestra representativa y la muestreada. Fuente: Creada por el autor.

A pesar de que los muestreos superaron los 28 participantes, el error se mantiene en 15% para los 30 participantes como se aprecia en la tabla 2.4. La tabla 3.2 muestra que la repartición de nuestros muestreos no fue tan homogénea como se hubiera querido, (coincidiendo solo en once tipos de motocicletas), aun así, logramos obtener muestras de las motocicletas que más modelos representan (los que tienen un 2 en azul en la tabla 3.2). Otro punto interesante a comentar es la existencia de las celdas verdes en la tabla 3.2. Como se dijo, se trata de motocicletas con características que no existen dentro de los modelos representativos de la tabla 2.11. Así podemos decir que:

La muestra obtenida tiene carencia de representatividad, ya que se consideraron pocas características técnicas para su creación, hay modelos de motocicletas que existen en la población y no se consideraron y la repartición de participantes no es homogénea.

La falta de homogeneidad ya se había previsto, y fue debida a la decisión de no ser tan exhaustivos a la hora de buscar participantes, entonces basta con ser selectivos para resolver esta problemática.

El problema de falta de características técnicas y existencia de modelos no considerados es debido a la incertidumbre de datos. La falta de información por parte de las marcas de motocicletas ocasiona que, sean pocas las características técnicas que se puedan tomar en cuenta para la representatividad de la muestra. Luego, esta misma carencia informativa nos llevó a asumir (en el apartado 2.4.2 con el sistema de alimentación y el sistema de

enfriamiento) los tipos de sistemas de los modelos que carecían de información, ya que de no hacerlo así no podría ejemplificarse el método por falta de parámetros para la creación de las clases. Así que, esta asunción hizo que algunos de los modelos de la *población de modelos* realmente no fueran considerados. Como mencionamos antes, esto conlleva un error en el cálculo de nuestra muestra representativa.

### 3.2 Rutinas de manejo.

En el mapa de la figura 3.1 están condensadas las 49 RM muestreadas. Las RM en color rojo fueron realizadas por motocicletas que entran en el grupo I, las verdes en el grupo II y las azules en el grupo III.

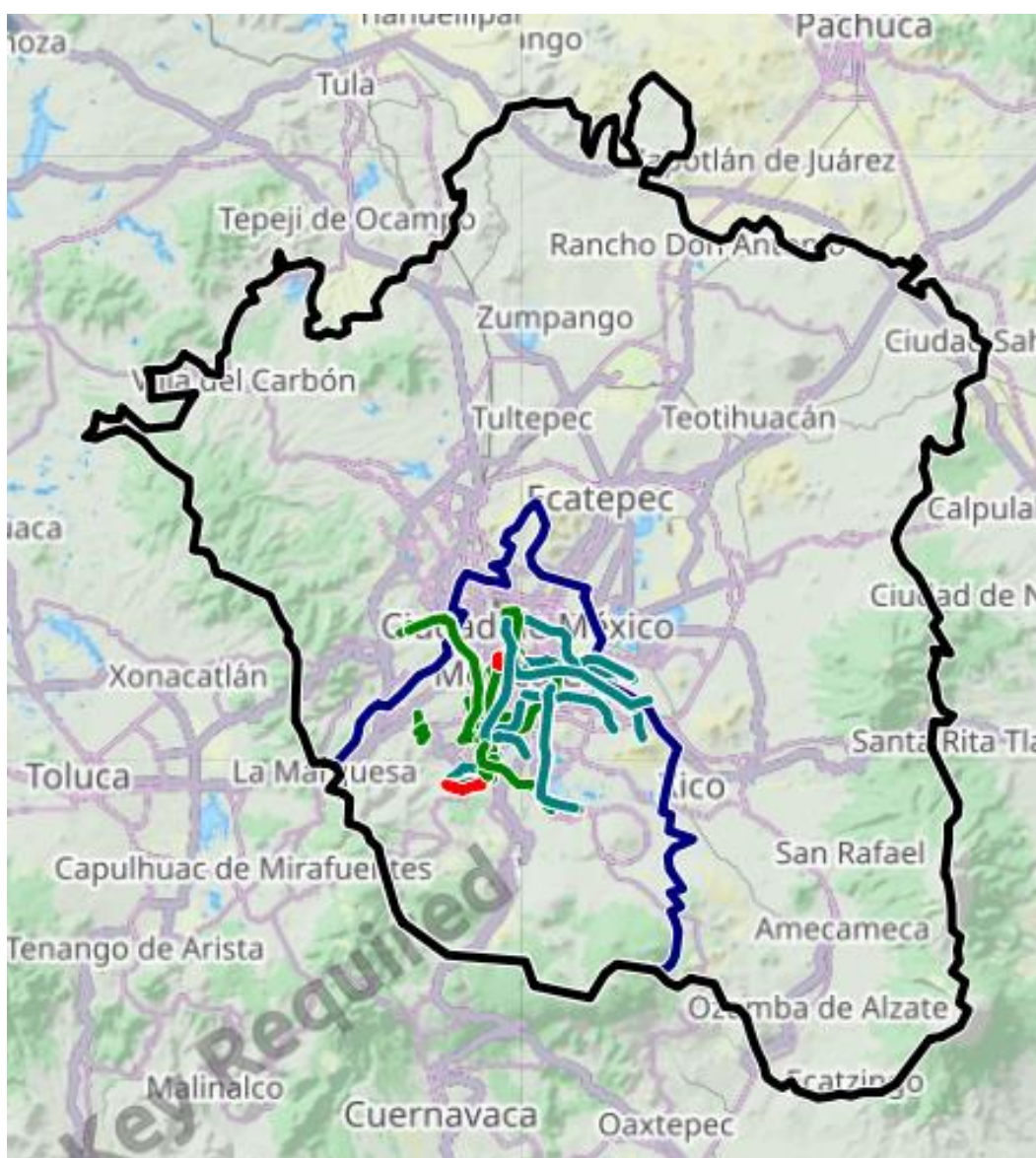


Figura 3.1: Rutinas de manejo en la ZMVM. Fuente: Creada por el autor.

En la figura 3.1 se observa que ninguna de las RM salió de la ZMVM; además todas las RM se concentran en la CDMX. (Recordar que en nuestra segmentación de la ZMVM la CDMX era una de nuestras cuatro áreas y la más importante por ser donde se concentra la mayor área de la ZMCM) La figura 3.2 ayuda a una mejor visualización de las RM.

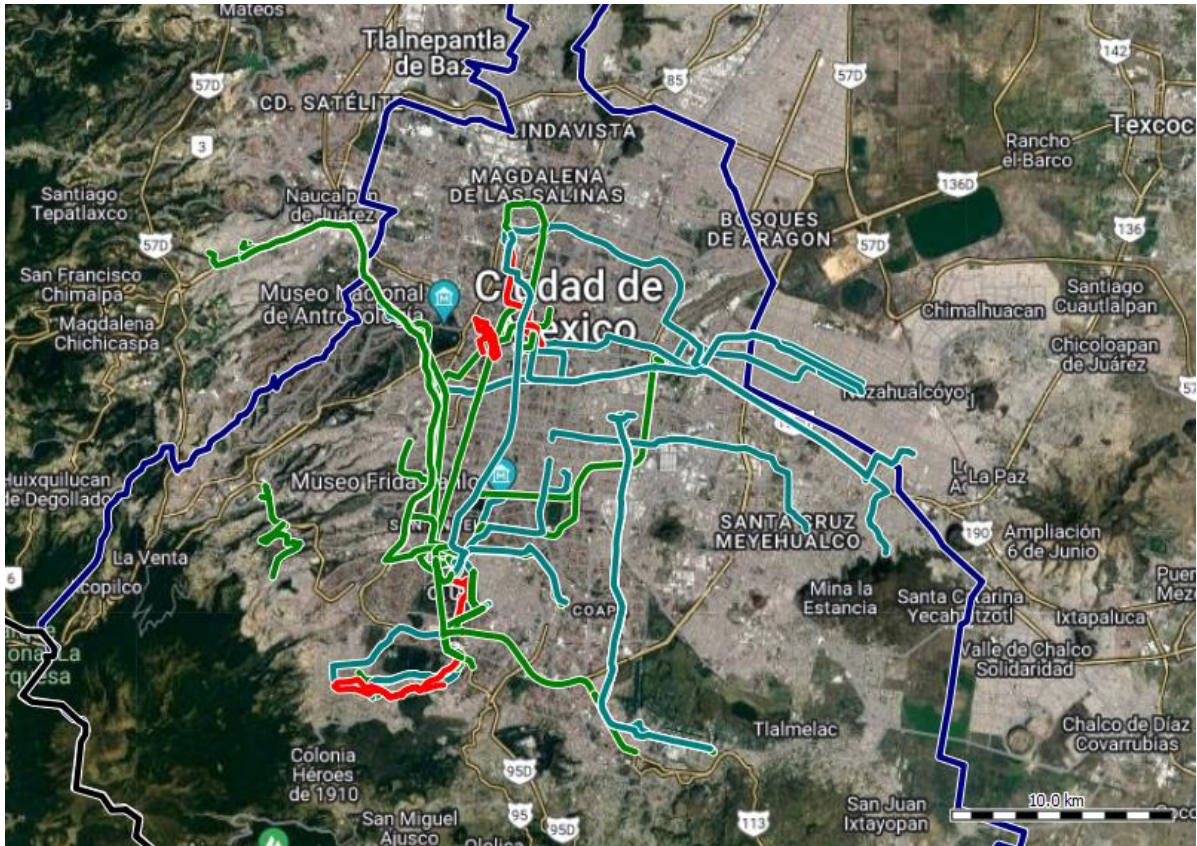


Figura 3.2: Rutinas de manejo concentradas en la CDMX. Fuente: Creada por el autor.

Muchas de las RM se transponen entre ellas, por ello en los mapas de la figura 3.3, 3.4 y 3.5 observamos las RM correspondientes para cada uno de los tres grupos de motocicletas.





Figura 3.3: Rutinas de manejo para el grupo I. Fuente: Creada por el autor.



Figura 3.4: Rutinas de manejo para el grupo II. Fuente: Creada por el autor.



Figura 3.5: Rutinas de manejo para el grupo III. Fuente: Creada por el autor.

Con las 49 RM muestreadas se obtuvo una RM total con un total de 127 843 segundos (35 horas 3 minutos 43 segundos), de motocicletas que circularon en regímenes intraurbanos, urbanos y extraurbanos. También se obtuvieron tres rutinas de manejo, una para cada uno de los tres grupos de motocicletas propuestos (grupo I, II y III). Los parámetros estadísticos de estas RM se condensan en la tabla 3.3.

Grupo			I	II	III	I, II y III
<b>Distancia recorrida</b>	<b>[km]</b>	$x$	54.46	359.73	297.14	711.33
<b>MV Extraurbano</b>		$N_{EU}$	0	50	45	95
<b>MV Urbano</b>		$N_U$	45	192	162	399
<b>MV Intraurbano</b>		$N_{IU}$	127	442	296	865
<b>MV N</b>		$N_N$	307	1123	790	2218
<b>MV Totales</b>		$N_T = N_{EU} + N_U + N_{IU} + N_N$	479	1807	1293	3577
<b>Frecuencia espacial media</b>	<b>[MV/km]</b>	$f_{MV} = N_T/x$	8.79	5.02	4.35	5.02
<b>Fracción Extraurbano</b>		$X_{EU} = N_{EU}/N_T$	0	0.027	0.034	0.026
<b>Fracción Urbano</b>		$X_U = N_U/N_T$	0.093	0.106	0.125	0.111
<b>Fracción Intraurbano</b>		$X_{IU} = N_{IU}/N_T$	0.265	0.244	0.228	0.241
<b>Fracción Nula</b>		$X_N = N_N/N_T$	0.641	0.621	0.611	0.620
<b>Periodo Extraurbano</b>	<b>[s]</b>	$\Pi_{EU}$	0	8346	8460	16 806
<b>Periodo Urbano</b>	<b>[s]</b>	$\Pi_U$	3341	19 628	15 120	38 089
<b>Periodo Intraurbano</b>	<b>[s]</b>	$\Pi_{IU}$	2930	9089	7010	19 029
<b>Periodo Nulo</b>	<b>[s]</b>	$\Pi_N$	10 902	29 907	13 112	53 919
<b>Periodo total</b>	<b>[s]</b>	$\Pi_T = \Pi_{EU} + \Pi_U + \Pi_{IU}$	17 173	66 970	43 702	127 843
<b>Fracción periodo Extraurbano</b>		$Y_{EU} = \Pi_{EU}/\Pi_T$	0	0.124	0.193	0.131
<b>Fracción periodo Urbano</b>		$Y_U = \Pi_U/\Pi_T$	0.194	0.293	0.345	0.297
<b>Fracción periodo Intraurbano</b>		$Y_{IU} = \Pi_{IU}/\Pi_T$	0.170	0.135	0.160	0.148
<b>Fracción periodo Nulo</b>		$Y_N = \Pi_N/\Pi_T$	0.634	0.446	0.300	0.421
<b>Factor de Irregularidad de Tránsito</b>		<b>FIT</b>	1.04	1.11	1.18	1.13

Tabla 3.3: Parámetros estadísticos de las RM. Fuente: Creada por el autor.

Los parámetros que la tabla 3.3 nos indican muchas verdades acerca del tránsito de los muestreos. En un inicio la diferencia de estos factores puede brindarnos información acerca del tránsito en diferentes zonas, como lo se hace en [6] y [8]. Sin embargo, en nuestro caso las RM se concentraron en un solo sector (la CDMX) por lo que estos parámetros serán usados para comparar a los grupos de motocicletas que circulan en una misma zona.

Para empezar, podemos observar que la frecuencia espacial media es mayor para el grupo I y más chica para el grupo III (0.45), dejando entre ambos al grupo II. Así podemos concluir que:

El grupo I, con las cilindradas más pequeñas, presenta la mayor irregularidad de tránsito en la CDMX. Mientras los grupos vayan aumentando sus cilindradas, disminuirá la irregularidad de tránsito.

Esto tiene una razón de ser. El hecho es, que la frecuencia media espacial mide la irregularidad dependiendo de la distancia recorrida por MV realizados. Las motocicletas con cilindradas que no tienen acceso a un régimen extraurbano debido al tamaño de sus motores (como se ve en la tabla 3.3, donde no tienen ni un solo MV extraurbano), están confinados a no transitar en autopistas y vías de acceso rápido, las cuales permiten MV de tiempos largos con velocidades mayores. Así el grupo II, en el cuál su clasificación le da acceso al régimen extraurbano, pero aún sigue siendo confinado de forma legal a no tocar autopistas, pero si vías primarias con algunas limitaciones, obtiene una regularidad superior al grupo I. Por último, el grupo III que tiene una libertad total de tránsito obtiene la mayor regularidad.

La fracción de MV nos indica el número de interrupciones que tiene una RM en su recorrido. Dejando de lado el hecho de que el régimen intraurbano tiene la fracción más grande, seguido por el urbano y dejando con la menor fracción al extraurbano (esto debido a la estructura vial), algo interesante que se puede sacar de esto es, el hecho de que, sin importar el grupo, las RM en cada régimen se comportan de forma muy similar.

Calculando la desviación estándar para las fracciones de diferentes regímenes, podemos saber si las diferencias de los datos con su media son estadísticamente significativas, (cuando un valor se aleje de su media por dos desviaciones estándar). Si un valor es estadísticamente significativo se concluye que su diferencia respecto a la media no se debe al azar.

Régimen	$\bar{X}$	$\sigma$	Fracción GI	Fracción GII	Fracción GIII	Intervalo $I = \bar{X} \pm 2\sigma$
IU	0.245	0.015	0.265	0.244	0.228	0.215 – 0.275
U	0.108	0.013	0.093	0.106	0.125	0.082 – 0.134
EU	0.030	0.0035		0.027	0.034	0.023 – 0.037

Tabla 3.4: Desviación de la fracción de MV en cada grupo para cada régimen. Fuente: Creada por el autor.

Con la información calculada en la tabla 3.4 concluimos que:

La **cantidad de interrupciones** en las RM de la CDMX no dependen del tamaño de motor de motocicleta que se use, si no del régimen en el que se encuentre inmerso el conductor.

Por otro lado, la fracción de periodo no siguen un patrón en particular, es diferente para cada grupo y régimen con la única excepción que parece ser que en el régimen urbano es

más alto. En sí, esto nos indica que en los tres grupos el régimen urbano es el que más se transita en la CDMX. Luego los regímenes intraurbano y extraurbano son similares en cuanto su tránsito y esto debido a la infraestructura vial que hay en la ciudad.

Los valores de la RM total (columna gris en tabla 3.3) se acercan bastante a los valores promedios de los de cada grupo por régimen. Es decir, que intenta conservar las características de los tres regímenes de los tres grupos, así nuestra última conclusión, que es avalada también por la tabla 3.4 sería que:

Los grupos de motocicletas propuestos no son un factor que afecte la conducción en cada uno de los tres regímenes.

Lo que se intenta expresar es, que las RM en mismos regímenes no son tan diferentes en grupos distintos como para querer obtener un ciclo de manejo por grupo, por lo que solo hace falta un ciclo único para representar la forma de conducción típica de motocicletas en la ZMCM. La figura 3.5 es la RM total que se obtuvo del sintetizador.

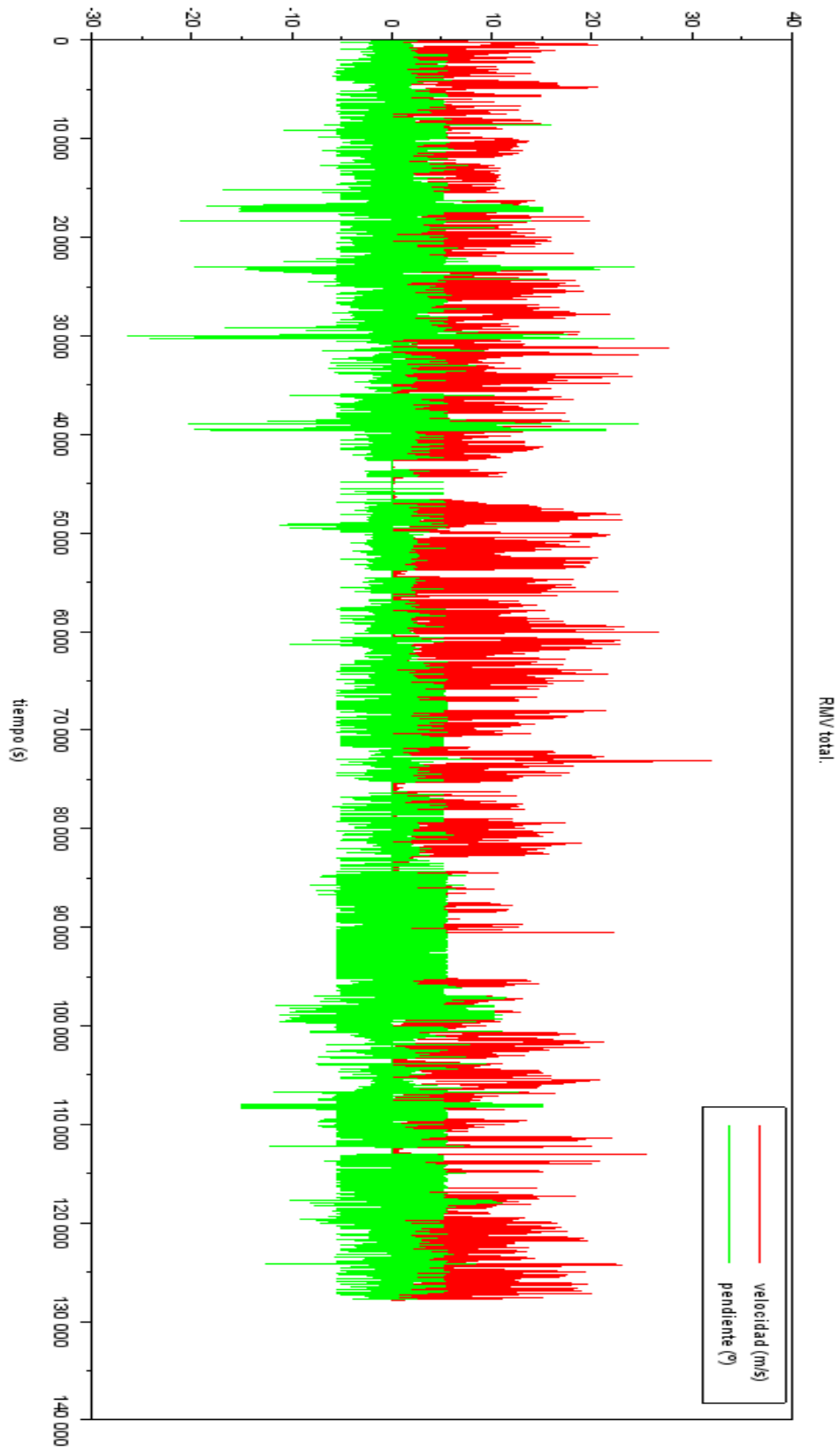


Figura 3.6: Rutina de manejo total. Fuente: Creada por el autor.

### 3.3 Ciclo de manejo preliminar.

El ciclo de manejo fue sintetizado a partir de las 49 RM muestreadas por 30 motocicletas dentro de la ZMCM, específicamente en la CDMX. Aunque los muestreos no fueron tan satisfactorios (se comentó en el apartado 3.1) se decidió trabajar con ellos por el hecho de que, al tratarse de un ciclo preliminar, para dar una ejemplificación de la aplicación de método síntesis de ciclos de manejo, no representa un problema que la representatividad de la muestra no sea tan alta como debería. El sintetizador nos permite volver a sintetizar el ciclo obtenido, para hacer más corto la duración del mismo; así de esta forma, somos capaces de obtener más de un ciclo. La tabla 3.5 da los parámetros estadísticos de la RM total y los ciclos sintetizados que cumplen con la validación. Para la validación se toman aquellos ciclos que su FIT tiene un error relativo menor al 0.10 con respecto al FIT de la RM total.

Grupo			CM 1	CM 2	CM 3	CM 6	RM <sub>total</sub>
Distancia recorrida	[km]	x	19.40	19.07	16.46	14	711.33
MV Extraurbano		N <sub>EU</sub>	1	2	2	1	95
MV Urbano		N <sub>U</sub>	13	12	7	5	399
MV Intraurbano		N <sub>IU</sub>	25	24	21	9	865
MV N		N <sub>N</sub>	48	41	31	22	2218
MV Totales		N <sub>T</sub> = N <sub>EU</sub> + N <sub>U</sub> + N <sub>IU</sub> + N <sub>N</sub>	87	79	61	37	3577
Frecuencia espacial media	[MV/km]	f <sub>MV</sub> = N <sub>T</sub> /x	4.48	4.14	3.7	2.64	5.02
Fracción Extraurbano		X <sub>EU</sub> = N <sub>EU</sub> /N <sub>T</sub>	0.011	0.025	0.032	0.027	0.026
Fracción Urbano		X <sub>U</sub> = N <sub>U</sub> /N <sub>T</sub>	0.149	0.151	0.114	0.135	0.111
Fracción Intraurbano		X <sub>IU</sub> = N <sub>IU</sub> /N <sub>T</sub>	0.287	0.303	0.344	0.243	0.241
Fracción Nula		X <sub>N</sub> = N <sub>N</sub> /N <sub>T</sub>	0.551	0.518	0.508	0.594	0.620
Periodo Extraurbano	[s]	Π <sub>EU</sub>	462	562	554	452	16 806
Periodo Urbano	[s]	Π <sub>U</sub>	1071	943	687	542	38 089
Periodo Intraurbano	[s]	Π <sub>IU</sub>	451	400	291	147	19 029
Periodo Nulo	[s]	Π <sub>N</sub>	1510	1522	1260	1104	53 919
Periodo total	[s]	Π <sub>T</sub> = Π <sub>EU</sub> + Π <sub>U</sub> + Π <sub>IU</sub>	3494	3427	2792	2245	127 843
Fracción periodo EU		Y <sub>EU</sub> = Π <sub>EU</sub> /Π <sub>T</sub>	0.132	0.163	0.198	0.201	0.131
Fracción periodo U		Y <sub>U</sub> = Π <sub>U</sub> /Π <sub>T</sub>	0.306	0.275	0.246	0.241	0.297
Fracción periodo IU		Y <sub>IU</sub> = Π <sub>IU</sub> /Π <sub>T</sub>	0.129	0.116	0.104	0.065	0.148
Fracción periodo Nulo		Y <sub>N</sub> = Π <sub>N</sub> /Π <sub>T</sub>	0.432	0.444	0.451	0.461	0.421
Factor de Irregularidad de Tránsito		FIT	1.10	1.16	1.11	1.14	1.13
Error relativo del FIT		e' = (FIT <sub>RM</sub> - FIT <sub>CM</sub> )/FIT <sub>RM</sub>	0.026	0.026	0.017	0.008	

Tabla 3.5: Parámetros estadísticos de los ciclos preliminares. Fuente: Creada por el autor.

En la primera columna de la tabla 3.5 se observa que del ciclo 3 sintetizado, se salta al ciclo 6; esto porque los ciclos 4 y 5 no pasaron la validación al tener un FIT que superaba el 0.10 de error relativo con respecto al FIT de la RM total. Los valores fraccionarios de los ciclos de manejo, tanto de MV como de periodos de tiempo, son bastantes similares a los de la RM total y el error relativo de validación de FIT permanece por debajo incluso del 0.05, por lo que cualquiera de ellos podría ser usado como el ciclo preliminar sin problema alguno, por lo tanto:

El ciclo de manejo sintetizado es representativo de las rutinas de manejo a partir de las cuales fue construido.

Decidimos usar el ciclo 3 como preliminar. Esta decisión se basa más que nada en los periodos del ciclo. Según los ciclos de motocicletas revisados en el capítulo 1, sus periodos totales van de los 20 minutos a los 30 minutos. Los ciclos que obtuvimos tienen periodos muy largos, siendo que el ciclo 6 es el más corto con 38 minutos. Aun así, decidimos tomar el ciclo 3, por el hecho de que la prolongación del periodo del ciclo se debe en su mayoría a los periodos de velocidad nula y el ciclo 6 redujo demasiado sus periodos de velocidad activa. Como se ve en la tabla 3.5, los periodos de velocidad nula son los más grandes.

Ya con el ciclo podemos obtener un análisis de las velocidades de cada uno de sus regímenes.

			EU	U	IU
$v_{max}$	[m/s]		<b>32</b>	<b>14.45</b>	<b>8.57</b>
$v_{min}$	[m/s]		3.46	1.91	1.51
$\bar{v}$	[m/s]		<b>18.05</b>	<b>8.22</b>	<b>3.82</b>
$v_{inf}$	[m/s]	$v_{inf} = (v_{max} + v_{min})/2$	17.73	8.18	
$v_{real}$	[m/s]	$v_{real} = (v_{inf} + \bar{v})/2$	<b>17.89</b>	<b>8.2</b>	

Tabla 3.6: Velocidades del ciclo preliminar. Fuente: Creado por el autor.

Así obtenemos los valores de velocidad media para cada régimen y a partir de este mismo análisis obtenemos rangos de velocidad media:

Los intervalos de velocidad media son de 64 km/h a 115 km/h para el régimen extraurbano, de 30 km/h a 52 km/h para el régimen urbano y los menores de este intervalo para el régimen intraurbano.

La figura 6.7 muestra el ciclo de manejo preliminar. La línea verde representa el ángulo de inclinación. Este ciclo comienza por régimen EU, luego U y por último el IU, además de que



los periodos de ralenti cero son bastantes largos. En la figura 6.8 se reacomodo los MV del ciclo para que comience por los regimenes IU, U y EU, además de que reducimos los periodos de velocidad cero entre MV a 20 segundos, así la reducción de dicho tiempo pasa de los 1260 segundos a los 588 segundos y obtenemos al final un tiempo total de ciclo de 2120 segundos (aproximadamente 35 minutos).

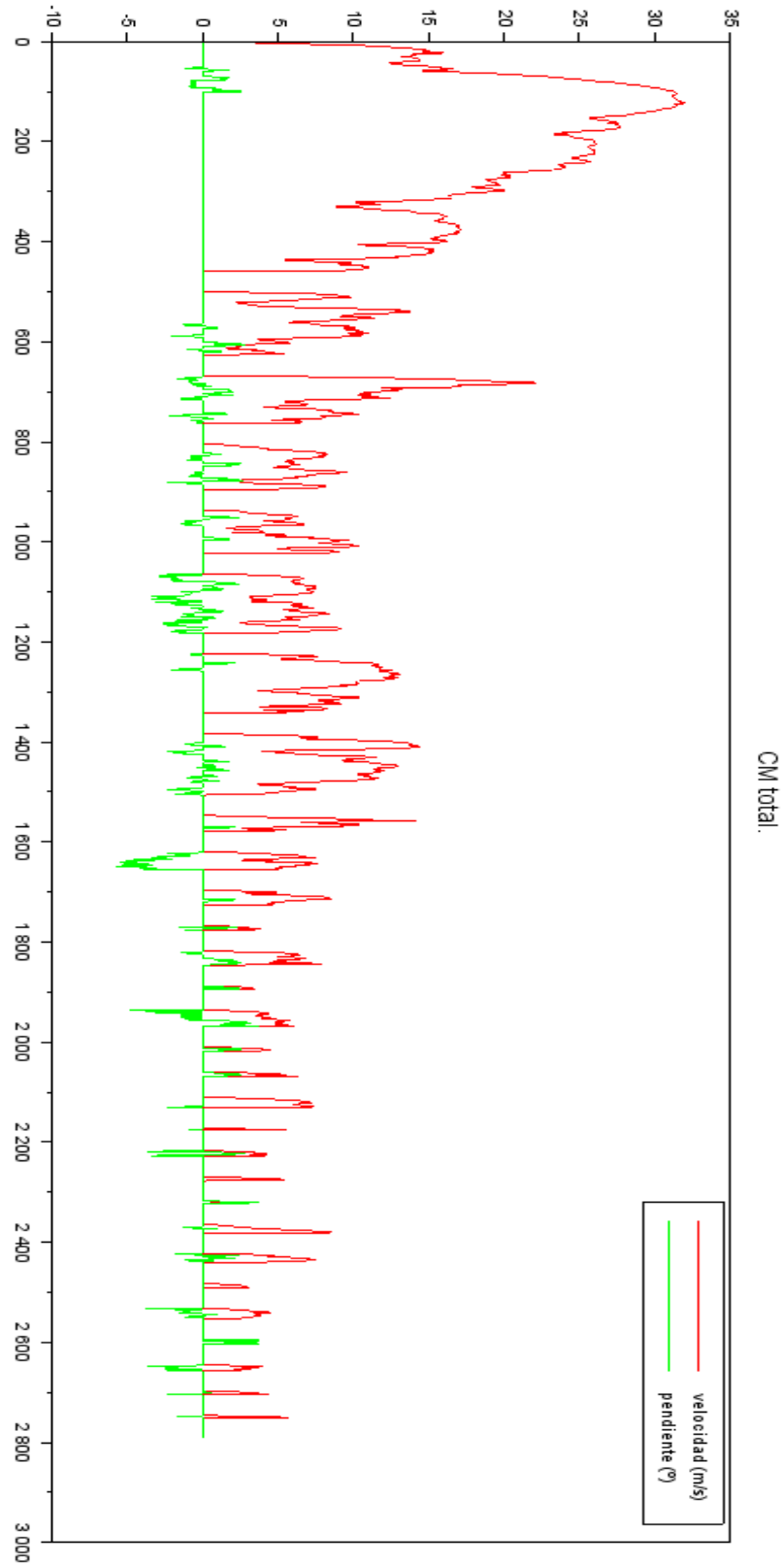


Figura 3.7: Ciclo de manejo generado por el sintetizador. Fuente: Creada por el autor.

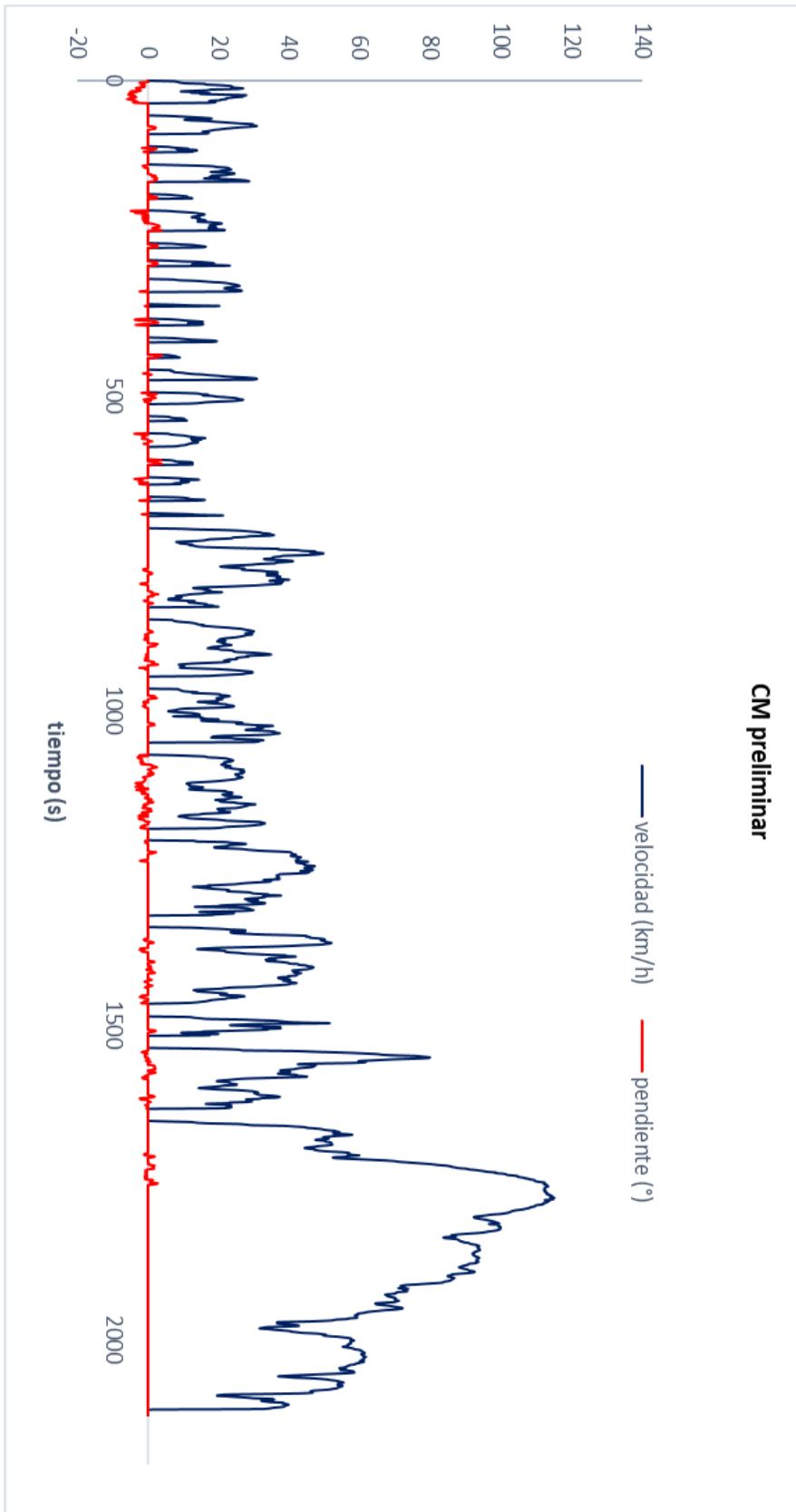


Figura 3.8: Ciclo de manejo reordenado y reducido. Fuente: Creado por el autor.

### 3.4 Comparaciones.

Para finalizar este capítulo haremos una comparación entre nuestro ciclo de manejo contra el WMTC y el ECE R40. Se seleccionaron estos ciclos por ser los más usados en normas internacionales y son los que se plantean como ciclo de prueba para la NOM por parte de la SEMANART.

La tabla 3.7 compara los parámetros principales de los tres ciclos completos.

		Ciclo UNICE	WMTC	ECE R40 + EUDC
Recorrido	[km]	16.46	28.9	12.8
Frecuencia espacial media	[MV/km]	1.82	0.38	1.48
Microviajes		30	11	19
Velocidad media	[km/h]	38.6	57.8	29.5
Velocidad máxima	[km/h]	115.2	125.3	120
Periodo nulo	[s]	590	170	419
Periodo de manejo	[s]	1532	1630	1152
Periodo total	[s]	2122	1800	1571

Tabla 3.7: Comparación de ciclos de motocicletas. Fuente: Creada por el autor.

La frecuencia espacial media de los ciclos en la tabla 3.7 muestran que nuestro ciclo de manejo es presenta una mayor irregularidad de tránsito (1.82 MV/km) de los tres comparados, siendo el menos irregular el WMTC (0.38 MV/km). El ciclo con una velocidad media más grande es el WMTC con 57.8 km/h seguido luego por nuestro ciclo con 38.6 km/h y por último el ciclo ECE R40 con una velocidad de 29.5 km/h. En cambio, nuestro ciclo presenta la velocidad máxima menor de los tres (115.2 km/h) y, de nuevo, el WMTC tiene una velocidad mayor (125.3 km/h). El periodo de velocidad nulo es el mayor en nuestro ciclo (590 s) y menor en el WMTC (170 s). De los periodos de manejo, el nuestro tiene el valor intermedio (1532 s), siendo superado por el WMTC (1630 s) y superior al ECE R40 (1152 s).

Con los datos revisados podemos observar que los parámetros de nuestro ciclo de acercan más al ciclo ECE R40 (a excepción del periodo de manejo) que al WMTC.

Para hacer una comparación más exhaustiva analizaremos los ciclos por parte. El WMTC, como se mencionó en el primer capítulo, se compone de tres partes. La primera parte corresponde a un ciclo urbano o de ciudad, la segunda a uno rural y la tercera a un ciclo extraurbano o de carreteras y vías primarias. El ciclo ECE R40 está compuesto por dos partes, la primera es un ciclo urbano de ciudad y la segunda un régimen extraurbano. Por último, como ya ha sido mencionado, nuestro ciclo de manejo es un ciclo de ciudad que está dividido por regímenes IU, U y EU, que dependen de la infraestructura vial de la ZMCM.

Para tener una mejor comparación de los ciclos en sus partes, se creó tabla 3.8:

	Ciclo UNICE			WMTC			ECE R40	
	IU	U	EU	1°	2°	3°	Urbano	EUDC
X [km]	1.3	5.02	10.14	4.1	9.1	15.7	5.9	6.9
$f_{MV}$ [MV/km]	16.5	1.4	0.21	1.97	0.22	0.06	3.05	0.14
MV	21	7	2	8	2	1	18	1
$\bar{v}$ [km/h]	13.7	29.6	65	24.4	54.7	94.4	18.4	54
$v_{max}$ [km/h]	30.8	52	115.2	60	94.9	125.3	50	120
$\Pi_{\text{manejo}}$ [s]	291	687	554	483	561	584	792	360
$\Pi_N$ [s]	411	740	41	117	39	15	378	41
$\Pi_T$ [s]	702	1427	595	600	600	600	1170	401

Tabla 3.8: Comparación de ciclos de manejo por partes. Fuente: Creada por el autor.

La tabla 3.8 muestra que, el periodo IU de nuestro ciclo de manejo tiene la mayor irregularidad de tránsito. Por las velocidades medias y máximas de régimen U y EU de los ciclos, observamos que, hay mayor similitud de nuestro ciclo con el ECE R40. La parte intraurbana de nuestro ciclo de manejo es demasiado baja en velocidad como para poder ser comparada con la primera parte del WMTC. En cambio, la parte urbana de nuestro ciclo es más similar a la primera parte del WMTC y a la primera parte del ciclo ECE R40, y tiene sentido, ya que las tres partes corresponden a lo que es un régimen urbano, y de estas tres partes urbanas, la de nuestro ciclo es la que presenta una mayor regularidad de tránsito, con un valor  $f_{mv}$  de 1.4 MV/km, inferior al 1.97 MV/km del WMTC y al 3.05 MV/km del ECE R40.

Así podemos concluir que, de nuestro ciclo de manejo, solo podemos asemejar la parte urbana y extraurbana a la primera y tercera parte del WMTC. Luego, con respecto al ciclo de manejo ECE R40, podemos comparar los mismos regímenes urbano y extraurbano con él. Así concluimos:

El ciclo de manejo sintetizado, a diferencia de los ciclos europeos ECE R40 y WMTC, cuenta con una parte intraurbana, que describe un cierto tipo de tránsito que el WMTC no contempla.

La segunda parte del WMTC corresponde a un ciclo rural, y nuestro ciclo, al ser pensado para la ZMCM (que no es más que la zona urbana de la ZMVM), carece de este. El ECE R40 parece ser como nuestro ciclo, solo que la parte urbana e intraurbana las tiene condensadas en su primera parte. La figura 3.9 superpone el WMTC parte 1 con la parte urbana de nuestro ciclo. La figura 3.10 superpone las partes extraurbanas del WMTC y nuestro ciclo.

Por último, la figura 3.11 superpone la ECE R40+EUDC con la parte urbana y extraurbana de nuestro ciclo.

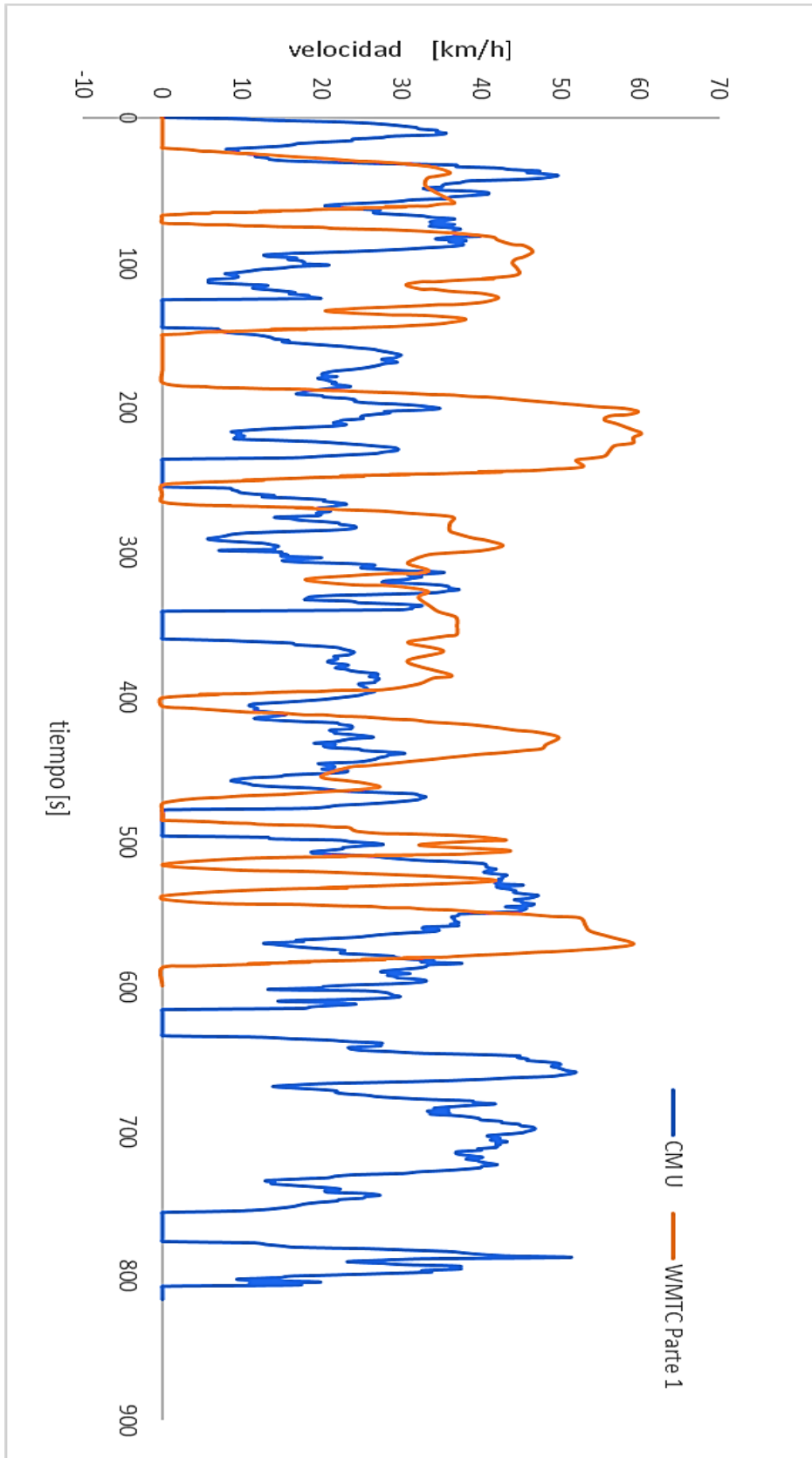


Figura 3.6: Contraste de partes U del CM UNICE y WMTC 1. Fuente: Creada por el autor.

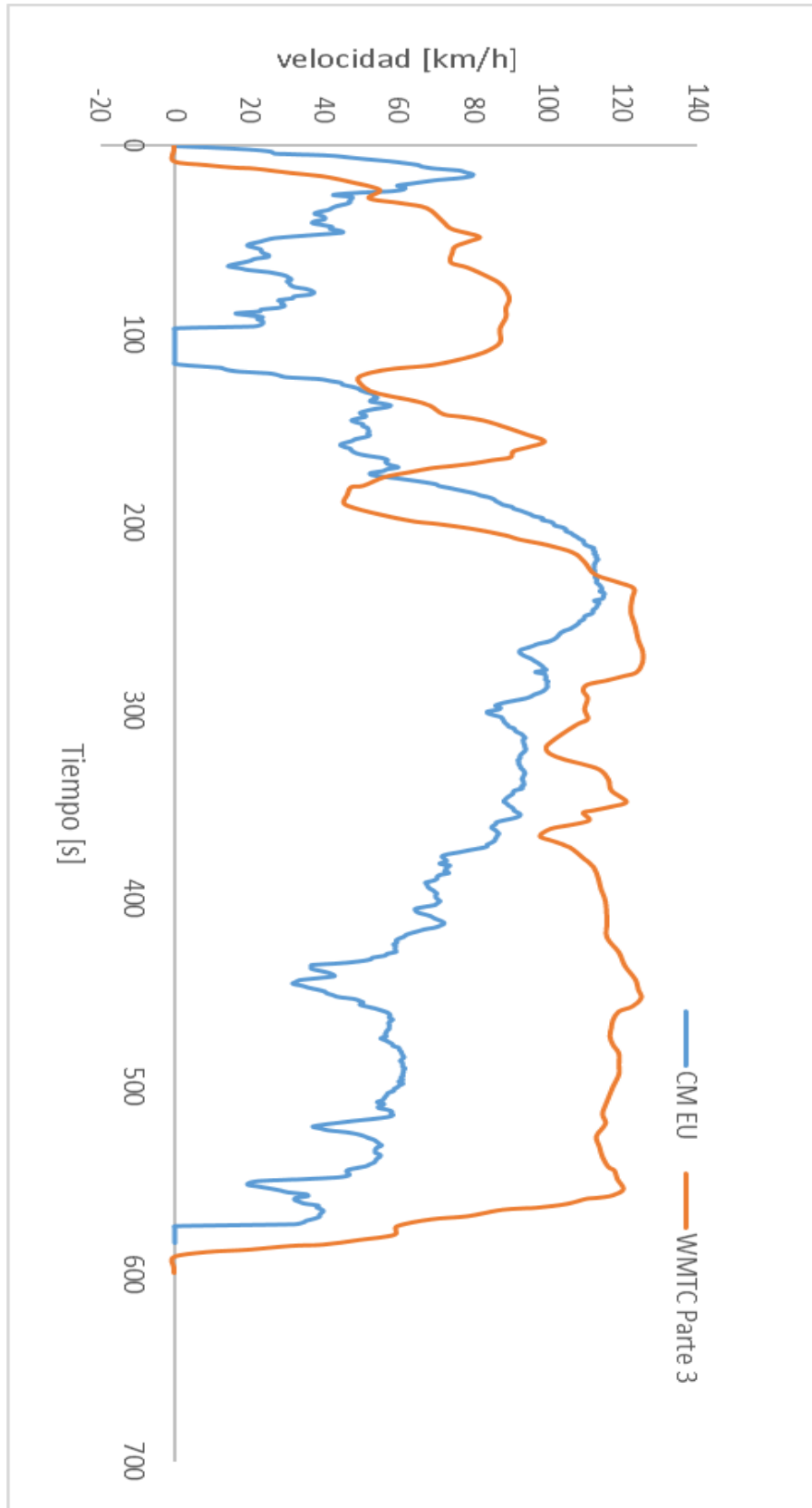


Figura 3.10: Contrastes de partes EU entre CM UNICE y WMTC 3. Fuente: Creada por el autor.



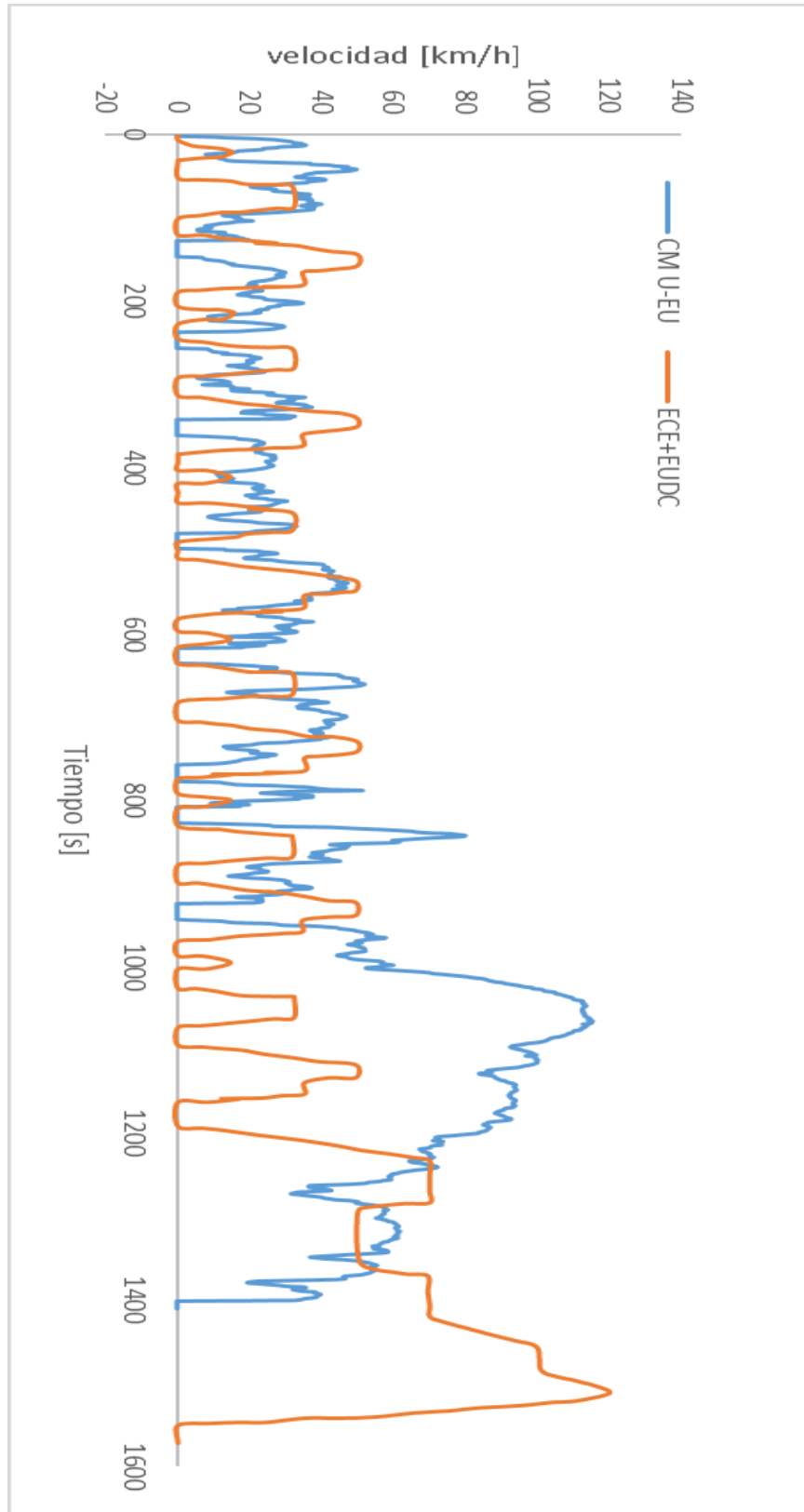


Figura 3.11: Contraste entre las partes U y EU de CM UNICE y el ECE R40 + EU DC. Fuente: Creada por el autor.

# **Capítulo 4. Discusión, propuestas y conclusiones.**

## 4.1 Discusión

Aunque ya existen antecedentes acerca de investigación de ciclos de manejo en México, a lo largo de esta tesis, se descubrió que la mayoría de dichas investigaciones están enfocadas a automóviles. Hay una deficiencia de información relacionada acerca de los ciclos de manejo para motocicletas en México. Siendo así que, como únicas investigaciones acerca de ciclos de manejo en motocicletas en México solo existe la tesis de Cárcamo [5] y este escrito.

Las diferencias entre [5] y esta tesis provee de dos enfoques diferentes acerca del mismo tema. A continuación, mencionamos las dos más importantes y que da una distinción propia a esta tesis.

- Aunque [5] y este trabajo van destinados a la creación de ciclos de manejo para motocicletas (en nuestro caso una aplicación de método de síntesis de ciclos de manejo de [6]), en [5] los ciclos van enfocados más en que sean representativos de grupos de motocicletas, creando 6 grupos de ellas en rangos de cilindrada. En cambio, esta tesis dirige el objetivo de que el ciclo sintetizado sea representativo de las condiciones de tránsito de la ZMCM que experimentan las motocicletas, segmentando las motocicletas por su capacidad de circular en cierta infraestructura vial y en la población que hay de ellas.
- La selección de la muestra representativa de motocicletas de este trabajo contempla muchas más características técnicas de sus sistemas, (cilindrada, enfriamiento y número de cilindros) que en [5], donde solo se considera el tamaño del motor y su potencia.

Otra parte importante sobre la investigación de esta tesis, fue la información relacionada sobre normas de emisiones. En México, y gran parte de Latinoamérica, no hay normatividad alguna que regule este sector, en cambio en oriente, Europa, y Norte América su materia regulatoria ya ha evolucionado desde hace más de 20 años. Cabe aclarar que la normatividad que mencionamos es sobre motocicletas nuevas a la venta, hablando de normas de motocicletas en circulación no se encontró nada de ningún país.

La investigación también nos encontramos que hay poca información estadística acerca del parque vehicular de motocicletas que existe en nuestro país. Si bien existe un registro por parte del INEGI de la población de motocicletas que circula en cada estado de la República, no existe, ni siquiera hablando ya a nivel ciudad, algún inventario que hable específicamente de las características de esas motocicletas que circulan en México. La mayor parte de la información que podemos especular sobre este parque vehicular fue por la limitada información que comparte el sector privado acerca de la venta de sus modelos.

## 4.2 Propuestas

Acerca de trabajos futuros que quieran seguir esta misma línea de investigación sobre ciclos de manejo en motocicletas, listamos las siguientes propuestas que consideramos importantes:

- La materia regulatoria sobre emisiones de motocicletas va evolucionando periódicamente a nivel mundial, por lo que una revisión a los estándares más recientes del momento ayudaría a dar un contexto actual.
- Seguir con el seguimiento de materia regulatoria en nuestro país, como se vio en esta tesis, aún está en un desarrollo temprano, pero dándole seguimiento a este punto y el anterior nos ayuda a situar cual es el contexto de la investigación.
- Obtener un registro mucho más amplio que el mostrado aquí sobre características de técnicas de modelos de diferentes marcas y años de motocicletas, con ello será posible considerar más características y disminuir incertidumbres que enriquecerán la representatividad de la muestra.
- Dar prioridad a la selectividad de participantes en lugar de la cantidad. En esta tesis se dio prioridad a la cantidad por determinadas razones, lo que afecto directamente la representatividad de la muestra. En cambio, dar prioridad a la selectividad de participantes y si se cumple con el número mínimo de tamaño de muestra, el ciclo de manejo será representativo.
- Obtener más muestreos de las partes urbanas de las zonas Norte, Sur y Oriente (de la división de la ZMVM que se propuso aquí), ya que para nuestro ciclo los muestreos se concentraron en la CDMX.
- Priorizar que los participantes con motocicletas de cilindradas grandes (mayor a los 250 cc) sean monitoreados en carretera y vías primarias.
- Extender los tiempos de muestreos a una semana, para estudiar si existe algún patrón de tránsito dependiendo del día de la semana.
- De ser posible, usar diferentes métodos de construcción para el ciclo de manejo, así comparar las diferencias entre ciclos sintetizados por métodos diferentes a partir de los mismos datos de muestreo.

Por último, si se desea obtener un ciclo similar al WMTC para realizar una comparación, se propone condensar la parte intraurbana en la parte urbana, ya que en el WMTC no existe como tal una parte intraurbana, solo una urbana. Luego obtener una parte rural (en el WMTC sería la parte 2) y para ello se propone ampliar el límite territorial de los muestreos, así en lugar de ser un ciclo de manejo para la ZMCM, como lo es en esta tesis, sería un ciclo de manejo para la ZMVM. Con la división propuesta en esta tesis, las zonas Oriente y Sur son las que cuentan con la menor urbanidad. Así la infraestructura vial de dichas zonas representaría la parte rural de la ZMVM siempre que no se ingrese a carretera.

### 4.3 Conclusiones

Con la realización del presente trabajo, obtuvimos la conclusión de cada uno de los objetivos particulares que se presentaron al inicio de la investigación.

- Exitosamente se cumplió con la revisión de la normatividad internacional y nacional sobre emisiones de motocicletas, concluimos que en México la normatividad en este ámbito es casi inexistente, y si se quiere alcanzar el estándar mundial, esto tomara por lo menos más de una década.
- El método que se sugirió para la obtención de la muestra brinda el criterio suficiente para hacer una correcta selección de participantes que de verdad constituyan una muestra representativa, y aunque la muestra preliminar que obtuvimos no fue representativa, siempre se conoció en todo momento las limitaciones que propiciaron esta falta de representatividad.
- A partir de los monitoreos de los participantes se obtuvieron datos reales de tránsito que describen de forma individual la infraestructura vial de la ZMCM por la que circularon. Todo por medio del SEMAV que, aunque no funciono como se esperaba, fue capaz de cumplir con la recolección de los datos más relevantes.
- La validación del ciclo por medio del parámetro FIT fue satisfactoria, al obtener un error relativo de 0.017, muy por debajo del limite que se estableció del 0.1.

Con lo señalado en los puntos anteriores podemos decir que el objetivo principal de este trabajo, el cual era ejemplificar el método de síntesis de un ciclos de manejo vehicular, aplicado a motocicletas de la ZMCM quedo cumplido por completo, y aunque se presentaron dificultades por la falta de información del parque vehicular de motocicletas y en la obtención de participantes que se adecuaran a las condiciones propuestas, con los recursos que se disponían, los resultados fueron satisfactorios.

El principal resultado fue un ciclo de manejo preliminar, el cual consta de 21 MV intraurbanos, 7 MV urbanos y 2 MV extraurbanos, con una velocidad media de 38.6 km/h y un periodo total de 2122 segundos, de los cuales 590 son periodos de ralentí.

Los datos que el sintetizador nos proporciona acerca del ciclo y de las rutinas de manejo nos permitió validar el ciclo a partir de una comparación del mismo contra las rutinas de manejo que lo generaron, y no solo eso, sino también comparar las rutinas de manejo monitoreadas por diferentes tipos de motocicletas, lo cual nos hizo concluir que, no es necesario la creación de un ciclo de manejo por grupo de motocicletas, los regímenes de tránsito son semejantes entre motocicletas de diferentes cilindradas. Este resultado es importantísimo porque permite condensar las condiciones de manejo de motocicletas en la ZMCM en un solo ciclo, además de que reduce la cantidad de muestreos necesarios a solo 28. Es decir, si se es capaz de seleccionar correctamente a 28 participantes, solo se necesitarán estos para describir todo el tránsito de motocicletas en el Valle de México.

De la comparación del ciclo preliminar contra el WMTC y el ECE R40, podemos decir que tanto en régimen urbano como extraurbano el tránsito del WMTC maneja velocidades mayores con periodos de ralenti más cortos. En cambio, el ECE R40 describe condiciones de tránsito más semejante a las obtenidas. Sus periodos de ralenti son semejantes y las velocidades de los MV también, incluyendo el periodo extraurbano. En ambos casos nuestro ciclo preliminar cuenta con el periodo intraurbano, dándole una distinción de los ciclos mundiales revisados. Que nuestro ciclo sea tan similar al ECE R40 habla de una similitud del tránsito europeo y el mexicano, algo que no ocurre con el WMTC.

Los resultados obtenidos resuelven que si es posible replicar las condiciones de manejo en la ZMCM a partir de datos monitoreados en esta zona. También señalamos que el método usado para calcular la muestra representativa de la parte experimental de este trabajo fue basado en el usado en [8], con modificaciones que permitieran una mejor adaptación a nuestra línea de investigación, Por último, esperamos que el desarrollo propuesto para este tema de ciclos de manejo para motocicletas sea útil para otras futuras investigaciones.

## Bibliografía

### Libros

[2] Barlow, et al. (2009). *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. TRL.

### Tesis

[9] Guevara, M. G. (2010) *Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina*. [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional.] BIBDIGITAL. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2255>

[10] Hernández, et al. (2014). *Actualización de los ciclos de manejo en el Valle de México para vehículos ligeros*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México] Repositorio Facultad de Ingeniería. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/4888?show=full>

### Artículos

[16] Reitz RD, Ogawa H, Payri R, et al. IJER editorial (2020) The future of the internal combustion engine. *International Journal of Engine Research*, 21(1), 3-10. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1468087419877990>

[19] Torres, M. & Paz, K. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Ingeniería Primero, Universidad Rafael Landívar*. [http://moodlelandivar.url.edu.gt/url/oa/fi/ProbabilidadEstadistica/URL\\_02\\_BAS02%20DETERMINACION%20TAMA%20C3%91O%20MUESTRA.pdf](http://moodlelandivar.url.edu.gt/url/oa/fi/ProbabilidadEstadistica/URL_02_BAS02%20DETERMINACION%20TAMA%20C3%91O%20MUESTRA.pdf)

### Sitios web

[29] López, J. F. (2015, 30 de septiembre). Sistema de enfriamiento de la motocicleta. *Motoresymas.com* <https://motoresymas.com/cont-tecnico/sistema-de-enfriamiento-de-la-motocicleta/>

[31] Procuraduría Federal del Consumidor. (2018, 13 de junio). Verificación vehicular. El costo de no contaminar. *Gobierno de México* <https://www.gob.mx/profeco/documentos/verificacion-vehicular-el-coste-de-no-contaminar?state=published#:~:text=El%20Programa%20de%20Verificaci%C3%B3n%20Vehicular%20fue%20creado%20con,el%20fin%20de%20mejorar%20la%20calidad%20del%20aire>

## Referencias

### Libros

- [1] Álvarez, et al. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Ediciones UPC.
- [3] Burghart, D. M. (1984) *Ingeniería Termodinámica*. (2.ª ed.) Harla.
- [4] Payri, et al. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Universidad Politécnica de Valencia

### Tesis

- [5] Cárcamo, et al. (2014). *Secuencia cinemática típica en la conducción de motocicletas*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.] Repositorio Facultad de Ingeniería. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5889>
- [6] Cedillo, E. E. (2019) *Síntesis de ciclos de manejo vehicular para el análisis de emisiones contaminantes*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.] DGB SDI. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000796492](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000796492)
- [7] Gago, G. & Torres, M. (2017). *Revisión del estado actual de los motores de combustión interna alternativos de inyección directa*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Sevilla.] idUS. <https://idus.us.es/handle/11441/69947>
- [8] García, et al. (2019). *Síntesis de ciclos de manejo vehicular para automóviles de la Zona Metropolitana del Valle de México*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.] Repositorio Facultad de Ingeniería. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/16864>
- [11] Jiménez, C.M.L. (2019). *Estimación del consumo de combustible mediante la determinación de ciclos de conducción representativos en Bucaramanga, Santander*. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Bucaramanga] Archivo digital. [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7051/2019\\_Tesis\\_Carlos\\_Mario\\_De\\_Le%c3%b3n\\_Jim%c3%a9nez\\_Neira.pdf](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7051/2019_Tesis_Carlos_Mario_De_Le%c3%b3n_Jim%c3%a9nez_Neira.pdf)

### Artículos

- [12] Alaéz, et al. (2010). Del motor de combustión interna al vehículo eléctrico. Cuatro alternativas técnicas. *Economía Industrial*, 1 (377), 95-108. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/377/95.pdf>
- [13] Chele, D. G. (2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los



motores de combustión interna. *INNOVA Research Journal*, 2 (12), 1-10.

<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3615>

[14] Giechaskiel, et al. (2015). Particle emissions measurement from L – category vehicles. *SAE International*.

<https://www.researchgate.net/publication/281434954> Particle Emission Measurements from L-Category Vehicles

[15] Méndez, H. (2021). México está entre los 13 países más contaminantes del planeta. *Excelsior*.

<https://www.excelsior.com.mx/nacional/mexico-esta-entre-los-13-paises-mas-contaminantes-del-planeta/1474683>

[17] Ritchie, H. (2020). Sector by sector: where the global greenhouse gas emissions come from? *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>

[18] Tong, et al. (2011). Development of driving cycles for motorcycles and light-duty vehicles in Vietnam. *Atmospheric Environment - ATMOS ENVIRON*.

<https://www.researchgate.net/publication/252841872> Development of driving cycles for motorcycles and light-duty vehicles in Vietnam

## **Informes**

[20] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2020). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2019. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos. Ciudad de México*

[https://datos.abiertos.inecc.gob.mx/Datos\\_abiertos\\_INECC/CGCSA/100\\_2021\\_INFORME\\_CALIDAD\\_DEL\\_AIRE\\_2019.pdf](https://datos.abiertos.inecc.gob.mx/Datos_abiertos_INECC/CGCSA/100_2021_INFORME_CALIDAD_DEL_AIRE_2019.pdf)

## **Reglamentos**

[21] Administración Pública de la Ciudad de México (2015). *Reglamento de tránsito de la Ciudad de México*.

<https://www.ssc.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Transito/Actualizaciones/Reglamento-de-Transito-CDMX.pdf>

[22] Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2006). *Ley L-N° 1 356*.

<https://cdh.defensoria.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2018/01/Ley-Ciudad-1356-Sancion-10-06-2004-Publicacion-BOCBA-N---2006-del-19-08-2004.pdf>

[23] Ministério Do Meio Ambiente (2019). *RESOLUÇÃO N° 493*.

[http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=785](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=785)

## Sitios web

[24] Governo do Estado de São Paulo (2022). Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares – PROMOT. *saopaulo.sp.gov.br*.  
<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/promot/>

[25] ICCT, DicitNet (2022). TransportPolicy.net. *TransportPolicy.net*.  
<https://www.transportpolicy.net/>

[26] INEGI (2022) Vehículos de motor registrados en circulación. *Inegi.org.mx*  
<https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est?c=13158>

[27] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2021, 5 de octubre). Presenta INECC el inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990 – 2019. *Gobierno de México*.  
<https://www.gob.mx/inecc/articulos/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019-284532?state=published>

[28] JMCA (2013). Regulaciones de emisiones de motocicletas. *Jmca.gr.jp*  
[https://jmca.gr.jp/about\\_muffler/emissions\\_regulations/](https://jmca.gr.jp/about_muffler/emissions_regulations/)

[30] MarketData-México (2019). *Motocicletas en México: ¿Qué marcas lideraron en 2019?* MarketData-México <https://www.marketdatamexico.com/es/article/parque-vehicular-motocicletas-mexico-2019>

[32] Secretaría del Medio Ambiente. (2018, 31 de julio). Presentó CDMX Reporte de Emisiones de compuestos de efecto invernadero. *sedema.cdmx.gob.mx*  
<https://sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/presento-cdmx-reporte-de-emisiones-de-compuestos-de-efecto-invernadero>

## Imágenes

[33] bp, (2022). World consumption Exajouls, Shares of global primary energy percent. [gráfica].  
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>

[34] Cardona, J. (2016). Motor de 4 tiempos [Dibujo].  
<https://cursosmecanicadieseljaimecardona.blogspot.com/2016/04/motores-de-4-tiempos.html>

[35] ECMA (2022). Indian Driving Cycle for 2W & 3W. [gráfica].  
<http://www.ecmaindia.in/iestandards.aspx?mpgid=24&pgid1=25&pgidtrail=58>

[36] Gifex (2006). Zona Metropolitana del Valle de México [mapa].

[https://www.gifex.com/fullsize/2011-09-17-14571/Zona Metropolitana del Valle de Mexico.html](https://www.gifex.com/fullsize/2011-09-17-14571/Zona_Metropolitana_del_Valle_de_Mexico.html)

[37] GRP (2014). Comparison of IDC and WMTC part 1 special cycle [gráfica].

<https://www.slideserve.com/charlize-vaughn/india-s-concerns-regarding-proposed-wmtc-cycle-development-by-grpe>

[38] México ante el Cambio Climático (2021). Emisiones netas históricas y de la línea base actualizada, a nivel nacional, 1990 – 2030 (MtCO<sub>2</sub>e). [gráfica].

<https://cambioclimatico.gob.mx/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos/#:~:text=El%20Inventario%20Nacional%20de%20Emisiones%20de%20Gases%20y,los%20sumideros%20del%20pa%C3%ADs%20en%20un%20tiempo%20espec%C3%ADfico>

[39] Reif, K. (2015). Composition of exhaust gas (untreated emission) from gasoline engines during operation at  $\lambda = 1$ . [gráfica].

[40] Revista moto (2016). Así trabaja un motor de 2 tiempos. [Dibujo].

[https://revistamoto.com/wp\\_rm/asi-trabaja-motor-2-tiempos/](https://revistamoto.com/wp_rm/asi-trabaja-motor-2-tiempos/)

[41] Rodríguez, H. (2017). Mecanismo biela-manivela del motor de explosión. [Dibujo].

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>

## **Videos**

[42] Skill Lync (2020). *Transistorized ignition system | Skill-Lync* [video] Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=wzeD1ccCArA>

[43] AntoAuyosistema (2017). *El carburador y su funcionamiento (bien explicado)* [video]

Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=OkIGvY5OPgc>

## Lista de tablas y figuras

### Tablas

Tabla 1.1: Calendario de implementación de normas en China.

Tabla 1.2: Límite de emisiones de motocicletas CHINA II.

Tabla 1.3: Calendario de implementación de normas en Rusia y UEEA.

Tabla 1.4: Límite de emisiones en Corea del Sur.

Tabla 1.5: Límite de emisiones en Indonesia.

Tabla 1.6: Límite de emisiones en Vietnam.

Tabla 1.7: Límite de emisiones en Japón.

Tabla 1.8: Límite de emisiones en Japón 2016.

Tabla 1.9: Límites de emisión en India para modelos de 1991 a 2010.

Tabla 1.10: Clasificación y ensayo de motocicletas BS IV.

Tabla 1.11: Límites de emisiones BS IV.

Tabla 1.12: Límites de emisiones vehículos de 2 y 3 ruedas BS VI.

Tabla 1.13: Clasificación de motocicletas en Europa.

Tabla 1.14: Límite de emisiones EURO 2 y EURO 3.

Tabla 1.15: Límites de emisiones EURO 4.

Tabla 1.16: Límites de emisiones EURO 5.

Tabla 1.17: Clasificación de motocicletas EPA.

Tabla 1.18: Límite de emisiones EPA.

Tabla 1.19: Límite de emisiones en California, EUA.

Tabla 1.20: Límite de emisiones en Brasil.

Tabla 1.21: Cronograma de actividades para la NOM.

Tabla 1.22: Acrónimos de participantes del GT.

Tabla 1.23: Primera propuesta para NOM por parte del Sector Privado.

Tabla 1.24: Segunda propuesta para NOM por parte de la SEMANART y CMM.

Tabla 2.1: Municipios y alcaldías de la ZMVM.

Tabla 2.2: Clasificación de autovías en la ZMVM.

Tabla 2.3: Grupos de motocicletas.

Tabla 2.4: Cálculo de tamaño de muestra de población infinita.

Tabla 2.5: Clase “Grupo Norma”.

Tabla 2.6: Cálculo de tamaño de muestra par población finita.

Tabla 2.7: Clase “No. de Cilindros”.

Tabla 2.8: Clase “Cilindrada”.

Tabla 2.9: Clase “Dosificación”.

Tabla 2.10: Clase “Tipo de enfriamiento”.

Tabla 2.11: Tabla de modelos representativos.

Tabla 2.12: Repartición de participantes en grupo I.

Tabla 2.13: Repartición de participantes en grupo II.

Tabla 2.14: Repartición de participantes en grupo III.

Tabla 2.15: Repartición para el grupo I y II conjunto.

Tabla 2.16: Repartición de participantes para un ciclo único.

Tabla 2.17: Rumbos de la ZMVM.

Tabla 2.18: Principales autopistas de la ZMVM.

Tabla 2.19: Componentes del SEMAV.

Tabla 3.1: Muestra de modelos monitoreados por grupos

Tabla 3.2: Contraste entre la muestra representativa y la muestreada.

Tabla 3.3: Parámetros estadísticos de las RM.

Tabla 3.4: Desviación de la fracción de MV en cada grupo para cada régimen.

Tabla 3.5: Parámetros estadísticos de los ciclos preliminares.

Tabla 3.6: Velocidades del ciclo preliminar.

Tabla 3.7: Comparación de los ciclos de motocicletas.

Tabla 3.8: Comparación de los ciclos de manejo por partes.

## **Figuras**

Figura 1.1: Consumo y cuota mundial de energía primaria 2000-2021.

Figura 1.2: Producción mundial de CO<sub>2</sub> por sector.

Figura 1.3: Mecanismo de un MCI alternativo.

Figura 1.4: Ciclo de trabajo de un MCI de 4 tiempos.

Figura 1.5: Ciclo de trabajo de un MCI de 2 tiempos.

Figura 1.6: Diagrama P – V real del motor 4T y 2T de izquierda a derecha.

Figura 1.7: Funcionamiento básico de un carburador.

Figura 1.8: Configuraciones de inyección directa e indirecta.

Figura 1.9: Diagrama de ignición por batería.

Figura 1.10: Diagrama de ignición por magneto.

Figura 1.11: Diagrama de ignición por condensador (CDI).

Figura 1.12: Diagrama de ignición transistorizado (TSI).

Figura 1.13: Válvula Pulsair.

Figura 1.14: Sistema de recirculación de gases de escape.

Figura 1.15: Catalizadores de motocicleta.

Figura 1.16: Productos de la combustión en MCI de gasolina.

Figura 1.17: Banco de rodillos para motocicletas.

Figura 1.18: Pantalla de un banco de rodillos para motocicleta.

Figura 1.19: Ciclos de manejo construidos por diferentes métodos.

Figura 1.20: Diagrama de métodos MT, MCMC, TBM y FBM de izquierda a derecha.

Figura 1.21: Ciclo de manejo IDC de India.

Figura 1.22: Ciclo de manejo CEMDC de Vietnam.

Figura 1.23: Ciclo de manejo EMDC de Escocia.

Figura 1.24: Ciclo de manejo EMCD de Edimburgo.

Figura 1.25: Ciclo de manejo ECE R40 de Europa.

Figura 1.26: Ciclo de manejo WMTC primera parte.

Figura 1.27: Ciclo de manejo WMTC segunda parte.

Figura 1.28: Ciclo de manejo WMTC tercera parte.

Figura 1.29: Comparación del ciclo de manejo WMTC con el IDC de India.

Figura 1.30: Emisiones netas históricas y de la prospectiva a nivel nacional, 1990-1930.

Figura 1.31: Crecimiento en la población de motocicletas en México según INEGI.

Figura 2.1: Mapa de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Figura 2.2: Ciclo de manejo en MV en vías secundarias, primarias y autopista.

Figura 2.3: Porcentaje de total de motocicletas por tamaño de motor en México 2019.

Figura 2.4: Contraste entre las clasificaciones de motocicletas.

Figura 2.5: Traslapes entre carburador e inyección para cilindradas ordenadas.

Figura 2.6: Asignación de clase “dosificación” a la zona de traslape.

Figura 2.7: División de la ZMVM en cuatro rumbos.

Figura 2.8: Mapa de la ZMVM con todas sus carreteras y avenidas principales.

Figura 2.9: Once autopistas principales de la ZMVM.

Figura 2.10: SEMAV.

Figura 2.11: Formato de datos recolectados por el SEMAV.

Figura 2.12: Dos formas de asegurar el SEMAV (al tanque y al asiento).

Figura 2.13: Encuesta entregada a los participantes.

Figura 2.14: Frente y reverso de folleto con instructivo.

Figura 2.15: Reporte para participantes creado en QMapShack.

Figura 2.16: Conversión de archivo txt a CSV en columnas.

Figura 2.17: Interfaz de GPSBabel.

Figura 2.18: Coordenadas de un viaje como una serie de puntos.

Figura 2.19: Coordenadas que no siguen un camino fijo.

Figura 2.20: Fragmento de una RM donde el primer MV no comienza en cero.

Figura 2.21: RM antes y después de limpiar datos.

Figura 2.22: Evolución de la pendiente del camino durante el tiempo de viaje.

Figura 2.23: Esquema de los pasos para el procesamiento de datos.

Figura 2.24: Interfaz de Scilab.

Figura 2.25: Partes de Scilab.

Figura 2.29: Diagrama de flujo del sintetizador de ciclos.

Figura 2.27: Consola de Scilab después de generar el ciclo.

Figura 2.28: Rutina de manejo total generada por Scilab con su cabeceo.

Figura 2.29: Ciclo de manejo generado por el sintetizador.

Figura 2.30: MV con sus periodos y ganancias de velocidad positiva resaltados.

Figura 3.1: Rutinas de manejo en la ZMVM.

Figura 3.2: Rutinas de manejo concentradas en la CDMX.

Figura 3.3: Rutinas de manejo para el grupo I.

Figura 3.4: Rutinas de manejo para el grupo II.

Figura 3.5: Rutinas de manejo para el grupo III.

Figura 3.6: Rutina de manejo de manejo total.

Figura 3.7: Ciclo de manejo generado por el sintetizador.

Figura 3.8: Ciclo de manejo reordenado y reducido.

Figura 3.9: Contraste de partes urbanas del CM y WMTC parte 1.

Figura 3.10: Contraste de partes extraurbanas entre CM y WMTC parte 3.

Figura 3.11: Contraste entre las partes U y EU de CM y el ECE R40 + EUDC

Figura B1: Circuito del SEMAV en Proteus.

Figura B2: Diseño de PCB en Proteus.

Figura B3: PCB manufacturada en placa fenólica.

Figura B4: Modelos 3D de la carcasa del SEMAV.

Figura B5: Vista previa de la impresión de la carcasa en UltimakerCura.



## Apéndice A: Catálogo de motocicletas 2021-22

Marca	Año	Tipo	Modelo	Motor	# C	Enf.	Tamaño (cc)	Ig.	Ali.
YAMAHA	2020	scooter	Ray ZR	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2021	scooter	Ray ZR	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2022	scooter	Ray ZR	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2020	scooter	Cygnus Alpha	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2021	scooter	Cygnus Alpha	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2022	scooter	Cygnus Alpha	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2020	scooter	Cygnus ZR	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2020	scooter	BW's FI	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2021	scooter	BW's FI	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2022	scooter	BW's FI	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2020	scooter	NMAX	4T	1	Ref.	150	...	...
YAMAHA	2021	scooter	NMAX	4T	1	Ref.	150	...	...
YAMAHA	2022	scooter	NMAX	4T	1	Ref.	150	...	...
YAMAHA	2022	scooter	XMAX	4T	1	Ref.	300	...	...
YAMAHA	2020	trabajo	T110 Crypton	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2021	trabajo	T110 Crypton	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2022	trabajo	T110 Crypton	4T	1	Aire	110	...	...
YAMAHA	2020	trabajo	YB 125	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2021	trabajo	YB 125	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2022	trabajo	YB 125	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2021	trabajo	YBR125C EXPRESS	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2022	trabajo	YBR125C EXPRESS	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2020	street	YB125 ZR	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2021	street	YB125 ZR	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2022	street	YB125 ZR	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2020	street	SZ-RR v2.0	4T	1	Aire	150	...	...
YAMAHA	2021	street	SZ-RR v2.0	4T	1	Aire	150	...	...
YAMAHA	2022	street	SZ-RR v2.0	4T	1	Aire	150	...	...
YAMAHA	2020	street	FZ FI v2.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2020	street	FZ-S FI v2.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2021	street	FZ-S FI v2.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2022	street	FZ-S FI v2.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2021	street	FZ-S FI v3.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2022	street	FZ-S FI v3.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2020	street	Fazer FI 2.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2021	street	Fazer FI 2.0	4T	1	Aire	150	...	FI

YAMAHA	2022	street	Fazer FI 2.0	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2020	street	FZ25	4T	1	Ref.	250	...	FI
YAMAHA	2021	street	FZ25	4T	1	Ref.	250	...	FI
YAMAHA	2022	street	FZ25	4T	1	Ref.	250	...	FI
YAMAHA	2020	deportivas	MT-15	4T	1	Ref.	150	...	FI
YAMAHA	2022	deportivas	MT-15	4T	1	Ref.	150	...	FI
YAMAHA	2020	deportivas	MT-03	4T	2	Ref.	321	...	FI
YAMAHA	2021	deportivas	MT-03	4T	2	Ref.	321	...	FI
YAMAHA	2022	deportivas	MT-03	4T	2	Ref.	321	...	FI
YAMAHA	2020	deportivas	MT-07	4T	2	Ref.	700	...	EI
YAMAHA	2021	deportivas	MT-07	4T	2	Ref.	700	...	EI
YAMAHA	2022	deportivas	MT-07	4T	2	Ref.	700	...	EI
YAMAHA	2020	super deportivas	YZF-R15 v3.0	4T	1	Ref.	150	...	...
YAMAHA	2021	super deportivas	YZF-R15 v3.0	4T	1	Ref.	150	...	...
YAMAHA	2022	super deportivas	YZF-R15 v3.0	4T	1	Ref.	150	...	...
YAMAHA	2020	super deportivas	YZF-R3	4T	2	Ref.	321	...	...
YAMAHA	2022	super deportivas	YZF-R3	4T	2	Ref.	321	...	...
YAMAHA	2022	super deportivas	YZF-R7	4T	2	Ref.	700	...	...
YAMAHA	2020	crucero	XVS250 VSTAR	4T	2	Aire	250	...	...
YAMAHA	2020	doble propósito	YBR 125G	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2021	doble propósito	YBR 125G	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2022	doble propósito	YBR 125G	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2021	doble propósito	XTZ125E	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2022	doble propósito	XTZ125E	4T	1	Aire	125	...	...
YAMAHA	2020	doble propósito	XTZ150	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2021	doble propósito	XTZ150	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2022	doble propósito	XTZ150	4T	1	Aire	150	...	FI
YAMAHA	2020	doble propósito	XTZ250 Lander	4T	1	Aire	250	...	FI
YAMAHA	2021	doble propósito	XTZ250 Lander	4T	1	Aire	250	...	FI
YAMAHA	2022	doble propósito	Tenere 700	4T	2	Ref.	700	...	FI
YAMAHA	2022	doble propósito	Super Tenere 1200 ZE	4T	2	Ref.	1200	...	FI
YAMAHA	2021	off road	PW-50	2T	1	Aire	50	...	...
YAMAHA	2022	off road	PW-50	2T	1	Aire	50	...	...
YAMAHA	2022	off road	YZ65	2T	1	Ref.	65	...	...
YAMAHA	2022	off road	YZ125	2T	1	Ref.	125	...	...
YAMAHA	2022	off road	YZ250FX	4T	1	Ref.	250	...	...
YAMAHA	2022	off road	YZ450FX	4T	1	Ref.	450	...	FI
YAMAHA	2020	off road	YZ250F	4T	1	Ref.	250	...	...

<b>YAMAHA</b>	2021	off road	YZ250F	4T	1	Ref.	250	...	...
<b>YAMAHA</b>	2022	off road	YZ250F	4T	1	Ref.	250	...	...
<b>YAMAHA</b>	2022	off road	YZ450F	4T	1	Ref.	450	...	...
<b>HONDA</b>	2022	trabajo	CGL 125 TOOL	4T	1	Aire	125	AC- CDI	...
<b>HONDA</b>	2022	trabajo	CARGO 150	4T	1	Aire	150	CD- CDI	...
<b>HONDA</b>	2022	trabajo	GL 150 DS	4T	1	Aire	150	CD- CDI	carb.
<b>HONDA</b>	2022	deportivas	CB250 TWISTER	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>HONDA</b>	2022	deportivas	CBF125 TWISTER	4T	1	Aire	125	DC- CDI	...
<b>HONDA</b>	2022	deportivas	Invicta CB160F	4T	1	Aire	160	DC- CDI	...
<b>HONDA</b>	2022	naked	CB190R REPSOL	4T	1	Aire	190	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	naked	CB190 Tricolor	4T	1	Aire	190	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	naked	CB300R	4T	1	Ref.	300	TSI	...
<b>HONDA</b>	2021	naked	CB300R	4T	1	Ref.	300	TSI	...
<b>HONDA</b>	2021	naked	CB650R	4T	1	Ref.	650	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	doble proposito	XR 150LEK	4T	1	Aire	150	...	...
<b>HONDA</b>	2022	doble proposito	XR 190L	4T	1	Aire	190	DC- CDI	FI
<b>HONDA</b>	2022	doble proposito	XRE300	4T	1	Oil	300	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	navi	NAVI110	4T	1	Aire	110	TSI	...
<b>HONDA</b>	2022	off road	CRF 250 F	4T	1	Aire	250	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	off road	CFR450X	4T	1	Ref.	450	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	off road	CFR450R	4T	1	Ref.	450	DC- CDI	FI
<b>HONDA</b>	2022	off road	CFR450RX	4T	1	Ref.	450	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	off road	CFR250R	4T	1	Ref.	250	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	off road	CFR250RX	4T	1	Ref.	250	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	scooter	CRUSING 125	4T	1	Aire	125	DC- CDI	...
<b>HONDA</b>	2022	scooter	DIO110	4T	1	Aire	110	TSI	carb.
<b>HONDA</b>	2022	scooter	ELITE125	4T	1	Aire	125	TSI	...
<b>HONDA</b>	2022	scooter	WAVE 110 S	4T	1	Aire	110	DC- CDI	carb.
<b>HONDA</b>	2022	super sport	CBR1000RR STD	4T	4	Ref.	1000	TSI	EI
<b>HONDA</b>	2022	super sport	CBR1000RA ABS	4T	4	Ref.	1000	TSI	EI
<b>HONDA</b>	2022	super sport	CBR600RR Manual	4T	4	Ref.	600	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	super sport	CBR600RA ABS	4T	4	Ref.	600	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	crosstouring	NC750XA	4T	2	Ref.	750	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2022	crosstouring	NC750XD	4T	2	Ref.	750	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2021	custom	CMX500A REBEL	4T	2	Ref.	500	TSI	FI
<b>HONDA</b>	2021	custom	CMX500A2 SE REBEL	4T	2	Ref.	500	TSI	FI

HONDA	2022	custom	REBEL 1100 DTC	4T	2	Ref.	1100	TSI	FI
HONDA	2022	custom	REBEL 1100 MANUAL	4T	2	Ref.	1100	TSI	FI
HONDA	2021	crossover	CRF1100D4 AFRICA TWIN ADVENTURE SPORTS	4T	2	Ref.	1100	TSI	FI
HONDA	2021	crossover	CRF1100A4 AFRICA TWIN ADVENTURE SPORTS	4T	2	Ref.	1100	TSI	FI
HONDA	2021	crossover	CRF1100D4 AFRICA TWIN	4T	2	Ref.	1100	TSI	FI
HONDA	2021	crossover	CRF1100A4 AFRICA TWIN	4T	2	Ref.	1100	TSI	FI
HARLEY DAVIDSON	2022	sport	Sportster S	4T	2	...	1250	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	cruiser	street Bob	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	cruiser	Fat Bob	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	cruiser	Low Rider S	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	cruiser	Breakout	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	cruiser	Heritage Classic	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	Road King	4T	2	Oil	1800	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	Street Glide Special	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	Road Glide Limited	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	Ultra Limited	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	Road Glide ST	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	Street Glide ST	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	CVO Street Glide	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	CVO Road Glide	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	grand american touring	CVO Road Glide Limited	4T	2	Oil	1900	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	Adventure touring	Pan America 1250	4T	2	...	1250	...	EI
HARLEY DAVIDSON	2022	Adventure touring	Pan America 1250 Special	4T	2	...	1250	...	EI
SUSUKI	2021	scooter	LET'S	4T	1	Aire	110	...	carb.
SUSUKI	2021	scooter	BURGMAN STREET 125	4T	1	Aire	125	...	carb.
SUSUKI	2022	scooter	BURGMAN 400	4T	1	Ref.	400	...	EI
SUSUKI	2022	urbanas	EN125-2A	4T	1	Aire	125	...	carb.
SUSUKI	2022	urbanas	GN125F	4T	1	Aire	125	...	carb.
SUSUKI	2022	trabajo	AX100	2T	1	Aire	100	...	carb.

SUSUKI	2022	trabajo	AX4	4T	1	Aire	110	...	carb.
SUSUKI	2022	trabajo	Huracán	4T	1	Aire	125	...	carb.
SUSUKI	2021	deportivas	GSX-R150	4T	1	Ref.	150	...	EI
SUSUKI	2021	deportivas	GSX-R600	4T	2	Ref.	600	...	EI
SUSUKI	2021	deportivas	GSX-R750	4T	4	Ref.	750	...	carb.
SUSUKI	2021	deportivas	GSX-R1000A	4T	4	Ref.	1000	...	FI
SUSUKI	2021	deportivas	GSX-R1000R	4T	4	Ref.	1000	...	FI
SUSUKI	2022	deportivas	HAYABUSA	4T	4	Ref.	1340	...	FI
SUSUKI	2021	ciudad	INTRUDER	4T	1	Aire	150	...	EI
SUSUKI	2022	ciudad	GIXXER 150	4T	1	Aire	150	...	carb.
SUSUKI	2022	ciudad	GIXXER SF	4T	1	Aire	150	...	EI
SUSUKI	2022	ciudad	GIXXER 250 ABS	4T	1	Ref.	250	...	EI
SUSUKI	2021	ciudad	GIXXER SF 250	4T	1	Ref.	250	...	EI
SUSUKI	2021	ciudad	GSX S750 ABS	4T	4	Ref.	750	...	EI
SUSUKI	2022	ciudad	KATANA	4T	4	Ref.	1000	...	EI
SUSUKI	2021	doble propósito	V-STROM 250 ABS	4T	2	...	250	...	FI
SUSUKI	2022	doble propósito	DR650	4T	1	Ref.	650	...	carb.
SUSUKI	2022	doble propósito	V-STROM 650 ABS	4T	2	...	650	...	EI
SUSUKI	2022	doble propósito	V-STROM 650XT	4T	2	...	650	...	EI
SUSUKI	2022	doble propósito	V-STROM 1050 ABS	4T	4	Ref.	1050	...	EI
SUSUKI	2022	doble propósito	V-STROM 1050 XT	4T	4	Ref.	1050	...	EI
SUSUKI	2021	boulevard	C50	4T	2	...	800	...	EI
SUSUKI	2022	boulevard	M109R	4T	4	Ref.	1800	...	EI
BMW	2022	adventure	G 310 GS	4T	1	Ref.	310	...	EI
BMW	2022	adventure	F 750 GS	4T	2	Ref.	850	...	EI
BMW	2022	adventure	F 850 GS	4T	2	Ref.	850	...	EI
BMW	2022	adventure	F 850 GS Adventure	4T	2	Ref.	850	...	EI
BMW	2022	adventure	F 900 XR	4T	2	Ref.	900	...	EI
BMW	2022	adventure	S 1000 XR	4T	4	Ref.	1000	...	EI
BMW	2022	adventure	R 1250 GS	4T	4	Oil	1250	...	EI
BMW	2022	adventure	R 1250 GS Adventure	4T	2	Oil	1250	...	EI
BMW	2022	roadster	G 310 R	4T	1	Ref.	310	...	EI
BMW	2022	roadster	F 900 R	4T	2	Ref.	900	...	EI
BMW	2022	roadster	S 1000 R	4T	4	Ref.	1000	...	EI
BMW	2021	roadster	R 1250 R	4T	2	Oil	1250	...	EI
BMW	2021	heritage	R nineT	4T	2	Oil	1200	...	EI
BMW	2021	heritage	R nineT Pure	4T	2	Oil	1200	...	EI
BMW	2021	heritage	R nineT Scrambler	4T	2	Oil	1200	...	EI

<b>BMW</b>	2021	heritage	R nineT Urban G/S	4T	2	Oil	1200	...	EI
<b>BMW</b>	2022	heritage	R 18	4T	2	Oil	1800	...	EI
<b>BMW</b>	2022	heritage	R 18 Classic	4T	2	Oil	1800	...	EI
<b>BMW</b>	2022	heritage	R 18 Transcontinental	4T	2	Oil	1800	...	EI
<b>BMW</b>	2022	heritage	R 18 B	4T	2	Oil	1800	...	EI
<b>BMW</b>	2022	urban mobility	C 400 X	4T	1	Ref.	350	...	EI
<b>BMW</b>	2022	urban mobility	C 400 GT	4T	1	Ref.	350	...	EI
<b>BMW</b>	2022	sport	S1000 R	4T	4	Ref.	1000	...	EI
<b>BMW</b>	2022	sport	M 1000 RR	4T	4	Ref.	1000	...	EI
<b>BMW</b>	2021	sport	R 1250 RS	4T	2	Oil	1250	...	EI
<b>BMW</b>	2022	tour	K 1600 GT	4T	6	Ref.	1650	...	EI
<b>BMW</b>	2022	tour	K 1600 GTL	4T	6	Ref.	1650	...	EI
<b>BMW</b>	2022	tour	K 1600 B	4T	6	Ref.	1650	...	EI
<b>BMW</b>	2022	tour	K 1600 B Midnight	4T	6	Ref.	1650	...	EI
<b>BMW</b>	2022	tour	K 1600 GA	4T	6	Ref.	1650	...	EI
<b>BMW</b>	2022	tour	K 1600 GA Midnight	4T	6	Ref.	1650	...	EI
<b>BMW</b>	2021	tour	R 1250 RT	4T	2	Oil	1250	...	EI
<b>VENTO</b>	2020	scooters	Axus 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	scooters	Atom 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	scooters	Ruda 150 F2	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	scooters	Terra 150 RZ	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	scooters	Phantom 150 RX	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	scooters	Streetrod 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	scooters	Hotrod 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	city	ZERO 7	4T	1	Aire	125	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	city	Lithium 150 4.0	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	city	RYDER 150 3.0	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	city	RAPID 125	4T	1	Aire	125	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	city	SPECTRA 5I	4T	1	Aire	125	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	city	WIND 125	4T	1	Aire	125	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	city	URBAN 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	rebels	Rocketman carrera 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	rebels	Rocketman racing 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	rebels	Rocketman sport 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	rebels	Screamer 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>VENTO</b>	2021	rebels	Thriller 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	rebels	Thderstar 250 XL	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>VENTO</b>	2022	rebels	Lucky 7 400	4T	1	Aire	400	CDI	...

VENTO	2022	Urban Sport	CYCLONE 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
VENTO	2021	Urban Sport	CYCLONE 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	TORNADO 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	FALKON 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	FALKON 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	NITROX 200 RZ	4T	1	Aire	200	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	NITROX 250 T2	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	V-RACER 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	Urban Sport	STORM 250	4T	1	Oil	250	CDI	...
VENTO	2021	Urban Sport	HYPER 280	4T	1	Oil	280	CDI	...
VENTO	2022	trabajo	WORKMAN 125	4T	1	Aire	125	CDI	...
VENTO	2022	trabajo	WORKMAN 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
VENTO	2022	trabajo	WORKMAN 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	trabajo	XPRESS 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
VENTO	2022	trabajo	ECLIPSE 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
VENTO	2022	doble propósito	CROSSMAX 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
VENTO	2022	doble propósito	CROSSMAX 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
VENTO	2022	doble propósito	CROSSMAX 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	doble propósito	CROSSMAX 250 PRO	4T	1	Aire	250	CDI	...
VENTO	2022	adventure	GT 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
KURAZAI	2020	trabajo	Atom 150	4T	1	Aire	150	CDI	carb.
KURAZAI	2020	chooper	Bulldog 170	4T	1	Aire	170	CDI	carb.
KURAZAI	2020	doble propósito	Spartha 2	4T	1	Aire	200	CDI	carb.
KURAZAI	2020	Naked	Fighter 250	4T	1	Aire	250	CDI	carb.
KURAZAI	2020	trabajo	Galaxy 110	4T	1	Aire	110	CDI	carb.
KURAZAI	2020	trabajo	Classic 125	4T	1	Aire	125	CDI	carb.
KURAZAI	2020	scooter	Razer 150	4T	1	Aire	150	CDI	carb.
KURAZAI	2020	Naked	Road Runner 150	4T	1	Aire	150	CDI	carb.
KURAZAI	2020	trabajo	Patner 200	4T	1	Aire	200	CDI	carb.
KURAZAI	2020	trabajo	Vision 125	4T	1	Aire	125	CDI	carb.
KURAZAI	2020	scooter	Surfer 125	4T	1	Aire	125	...	carb.
KURAZAI	2020	scooter	Blade2 150	4T	1	Aire	150	CDI	carb.
ITALIKA	2022	trabajo	AT110	4T	1	Aire	110	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	AT110LT	4T	1	Aire	110	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	AT110RT	4T	1	Aire	110	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	AT125RT	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	DT125DELIVERY	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	DT125SPORT	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	DT150	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	DT150CLASICA	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	DT150DELIVERY	4T	1	...	150	...	...

ITALIKA	2022	trabajo	DT150SPORT	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT125	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT125TS	4T	1	...	125	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT150	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT150 HEAVY DUTY	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT150G	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT150GTS	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT150TS	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT180TS	4T	1	Aire	180	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT200TS	4T	1	Aire	200	CDI	...
ITALIKA	2022	trabajo	FT250TS	4T	1	...	250	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	ST90	4T	1	...	90	...	...
ITALIKA	2022	trabajo	XT110	4T	1	Aire	110	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	D125	4T	1	Aire	125	...	...
ITALIKA	2022	motoneta	D125LT	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	D150	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	DS150	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	DS150G	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	MODENA125	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	MODENA175	4T	1	Aire	175	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	VITALIA150	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	motoneta	W150	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	motoneta	WS150SPORT	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	WS175SPORT	4T	1	Aire	175	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	X125	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	X150	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	X150D	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	X150G	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	motoneta	XW150	4T	1	Aire	150	CDI	...
ITALIKA	2022	Línea-Z	125Z	4T	1	...	125	...	...
ITALIKA	2022	Línea-Z	150Z	4T	1	...	150	CDI	...
ITALIKA	2022	Línea-Z	200Z	4T	1	Aire	200	...	...
ITALIKA	2022	Línea-Z	250Z	4T	1	Aire	250	CDI	...
ITALIKA	2022	Deportiva	RT200	4T	1	Aire	200	CDI	...
ITALIKA	2022	Deportiva	RT250	4T	1	Aire	250	CDI	...
ITALIKA	2022	Doble propósito	DM150	4T	1	...	150	...	...
ITALIKA	2022	Doble propósito	DM200	4T	1	...	200	CDI	...
ITALIKA	2022	Doble propósito	DM250	4T	1	Aire	120	CDI	...
ITALIKA	2022	Doble propósito	DM250X	4T	1	Aire	250	CDI	...
ITALIKA	2022	chopper	RC125	4T	1	Aire	125	CDI	...
ITALIKA	2022	chopper	RC150	4T	1	Aire	150	CDI	...



ITALIKA	2022	chopper	RC200	4T	1	Aire	200	CDI	...
ITALIKA	2022	chopper	TC250	4T	1	...	250	...	...
ITALIKA	2022	Adventure	V200	4T	1	Aire	200	CDI	...
ITALIKA	2022	Adventure	VX250	4T	1	Ref.	250	CDI	...
ITALIKA	2022	Vort-X	VORT-X200	4T	1	Aire	200	CDI	...
ITALIKA	2022	Vort-X	VORT-X250	4T	1	Aire	250	CDI	...
ITALIKA	2022	Vort-X	VORT-X300	4T	1	...	300	...	...
ITALIKA	2022	Vort-X	VORT-X300R	4T	1	Ref.	300	CDI	...
ITALIKA	2022	Vort-X	VORT-X650	4T	1	Ref.	650	CDI	...
ITALIKA	2022	café Racer	Blackbird	4T	1	Aire	250	CDI	...
ITALIKA	2022	café Racer	Sptfire	4T	1	Aire	200	CDI	...
ITALIKA	2022	crossover	BIT150	4T	1	Aire	150	CDI	...
BAJAJ	2022	Dominar	Dominar D250	4T	2	...	250	...	...
BAJAJ	2022	Dominar	Dominar D400	4T	2	...	380	...	...
BAJAJ	2022	Boxer	Boxer BM 150	4T	1	...	150	...	...
BAJAJ	2022	Avenger	Avenger cruise 220	4T	1	...	220	...	...
BAJAJ	2022	Platina	Platina 100	4T	1	...	100	...	...
BAJAJ	2022	Platina	Platina 125	4T	1	...	125	...	...
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar RS 200	4T	1	...	200	DTS	...
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar NS 200 FI	4T	1	...	200	DTS	FI
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar NS 200 FI ABS	4T	1	...	200	DTS	FI
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar NS 200	4T	1	...	200	DTS	FI
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar 200 Neon	4T	1	...	200	DTS	...
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar NS 160 TD	4T	1	...	160	...	...
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar 150 Neon	4T	1	...	150	DTS	...
BAJAJ	2022	Pulsar	Pulsar NS 125	4T	1	...	125	DTS	...
DUCATI	2022	DesertX	DesertX	4T	2	Ref.	940	...	EI
DUCATI	2022	Diavel	1260	4T	2	Ref.	1260	...	EI
DUCATI	2022	Diavel	1260 S	4T	2	Ref.	1260	...	EI
DUCATI	2022	Xdiavel	Nera	4T	2	Ref.	1260	...	EI
DUCATI	2022	Xdiavel	XDiavel S	4T	2	Ref.	1260	...	EI
DUCATI	2022	Xdiavel	XDiavel	4T	2	Ref.	1260	...	EI
DUCATI	2022	Hypermortad	950	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Hypermortad	950 SP	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Monster	Monster	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Monster	Monster +	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Monster	1200	4T	2	Ref.	1200	...	EI
DUCATI	2022	Monster	1200 S	4T	2	Ref.	1200	...	EI
DUCATI	2022	streetfighter	Streetfighter V2	4T	2	Ref.	1000	...	EI
DUCATI	2022	streetfighter	Streetfighter V4	4T	4	Ref.	1100	...	EI

DUCATI	2022	streetfighter	Streetfighter V4 S	4T	4	Ref.	1100	...	EI
DUCATI	2022	streetfighter	Streetfighter V4 SP	4T	4	Ref.	1100	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	950	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	950 S Spoked	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	Multistrada V2	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	Multistrada V2 S	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	Multistrada V4	4T	4	Ref.	1160	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	Multistrada V4 S	4T	4	Ref.	1160	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	Multistrada V4 S Sport	4T	4	Ref.	1160	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	Multistrada V4 S pikes peak	4T	4	Ref.	1160	...	EI
DUCATI	2022	Multistrada	1260 enduro	4T	2	Ref.	1250	...	EI
DUCATI	2022	Panigale	V2 Bayliss	4T	2	Ref.	1000	...	EI
DUCATI	2022	Panigale	V2	4T	2	Ref.	1000	...	EI
DUCATI	2022	Panigale	V4	4T	4	Ref.	1100	...	EI
DUCATI	2022	Panigale	V4 S	4T	4	Ref.	1100	...	EI
DUCATI	2022	Panigale	V4 R	4T	4	Ref.	1100	...	EI
DUCATI	2022	Panigale	Superleggera V4	4T	4	Ref.	1100	...	EI
DUCATI	2022	Supersport	supersport 950	4T	2	Ref.	950	...	EI
DUCATI	2022	Supersport	supersport 950 S	4T	2	Ref.	950	...	EI
KAWASAKI	2022	NINJA	NINJA 400 ABS	4T	2	Ref.	400	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	NINJA	NINJA 650 ABS	4T	2	Ref.	650	TCBI	FI
KAWASAKI	2021	NINJA	NINJA 1000 SX	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	NINJA	NINJA ZX-6R ABS	4T	4	Ref.	640	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	NINJA	NINJA ZX-10R ABS	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2021	NINJA	NINJA H2	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	NINJA	NINJA H2 SX	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	NINJA	NINJA H2 R	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	Z400 ABS	4T	2	Ref.	400	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	650 ABS	4T	2	Ref.	650	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	Z900 ABS	4T	4	Ref.	900	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	Z650 RS	4T	2	Ref.	650	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	Z900 RS	4T	4	Ref.	950	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	Z H2	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	Z	Z H2 SE	4T	4	Ref.	1000	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	VULCAN	VULCAN 900 CUSTON	4T	2	Ref.	900	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	VULCAN	VULCAN 900 CLASSIC	4T	2	Ref.	900	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	VULCAN	VULCAN 1700 VOYAGER	4T	2	Ref.	1700	TCBI	FI

KAWASAKI	2022	VULCAN	VULCAN 1700 VAQUERO	4T	2	Ref.	1700	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	KLX	KLX 110 R	4T	1	Aire	110	DC-CDI	carb.
KAWASAKI	2022	KLX	KLX 140 R	4T	1	Aire	140	DC-CDI	carb.
KAWASAKI	2022	KLX	KLX 110 R L	4T	1	Aire	110	DC-CDI	carb.
KAWASAKI	2022	KLX	KLX 230 R	4T	1	Aire	230	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	KLX	KLX 300 R	4T	1	Ref.	300	TCBI	FI
KAWASAKI	2022	KLX	KLX 300	4T	1	Ref.	300	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KX	KX 65	2T	1	Ref.	65	CDI	carb.
KAWASAKI	2021	KX	KX 85	2T	1	Ref.	85	CDI	carb.
KAWASAKI	2022	KX	KX 85 L	2T	1	Ref.	85	CDI	carb.
KAWASAKI	2022	KX	KX 250 X	4T	1	Ref.	250	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KX	KX 450 X	4T	1	Ref.	450	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KX	KX 250	4T	1	Ref.	250	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KX	KX 450	4T	1	Ref.	450	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KLR	KLR 650	4T	1	...	650	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KLR	KLR 650 ABS	4T	1	...	650	CDI	FI
KAWASAKI	2022	KLR	KLR 650 ABS ADVENTURE	4T	1	...	650	CDI	FI
DINAMO	2022	trabajo	FENIX	4T	1	Aire	150	CDI	...
DINAMO	2021	trabajo	MAX-2	4T	1	Aire	175	CDI	...
DINAMO	2022	trabajo	MAX-3	4T	1	...	200	CDI	...
DINAMO	2022	trabajo	U5	4T	1	Aire	150	CDI	...
DINAMO	2021	deportivas	MONKEY	4T	1	Aire	125	CDI	...
DINAMO	2022	deportivas	SPEED FIRE	4T	1	Aire	200	CDI	...
DINAMO	2022	deportivas	SPORT R1	4T	1	Aire	225	CDI	...
DINAMO	2022	deportivas	SPORT R2	4T	1	...	225	CDI	...
DINAMO	2022	deportivas	SUPER SPORT 400	4T	2	Aire	400	CDI	...
DINAMO	2022	clásicas	CHOPPER 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
DINAMO	2022	clásicas	CUSTOM 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
DINAMO	2022	clásicas	KF-RACER	4T	1	Aire	150	CDI	...
DINAMO	2021	clásicas	RAYO 175	4T	1	Aire	175	CDI	...
DINAMO	2021	clásicas	RAYO ELITE	4T	1	Aire	230	CDI	...
DINAMO	2021	clásicas	RENEGADA 250	4T	1	Aire	230	CDI	...
DINAMO	2022	scooter	ADVENTURE ELITE	4T	1	Aire	150	CDI	...
DINAMO	2022	scooter	ALEIN-R	4T	1	Aire	150	CDI	...
DINAMO	2022	doble propósito	SCORPION 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
DINAMO	2022	doble propósito	SCORPION 250	4T	1	Aire	250	CDI	...
DINAMO	2022	Semi-automáticas	Metro	4T	1	Aire	120	CDI	...

<b>TRECK MOTORS</b>	2021	chopper	krathos 250	4T	1	Oil	250	CDI	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	urbana	krathos 200	4T	1	Aire	200	...	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	urbana	Black Wasp 250 Sport	4T	1	Oil	250	...	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	urbana	ZX 125	4T	1	Aire	125	CDI	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	urbana	HUNTER 150 XXL	4T	1	Aire	150	...	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	trabajo	TRAPPER 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	trabajo	RESTREPA 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	trabajo	JIN 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	trabajo	TRAVEL 150	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	doble proposito	MATT 250	4T	1	Aire	150	...	...
<b>TRECK MOTORS</b>	2021	doble proposito	HARPER 250	4T	1	Aire	150	..	...
<b>KTM</b>	2022	MX	450 SX-F	4T	1	...	400	...	EI
<b>KTM</b>	2022	MX	350 SX-F	4T	1	...	350	...	EI
<b>KTM</b>	2022	MX	250 SX-F	4T	1	...	250	...	...
<b>KTM</b>	2022	MX	250 SX	2T	1	...	250	...	...
<b>KTM</b>	2022	MX	150 SX	2T	1	...	150	...	...
<b>KTM</b>	2022	MX	125 SX	2T	1	...	125	...	...
<b>KTM</b>	2022	MX	85 SX 19/16	2T	1	...	85	...	...
<b>KTM</b>	2022	MX	85 SX 17/14	2T	1	...	85	...	...
<b>KTM</b>	2022	Enduro	500 EXC-F	4T	1	...	500	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	450 EXC-F	4T	1	Ref.	450	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	350 EXC-F	4T	1	...	350	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	250 EXC-F	4T	1	...	250	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	350 EXC-F SIX DAYS	4T	1	...	350	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	350 EXC- F FACTORY EDITION	4T	1	...	350	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	350 XC-F	4T	1	...	350	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	250 XC-F	4T	1	...	250	...	...
<b>KTM</b>	2022	Enduro	150 EXC TPI	2T	1	...	150	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	300 EXC TPI SIX DAYS	2T	1	...	300	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	300 XC-W TPI ERZBERGRODEO	2T	1	...	300	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	300 XC-W TPI	2T	1	...	300	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	250 XC-W TPI	2T	1	...	250	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Enduro	150 XC-W TPI	2T	1	...	150	...	EI
<b>KTM</b>	2022	Trevel	1290 SUPER ADVENTURE S	4T	2	Ref.	1300	...	...

<b>KTM</b>	2022	Trevel	890 ADVENTURE R	4T	2	Ref.	890	...	...
<b>KTM</b>	2022	Trevel	890 ADVENTURE	4T	2	Ref.	890	...	...
<b>KTM</b>	2022	Trevel	690 ENDURO R	4T	1	Ref.	690	...	...
<b>KTM</b>	2022	Trevel	390 ADVENTURE	4T	1	Ref.	390	...	El
<b>KTM</b>	2022	Trevel	250 ADVENTURE	4T	1	Ref.	250	...	...
<b>KTM</b>	2022	Naked Bike	1290 SUPER DUKE R	4T	2	Ref.	1300	...	...
<b>KTM</b>	2022	Naked Bike	890 DUKE GP	4T	2	Ref.	890	...	...
<b>KTM</b>	2022	Naked Bike	890 DUKE R	4T	2	Ref.	890	...	...
<b>KTM</b>	2022	Naked Bike	890 DUKE	4T	2	Ref.	890	...	...
<b>KTM</b>	2022	Naked Bike	390 DUKE	4T	1	Ref.	390	...	FI
<b>KTM</b>	2021	Naked Bike	250 DUKE	4T	1	Ref.	250	...	El
<b>KTM</b>	2021	Naked Bike	200 DUKE	4T	1	Ref.	200	...	...
<b>KTM</b>	2022	Supersport	RC 390	4T	1	Ref.	390	...	...
<b>KTM</b>	2022	Supersport	RC 200	4T	1	Ref.	200	...	...
<b>TVS</b>	2020	...	RR 310	4T	1	Ref.	310	...	El
<b>TVS</b>	2020	...	RTR 200	4T	1	Oil	200	IDI	carb.
<b>TVS</b>	2020	...	RTR 160	4T	1	Aire	160	...	...
<b>TVS</b>	2020	...	HLX 150	4T	1	Aire	150	TCI	...
<b>TVS</b>	2019	...	XL 100	4T	1	Aire	100	...	...
<b>KEEWAY MOTOS</b>	2022	custom	SUPERLIGHT 200	4T	1	Ref.	200	CDI	carb.
<b>KEEWAY MOTOS</b>	2022	cusom	PATAGONIAN EAGLE 250	4T	2	Aire	250	CDI	carb.
<b>KEEWAY MOTOS</b>	2022	custom	N LIGHT 202	4T	1	...	200	CDI	carb.
<b>CARABELA</b>	2022	crucero	Blaster 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	crucero	Dirty Jack	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	deportiva	R8S	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	deportiva	Yakusa 200	4T	1	Aire	200	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	doble propósito	Arena	4T	1	Aire	100	...	...
<b>CARABELA</b>	2022	doble propósito	GX 250cc	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	doble propósito	Route 125	4T	1	Aire	125	...	...
<b>CARABELA</b>	2022	doble propósito	Route Sonora	4T	1	Aire	200	...	...
<b>CARABELA</b>	2022	street	R&s	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	street	RZ 200	4T	1	Aire	200	...	...
<b>CARABELA</b>	2022	street	VECTOR	4T	1	Aire	250	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	Motoneta	Coyote	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	Motoneta	GREASER	4T	1	Aire	150	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	Motoneta	Surfer	4T	1	Aire	125	CDI	...
<b>CARABELA</b>	2022	trabajo	Bat	4T	1	Aire	150	...	...
<b>CARABELA</b>	2022	trabajo	Kronos	4T	1	Aire	150	...	...
<b>CARABELA</b>	2022	trabajo	KRONOS ADVNCED	4T	1	Aire	150	...	...

<b>CARABELA</b>	2022	semiautomática	C125	4T	1	Aire	125	CDI	...
-----------------	------	----------------	------	----	---	------	-----	-----	-----

Nota: # C = número de cilindros; Enf. = Enfriamiento; Ig. = Ignición; Ali. = Alimentación; Ref. = Refrigeración por líquido; Oil = Lubricante; carb. = carburador.

## Apéndice B: Diseño del SEMAV

El Seguidor de Manejo Vehicular, SEMAV, fue diseñado por el Doctor Roberto Giovani Ramírez Chavarría del Instituto de Ingeniería de la UNAM. El objetivo del SEMAV es monitorear datos de localización y velocidad segundo a segundo. El circuito fue modelado en PROTEUS. En físico, el circuito del SEMAV es una placa fenólica de 80mm X 56mm (PCB), donde se conectan las componentes del mismo. La PCB se modelo también en PROTEUS y posteriormente se manufacturo en CNC.

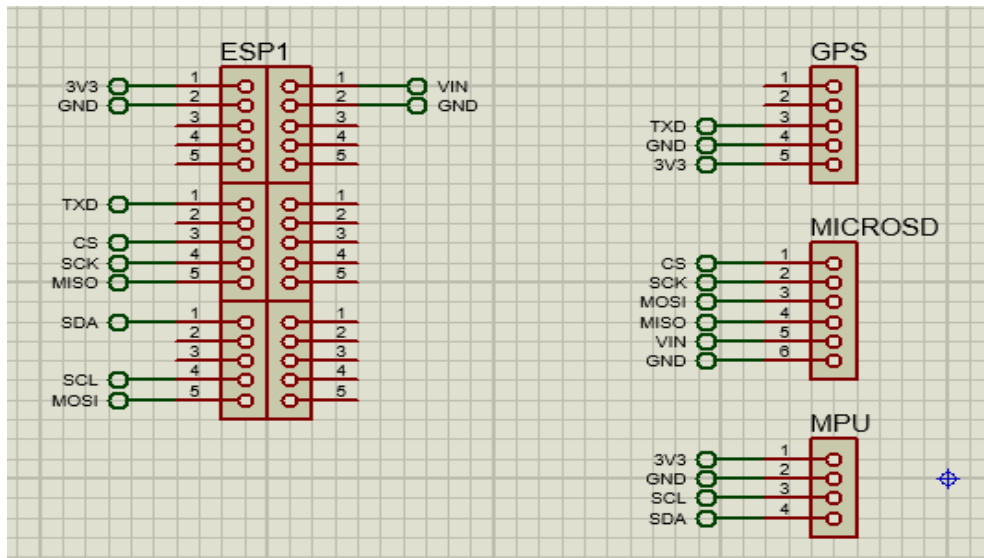


Figura B1: Circuito del SEMAV en PROTEUS.

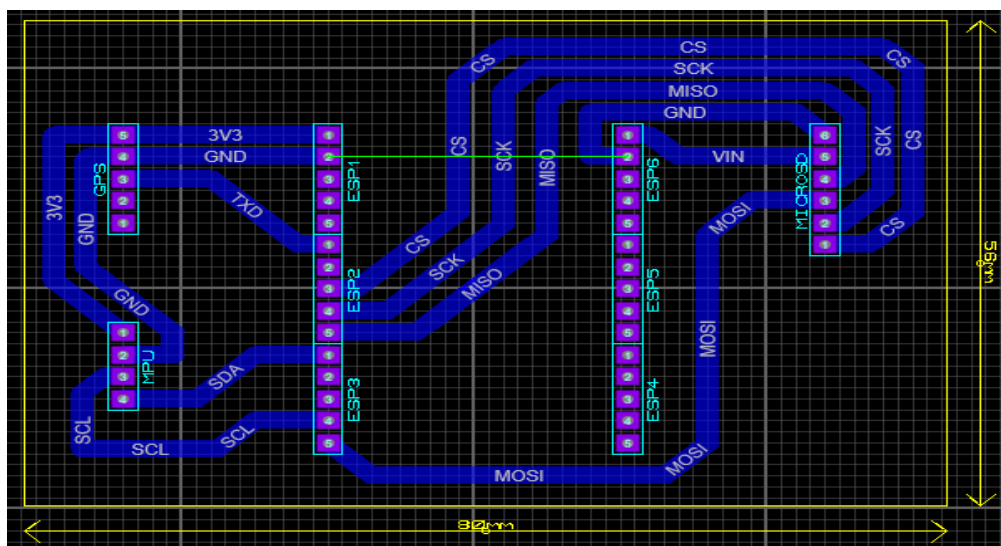


Figura B2: Diseño de PCB en PROTEUS.

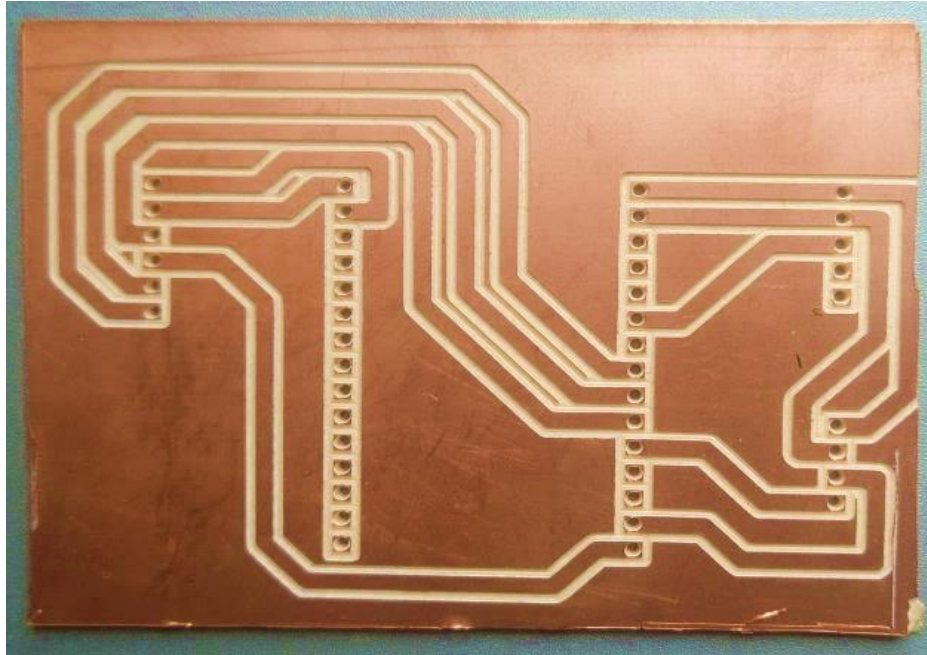


Figura B3: PCB manufacturada en placa fenólica.

La carcasa del SEMAV fue fabricada en PLA negro por medio de una impresora 3D Anet A8 Plus. El diseño de la carcasa corrió por cuenta propia del autor en el software FUSION 360. Luego el código para la impresora fue creado a partir del software Ultimaker Cura.

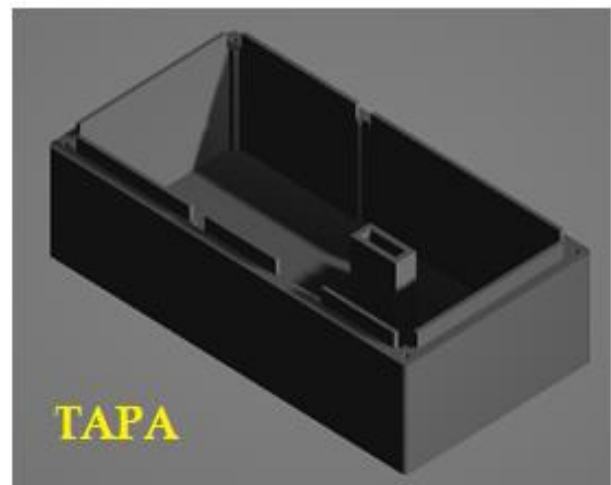
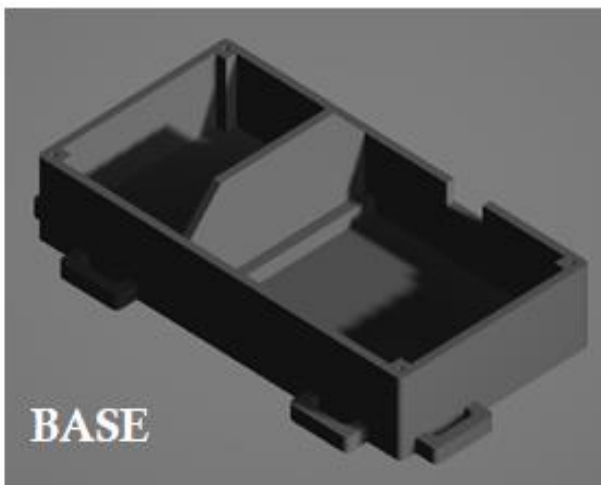


Figura B4: Modelos 3D de la carcasa del SEMAV.



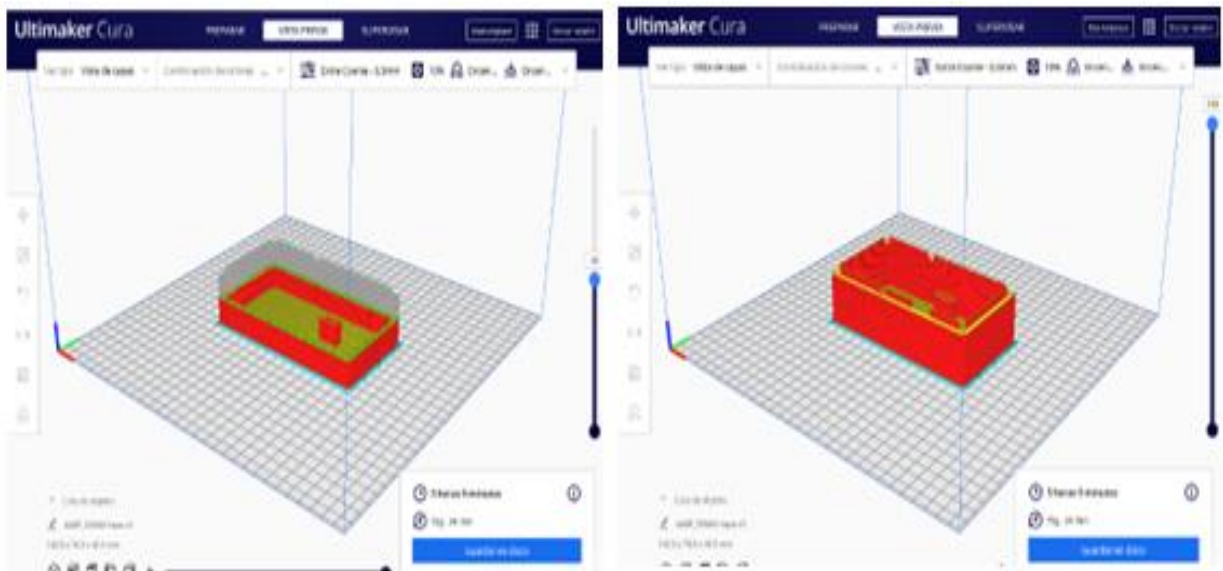


Figura B5: Vista previa de impresión de la carcasa en Ultimaker Cura

## Apéndice C: Folleto con instructivo

**UNICE**

La Unidad de Investigación de Control de Emisiones es un grupo de la Facultad de Ingeniería conformado por estudiantes, profesores e investigadores, que analizan soluciones para que los vehículos automotores mitiguen al máximo su contaminación.

Desarrollan dispositivos y modelos que permiten medir las emisiones contaminantes para encontrar alternativas de control y explorar nuevas formas de mejorar los procesos de combustión



**CONTACTOS**

Dr. Rogelio Gonzales Director rog1950@hotmail.com	M.I. Eduardo Cedillo Investigador quetzalpixqui@tuta.io
Isaac Guerrero Tesisista cortocircuito99@hotmail.com	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

UNICE te invita a participar en el proyecto:

# CICLOS DE MANEJO

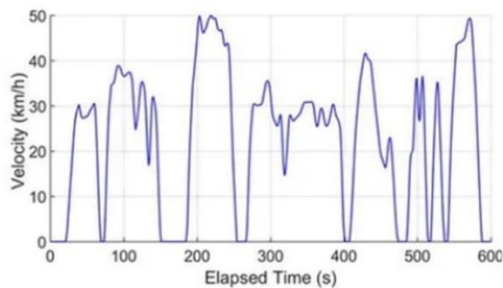
---

**SÍNTESIS PARA MOTOCICLETAS**



### CICLO DE MANEJO

Es la curva de un diagrama tiempo—velocidad que representa los periodos de aceleración y frenado que comúnmente hacemos al transitar con algún tipo de vehículo (camión, autobús, automóvil o ciclomotor) en las distintas autovías (autopista, avenida y calle) de una región geográfica.



Con esta información, y con los datos técnicos recopilados de motocicletas más comunes que transitan en el Valle de México nos será posible calcular la masa real de gases contaminantes generados por ellas; pero también tiene aplicaciones para conocer potencia, consumo de combustible y par de motocicletas mientras conducen.

### PROCEDIMIENTO

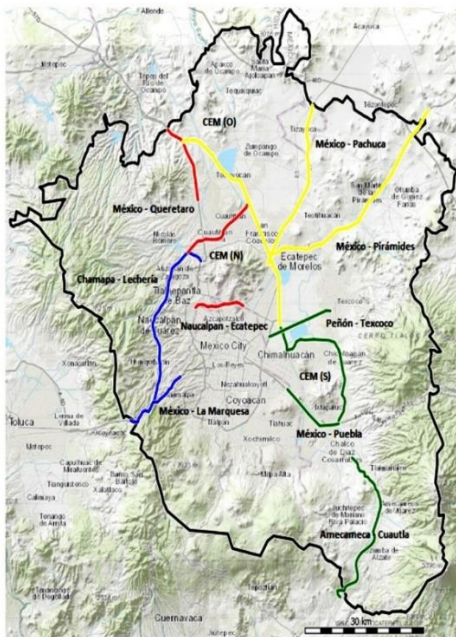
1. Recolección de rutinas de manejo de XX motocicletas divididas en tres grupos definidos por su tamaño de motor.
2. Síntesis de un ciclo de manejo para cada grupo usando los datos recolectados.
3. Cálculo de emisiones de motocicletas simulando la conducción con los ciclos creados.

### MUESTREO

Los participantes seleccionados deben circular dentro del Valle de México con el dispositivo SEMAV que monitoreará sus rutinas de manejo. Para los participantes con motocicletas con cilindrada mayor o igual a los 250 cc será requisito adicional que usen en su rutina alguna de las siguientes autopistas:

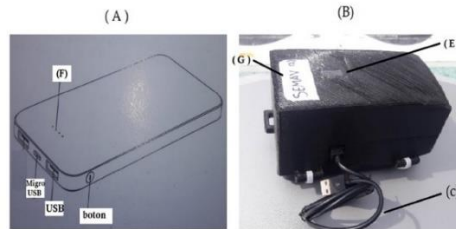
Región	Autopista dentro de la ZMVM	
Oriente	1	México-Pachuca
	2	México – Pirámides - Tulancingo
	3	Círculo Exterior Mexiquense (O)
Sur	4	Peñón - Texcoco
	5	México – Puebla – Amecameca - Cuautla
	6	Círculo Exterior Mexiquense (S)
Poniente	7	Chamapa - Lechería
	8	México – La Marquesa
Norte	9	México - Querétaro
	10	Naucalpan - Ecatepec
	11	Círculo Exterior Mexiquense (N)

## MAPA DEL VALLE DE MÉXICO Y SUS AUTOPISTAS



## INSTRUCTIVO USO DEL SEMAV

El SEMAV (Seguidor de Manejo Vehicular) es el dispositivo que los participantes usarán para el monitoreo de sus rutinas de manejo.



- (A) Batería
  - (B) SEMAV
  - (C) Cable de alimentación del SEMAV
  - (D) Cargador de la batería (No esta en la imagen)
  - (E) Ventanilla
  - (F) Indicador de batería
  - (G) Sello protector
- Botón: Se utiliza para ver el nivel de carga.  
 USB: Conexión entre el SEMAV y su batería.  
 Micro USB: Entrada de cargador de batería.

1. Asegurase de que la batería esta cargada. (ver sección de carga de batería).

2. Fije el SEMAV con ayuda de la red al asiento de su motocicleta o en el tanque.



3. Conecte el cable de alimentación (C) a la entrada USB de la batería. Automáticamente el SEMAV encenderá una luz roja que podrás ver en la ventanilla.

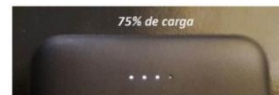
4. Esperamos a que encienda una luz azul y podrá comenzar su viaje. Si no encendiera a los 5 min puede iniciar el viaje, cuando haya buena recepción se encenderá de azul



5. Una vez llegue a su destino desconecte el cable (C) de la batería y el SEMAV se apagará automáticamente.

## INSTRUCTIVO PARA CARGA DE BATERÍA

1. Nos aseguramos que la batería este desconectada de cualquier cable y procedemos a presionar el único botón que esta tiene en su costado.
2. El indicador de batería (F) encenderá. Si los 4 focos están encendidos significara que la batería tienen entre 100% y 75% de carga, si sólo encienden 3 de 75% a 50% de carga, con dos entre 50% y 25% de carga, y con uno menos del 25% de carga.



3. Siempre hay que intentar que la batería no baje del 50% de su carga (dos focos encendidos). Para cargarla basta con conectar la batería al cargador y el cargador a algún enchufe de casa o de trabajo, cuidando que la batería no este conectada al SEMAV.

4. Una vez la batería este cargada (4 focos encendidos) hay que desconectarla.

Advertencias y precauciones: Nunca desconecte el cable negro (C) del SEMAV, no moje ni golpee el SEMAV ni su batería. Desconecte la batería del SEMAV siempre que termine un viaje para evitar que este tome datos innecesarios. Guarde el dispositivo en un lugar no expuesto al sol, no intente remover el sello de protección (v), ni abrir la carcasa del SEMAV. Si quiere cargar la batería con un cargador diferente al entregado, asegúrese que este sea de 5 Volts y 2 A. No intente cargar la batería con el SEMAV conectado a ella.

### Apéndice D: Datos del CM

			47	0	0	95	0	0
0	0	0	48	0	0	96	0	0
1	7.46	0	49	0	0	97	0	0
2	8.41	0	50	0	0	98	0	0
3	9.17	-2.33	51	0	0	99	0	0
4	10.5	-1.49	52	0	0	100	0	0
5	16.09	-1.07	53	0	0	101	0	0
6	16.35	-1.25	54	0	0	102	0	0
7	20.13	-1.87	55	0	0	103	0	0
8	22.96	-0.82	56	6.07	0	104	0	0
9	23.82	-1.5	57	9.72	0	105	5.46	0
10	23.59	-1.05	58	12.98	0	106	6.95	0
11	24.69	-2.99	59	16.22	0	107	9.37	-1.64
12	26.95	-3.37	60	17.89	0	108	11.39	2.33
13	25.26	-2.33	61	12.82	0	109	8.15	0
14	17.78	-3.15	62	10.35	0	110	13.5	1.64
15	17	-2.1	63	12.06	0	111	13.85	0
16	13.59	-2.1	64	16.65	0	112	12.19	0
17	9.33	-4.9	65	18.78	0	113	12.59	-1.25
18	12.98	-3.15	66	21.43	0	114	0	0
19	12.26	-4.35	67	23.82	0	115	0	0
20	17.5	-5.24	68	26.35	0	116	0	0
21	14.87	-4.27	69	29.72	0	117	0	0
22	20.58	-5.51	70	28.97	0	118	0	0
23	27.82	-5.1	71	29.8	0	119	0	0
24	24.09	-3.71	72	30.84	0	120	0	0
25	26.97	-4.09	73	28.98	1.46	121	0	0
26	25.13	-3.33	74	26.09	2.13	122	0	0
27	23.28	-4.98	75	23.93	1.64	123	0	0
28	22.11	-4.16	76	22.06	2.02	124	0	0
29	22.22	-5.81	77	20.65	1.03	125	0	0
30	20.59	-4.67	78	19	0	126	0	0
31	20.5	-3.74	79	18.11	0	127	0	0
32	17.41	-4.16	80	16.95	0	128	0	0
33	18.3	-3.01	81	15.52	0	129	0	0
34	19.13	-4.16	82	15.59	0	130	0	0
35	17.32	-3.74	83	17.15	0	131	0	0
36	0	0	84	16.41	0	132	0	0
37	0	0	85	0	0	133	0	0
38	0	0	86	0	0	134	7.06	0
39	0	0	87	0	0	135	14.72	-1.45
40	0	0	88	0	0	136	18.61	-1.25
41	0	0	89	0	0	137	19.52	-0.96
42	0	0	90	0	0	138	22.24	-1.01

43	0	0	91	0	0	139	22.98	0
44	0	0	92	0	0	140	22.76	0
45	0	0	93	0	0	141	23.56	0
46	0	0	94	0	0	142	22.32	0
143	20.83	0	193	0	0	243	0	0
144	20.21	0	194	0	0	244	0	0
145	17.83	0	195	0	0	245	0	0
146	22.43	0	196	0	0	246	0	0
147	24.41	0	197	0	0	247	0	0
148	24.41	0	198	0	0	248	0	0
149	22.91	0.85	199	0	0	249	0	0
150	21.74	0.84	200	0	0	250	0	0
151	17.95	2.1	201	0	0	251	0	0
152	20.28	1.01	202	0	0	252	0	0
153	17.41	2.02	203	0	0	253	0	0
154	19.78	1.72	204	0	0	254	0	0
155	15.95	2.57	205	0	0	255	0	0
156	19.69	1.72	206	0	0	256	0	0
157	23.72	2.13	207	5.8	-4.82	257	0	0
158	27.02	2.29	208	7.98	0	258	0	0
159	28.17	1.94	209	11.02	-2.41	259	6.85	0
160	28.65	1.36	210	13.3	-3.62	260	8.89	0
161	0	0	211	14.48	-1.25	261	12.74	2.57
162	0	0	212	15.95	-1.21	262	14.33	1.29
163	0	0	213	15.85	0	263	15.61	1.03
164	0	0	214	14.33	-1.49	264	16.28	2.57
165	0	0	215	14.08	0	265	14.08	1.42
166	0	0	216	12.87	0	266	0	0
167	0	0	217	12.45	-1.49	267	0	0
168	0	0	218	14.65	0	268	0	0
169	0	0	219	14.67	0	269	0	0
170	0	0	220	14.02	-1.49	270	0	0
171	0	0	221	15.83	-1.21	271	0	0
172	0	0	222	16.22	0	272	0	0
173	0	0	223	16.35	-1.21	273	0	0
174	0	0	224	14.06	0	274	0	0
175	0	0	225	17.87	0	275	0	0
176	0	0	226	20.22	-0.92	276	0	0
177	0	0	227	20.87	0.92	277	0	0
178	0	0	228	19.33	1.84	278	0	0
179	0	0	229	18.24	2.14	279	0	0
180	0	0	230	17.45	3.02	280	0	0
181	5.72	0	231	18.33	2.76	281	0	0
182	7.78	0	232	19.22	3.2	282	0	0
183	9.61	1.45	233	18.61	2.5	283	0	0
184	11.09	0	234	17.15	1.21	284	0	0

185	10.33	2.41	235	19.54	2.1	285	0	0
186	12.11	0	236	17.28	2.5	286	5.82	0
187	12.48	2.5	237	21.76	2.91	287	9.45	0
188	0	0	238	21.39	3.74	288	14.41	2.41
189	0	0	239	0	0	289	16.96	2.14
190	0	0	240	0	0	290	18.65	1.21
191	0	0	241	0	0	291	16.8	2.64
192	0	0	242	0	0	292	12.54	1.36
293	19.58	2.14	343	0	0	393	0	0
294	22.76	0	344	0	0	394	0	0
295	0	0	345	0	0	395	0	0
296	0	0	346	0	0	396	0	0
297	0	0	347	0	0	397	0	0
298	0	0	348	0	0	398	0	0
299	0	0	349	0	0	399	0	0
300	0	0	350	0	0	400	0	0
301	0	0	351	0	0	401	0	0
302	0	0	352	0	0	402	0	0
303	0	0	353	0	0	403	0	0
304	0	0	354	0	0	404	0	0
305	0	0	355	0	0	405	0	0
306	0	0	356	7.48	0	406	0	0
307	0	0	357	12.3	0	407	0	0
308	0	0	358	19.87	-0.91	408	0	0
309	0	0	359	0	0	409	6.82	0
310	0	0	360	0	0	410	9.37	0
311	0	0	361	0	0	411	11.22	0
312	0	0	362	0	0	412	14.15	0
313	0	0	363	0	0	413	18.69	0
314	0	0	364	0	0	414	19.48	0
315	0	0	365	0	0	415	18.3	0
316	7.28	0	366	0	0	416	0	0
317	8.74	0	367	0	0	417	0	0
318	13.52	0	368	0	0	418	0	0
319	16.19	0	369	0	0	419	0	0
320	18.46	0	370	0	0	420	0	0
321	21.5	0	371	0	0	421	0	0
322	22.84	0	372	0	0	422	0	0
323	23.82	0	373	0	0	423	0	0
324	24.85	0	374	0	0	424	0	0
325	25.54	0	375	0	0	425	0	0
326	25.98	0	376	0	0	426	0	0
327	25.3	0	377	0	0	427	0	0
328	23.43	0	378	0	0	428	0	0
329	22.04	0	379	5.94	-3.04	429	0	0
330	21.67	0	380	8.78	-3.68	430	0	0

331	23.04	0	381	10.46	-2.51	431	0	0
332	25	0	382	13.24	2	432	0	0
333	26.35	0	383	15.52	1.5	433	0	0
334	26.52	-0.82	384	14.28	2.84	434	0	0
335	24.84	-2.33	385	11.35	2	435	0	0
336	0	0	386	15.22	1.21	436	5.85	3.74
337	0	0	387	15.61	-1.87	437	6.93	1.72
338	0	0	388	14.83	-3.41	438	7.95	3.43
339	0	0	389	0	0	439	8.15	2.41
340	0	0	390	0	0	440	8.93	1.87
341	0	0	391	0	0	441	0	0
342	0	0	392	0	0	442	0	0
443	0	0	493	0	0	543	0	0
444	0	0	494	0	0	544	0	0
445	0	0	495	0	0	545	0	0
446	0	0	496	8.48	-1.79	546	0	0
447	0	0	497	14.13	0	547	0	0
448	0	0	498	15	2.41	548	0	0
449	0	0	499	17.09	0	549	0	0
450	0	0	500	15.5	0	550	0	0
451	0	0	501	18.35	1.49	551	0	0
452	0	0	502	19.28	0.92	552	0	0
453	0	0	503	22.09	1.49	553	0	0
454	0	0	504	24.48	2.13	554	0	0
455	0	0	505	25.39	1.33	555	0	0
456	0	0	506	25.85	-0.53	556	0	0
457	0	0	507	26.95	-1.16	557	0	0
458	0	0	508	26	0.75	558	0	0
459	0	0	509	23.91	0.71	559	0	0
460	6.57	0	510	19.45	-0.92	560	0	0
461	6.37	0	511	16.13	0	561	5.76	-3.75
462	7.28	0	512	14.78	0	562	6.3	-1.87
463	7.24	0	513	11.89	0	563	7.93	0
464	9.67	0	514	0	0	564	10.43	-1.72
465	10.96	-1.37	515	0	0	565	11.13	-1.17
466	12.72	0	516	0	0	566	12.72	-1.25
467	15.89	1.01	517	0	0	567	13.5	-0.86
468	17.39	0	518	0	0	568	16.22	-1.42
469	20.17	0	519	0	0	569	12.24	-1.64
470	21.82	0	520	0	0	570	15.13	0
471	24.82	0	521	0	0	571	12.56	0
472	28.26	0	522	0	0	572	12.67	0
473	30.65	0	523	0	0	573	13.52	1.07
474	30.87	0	524	0	0	574	14.17	0
475	29.58	0	525	0	0	575	14	0
476	0	0	526	0	0	576	12.41	0

477	0	0	527	0	0	577	11.74	-1.25
478	0	0	528	0	0	578	11.06	0
479	0	0	529	0	0	579	10.54	0
480	0	0	530	0	0	580	8.82	0
481	0	0	531	0	0	581	7.96	0
482	0	0	532	0	0	582	0	0
483	0	0	533	0	0	583	0	0
484	0	0	534	5.78	0	584	0	0
485	0	0	535	6.32	0	585	0	0
486	0	0	536	7.3	0	586	0	0
487	0	0	537	10.2	0	587	0	0
488	0	0	538	9.93	0	588	0	0
489	0	0	539	10.3	0	589	0	0
490	0	0	540	10.95	0	590	0	0
491	0	0	541	0	0	591	0	0
492	0	0	542	0	0	592	0	0
593	0	0	643	0	0	693	0	0
594	0	0	644	0	0	694	0	0
595	0	0	645	0	0	695	0	0
596	0	0	646	0	0	696	0	0
597	0	0	647	0	0	697	0	0
598	0	0	648	0	0	698	0	0
599	0	0	649	0	0	699	0	0
600	0	0	650	0	0	700	0	0
601	0	0	651	0	0	701	0	0
602	0	0	652	0	0	702	0	0
603	6.04	3.74	653	0	0	703	0	0
604	7.57	0	654	0	0	704	0	0
605	7.59	0	655	0	0	705	0	0
606	11.87	1.49	656	0	0	706	0	0
607	12.61	2.41	657	0	0	707	0	0
608	10.89	2.97	658	0	0	708	0	0
609	8.67	3.74	659	0	0	709	0	0
610	12.33	1.45	660	0	0	710	0	0
611	0	0	661	0	0	711	0	0
612	0	0	662	7.54	0	712	9.19	0
613	0	0	663	10.63	0.61	713	13.67	0
614	0	0	664	11.57	0	714	21.34	0
615	0	0	665	12.19	0	715	25.91	0
616	0	0	666	16.06	0	716	28.48	0
617	0	0	667	14.83	-2.41	717	30.3	0
618	0	0	668	0	0	718	31.98	0
619	0	0	669	0	0	719	32.34	0
620	0	0	670	0	0	720	34.63	0
621	0	0	671	0	0	721	34.52	0
622	0	0	672	0	0	722	35.71	0



623	0	0	673	0	0	723	34.5	0
624	0	0	674	0	0	724	28.8	0
625	0	0	675	0	0	725	27.48	0
626	0	0	676	0	0	726	23.95	0
627	0	0	677	0	0	727	23.87	0
628	0	0	678	0	0	728	20.63	0
629	0	0	679	0	0	729	17.15	0
630	0	0	680	0	0	730	16.39	0
631	5.67	0	681	0	0	731	14.56	0
632	9.45	-1.92	682	0	0	732	11.15	0
633	11.8	-3.74	683	0	0	733	8.06	0
634	14.41	-1.64	684	0	0	734	9.5	0
635	9.41	-1.72	685	0	0	735	8.8	0
636	10.48	-1.72	686	0	0	736	10.39	0
637	11.56	-2.57	687	0	0	737	12.5	0
638	11.19	-1.72	688	5.63	0	738	11.72	0
639	9.33	0	689	11.54	-1.72	739	13.2	0
640	7.33	-1.72	690	14.58	0	740	13.59	0
641	9.11	-2.33	691	20.74	0	741	15.83	0
642	0	0	692	0	0	742	21.8	0
743	28.85	0	793	39.93	0	843	0	0
744	37.1	0	794	35.39	0	844	0	0
745	36.98	0	795	34.48	0	845	0	0
746	42.39	0	796	38.19	0	846	0	0
747	43.73	0	797	36.17	0	847	0	0
748	47.45	0	798	37.69	-0.47	848	0	0
749	45.91	0	799	37.84	-2.05	849	0	0
750	48.04	0	800	36.63	-2.02	850	0	0
751	49.74	0	801	33.34	-0.64	851	0	0
752	49.06	0	802	30.58	0	852	0	0
753	47.65	0	803	26.56	0	853	0	0
754	44.17	0	804	22	0	854	0	0
755	38.37	0	805	15.95	0	855	0	0
756	37.52	0	806	12.83	0	856	0	0
757	35.73	0	807	13.45	0	857	6.89	0
758	35.26	0	808	16.82	0	858	7.22	0
759	35.19	0	809	15.85	0	859	7.8	0
760	32.89	0	810	17.41	0	860	9.3	0
761	33.82	0	811	17.87	0	861	11.61	0
762	38.87	0	812	17.8	1.01	862	12.93	0
763	41.02	0	813	20.93	0.75	863	13.72	0
764	40.97	0	814	16.56	1.32	864	14.19	0
765	38.56	0	815	15.15	1.21	865	15.89	0
766	36.21	0	816	12.35	2.81	866	15.2	0
767	36.08	0	817	11.09	1.32	867	17.5	0
768	31.41	0	818	9.59	0.75	868	19.8	0

769	29.67	0	819	7.91	1.49	869	22.56	0
770	26.47	0	820	9.19	0	870	24.32	0
771	22.35	0	821	9.52	0	871	26.47	0
772	20.5	0	822	8.78	0	872	27.3	0
773	21.72	0	823	5.87	0	873	28.35	0
774	24.02	0	824	5.83	0	874	29.24	0.68
775	27.3	0	825	5.85	0	875	30	0.66
776	26.61	-1.25	826	9.37	-1.01	876	29.69	1.32
777	26.67	-1.28	827	13.19	-1.05	877	29.21	0.77
778	29.5	-1.12	828	11.65	0	878	27.67	0
779	32.67	-0.52	829	11.45	0	879	28.59	0
780	33.89	0	830	13.48	1.25	880	29.5	-0.77
781	36.69	0.46	831	15.39	1.25	881	27.97	-0.66
782	35.78	1.03	832	16.71	0	882	27.28	0
783	33.76	1.03	833	16.08	0	883	26.48	-0.77
784	34	1.03	834	18.46	0	884	25.39	0
785	36.73	0	835	18.35	0	885	23.93	-0.86
786	33.69	0	836	19.78	0	886	21.89	0
787	35.73	0	837	0	0	887	20.83	0
788	37.47	0	838	0	0	888	20.13	-1.07
789	36.85	0	839	0	0	889	20.22	0
790	36.63	0	840	0	0	890	21.93	0
791	36.47	0	841	0	0	891	19.65	0
792	37.98	0	842	0	0	892	20.45	0
893	21.06	0	943	26.84	0	993	24.04	-0.8
894	21.84	0	944	23.39	0	994	24.37	-1.42
895	21.41	2.57	945	19.74	0	995	23.84	-0.8
896	22.76	1.79	946	16.24	0	996	21	-0.8
897	23.58	1.54	947	0	0	997	15.3	0
898	21.3	2.13	948	0	0	998	10.33	0
899	19.85	0.9	949	0	0	999	8.61	0
900	18.17	0	950	0	0	1000	7.93	0
901	17.63	0	951	0	0	1001	6.8	0
902	16.98	0	952	0	0	1002	5.72	0
903	20.06	0	953	0	0	1003	6.89	0
904	20.37	0	954	0	0	1004	9.63	0
905	23.21	0	955	0	0	1005	12.67	0
906	24.26	0	956	0	0	1006	13.65	0
907	24.22	0	957	0	0	1007	14.58	0
908	25.5	0	958	0	0	1008	14.11	0
909	29.72	0	959	0	0	1009	14.11	0
910	32.24	0	960	0	0	1010	7.17	0
911	33.95	0	961	0	0	1011	14.96	0
912	34.84	-0.59	962	0	0	1012	14.85	0
913	32.65	-0.59	963	0	0	1013	15.74	0
914	28.02	0	964	0	0	1014	15.06	0

915	28.61	0	965	0	0	1015	19.98	0
916	26.76	0	966	0	0	1016	16.91	0
917	25.22	-0.75	967	8.52	0	1017	15.15	0
918	25	0	968	8.76	0	1018	17.3	0
919	25.21	-0.77	969	9.48	0	1019	23.21	0
920	22.74	0	970	9.8	0	1020	26.67	0
921	22.24	-0.9	971	11.52	0	1021	26.24	0.8
922	21.58	0	972	14.06	0	1022	25.06	1.61
923	23.11	0.9	973	12.67	0	1023	27.82	1.42
924	21.87	1.72	974	17.09	0	1024	30.69	1.81
925	17.91	1.07	975	20.39	0	1025	35.34	0.55
926	13.54	1.32	976	20.33	0	1026	33.58	0
927	10.69	1.72	977	22.09	0	1027	30.95	0
928	8.72	2.73	978	23.13	1.84	1028	32.6	0
929	9.85	0	979	21.93	1.72	1029	31.72	0
930	9.32	0	980	21.04	1.01	1030	30.5	0
931	10.28	0	981	19.52	2.41	1031	28.09	0
932	9.17	0	982	19.96	0.86	1032	27.74	0
933	9.11	-2.41	983	21.09	0	1033	32.47	0
934	14.43	0	984	19.48	0	1034	35.15	0
935	19.71	-0.86	985	19.98	0	1035	36.08	0
936	22.45	0	986	19.61	0	1036	36.11	0
937	25.08	0	987	14.24	-1.21	1037	37.32	0
938	27.13	0	988	16.28	0	1038	35.76	0
939	29.21	0	989	17.21	-1.21	1039	34.5	0
940	29.65	0	990	20.13	-0.92	1040	29.76	0
941	29.45	0	991	22.15	-1.01	1041	21.78	0
942	27.84	0	992	22.39	-0.8	1042	18.61	0
1043	18.22	0	1093	23.74	0.83	1143	19.15	0
1044	17.96	0	1094	25.21	0.74	1144	21.74	0.77
1045	23.8	0	1095	27.04	0	1145	20.35	0
1046	24.71	0	1096	27.04	0.67	1146	21	1.42
1047	29.82	0	1097	26.11	0.74	1147	24.67	1.18
1048	32.67	0	1098	27.19	0.67	1148	25.19	0
1049	31.35	0	1099	27.19	0.8	1149	28.32	0
1050	31.45	0	1100	26.78	1.42	1150	30.47	-1.1
1051	29.45	0	1101	26.72	0	1151	28.59	-0.6
1052	0	0	1102	24.8	1.42	1152	28.19	-1.34
1053	0	0	1103	24.91	0.86	1153	27.32	-0.71
1054	0	0	1104	25.32	0.8	1154	26.84	-0.67
1055	0	0	1105	25.71	0	1155	25.98	-0.8
1056	0	0	1106	25.65	-0.68	1156	24.56	-1.49
1057	0	0	1107	26.72	-1.42	1157	19.76	0.74
1058	0	0	1108	26.21	-0.74	1158	20.56	0
1059	0	0	1109	25.37	-0.75	1159	21.63	0
1060	0	0	1110	24.71	-0.8	1160	21.28	0.92

1061	0	0	1111	23.24	-0.74	1161	20.17	0.92
1062	0	0	1112	21.63	-1.01	1162	23.28	-0.68
1063	0	0	1113	19.83	-1.01	1163	23.04	-1.67
1064	0	0	1114	17.32	-1.21	1164	19.85	-1.25
1065	0	0	1115	14.28	-1.49	1165	15.65	0
1066	0	0	1116	11.41	-3.43	1166	14.67	-1.87
1067	0	0	1117	10.95	-1.72	1167	11.07	-1.45
1068	0	0	1118	11.54	-2.97	1168	9.26	-2.58
1069	0	0	1119	11.93	-2.97	1169	8.69	0
1070	0	0	1120	11.61	-2.97	1170	9.83	-1.72
1071	0	0	1121	12.19	-1.49	1171	10.83	-2.58
1072	7.24	-2.41	1122	14.33	-3.43	1172	11.57	-1.64
1073	12.2	0	1123	15.58	-1.32	1173	14.32	-2.51
1074	16.35	-2.41	1124	14.8	-1.72	1174	18.56	-1.93
1075	16.72	-2.91	1125	12.43	0	1175	21.04	-1.03
1076	19.74	-2.81	1126	11.65	0	1176	22.43	-1.05
1077	22.04	-2.1	1127	13.82	-3.22	1177	27.06	-0.75
1078	22.69	-1.87	1128	17.46	-1.56	1178	31.76	0.34
1079	23.46	-1.65	1129	21.93	-2.05	1179	32.28	0
1080	24.09	-1.65	1130	22.35	-0.9	1180	33.15	0
1081	23.85	-2.1	1131	23.78	-1.56	1181	32.58	0
1082	23.43	-1.5	1132	23.87	-0.77	1182	32.19	0
1083	21.67	-2.1	1133	23.71	-1.79	1183	30.41	-0.94
1084	21.85	-1.79	1134	21.17	0	1184	28.37	-1.34
1085	22	-1.05	1135	21.84	0	1185	25.47	-1.87
1086	21.06	-1.93	1136	21.67	0	1186	21.96	-1.01
1087	20.87	0.94	1137	23.69	0	1187	20.76	-2.14
1088	21.93	0.83	1138	25.63	0	1188	18.11	-1.49
1089	23.35	1.5	1139	26.45	-0.66	1189	0	0
1090	22.74	1.87	1140	23.76	-0.86	1190	0	0
1091	21.84	2.5	1141	22.65	0	1191	0	0
1092	23.17	1.67	1142	21.67	0.9	1192	0	0
1193	0	0	1243	42.6	0	1293	34.17	0
1194	0	0	1244	43.95	0	1294	32.65	0
1195	0	0	1245	44.5	0	1295	37.67	0
1196	0	0	1246	44.28	0	1296	33.52	0
1197	0	0	1247	45.49	0	1297	33.22	0
1198	0	0	1248	47.24	0	1298	32.47	0
1199	0	0	1249	46.89	0	1299	30.52	0
1200	0	0	1250	46.23	0	1300	28.22	0
1201	0	0	1251	44.37	0	1301	27.61	0
1202	0	0	1252	45.26	0	1302	31.13	0
1203	0	0	1253	45.3	0	1303	28.41	0
1204	0	0	1254	46.76	0	1304	29.26	0
1205	0	0	1255	46.36	0	1305	29.65	0
1206	0	0	1256	43.24	0	1306	32.28	0

1207	0	0	1257	45.78	0	1307	33.21	0
1208	13.3	-0.82	1258	45.45	0	1308	32.43	0
1209	13.56	0	1259	44.99	0	1309	29.5	0
1210	22.34	-0.71	1260	41.67	0	1310	23.78	0
1211	23.65	-0.73	1261	37.35	0	1311	20.37	0
1212	26.67	0	1262	37.21	0	1312	19.85	0
1213	27.74	0	1263	36.45	0	1313	13.43	0
1214	24.98	0	1264	36.74	0	1314	25.67	0
1215	22.78	0	1265	36.74	0	1315	28	0
1216	22.67	0	1266	36.97	0	1316	28.63	0
1217	20.82	0	1267	37.26	0	1317	29.04	0
1218	18.8	0	1268	36.3	0	1318	29.87	0
1219	18.91	0	1269	37.15	0	1319	27.98	0
1220	22.56	0	1270	32.91	0	1320	22.84	0
1221	26.61	0	1271	32.8	0	1321	14.61	0
1222	28.11	0	1272	34.84	0	1322	20.24	0
1223	30.24	0	1273	34	0	1323	24.32	0
1224	32.82	0	1274	30.76	0	1324	21.69	0
1225	37.24	0.54	1275	27.89	0	1325	18.67	0
1226	40.3	2.18	1276	26.09	0	1326	17.82	0
1227	40.74	1.6	1277	24.24	0	1327	0	0
1228	40.78	1.09	1278	20.41	0	1328	0	0
1229	40.97	0	1279	16.91	0	1329	0	0
1230	42	0	1280	17.67	0	1330	0	0
1231	41.28	0	1281	12.89	0	1331	0	0
1232	40.5	0	1282	14.28	0	1332	0	0
1233	41.52	0	1283	16.08	0	1333	0	0
1234	43.3	0	1284	17.98	0	1334	0	0
1235	42.86	0	1285	20.54	0	1335	0	0
1236	42.86	0	1286	22.89	0	1336	0	0
1237	42.32	0	1287	22.61	0	1337	0	0
1238	42.63	-0.49	1288	22.45	0	1338	0	0
1239	41.97	-1.81	1289	25.82	0	1339	0	0
1240	42.02	-2.17	1290	29	0	1340	0	0
1241	45.39	-0.41	1291	29.35	0	1341	0	0
1242	42.15	0	1292	31	0	1342	0	0
1343	0	0	1393	38.87	0	1443	20.82	0
1344	0	0	1394	36.19	0	1444	16.43	0
1345	0	0	1395	34.24	0	1445	13.04	0
1346	12.3	0	1396	36	0	1446	14.09	0
1347	16.19	0	1397	33.41	0	1447	13.74	0
1348	20.95	0	1398	36.1	0	1448	15.83	0
1349	23.5	0	1399	33.71	1.11	1449	18.48	0
1350	27.58	0	1400	36.8	1.75	1450	21.15	0
1351	27	0	1401	38.65	1.52	1451	22.34	0
1352	27.45	0	1402	39.84	0	1452	20.46	0

1353	23.48	0	1403	40.08	0	1453	20.8	0
1354	23.71	0	1404	42.6	0	1454	25.93	-1.72
1355	25.19	0	1405	42.78	0	1455	27.34	-1.49
1356	29.09	0	1406	44.84	0	1456	25.59	-2.31
1357	32.32	0	1407	45.11	0.45	1457	25.22	-1.54
1358	40	0	1408	46.56	0.86	1458	22.32	-0.86
1359	45	0	1409	46.89	0.43	1459	21.96	0
1360	44.76	0	1410	46.65	0	1460	19.63	0
1361	45.99	0	1411	45.84	0.83	1461	18.02	0
1362	45.91	0	1412	45.23	0.9	1462	17.17	0
1363	48.26	0	1413	42.97	-0.45	1463	16.28	-1.07
1364	49.87	-1	1414	40.95	0.51	1464	14.67	-1.21
1365	50.08	-1.16	1415	41.73	0.93	1465	12.78	-1.21
1366	49.02	-0.8	1416	42.52	1.45	1466	8.83	-1.87
1367	49.76	-0.75	1417	41.37	1.45	1467	0	0
1368	50.37	0.8	1418	43.39	1.86	1468	0	0
1369	50.86	1.16	1419	42.02	0	1469	0	0
1370	52.02	1.5	1420	42.52	0	1470	0	0
1371	51.6	0.36	1421	41.97	0	1471	0	0
1372	50.37	0	1422	42.04	0	1472	0	0
1373	48.89	0	1423	39.73	0	1473	0	0
1374	44.06	0	1424	40.1	0	1474	0	0
1375	40.54	0	1425	37.11	0	1475	0	0
1376	35.8	0	1426	36.97	0	1476	0	0
1377	28.61	0	1427	37.5	0	1477	0	0
1378	20.63	0	1428	39.28	0.51	1478	0	0
1379	16.46	-2.1	1429	40.26	1.01	1479	0	0
1380	13.95	-1.16	1430	38.3	0	1480	0	0
1381	16.41	-2.33	1431	39.58	-0.53	1481	0	0
1382	19.69	-1.05	1432	40.08	-1.01	1482	0	0
1383	21.93	-1.79	1433	41.08	0	1483	0	0
1384	21.82	-1.64	1434	42.11	0	1484	0	0
1385	22.95	0	1435	40.28	0	1485	0	0
1386	25.72	0	1436	40.06	0	1486	0	0
1387	27.11	0	1437	38.17	0	1487	0	0
1388	30.04	0	1438	35.5	1.14	1488	11.67	0
1389	34.02	0	1439	32.04	0.62	1489	13	0
1390	39.02	0	1440	30.3	-0.62	1490	14.96	0
1391	39.21	0	1441	24	-0.79	1491	16.89	0
1392	41.86	0	1442	21.69	0	1492	26.15	0
1493	31.13	0	1543	46.69	-1.29	1593	23.24	0
1494	36.32	0	1544	51.63	-1.71	1594	23.72	0
1495	38.11	0	1545	57.34	-0.37	1595	25.13	0
1496	40.36	0	1546	61.54	-0.34	1596	25.02	0
1497	43.78	0	1547	65.1	-0.31	1597	21.54	0
1498	51.19	0	1548	66.52	-0.91	1598	20.28	0

1499	32.98	0	1549	70.1	-0.91	1599	18.24	0
1500	27.06	0	1550	76.39	-0.65	1600	15.69	0
1501	23.3	0	1551	78.01	-0.79	1601	14.37	0
1502	27.52	0	1552	79.95	-0.76	1602	17.39	0
1503	30.72	0	1553	79.6	0	1603	19.93	0
1504	37.45	0	1554	76.54	0	1604	24.76	0
1505	36.34	0	1555	70.73	0.28	1605	27.65	0
1506	37.47	0	1556	66.69	-0.3	1606	29.72	0
1507	32.72	0	1557	63.23	-0.62	1607	30.56	0
1508	33.82	0	1558	59.76	-0.36	1608	31.19	0
1509	28.65	1.71	1559	61.71	0.64	1609	30.17	0
1510	22.59	2.13	1560	61.45	0.32	1610	30.8	0
1511	15.91	1.72	1561	58.13	0	1611	31.06	0
1512	14.82	0.85	1562	47.65	0	1612	32.1	0
1513	9.43	0	1563	42.54	0	1613	35.19	1.12
1514	12.35	0	1564	47.47	0	1614	36.67	1.71
1515	19.89	0	1565	47.49	1.7	1615	37.32	1.68
1516	10.93	0	1566	46.8	1.67	1616	36.39	0.57
1517	17.24	0	1567	46.95	1.85	1617	31.97	-2.24
1518	0	0	1568	45.56	1.64	1618	31.63	-1.46
1519	0	0	1569	43.32	1.98	1619	27.89	-2.05
1520	0	0	1570	42.15	1.85	1620	28.91	0
1521	0	0	1571	41.15	2.02	1621	28.69	0
1522	0	0	1572	38.71	1.09	1622	29.45	0
1523	0	0	1573	37.52	0	1623	28.09	0.71
1524	0	0	1574	39.26	0	1624	23.15	0
1525	0	0	1575	40.26	0.92	1625	22.74	0
1526	0	0	1576	40.08	2.05	1626	16.46	0
1527	0	0	1577	37.61	1.64	1627	19.48	0
1528	0	0	1578	36.95	0.55	1628	23.46	-0.82
1529	0	0	1579	39.71	0	1629	22.15	0
1530	0	0	1580	42.19	0	1630	23.41	0
1531	0	0	1581	41.67	-0.45	1631	23.69	0
1532	0	0	1582	44.19	-0.92	1632	23.17	0
1533	0	0	1583	45.02	0	1633	21.15	-0.46
1534	0	0	1584	39.15	-1.52	1634	0	0
1535	0	0	1585	32.41	-1.25	1635	0	0
1536	0	0	1586	26.74	-1.36	1636	0	0
1537	0	0	1587	24.45	0	1637	0	0
1538	12.46	0	1588	22.63	0	1638	0	0
1539	21.34	0	1589	20.35	0	1639	0	0
1540	25.91	0	1590	19.5	0	1640	0	0
1541	27	0	1591	21.28	0	1641	0	0
1542	41.34	-0.57	1592	23.02	0	1642	0	0
1643	0	0	1693	48.47	0	1743	106.3	-0.43
1644	0	0	1694	47.49	0	1744	106.93	-0.41

1645	0	0	1695	45.56	0	1745	107.86	-0.86
1646	0	0	1696	44.43	0	1746	108.49	-0.48
1647	0	0	1697	45.24	0	1747	109.56	1.29
1648	0	0	1698	47.02	0	1748	109.71	1.04
1649	0	0	1699	47.36	0	1749	109.99	0.84
1650	0	0	1700	48.11	0	1750	111.01	0.59
1651	0	0	1701	49.52	0	1751	112.45	0.66
1652	0	0	1702	52.26	0	1752	112.21	2.57
1653	0	0	1703	55.62	0	1753	112.77	2.57
1654	5.41	0	1704	57.02	0	1754	112.43	1.32
1655	12.26	0	1705	56.58	-0.47	1755	113.14	0
1656	13.8	0	1706	56.97	-1.07	1756	112.97	0
1657	17.19	0	1707	58.15	-1.1	1757	113.53	0
1658	25.47	0	1708	59.88	-0.6	1758	112.99	0
1659	27.87	0	1709	56.99	1.72	1759	112.77	0
1660	29.82	0	1710	55.82	1.77	1760	112.47	0
1661	38.61	0	1711	52.5	1.09	1761	112.56	0
1662	41.58	0	1712	52.65	0	1762	112.36	0
1663	44.56	0	1713	55.99	0	1763	112.69	0
1664	45.02	0	1714	60.12	0	1764	112.38	0
1665	47.32	0	1715	63.76	0	1765	112.9	0
1666	49.12	0	1716	67.17	0	1766	112.68	0
1667	49.87	0	1717	69.97	0	1767	112.93	0
1668	51.3	0	1718	71.02	0	1768	113.29	0
1669	53.08	0	1719	73.62	0	1769	113.05	0
1670	53.49	0	1720	75.97	0	1770	113.51	0
1671	54.3	0	1721	78.47	0.41	1771	114.1	0
1672	52.89	0	1722	80.65	0	1772	114.44	0
1673	52.54	0	1723	82.08	0.44	1773	114.6	0
1674	55.65	0	1724	84.36	1.76	1774	114.06	0
1675	57.88	0	1725	85.6	1.29	1775	115.21	0
1676	56.86	0	1726	86.17	1.22	1776	115.06	0
1677	53.45	0	1727	87.19	1.63	1777	114.99	0
1678	51.24	0	1728	88.1	1.2	1778	114.66	0
1679	49.73	0	1729	90.36	1.63	1779	112.55	0
1680	50.74	0	1730	90.95	0	1780	113.77	0
1681	51.21	0	1731	92.66	-0.36	1781	113.47	0
1682	49.13	0	1732	93.97	-0.75	1782	113.23	0
1683	47.47	0	1733	95.38	-0.7	1783	112.92	0
1684	48.63	0	1734	96.36	-0.37	1784	112.08	0
1685	50.45	0	1735	98.67	-0.75	1785	112.19	0
1686	50.36	0	1736	98.51	-0.37	1786	111.75	0
1687	51.71	0	1737	100.84	-0.75	1787	110.18	0
1688	51.86	0	1738	101.6	-0.4	1788	109.82	0
1689	52.1	0	1739	101.99	-0.78	1789	109.68	0
1690	51.76	0	1740	103.99	-0.43	1790	108.62	0



1691	52.24	0	1741	104.93	-0.41	1791	108.36	0
1692	50.84	0	1742	104.92	-0.93	1792	107.75	0
1793	106.92	0	1843	88.28	0	1893	92.66	0
1794	106.05	0	1844	88.53	0	1894	92.16	0
1795	104.55	0	1845	89.23	0	1895	90.54	0
1796	103.62	0	1846	89.54	0	1896	88.1	0
1797	103.1	0	1847	90.99	0	1897	86.3	0
1798	102.69	0	1848	91.25	0	1898	86.1	0
1799	102.14	0	1849	91.88	0	1899	85.3	0
1800	101.25	0	1850	93.03	0	1900	85.01	0
1801	99.84	0	1851	93.49	0	1901	85.88	0
1802	97.43	0	1852	93.97	0	1902	86.4	0
1803	96.17	0	1853	93.47	0	1903	86.93	0
1804	94.75	0	1854	93.51	0	1904	86.51	0
1805	93.04	0	1855	93.62	0	1905	86.25	0
1806	92.49	0	1856	93.86	0	1906	85.93	0
1807	92.67	0	1857	93.9	0	1907	85.69	0
1808	93.4	0	1858	94.17	0	1908	84.73	0
1809	94.45	0	1859	93.93	0	1909	83.77	0
1810	95.66	0	1860	93.38	0	1910	83.67	0
1811	96.38	0	1861	92.82	0	1911	81.32	0
1812	97.3	0	1862	92.54	0	1912	78.52	0
1813	98.04	0	1863	92.62	0	1913	76.17	0
1814	98.67	0	1864	92.01	0	1914	73.17	0
1815	99.04	0	1865	92.34	0	1915	71.75	0
1816	99.54	0	1866	92.21	0	1916	72.04	0
1817	96.77	0	1867	92.67	0	1917	72.73	0
1818	99.21	0	1868	92.73	0	1918	72.73	0
1819	99.45	0	1869	93.41	0	1919	71.08	0
1820	99.64	0	1870	93.71	0	1920	73.75	0
1821	99.43	0	1871	93.93	0	1921	72.77	0
1822	100.08	0	1872	93.62	0	1922	72.93	0
1823	99.79	0	1873	93.43	0	1923	72.41	0
1824	99.88	0	1874	93.14	0	1924	73.51	0
1825	99.93	0	1875	93.47	0	1925	71.14	0
1826	99.49	0	1876	93.47	0	1926	70.36	0
1827	98.95	0	1877	93.73	0	1927	70.34	0
1828	97.93	0	1878	92.93	0	1928	69.45	0
1829	96.42	0	1879	93.21	0	1929	67.36	0
1830	95.56	0	1880	91.21	0	1930	67.67	0
1831	94.19	0	1881	90.79	0	1931	67.82	0
1832	91.58	0	1882	90.6	0	1932	68.19	0
1833	89.04	0	1883	89.77	0	1933	69.1	0
1834	87.03	0	1884	89.08	0	1934	69.76	0
1835	86.04	0	1885	88.56	0	1935	70.28	0
1836	87.38	0	1886	88.27	0	1936	69.95	0

1837	86.78	0	1887	89.1	0	1937	70.04	0
1838	83.91	0	1888	89.51	0	1938	70.51	0
1839	84.01	0	1889	90.41	0	1939	71.15	0
1840	85.65	0	1890	90.86	0	1940	70.43	0
1841	87.56	0	1891	91.16	0	1941	69.84	0
1842	87.95	0	1892	92.21	0	1942	66.97	0
1943	64.54	0	1993	50.52	0	2043	56.49	0
1944	64.63	0	1994	49.67	0	2044	56.13	0
1945	65.21	0	1995	51.32	0	2045	55.67	0
1946	67.02	0	1996	53.6	0	2046	54.3	0
1947	68.69	0	1997	55.21	0	2047	56.12	0
1948	69.51	0	1998	56.73	0	2048	55.02	0
1949	70.73	0	1999	57.56	0	2049	54.63	0
1950	71.88	0	2000	57.75	0	2050	56.95	0
1951	72.21	0	2001	57.5	0	2051	58.25	0
1952	71.23	0	2002	58.43	0	2052	58	0
1953	69.8	0	2003	57.71	0	2053	58.49	0
1954	66.99	0	2004	57.36	0	2054	56.75	0
1955	65.28	0	2005	57.6	0	2055	52.74	0
1956	63.39	0	2006	57.52	0	2056	47.87	0
1957	62	0	2007	57.49	0	2057	43.78	0
1958	61.38	0	2008	56.91	0	2058	39.76	0
1959	59.97	0	2009	56.67	0	2059	36.98	0
1960	59.38	0	2010	56.39	0	2060	39.04	0
1961	59.58	0	2011	56.69	0	2061	41.3	0
1962	58.71	0	2012	55.26	0	2062	46.04	0
1963	59.26	0	2013	56.5	0	2063	48.89	0
1964	59.04	0	2014	57.41	0	2064	50.69	0
1965	59.15	0	2015	58.39	0	2065	51.89	0
1966	59.32	0	2016	58.54	0	2066	53.39	0
1967	57	0	2017	60.1	0	2067	54.17	0
1968	56.3	0	2018	60.23	0	2068	54.75	0
1969	53.15	0	2019	60.71	0	2069	55.45	0
1970	52.47	0	2020	60.89	0	2070	54.36	0
1971	49.62	0	2021	61.1	0	2071	53.84	0
1972	44.54	0	2022	61.47	0	2072	53.82	0
1973	36.69	0	2023	61.04	0	2073	53.84	0
1974	36.61	0	2024	60.5	0	2074	55.08	0
1975	36.67	0	2025	61.06	0	2075	55.04	0
1976	38.95	0	2026	61.19	0	2076	54.26	0
1977	41.06	0	2027	61.04	0	2077	53.89	0
1978	42.41	0	2028	61.76	0	2078	53.54	0
1979	42.73	0	2029	61.25	0	2079	52.37	0
1980	38.19	0	2030	61.41	0	2080	51.43	0
1981	33.52	0	2031	61.08	0	2081	48.95	0
1982	32.48	0	2032	61.21	0	2082	46.54	0

1983	31.69	0	2033	60.63	0	2083	46.08	0
1984	34.22	0	2034	61.17	0	2084	46.67	0
1985	35.8	0	2035	60.06	0	2085	46.65	0
1986	38.11	0	2036	61.21	0	2086	43.86	0
1987	40.15	0	2037	60.3	0	2087	34.13	0
1988	40.73	0	2038	59.71	0	2088	22.45	0
1989	42.41	0	2039	58.82	0	2089	19.93	0
1990	43.84	0	2040	58.71	0	2090	19.61	0
1991	47.93	0	2041	57.26	0	2091	22.71	0
1992	49.5	0	2042	56.95	0	2092	25.71	0
2093	28.37	0						
2094	30.35	0						
2095	35.26	0						
2096	35.71	0						
2097	32.34	0						
2098	32.15	0						
2099	33.35	0						
2100	34.87	0						
2101	38.47	0						
2102	38.08	0						
2103	39.28	0						
2104	39.84	0						
2105	39.26	0						
2106	38.8	0						
2107	38.78	0						
2108	37.45	0						
2109	35.43	0						
2110	34.47	0						
2111	32.08	0						
2112	0	0						
2113	0	0						
2114	0	0						
2115	0	0						
2116	0	0						
2117	0	0						
2118	0	0						
2119	0	0						
2120	0	0						
2121	0	0						